

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA EXTRACTORA DE
TORNILLOS PARA LA SUPERFICIE CURVA DEL FUSELAJE DE
AVIONES MILITARES**

POR:

MICHAEL EDUARDO TAPIA VILLACRES

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

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2006

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **MICHAEL EDUARDO TAPIA VILLACRES**, como requerimiento parcial a la obtención del Título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

Subs. Iván Coral

Téc. Avc. Tlgo.

DIRECTOR DE PROYECTO

24 DE ABRIL DEL 2006

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Julia Victoria Villacrés Jouvín y a mi abuelita Luz Haydee Jouvín Chalén, quienes con su esfuerzo, paciencia, apoyo y amor, han sido el impulso para seguir adelante y así llegar a cumplir una de mis metas como es la de culminar mis estudios y este proyecto de grado para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica.

A mi difunto y muy querido padre, Francisco Tapia Izurieta, quien desde donde este, se sentirá orgulloso de mi porque he cumplido uno de sus anhelos que era el verme convertido en un profesional.

A mis hermanos Francisco y Cristian, quienes me apoyan con sus consejos y presencia, que me brindan alegría y me dan tranquilidad.

Los quiero mucho

Michael Eduardo Tapia Villacres

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por su generosidad al brindarme salud y vida para seguir adelante y así lograr una de mis metas.

A todos los profesionales del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por su paciencia, respeto y ayuda en todo momento para el logro de esta meta; especialmente al Ing. Guillermo Trujillo quien con su constancia, enseñanzas y ejemplo inculco en mí la responsabilidad como estudiante y futuro profesional.

A mis Tíos que siempre me han apoyado en todo momento, dándome animo para seguir adelante en la vida.

A mis amigos incondicionales que siempre estuvieron ahí para ayudarme, gracias a todos.

Michael Eduardo Tapia Villacres

INDICE DE CONTENIDOS

➤ PORTADA.....	I
➤ CERTIFICACIÓN.....	II
➤ DEDICATORIA.....	III
➤ AGRADECIMIENTO.....	IV
➤ INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	V
➤ RESUMEN.....	1
➤ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
➤ JUSTIFICACIÓN.....	2
➤ ALCANCE.....	2
➤ OBJETIVOS.....	3

CAPÍTULO I

	PAG.
GENERALIDADES	4
1.1. Introducción a los componentes de la estructura de un avión	5
1.2. Tipos de estructuras de aviones	6
1.2.1. Fuselaje	6
1.2.1.1. Tipos de fuselajes	8
1.2.2. Montajes de motores	11
1.2.3. Barquillas	11
1.2.4. Alas	12
1.2.5. Empenaje	14
1.2.6. Superficies de control	15
1.2.7. El revestimiento	15
1.2.8. El contorno aerodinámico	15
1.3. Características de los componentes de la estructura de un avión	16
1.3.1. Cualidades de los metales	16
1.3.2. Tipos de metales	18
1.3.2.1. Acero	18
1.3.2.2. Aluminio	20

1.3.2.3.	Plásticos	21
1.3.3.	Características de los componentes del fuselaje de un avión	22
1.3.3.1.	Miembros estructurales	22
1.3.3.2.	Características del fuselaje	23
1.3.3.3.	Características de los montajes de motores	25
1.3.3.4.	Características de la barquillas	26
1.3.3.5.	Características de las alas	26
1.3.3.6.	Características del empenaje	27
1.4.	Introducción de los diferentes tipos de tornillos	28
1.4.1.	Remaches	28
1.4.2.	Pernos, tornillos y tuercas	31
1.4.2.1.	Pernos	31
1.4.2.2.	Tuercas	32
1.4.2.3.	Tornillos	34
1.5.	Características de los tornillos y destornilladores	37
1.5.1.	Tornillos para aviones	37
1.5.1.1.	Tipos de tornillos	37
1.5.2.	Ajuste de pernos y tornillos	38
1.6.	Destornilladores	39
1.6.1.	Destornillador angular	40
1.6.2.	Destornillador de cubo	40

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1	Identificación de las alternativas	41
2.1.1.	Primera alternativa	42
2.1.2.	Segunda alternativa	44
2.2.	Estudio de factibilidad	45
2.2.1.	Primera alternativa	46
2.2.2.	Segunda alternativa	47

2.3.	Parámetros de evaluación	48
2.3.1.	Factor mecánico	48
2.3.2.	Factor financiero.	48
2.3.3.	Factor complementario	49
2.4.	Determinación de la mejor alternativa	51

CAPÍTULO III

CONSTRUCCION

3.1	Estructura	52
3.1.1.	Palanca del brazo	53
3.1.1.1.	Varilla de acero 705	53
3.1.1.2.	Varilla de acero de transmisión	54
3.1.1.3.	Varilla de acero de transmisión	56
3.1.1.4.	Platina de acero 760	57
3.1.2.	Copa del brazo	59
3.1.2.1.	Varilla de acero 705	59
3.1.2.2.	Varilla de acero plata	60
3.1.2.3.	Platina de acero 760	62
3.1.3.	Eje de soporte	63
3.1.3.1.	Varilla de acero 705	64
3.1.4.	Brazo con pie	65
3.1.4.1.	Platina de acero 760	66
3.1.4.2.	Rodamientos esféricos y resortes comunes	69
3.1.5.	Pasador del eje	70
3.1.5.1.	Varilla de acero 705	70
3.2.	Cálculos	72
3.3.	Diagrama de procedimientos	73
3.3.1.	Tipos de maquinas y herramientas utilizados en la construcción	74
3.4.	Diagrama de ensamble	86

3.5.	Pruebas de funcionamiento	90
------	---------------------------	----

CAPÍTULO IV

MANUALES

	Descripción general	91
4.1.	Manual de operación	92
4.2.	Manual de mantenimiento	93
4.3.	Manual de seguridad	94
4.4.	Manual de procedimientos	95
4.5.	Hojas de registro	96

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONOMICO

5.1.	Presupuesto	98
5.2.	Análisis económico	98
5.2.1.	Herramientas y maquinas	99
5.2.2.	Materiales empleados	101
5.2.3.	Mano de obra	102

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	Conclusiones	104
6.2	Recomendaciones	105

PLANOS
ANEXOS
BIBLIOGRAFÍA

LISTADO DE FIGURAS.

	CAPÍTULO I	PAG.
Fig. 1.1.	Tuercas fijas	4
Fig. 1.2.	Construcción monocasco	7
Fig. 1.3.	Estructura Pratt	8
Fig. 1.4.	Estructura warren	9
Fig. 1.5.	Ubicación de largueros y larguerillos	9
Fig. 1.6.	Construcción interna del ala	12
Fig. 1.7.	Diseño del ala	14
Fig. 1.8.	Identificación de las distintas marcas en las cabezas de remaches	28
Fig. 1.9.	Identificación de los distintos tipos de cabezas de remache	29
Fig. 1.10.	Componentes del remache de alta resistencia al corte	30
Fig. 1.11.	Diferencia entre remaches normales y remaches de alta resistencia al corte	30
Fig. 1.12.	Perno de cabeza hexagonal	31
Fig. 1.13.	Perno de cabeza de horquilla	31
Fig. 1.14.	Perno de cabeza hendida para llave interior	32
Fig. 1.15.	Tuerca hexagonal	32
Fig. 1.16.	Tuerca almenada	33
Fig. 1.17.	Tuerca para esfuerzos al corte	33
Fig. 1.18.	Tuerca estriada de seguridad	33
Fig. 1.19.	Tuerca de auto seguridad (sencilla)	34
Fig. 1.20.	Tuerca de auto seguridad (tipo fija)	34
Fig. 1.21.	Tornillos de cabeza redonda	35
Fig. 1.22.	Tornillos de cabeza de botón	35
Fig. 1.23.	Tornillos de cabeza plana	35
Fig. 1.24.	Tornillos de cabeza taladrada y de cabeza de arandela	36
Fig. 1.25.	Tornillos de cabeza philips, reed y prince	36
Fig. 1.26.	Tornillos para laminas metálicas y tornillos impulsores	36
Fig. 1.27.	Destornillador común	39
Fig. 1.28.	Destornillador con punta de cruz	39

Fig. 1.29.	Destornillador angular	40
Fig. 1.30.	Destornillador de cubo	40

CAPÍTULO II

Fig. 2.1.	Taladrado del tornillo	43
Fig. 2.2.	Introducción del extractor al tornillo	43
Fig. 2.3.	Partes de la herramienta extractora	44
Fig. 2.4.	Herramienta ensamblada	44
Fig. 2.5.	Eje de soporte y pasador del eje	45

CAPÍTULO III

Fig. 3.1.	Varilla	53
Fig. 3.2.	Tornillo sin fin con bola	54
Fig. 3.3.	Varilla	54
Fig. 3.4.	Mango del tornillo sin fin	55
Fig. 3.5.	Mango soldado al tornillo sin fin	55
Fig. 3.6.	Varilla	56
Fig. 3.7.	Pata eje del tornillo sin fin	56
Fig. 3.8.	Pata con tornillo sin fin	57
Fig. 3.9.	Platina	57
Fig. 3.10.	Buje de la palanca del brazo cortado	58
Fig. 3.11.	Palanca del brazo terminada y ensamblada	58
Fig. 3.12.	Varilla	59
Fig. 3.13.	Tornillo milimétrico	60
Fig. 3.14.	Copa del tornillo milimétrico	60
Fig. 3.15.	Varilla	60
Fig. 3.16.	Pasador del tornillo milimétrico	61
Fig. 3.17.	Tornillo milimétrico con pasador	62
Fig. 3.18.	Platina	62
Fig. 3.19.	Buje de la copa del brazo	63
Fig. 3.20.	Copa del brazo terminada y ensamblada	63

Fig. 3.21.	Varilla	64
Fig. 3.22.	Ejes de soporte perforados	65
Fig. 3.23.	Ejes de soporte cortados y terminados	65
Fig. 3.24.	Platina	66
Fig. 3.25.	Proceso de cortado del brazo con pie empleando la cortadora por electroerosión de hilo	67
Fig. 3.26.	Detalle del avance del corte de la pieza en computadora guía	67
Fig. 3.27.	Rectificado del brazo con pie	68
Fig. 3.28.	Brazo con pie cortado y rectificado	68
Fig. 3.29.	Resorte común y rodamiento esférico	69
Fig. 3.30.	Brazo con los seguros colocados en su lugar (pieza terminada)	70
Fig. 3.31.	Varilla	70
Fig. 3.32.	Pasador del eje terminado	71
Fig. 3.33.	Herramienta extractora de tornillos ensamblada	71

LISTADO DE TABLAS.

CAPÍTULO II

Tabla 2.1.	Ventajas y desventajas extractores de tornillos	46
Tabla 2.2.	Ventajas y desventajas herramienta extractora de tornillos	47
Tabla 2.3.	Matriz de evaluación	49
Tabla 2.4.	Matriz de decisión	50

CAPÍTULO III

Tabla 3.1.	Simbología de los procesos de construcción de la herramienta	73
Tabla 3.2.	Herramientas utilizadas	74
Tabla 3.3.	Maquinas utilizadas	75
Tabla 3.4.	Equipos utilizados	75
Tabla 3.5.	Tiempo empleado en maquinas – herramientas – equipos	89
Tabla 3.6.	Verificación de funcionamiento de la herramienta	90

CAPITULO V

Tabla 5.1.	Costos en el empleo de maquinas, herramientas y equipos	100
Tabla 5.2.	Costos de materiales empleados	101
Tabla 5.3.	Costos de mano de obra	102
Tabla 5.4.	Costo total de la construcción	103

LISTADO DE DIAGRAMAS DE PROCESO

Diag. 3.3.2.	Diagrama de proceso de fabricación de la palanca del brazo	76
Diag. 3.3.3.	Diagrama de proceso de fabricación de la copa del brazo	78
Diag. 3.3.4.	Diagrama de proceso de fabricación del eje de soporte	80
Diag. 3.3.5.	Diagrama de proceso de fabricación del brazo con pie	82
Diag. 3.3.6.	Diagrama de proceso de fabricación del pasador del eje de soporte	84

LISTADO DE DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Diag. 3.4.1.	Diagrama de ensamble de la palanca del brazo	86
Diag. 3.4.2.	Diagrama de ensamble de la copa del brazo	86
Diag. 3.4.3.	Diagrama de ensamble del eje de soporte	87
Diag. 3.4.4.	Diagrama de ensamble del brazo con pie	87
Diag. 3.4.5.	Diagrama de ensamble del pasador del eje	87
Diag. 3.4.6.	Diagrama de ensamble de la herramienta	88

LISTADO DE NOMENCLATURA

ΣF	Suma de fuerzas
N	Newton
d	Distancia
Sen	Seno del ángulo
Cos	Coseno del ángulo

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca cubrir la necesidad de una herramienta extractora de tornillos para el hangar militar, por lo tanto se deberá cubrir la información que envuelve a esta herramienta. Se enunciará la información de las partes que conforman la estructura de un avión como son las unidades estructurales principales, los tipos de estructuras de aviones en el cual se observará diferentes tipos de fuselajes; como el fuselaje monocasco, el tipo Pratt y el Warren que son dos tipos de fuselajes ya no empleados, el fuselaje semimonocasco que uno de los mas comunes en ser empleados en la aviación militar y civil, el fuselaje a presión, que es el mas empleado en la aviación civil, además, se revisaran los componentes que conforman los diferentes tipos de fuselajes como son los mamparos, largueros, larguerillos, tornillos, remaches, etc., también se estudiara lo que se refiere al resto del avión para poder dar un mejor entendimiento a lo que conforma a un avión, señalando cada una de sus partes como son las alas y las partes estructurales que la conforman, los montajes de los motores y su función, lo que son las barquillas y en que se emplean, el empenaje y las partes que lo conforman como son el estabilizador vertical y el estabilizador horizontal, además se revisara lo que se refiere a el revestimiento y el contorno aerodinámico que son las partes a las que mas se aplicara la herramienta a ser construida. También se revisara algunos de los diferentes metales y algunas de las propiedades de estos metales que son empleados en la aviación. También revisaremos los tipos de destornilladores mas comúnmente empleados en las aeronaves militares.

Se explicara con todo detalle en este texto el proceso de fabricación de la herramienta; las herramientas y maquinas empleadas para en esta construcción, señalando cada uno de los materiales empleados y describiendo paso a paso que se fue haciendo para construir cada parte de la herramienta.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El hangar de mantenimiento de aeronaves militares dedicado al mantenimiento de aeronaves militares, no posee una herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares siendo esta herramienta indispensable para la realización de practicas de los alumnos sobre mantenimiento estructural y desarrollo de destrezas manuales, además, ayudara en los trabajos de mantenimiento que son realizados por los miembros del hangar principalmente los que se encuentran desarrollando el mantenimiento de las aeronaves, permitiendo que ahorren tiempo y esfuerzo ya que todas las herramientas estarían a disposición en el hangar.

TEMA

Construcción de una herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

JUSTIFICACIÓN

- Siendo prioridad básica de la Institución la capacitación del alumno dentro de la especialidad, es una obligación de esta brindar facilidades para el desarrollo del conocimiento teórico - práctico, razón por la cual es importante la elaboración de esta herramienta.
- Con esto se evitara las pérdidas de tiempo en razón de que no existe esta herramienta en el hangar o en ningún otro taller, además de daños estructurales o empleo de herramientas que no son para el trabajo a realizarse.

ALCANCE

- El hangar de mantenimiento de aviones militares contará con todas las herramientas para dar la oportunidad al estudiante del conocimiento de las mismas.
- Este proyecto ayudará al personal que trabaja en el hangar militar a agilizar su trabajo por las facilidades que este brinda en su desarrollo.
- Esta herramienta servirá para el mantenimiento de las aeronaves militares, reparaciones estructurales y remoción de tornillos.
- Los beneficiarios de este proyecto serán:
 - 1. INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**
 - 2. EL HANGAR DE MANTENIMIENTO DE AVIONES MILITARES**
 - 3. FUERZA AÉREA ECUATORIANA**

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Construir una herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares para el mantenimiento de las aeronaves en el hangar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y analizar la información adecuada para la construcción de la herramienta en mención.
- Construir el proyecto con el seguimiento de las órdenes.
- Realizar pruebas funcionales de la herramienta.
- Elaborar manuales de operación, verificación y mantenimiento del dispositivo con sus hojas de registro.

CAPITULO I

GENERALIDADES

En vista de la necesidad que se tiene para las inspecciones a través de las tapas de revisión en la Gv1 en el hangar de aviones militares, se observó que los tornillos de dichas tapas de revisión se ven afectados por las vibraciones del avión, como resultado estos tornillos se ajustan demasiado haciendo difícil la extracción de ellos por los medios comunes. Además las tapas de seguridad se sujetan a la estructura del avión mediante tuercas fijas, mejor conocidas como anclas, estas tuercas se emplean en lugares donde no existe accesibilidad por ambos lados.

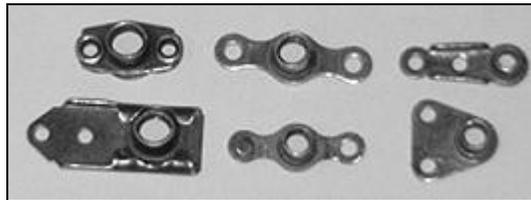


Figura 1.1. Tuercas Fijas

Por este motivo se suelen emplear extractores en los tornillos atascados, pero dejando al tornillo inservible, es por esta razón que se necesita de una herramienta que pueda remover los tornillos sin ocasionar daños a los tornillos, ni a la estructura del avión.

1.1. Introducción a los componentes de la estructura de un avión

En los primeros días de la aviación, la tela y la madera reforzadas por accesorios de metal eran lo suficientemente fuertes para resistir las vibraciones y los esfuerzos de torsión que ocurrían en los aviones que volaban lentamente. Eran necesarias pocas reparaciones del metal pero el mantenimiento de las piezas de madera debía ser llevado a cabo por peritos en trabajos de madera.

Con la necesidad de mayores velocidades y el desarrollo consiguiente de motores más poderosos, la madera llegó a convertirse en obsoleta. Al progresar la ingeniería aeronáutica, los fabricantes se dieron cuenta que la madera tenía que ser remplazada por metal, de modo que desarrollaron aleaciones de metal que eran fuertes y livianas. A estas aleaciones aplicaron métodos de formación estructural y de refuerzo para disminuir peso y dar resistencia, necesaria para las grandes velocidades.

Este cambio de madera a metal tuvo que cambiar el entrenamiento del personal: de trabajos en madera a trabajos en metal.

Las unidades estructurales principales de un avión constan del fuselaje, el montaje del motor, las barquillas, las alas, los estabilizadores, las superficies de control y el tren de aterrizaje.

El fuselaje es la estructura principal del avión al cual están fijadas las alas y las unidades de cola.

Unidades estructurales principales

Un avión esta construido de muchas piezas que pueden ser remachadas, aseguradas con pernos, atornilladas o soldadas entre si. Como estas piezas forman la estructura del avión, se llaman miembros estructurales. Muchas de estas piezas se pueden agrupar en varias unidades o conjuntos. El fuselaje, las alas, los estabilizadores, las superficies de control de vuelo, las barquillas y el tren de aterrizaje son las unidades estructurales principales de un avión. A las unidades combinadas se les llama con frecuencia la estructura del avión o la armazón del avión; y la reparación y mantenimiento de las piezas estructurales se llama mantenimiento o reparación estructural. Se necesita una comprensión clara de la ubicación, la construcción y la finalidad de las diferentes unidades estructurales del avión es necesaria para conocer a fondo los problemas de reparación de la estructura del avión.

1.2. Tipos de estructuras de aviones.

1.2.1. Fuselaje:

El fuselaje es la unidad principal del avión. Otras unidades estructurales están sujetas o indirectamente unidas al fuselaje. El fuselaje de un avión es casi igual al de cualquier otro, desde el punto de vista del bosquejo y del diseño general. Una variedad de diseños ha sido creada con éxito para los muchos propósitos y misiones de la aviación y aquellas características que se ha encontrado que son más satisfactorias forman parte todavía de los aviones de todo modelo. Ellas varían, principalmente, en el tamaño y en el arreglo de los diferentes comportamientos.

Los fuselajes de la mayor parte de los aviones militares son de construcción toda metálica ensamblados en una modificación de diseño monocasco. Este diseño puede dividirse en dos clases: monocasco, semi – monocasco, y las diversas secciones del mismo fuselaje pueden corresponder a cualquiera de estas clases. El tipo monocasco tiene nada mas como único refuerzo, anillos verticales, refuerzos de estación y mamparos; el tipo semi – monocasco, además de tener lo mencionado anteriormente, tiene el revestimiento reforzado por miembros longitudinales, esto es, largueros y larguerillos, pero no tienen refuerzos diagonales;

Los fuselajes de la mayor parte de los aviones militares son de construcción toda metálica ensamblados en una modificación de diseño monocasco.

Los dos tipos básicos de construcción de fuselaje son los de armazón (truss) y el monocasco (monocoque). El tipo de armazón consiste en una armazón rígida formada de miembros tales como vigas, montantes y barras que resisten la deformación por cargas aplicadas. El tipo monocasco esta construido como una caparazón en la cual el revestimiento del fuselaje soporta los esfuerzos principales. La resistencia de construcción necesaria depende de la potencia, la velocidad, la facilidad de maniobra y el diseño.

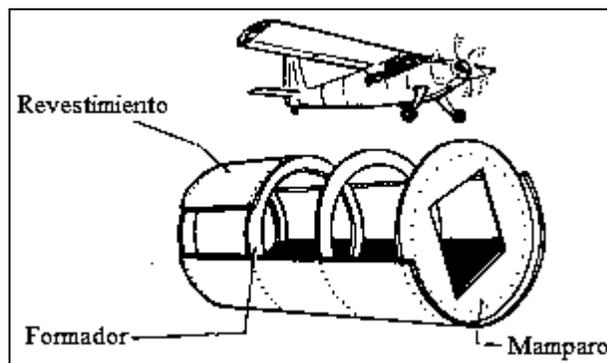


Figura 1.2. Construcción Monocasco

1.2.1.1. Tipos de fuselaje

Fuselajes reticulados o de recubrimiento no resistente:

El recubrimiento no colabora con la estructura para resistir las fuerzas que actúan sobre el fuselaje. Se construyen conforme a dos tipos de soluciones básicas: las estructuras Pratt y Warren:

Cualquiera sea la opción que se adopte debe constar por lo menos de cuatro largueros principales o primarios, que casi siempre se extienden a todo lo largo del fuselaje.

Estructura Pratt

Los cuatro largueros están unidos entre si por elementos verticales y diagonales, estos deben trabajar solo a la tracción y se llama tensores, obteniéndose una estructura cableada.

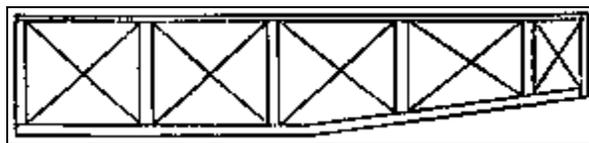


Figura 1.3. Estructura Pratt

Estructura Warren

Es más rígida que la anterior, se caracteriza por prescindir de elementos incapaces de trabajar a la compresión. El fuselaje se construye sobre la base de los cuatro largueros y se unen entre si solo por elementos diagonales, capaces de trabajar a tracción y compresión. Por lo tanto no tiene tensores, se los reemplaza por tubos.

Normalmente se construyen largueros y elementos diagonales con tubos de acero al cromo molibdeno soldado, y en algunos casos con perfiles de acero o aleaciones livianas.

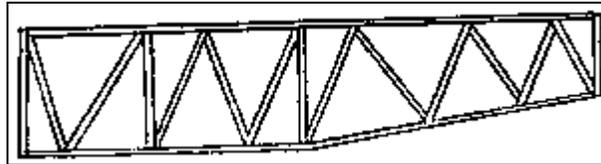


Figura 1.4. Estructura Warren

Fuselaje Semimonocasco

En este caso se agregan además de las cuadernas refuerzos longitudinales (largueros y larguerillos).

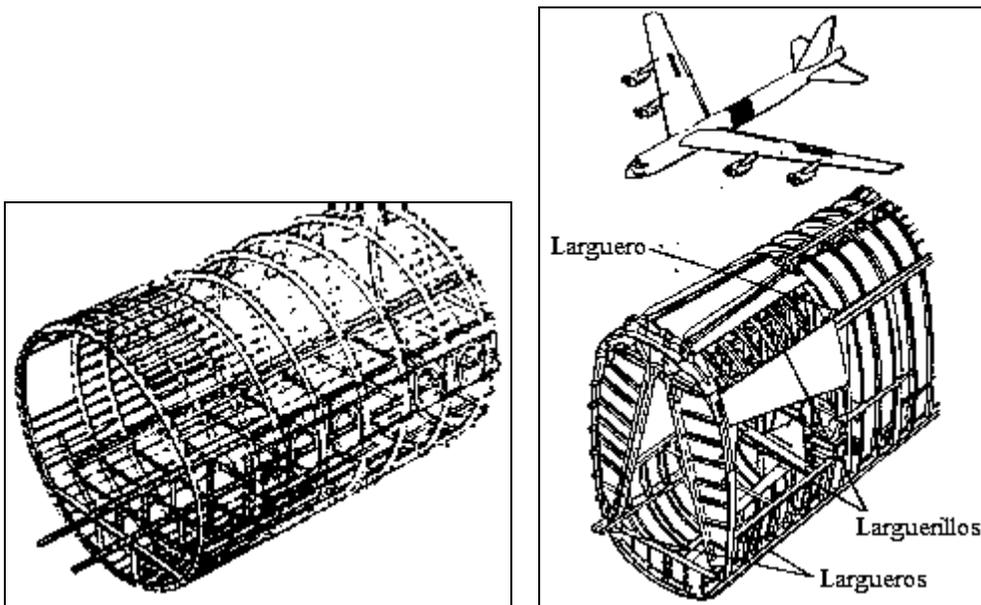


Figura 1.5. Ubicación de Largueros y Larguerillos

Fuselaje A Presión

Cuando se incluye presurización (mantener dentro del fuselaje una presión constante que permita al pasajero y la tripulación su desenvolvimiento normal sin afectar sus funciones vitales), aparece otra carga sobre el fuselaje, la debida a la sobre presión interna, por lo que comienza a comportarse como un tanque a presión, y pese a que la diferencia de presión es baja dado que el área total afectada es muy grande, las fuerzas resultantes son también muy grandes.

Aparecen fuerzas tangenciales a las cuadernas, concentradas, que se suma al efecto debido a las deformaciones por flexión, las que están presentes en el revestimiento y tienden a deformar la superficie, haciéndola perder su forma aerodinámica.

Para solucionar este problema se recurre a las cubiertas flotantes, en las que la unión entre cuaderna y recubrimiento conservan su capacidad al corte. Así se consigue que el recubrimiento se expanda uniformemente bajo la acción de la presión interna. En los fuselajes presurizados se debe tener especial atención con:

- a) Fatiga de las juntas por fluctuación de la presión.
- b) Los sellos por donde entran conductores al fuselaje.
- c) Las aberturas de puertas, cierres y tapas.
- d) La presión sobre los cristales.
- e) Estructura libre de fallas para evitar la descompresión.

1.2.2. Montajes de motores

Los montajes de motores se utilizan para fijar el grupo motor al avión. En la mayor parte de los aviones monomotores estos montajes están colocados en el extremo anterior o sea en la proa del fuselaje y en la mayor parte de los aviones multimotores están fijados a la estructura de la barquilla de los dos.

Los montajes de motores están diseñados para satisfacer las condiciones especiales de instalación, tales como ubicación en el avión, métodos de fijación, tamaño, tipo y las características del motor que deben soportar. Generalmente están contruidos como una sola unidad que puede ser desmontada con rapidez y facilidad, del resto de la estructura y en muchos casos se quita del avión y se instalan junto con el motor y sus accesorios como una unidad completa o como la unidad de potencia.

1.2.3. Barquillas

La barquilla es una estructura de forma aerodinámica fijada al ala para sujetar al motor, al montaje del motor y a sus accesorios, la cual puede o no contener disposiciones para el tren de aterrizaje retráctil y para proporcionar espacio para llevar carga útil adicional. Pero las barquillas son usadas principalmente para alojar los motores. Aquí encontramos nuevamente que el diseño varia, dependiendo en parte del fabricante y en parte del uso para el cual se destina la barquilla.

1.2.4. Alas

Las alas de un avión son superficies diseñadas para dar fuerzas sustentadoras cuando son movidas con rapidez a través del aire. El diseño en particular para cualquier avión depende de varios factores; por ejemplo, del tamaño, peso uso del avión, de la velocidad deseada de aterrizaje y del régimen ascensional deseado. Con frecuencia los compartimientos más grandes de las alas contienen o son usados como los tanques de combustible o para flotación. Las alas se conocen como ala derecha y ala izquierda. Los lados derecho e izquierdo de un avión corresponden a la mano derecha y a la mano izquierda del piloto cuando este esta sentado en la cabina.

En general la construcción del ala se basa en uno de tres diseños fundamentales; un solo larguero, varios largueros y viga de caja. Los diversos fabricantes pueden adoptar ligeras modificaciones de estos diseños básicos.

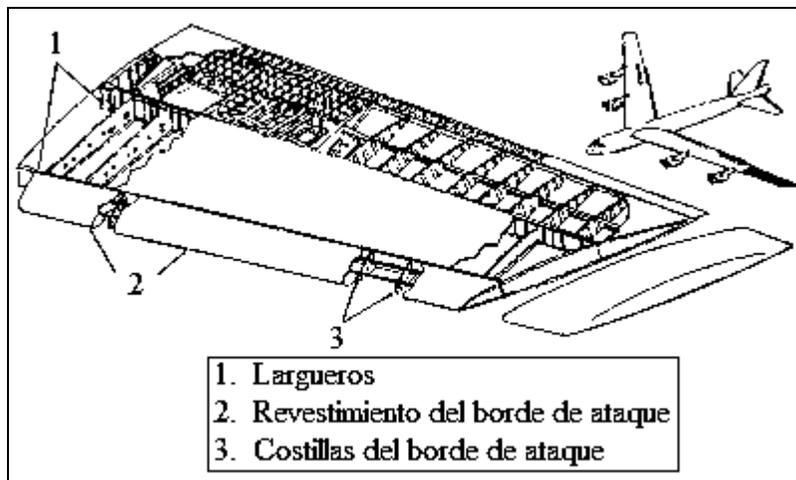


Figura 1.6. Construcción Interna del Ala

El ala de un solo larguero tiene únicamente un miembro longitudinal principal en su construcción. Las costillas o mamparos suministran el contorno o forma necesarios para el plano aerodinámico. Aun cuando el tipo exacto del ala de un solo larguero no es común, este tipo de diseño, modificado por la adición de largueros falsos a lo largo del borde de salida como apoyo para las superficies de control, se usa con frecuencia.

El ala de varios largueros tiene más de un miembro longitudinal principal en su construcción. Para darle el contorno al ala se incluyen con frecuencia costillas o mamparos. Este tipo de construcción, o alguna modificación, se usa en los tipos más livianos de aviones de combate.

El tipo de construcción de viga de caja usa dos miembros longitudinales principales con mamparos de conexión para suministrarle resistencia adicional y darle forma. Una lámina ondulada se coloca con frecuencia entre los mamparos y el revestimiento exterior liso, para que el ala pueda soportar mejor la tensión y las cargas de compresión. En algunos casos, refuerzos longitudinales gruesos substituyen a las laminas onduladas. Una combinación de láminas onduladas en la superficie superior del ala y refuerzos en la superficie inferior se usa algunas veces.

Otras variaciones en el diseño del ala son necesarias a causa del ángulo al cual van unidas las alas al fuselaje. Si las alas tienen el ángulo hacia arriba, se dice que tienen un ángulo diedro positivo; si el ángulo de las alas es hacia abajo se llama ángulo diedro negativo.

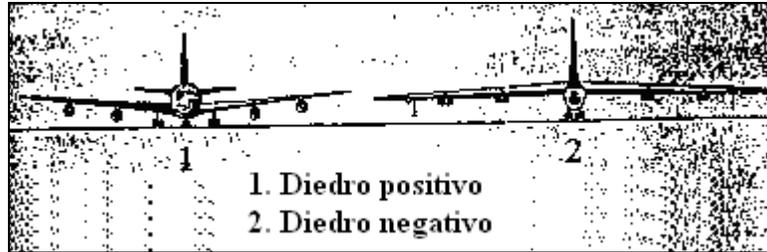


Figura 1.7. Diseño del Ala

Las características del ala causaran otras variaciones en el diseño. Además, uno o ambos bordes pueden ser cónicos, de manera que el ala es mas angosto en el extremo que en la raíz, en donde se une el fuselaje. Numerosos tipos de aviones modernos tienen alas en forma de flecha.

1.2.5. Empenaje

El empenaje es sencillamente la sección de la cola del avión. Incluye el extremo posterior del fuselaje, el timón o los timones de dirección, los timones de profundidad y los estabilizadores.

Los estabilizadores son planos aerodinámicos cuyo fin primordial es aumentar la estabilidad del avión. Están montados en el extremo posterior del fuselaje y constan del estabilizador o estabilizadores verticales y del estabilizador horizontal. A la superficie vertical fija se le llama generalmente el estabilizador vertical o espolón, y a la superficie horizontal fija se le llama estabilizador horizontal.

1.2.6. Superficies de control

Las superficies de control son superficies móviles por medio de las cuales el avión puede ser dominado durante el vuelo. Ellas constan de los alerones, los timones de profundidad y los timones de dirección. Las superficies auxiliares tales como las aletas de compensación, los flaps, las aletas ranuradas y aletas interceptoras están también incluidas en el avión. El mecanismo de control es el medio por el cual las superficies de control pueden ser operadas.

1.2.7. El revestimiento

A la cubierta exterior lisa de un avión se le llama revestimiento, el cual cubre las unidades estructurales principales; 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. También se puede usar aluminio adelgazado y preformado. El magnesio y lamina de acero inoxidable también se usan pero en un grado limitado. El grosor de los materiales variara según la carga y las tensiones impuestas dentro y en toda la estructura.

1.2.8. El contorno aerodinámico

Para impedir la turbulencia en el paso de aire o para suavizar el paso del aire sobre los ángulos formados por las alas y otras unidades estructurales con el fuselaje, se ha unido una lámina formada y redondeada llamada contorno aerodinámico. El contorno aerodinámico usado alrededor de las alas o de las superficies de la cola se llama con frecuencia filetes.

1.3. Características de los componentes de la estructura de un avión.

1.3.1. Cualidades de los metales

Para poder entender completamente tanto esta sección como secciones siguientes se explicara algunas cualidades de los metales, sus características y algunos de los metales utilizados en la aviación y sus aleaciones; por lo cual para poder identificar los materiales utilizados en la construcción de aviones es necesario conocer los términos que se utilizan para la identificación de ellos:

- a) **Dureza.**- la dureza se refiere a la habilidad de un material para resistir la abrasión, la penetración, las melladuras o la acción de corte. Las cualidades de desgaste depende de su dureza.

- b) **Fragilidad.**- la fragilidad es la propiedad que tiene un material que permite muy poca flexión o deformación sin que ocurra rotura.

- c) **Maleabilidad.**- un metal que se puede martillar, trabajar con rodillo, o prensar para darle diversas formas sin que se rompa o sufra otros defectos perjudiciales, se dice que es maleable. Esta condición es necesaria en las láminas metálicas que pueden ser trabajadas para darles formas curvas tales como los contornos aerodinámicos.

- d) **Ductilidad.**- la ductilidad es la propiedad que tiene un material que permite que este sea permanentemente estirado, doblado o torcido para darle diferentes formas sin que se rompa.

- e) **Elasticidad.**- la elasticidad es aquella propiedad que permite que un material regrese a su forma original cuando se elimina la fuerza que causa el cambio de su forma.

- f) **Tenacidad.**- un material que posee tenacidad soportara esfuerzos que tienden a romperlo o a cortarlo y puede ser estirado o deformado de cualquier otra manera sin que se rompa. La tenacidad es una propiedad deseable en los materiales para aviones.

- g) **Conductividad de Calor.**- la conductividad de calor es aquella propiedad de un material que determina la rapidez a la cual se trasmite el calor dentro del material. La aleación de aluminio tiene un alto grado de conductividad de calor.

- h) **Resistencia de Tensión.**- la resistencia de tensión de un material es su resistencia a una fuerza que tiende a romperlo por tracción.

- i) **Resistencia de Compresión.**- esta resistencia de un material es su resistencia a una fuerza que tiende a aplastarla.

- j) **Resistencia al Corte.**- la resistencia que ofrece un material a una fuerza que tiende a hacer que una capa de material se desplace sobre una capa adyacente se conoce como su resistencia al corte.

- k) **Resistencia a la Flexión.**- la flexión se puede describir como la desviación o curva de un miembro debido a las fuerzas que actúan sobre el. La resistencia de flexión de un material es aquella que ofrece a las fuerzas que tienden a doblarla.

l) Resistencia de Torsión.- torsión es una fuerza torcedora tal como ocurría en un miembro que estuviese fijo en uno de sus extremos y torcido en el otro extremo. La resistencia de torsión de un material es la resistencia que opone a la torsión.

m) Resistencia a la Fatiga.- la fatiga ocurre en los materiales que han estado sometidos a inversiones frecuentes de carga o a cargas aplicadas repetidamente, si se llega al límite de fatiga o si se excede el metal se puede rajar o romper. La resistencia a esta condición se conoce como resistencia a la fatiga.

1.3.2. Tipos de metales

1.3.2.1. Acero

El término “ferroso” se aplica a los metales que tienen hierro como su componente principal.

El hierro obtenido directamente del proceso de fundición contiene un exceso de impurezas que lo hace indeseable para uso comercial. Después de la refinación quedan pequeñas cantidades de impurezas. Este proceso mejora las propiedades del metal.

Formas de acero

El material de acero es fabricado en formas de láminas, de barras, de varillas, de tubos, de piezas estiradas, de piezas formadas, de forjaduras y de fundiciones.

Aceros para aviones y su uso

- a) Acero al Carbón.-** el acero que contiene carbón en cantidades distintas, de tal manera que existen tipos de aceros al carbón de bajo carbón, medio carbón y alto carbón. Los aceros de bajos grados de carbón son utilizados para la fabricación de artículos tales como alambres de seguridad, algunas tuercas, bujes para cables y para extremos roscados de varillas. Este acero en láminas se usa para piezas estructurales secundarias y para abrazaderas, y en forma tubular se utiliza para piezas estructurales moderadamente cargadas.

- b) Acero al Níquel.-** los diversos aceros al níquel se producen combinando níquel con acero de carbón. El níquel aumenta el temple, la resistencia de tensión y el límite de elasticidad del acero sin disminuir en forma apreciable la ductilidad. También intensifica el efecto de endurecimiento del tratamiento térmico.

- c) Acero al Cromo.-** el acero al cromo es altamente duro, muy resistente y tiene propiedades que son resistentes a la corrosión.

- d) Acero Cromo-Níquel.-** el cromo y el níquel mezclados en diversas proporciones con el acero, forman los aceros cromo-níquel. Tanto el níquel como el cromo influyen en las propiedades del acero; el níquel le da tenacidad mientras que el cromo lo endurece. El acero cromo-níquel se usa para piezas hechas a maquina y forjadas que requieren resistencia, ductilidad, tenacidad y resistencia a los impactos.

- e) **Acero al Vanadio.**- los aceros cromo-vanadio cuando son tratados térmicamente tienen excelentes propiedades tales como resistencia, tenacidad y resistencia al desgaste y a la fatiga. Un grado especial de este acero en forma de lamina puede ser formado en frío dándole formas complejas. Se puede doblar y aplastar sin que muestre señas de romperse o de fallas.

- f) **Acero Cromo-Molibdeno.**- el molibdeno, en pequeño porcentaje, se usa en combinación con el cromo para formar el acero cromo-molibdeno; este acero tiene aplicaciones importantes en el avión. El molibdeno aumenta la resistencia máxima del acero sin afectar su ductilidad o facilidad de trabajo. Los aceros al molibdeno son tenaces, tienen resistencia al desgaste y se endurecen totalmente con el tratamiento térmico. Son especialmente adaptables para soldaduras y por esta razón se usan especialmente en las piezas y conjuntos estructurales soldados.

1.3.2.2. Aluminio

El término “no ferroso” se refiere a todos los metales que no contengan hierro como el principal constituyente.

Aluminio y sus aleaciones

El aluminio es un metal blanco y lustroso, liviano en peso y resistente a la corrosión en su estado puro. La conductividad térmica del aluminio es muy elevada. Es dúctil, maleable y anti-magnético.

El aluminio combinado con diversos porcentajes de otros metales, generalmente el cobre, el manganeso y el magnesio forman las aleaciones de aluminio que se utilizan en la construcción de aviones. Las aleaciones de aluminio son livianas y fuertes. No poseen la resistencia a la corrosión que tiene

el aluminio puro y generalmente son tratadas para evitar el deterioro. El ALCLAD es una aleación de aluminio con una capa protectora de aluminio para hacerla casi igual al metal puro en la resistencia a la corrosión.

El aluminio y las diversas aleaciones de aluminio, en forma forjada, usadas en la construcción de aviones son como siguen:

La aleación 24S, sencilla y sin la capa ALCLAD, se usa para piezas tratadas térmicamente, para cubierta de superficies aerodinámicas y para herrajes.

La aleación 25S se usa extensamente para las palas de las hélices. La aleación 52S se usa para tuberías de combustible, tubos hidráulicos, tanques de combustible y para las puntas de las alas.

Las aleaciones de aluminio para fundición se usan para las cabezas de los cilindros, cárters, inyectores de combustible, carburadores, y para las ruedas de aterrizaje.

1.3.2.3. Plásticos

Los plásticos abarcan un amplio campo de resinas sintéticas orgánicas. En algunos plásticos, diversos materiales reforzadores tales como aserrín, mica, asbesto, tela de algodón, tela de vidrio, etc., son unidos entre si por medio de la resina para obtener una variedad de propiedades físicas. Los plásticos pueden ser divididos en dos clasificaciones principales: termo-plásticos y plásticos que se endurecen térmicamente.

- a) **Termo-Plásticos.-** los termo-plásticos se pueden suavizar por medio del calor y se pueden disolver en diversos tipos de solventes orgánicos. Dos formas de plásticos transparentes se emplean comúnmente en las ventanas, en las cubiertas corredizas, en las piezas de proa, y en alojamientos

transparentes. Estos materiales se conocen como plásticos con base acrílica y plásticos con base de acetato de celulosa. Los plásticos con base acrílica se producen bajo nombres comerciales de “Plexiglás”, “Lucita”, etc. Los plásticos con base de acetato de celulosa, se llaman “Fibestos”, “Lumarith”, etc.

- b) **Plásticos Que Se Endurecen Térmicamente.**- estos plásticos no se suavizan en forma apreciable cuando están sometidos al calor, pero si pueden achicharrarse y formársele vejigas a temperaturas de 204 a 260 grados centígrados, y son substancialmente insolubles. Ellos se usan en forma de partes moldeadas, hojas laminadas o en forma de adhesivos de resina.

- c) **Vidrio De Seguridad.**- el vidrio de seguridad, también llamado vidrio a prueba de astillas, consiste en dos piezas de lámina de vidrio firmemente unidas a una lámina transparente de plástico. Esta construcción produce una lámina más fuerte que si fuera vidrio corriente y es altamente conveniente desde el punto de vista de seguridad. La lámina plástica se adhiere al vidrio y evita que este se astille con un impacto.

1.3.3. Características de los componentes del fuselaje de un avión

1.3.3.1. Miembros Estructurales

Los mamparos, conjuntos estructurales y formadores sirven el doble propósito de dar la forma de sección transversal al fuselaje y la de añadir rigidez y resistencia a la estructura. La forma y tamaño de estos miembros varia 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. Los conjuntos estructurales son

los miembros más numerosos y sobresalientes en el fuselaje, tanto desde el punto de vista de apariencia como desde el de dispositivo de refuerzo. 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, y se llaman mamparos.

Los miembros de canal, las secciones en forma de sombrero y los conjuntos armados 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.

Los larguerillos y largueros son los miembros principales de las estructuras del fuselaje. El larguero es un miembro bastante pesado. Varios de estos, 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 sujetan los mamparos y los formadores y ellos a su vez sujetan a los larguerillos. Todos estos juntos forman una armazón de fuselaje rígida.

1.3.3.2. Características del Fuselaje

El metal que se usa generalmente para la construcción del fuselaje es la aleación de aluminio, con especialidad una u otra de las dos aleaciones conocidas comercialmente como 17ST y 24ST. Estas aleaciones son como tres veces más livianas que el acero y después de ser tratadas térmicamente tienen una resistencia aproximadamente igual a la del acero dulce. Para algunos usos, generalmente para el recubrimiento de superficies, esta aleación es hecha en láminas con una ligera capa de aluminio puro en ambos lados. En esta forma se

conoce corrientemente como Alclad. El aluminio puro sirve como una capa protectora para el metal básico. Las piezas forjadas son generalmente hechas de aleación 24ST; sin embargo, la 14ST se esta utilizando para piezas forjadas que tengan el espesor de las almas mayor de 1/8 de pulgada.

Aberturas Reforzadas

Las aberturas reforzadas proporcionan acceso a las partes internas de un avión y están instaladas para fines de inspección, mantenimiento y reparación. El tamaño de una abertura reforzada se rige por el espacio en el cual debe instalarse y el trabajo que se va a llevar a cabo a través de dicha abertura.

Una abertura reforzada se compone de dos partes: el anillo de refuerzo y la tapa. El anillo de refuerzo es una contra placa que refuerza la abertura. La tapa queda al ras con el revestimiento y va sujeta al anillo de refuerzo.

El material usado para el anillo de refuerzo debe ser más grueso que el de revestimiento. Por lo general se usan dos hileras de remaches alrededor de la abertura. Cuando el espacio no permita el uso de un trazado completo de dos hileras, se usa una hilera a los lados y dos en los extremos.

Para sujetar las placas que sirven como tapaderas se usan unidades de cierre automático (placas – tuercas). Estas unidades se fijan al anillo de refuerzo con remaches embutidos y se puede usar cualquiera de los diferentes tipos existentes. Pero la unidad de cierre automático más comúnmente utilizada son las de tipo fija (anclas).

1.3.3.3. Características de los montajes de motores

Una de las consideraciones principales que se tiene al diseñar los montajes de motores es hacer accesible el motor y su equipo para el trabajo de mantenimiento e inspección. Una construcción de una armazón hecha de tubos de acero cromo – molibdeno soldados este bien adaptada para este fin y se usa extensamente. Las piezas forjadas de cromo níquel molibdeno se usan para herrajes que tienen que soportar mucho mas cargas, siendo estas trabajadas a maquina con exactitud en los puntos de conexión rígidas al motor o a las estructuras.

Aunque la ubicación exacta depende enteramente del diseño del avión, los puntos de fijación del montaje del motor están ya sea en el mamparo contra incendios o inmediatamente delante de este, el cual separa el compartimiento del motor del resto de la estructura.

Las vibraciones que se originan en el motor, serán trasmitidas al montaje del motor y a través de el hasta la estructura del avión, a menos que se tomen medidas para aislar estas vibraciones y el uso de alguno de los dispositivos standard para ese fin es obligatorio en la instalación de motores. Estos dispositivos son generalmente almohadillas sencillas de caucho. En algunos casos se instalan unidades adicionales en el mamparo contra incendios entre la estructura del montaje del motor y la estructura del avión. La finalidad primordial de estos elementos aisladores de vibración es producir una frecuencia natural de vibración del conjunto del grupo motor a menos de aproximadamente la mitad que la que produce el motor a las RPM de crucero mas bajas posibles.

1.3.3.4. Características de las Barquillas

La estructura de la barquilla es similar a la del fuselaje. La barquilla es primordialmente un contorno aerodinámico que aloja al motor. En ciertos casos la barquilla esta diseñada para transmitir las cargas del motor al ala. Las barquillas de la mayor parte de los aviones militares son de forma similar y de diseño general para los aviones del mismo tamaño. Varían principalmente con el tamaño del avión. Comparativamente, entre mayor sea el avión menos contornos aerodinámicos se necesitan y mas pequeñas serán las barquillas.

En los aviones que tienen fuselajes dobles, los motores están construidos en el extremo delantero en donde se unen a las alas. La barquilla descansa en el panel del ala central y aloja al personal, los controles y la carga. En los aviones de dos motores, las barquillas también alojan el tren de aterrizaje principal y el equipo afín.

1.3.3.5. Características de las Alas

Las estructuras de las alas de la mayor parte de los aviones militares modernos son de construcción toda metálica, generalmente del diseño cantilever; esto es, están construidas de tal manera que no se requieren refuerzos externos. Con pocas excepciones, todas son del tipo de revestimiento activo, en las que el revestimiento soporta parte de los esfuerzos del ala.

Las partes estructurales principales de un ala son los largueros, las costillas o mamparos y los larguerillos o refuerzos. Estas partes estructurales están remachadas o soldadas. Los largueros son los miembros estructurales principales del ala. Equivalen a los largueros del fuselaje. Se extienden en dirección paralela al eje lateral o hacia la punta del ala y generalmente están unidos al fuselaje mediante los herrajes del ala, vigas sencillas o parte de un sistema de armazón. Las costillas son las piezas transversales que componen la

armazón de un ala. Se extienden desde el borde de ataque hasta el borde de salida del ala. Las costillas dan al ala su forma y transmiten la carga desde el revestimiento hasta los largueros. Las costillas también se usan en los alerones, timones de profundidad, aletas y estabilizadores. Un tipo de costilla es la costilla formada, que esta hecha de una sola pieza de metal con los rebordes y repujados formados en una sola operación.

Frecuentemente se utilizan láminas corrugadas de aleación de aluminio como una cubierta inferior para la estructura de las alas. La cubierta exterior lisa esta generalmente sujeta ya sea con remaches de cabeza embutida o de cabeza de botón (brazier – head).

Como en el caso de los fuselajes, el metal que generalmente se usa para la estructura de las alas es el Alclad usado extensamente para la cubierta exterior.

Las aberturas para inspección y las puertas de acceso generalmente están colocadas sobre la superficie inferior del ala, y los huecos de drenaje están colocados en las mismas superficies. Los pasadizos están en áreas del ala donde se requiere que pise o que camine el personal. La sub – estructura es reforzada cerca de los pasadizos para soportar esas cargas.

1.3.3.6. Características del Empenaje

Las características de las superficies fijas de la cola, son en muchas idénticas a la de las alas. El estabilizador vertical mantiene la estabilidad direccional del avión durante el vuelo; esto es, alrededor de su eje de viraje o vertical. Un espolón esta desviado cuando su plano se encuentra a un ángulo con respecto al plano del eje longitudinal. Esto se hace para obtener una estabilidad direccional más exacta contrarrestando las fuerzas que actúan en el avión. El estabilizador vertical también sirve como la base a la cual esta el timón direccional.

El estabilizador horizontal proporciona estabilidad longitudinal del avión en el vuelo; esto es, alrededor de su eje lateral. El estabilizador horizontal es similar al estabilizador vertical, en cuanto a su construcción interna y también sirve como soporte para los timones de profundidad.

1.4. Introducción de los diferentes tipos de tornillos.

Para poder entender bien el funcionamiento de los tornillos hay que conocer el resto de componentes de sujeción estructural como son los remaches, tornillos, pernos, tuercas y los sujetadores turnlock (de acción rápida).

1.4.1. Remaches

Los remaches usados en la construcción de aviones son en su generalidad fabricados de aleación de aluminio. En algunos casos especiales se usan remaches de monel, de acero resistente a la corrosión, de acero dulce, de cobre y hierro.

Marcas En La Cabeza	
○	Sencillo
⊕	Cruz en alto relieve
⊖	Hoyuelo
⊙	Puntos en alto relieve
⊙	Puntos en alto relieve
⊖	Dos guiones en alto relieve

Figura 1.8. Identificación de las Distintas Marcas en las Cabezas de Remaches

Tipos de Remaches

- a) **Remaches corrientes de vástagos sólidos.**- los remaches corrientes de vástagos sólidos son aquellos que se usan generalmente en la construcción de aviones. Se fabrican en los siguientes estilos de cabezas: cabeza redonda, cabeza plana, cabeza embutida o cónica, cabeza de botón, cabeza universal y de brazier.

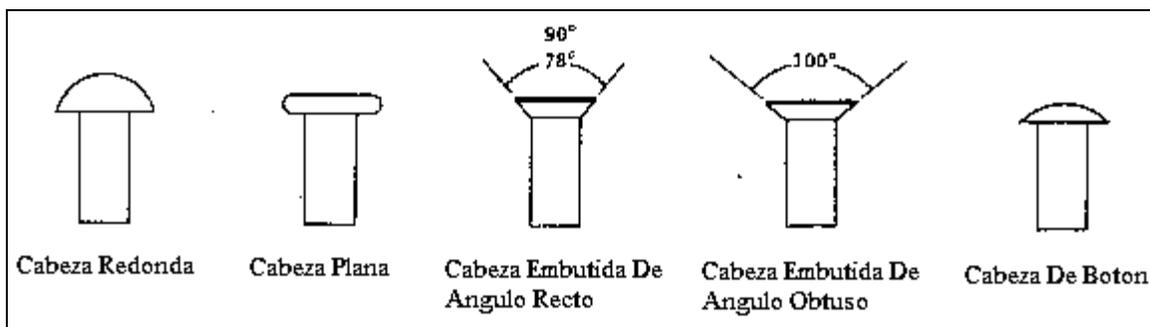


Figura 1.9. Identificación de los Distintos Tipos de Cabezas de Remaches

- b) **Remache de alta resistencia al corte.**- los remaches de alta resistencia al corte son remaches especiales patentados que tienen una resistencia al corte equivalente al de los pernos corrientes AN. Ellos se usan en casos especiales en lugares donde hay presente altas cargas de corte tales como en los largueros de las alas y en las costillas de mamparos gruesos. El remache consiste en un pasador bañado de cadmio hecho de aleación de acero y en un collar de aleación de aluminio. El remache instalado se puede identificar con facilidad debido a la presencia del collar adjunto en el lugar de la cabeza formada generalmente en los remaches corrientes, como se puede apreciar en la figura A y B.

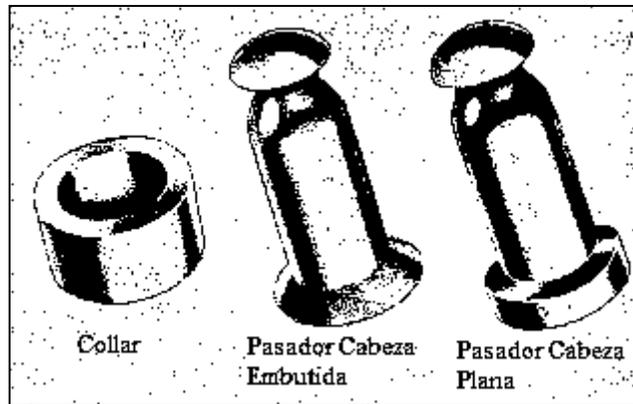


Figura 1.10. Componentes del Remaches de Alta Resistencia al Corte



Figura 1.11. Diferencia Entre Remaches Normales Y Remaches de Alta Resistencia al Corte

- c) **Remaches ciegos cherry.**- estos remaches son patentados usados en los lugares donde los requisitos de resistencia lo permiten cuando un lado de la estructura es inaccesible, haciendo imposible el uso de remaches corrientes de vástagos sólidos.

1.4.2. Pernos, tornillos y tuercas

1.4.2.1. Pernos

En la estructura de aviones se usan pernos de diversos tipos. Los pernos son obtenidos de acero, de aleación de aluminio y de bronce fosforado. Los pernos más importantes son los de cabeza hexagonal, los de cabeza de horquilla y los de cabeza hendida para llave interior.

- a) **Perno de cabeza hexagonal.**- es un perno estándar AN usado con tuerca hexagonal o con tuerca de seguridad. Se usa en esfuerzos de tensión o al corte.



Figura 1.12. Perno de Cabeza Hexagonal

- b) **Perno de cabeza de horquilla.**- estos pernos se usan en esfuerzos al corte y nunca en esfuerzos de tensión.



Figura 1.13. Perno de Cabeza de Horquilla

- c) **Perno de cabeza hendida para llave interior.**- se usa donde un perno AN no es lo suficientemente fuerte para las fuerzas de tensión o donde no hay espacio para colocar una llave.



Figura 1.14. Perno de Cabeza Hendida para Llave Interior

1.4.2.2. Tuercas

Las tuercas siguientes son las que se usan mas comúnmente en la estructura de aviones: tuerca hexagonal, tuerca de auto seguridad, tuerca almenada, tuerca para esfuerzo de corte, tuerca estriada de seguridad y tuercas fijas elásticas.

- a) **Tuerca hexagonal.**- la tuerca hexagonal se usan únicamente donde pueden ser aseguradas en su lugar. Nunca se usan donde están expuestas a rotación.

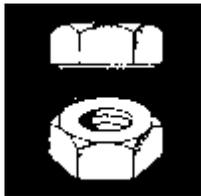


Figura 1.15. Tuerca Hexagonal

- b) **Tuerca almenada.**- la tuerca almenada se usa en cualquier parte donde hay esfuerzos al corte o tensión.

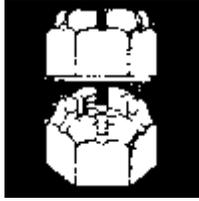


Figura 1.16. Tuerca Almenada

- c) **Tuerca para esfuerzos al corte.**- estas tuercas se usan para esfuerzos al corte únicamente. No debe usarse en tensión.

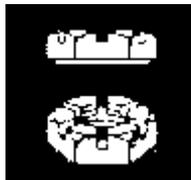


Figura 1.17. Tuerca para Esfuerzos al Corte

- d) **Tuerca estriada de seguridad.**- soporta todo el esfuerzo de tensión. Se usan en cualquier parte donde se pueda usar esta tuerca.



Figura 1.18. Tuerca Estriada de Seguridad

- e) **Tuerca de auto seguridad.**- de esta tuerca hay dos tipos:

1. **Sencilla.**- la tuerca de auto seguridad AN364 se usa en donde hay esfuerzo al corte únicamente. La AN365 se usa en esfuerzos de tensión y al corte. La AC363 se usa lo mismo que la AN365, excepto que se usa donde hay altas temperaturas. Esta tuerca tiene una pieza insertada de acero en lugar de fibra.

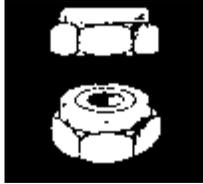


Figura 1.19. Tuerca de Auto Seguridad (Sencilla)

2. Tipo fija.- es una tuerca de auto seguridad con una base plana que se extiende hacia los lados para remachar la tuerca a la pieza de metal. Se usa para sujetar planchas o tapaderas sobre aberturas de manera que puedan quitarse con facilidad.

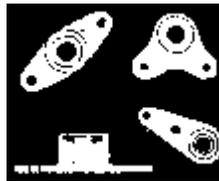


Figura 1.20. Tuerca de Auto Seguridad (Tipo Fija)

1.4.2.3. Tornillos

Los tornillos son los dispositivos de sujeción roscados que se usan más comúnmente en los aviones. Ellos se diferencian de los pernos en cuanto a la forma de la cabeza, los tornillos tienen una hendidura en la forma del destornillador y los pernos tienen la cabeza en forma de hexágono para las copas.

Los tornillos principales empleados en la estructura de aviones son los de cabeza redonda, cabeza de botón, cabeza plana, cabeza taladrada, cabeza de arandela, cabeza reed y prince, cabeza philips, el tornillo para lamina metálica, el tornillo impulsor y los tornillos para madera de los tipos de cabeza redonda y de cabeza avellanada (embutida).

- a) **Tornillos de cabeza redonda.**- estos tornillos se usan para trabajos en general.

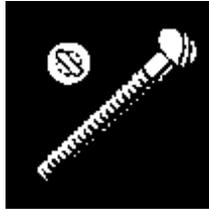


Figura 1.21. Tornillos de Cabeza Redonda

- b) **Tornillos de cabeza de botón.**- se usan por razones de apariencia y aerodinámica.



Figura 1.22. Tornillos de Cabeza de Botón

- c) **Tornillos de cabeza plana.**- estos tornillos se usan en huecos avellanados donde se desea tener una superficie plana.



Figura 1.23. Tornillos de Cabeza Plana

- d) **Tornillos de cabeza taladrada y de cabeza de arandela.**- el tornillo de cabeza de arandela, se usa para sujetar materiales donde se desea tener una mayor superficie de apoyo de la cabeza en la estructura. El tornillo de cabeza taladrada AN502 es para uso no estructural únicamente.



**Figura 1.24. Tornillos de Cabeza Taladrada
Y
De Cabeza de Arandela**

- e) **Tornillos de cabeza philips, reed y prince.**- son de ranuras especiales que requieren un destornillador especial en los diferentes tornillos.

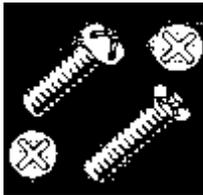


Figura 1.25. Tornillos de Cabeza Philips, Reed y Prince

- f) **Tornillos para láminas metálicas y tornillos impulsores.**- se usan para sujetar láminas para decorados livianos interiores. Los tornillos auto roscados para láminas metálicas viene con cabeza redonda, cabeza de botón o cabeza plana.



**Figura 1.26. Tornillos Para Láminas Metálicas
Y
Tornillos Impulsores**

1.5. Características de los tornillos

1.5.1. Tornillos para aviones

Los tornillos se pueden clasificar en tres grupos: los tornillos estructurales, que tiene la misma resistencia que los pernos de igual tamaño; los tornillos de maquina dentro de los cuales van incluidos la mayoría de los tipos que se usan para reparaciones en general; y los tornillos de auto enroscamiento los cuales se usan para fijar las piezas mas livianas.

1.5.1.1. Tipos de tornillos

Tornillos estructurales

Los tornillos estructurales se fabrican de acero de aleación, han sido sometidos al tratamiento térmico adecuado y también se puede usar como pernos estructurales. Tienen un largo definido y la misma resistencia al corte que un perno del mismo tamaño. Las tolerancias del vástago son similares a las de los pernos AN de cabeza hexagonal y tienen rosca fina nacional. Estos tornillos estructurales se fabrican con cabeza redonda, cabeza brazier o cabeza embutida. El tornillo de cabeza plana AN509 se usa en los agujeros avellanados cuando se necesita una superficie pareja o al ras. El tornillo de cabeza de arandela suministra un área de contacto grande.

Tornillos de maquina

Los tornillos de maquina usualmente son de los tipos de cabeza embutida, de cabeza redonda, de cabeza de arandela. Estos son tornillos para usos generales se fabrican de acero de bajo contenido de carbón, bronce, acero resistente a la corrosión y aleación de aluminio. Los tornillos de cabeza redonda tienen en la

cabeza una ranura. El tornillo de cabeza cilíndrica es un tornillo para uso general, que se emplea como tornillo sin tuerca en los mecanismos livianos. Esto podría incluir una serie de piezas de aluminio fundido tales como las tapas de las cajas de engranajes.

Tornillos de auto roscamiento

Estos tornillos se usan para fijar partes removibles a piezas fundidas, tales como placas de identificación y piezas en las cuales el tornillo corta sus propias roscas después que la pieza ha sido parcialmente taladrada. Se usan para la fijación temporal de laminas metálicas que se van a remachar y para el montaje permanente de piezas no estructurales.

1.5.2. Ajuste de pernos y tornillos

Todos los huecos para pernos deben ser lo mas pequeños compatibles con el diseño y todos los pernos deben ser asegurados en forma adecuada. Siempre use el mismo tamaño de taladro que el diámetro nominal del perno. En algunos casos es recomendable taladrar el hueco más pequeño y escariarlo para obtener un ajuste apretado. Cualquier perno que entre en una tuerca de anclaje debe tener suficiente libertad para acoplar las roscas en la tuerca por medio de la manipulación.

1.6. Destornilladores

El destornillador común tiene una punta plana. El tamaño de esta punta la determina el ancho de la misma. El tamaño del destornillador lo determina el largo de su vástago o espiga.

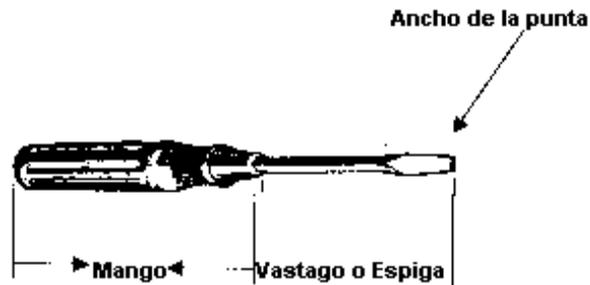


Figura 1.27. Destornillador Común

Dos tipos de destornilladores con puntas de cruz son los destornilladores Philips, los Reed y Prince. La punta del destornillador Philips es roma, sin filo, mientras que la punta del destornillador Reed y Prince es afilada. La punta de los destornilladores en cruz varía en tamaño, de manera que se debe seleccionar el tamaño correcto de punta para que ajuste en las ranuras de la cabeza del tornillo; sin embargo, el tamaño del destornillador se determina por la longitud del vástago.

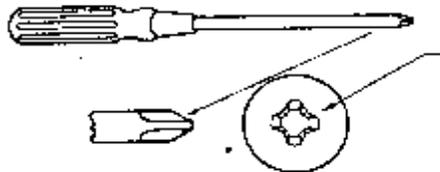


Figura 1.28. Destornillador con Punta de Cruz

1.6.1. Destornillador angular

El destornillador angular tiene los dos extremos doblados en un ángulo de 90 grados. Se usa para apretar o aflojar tornillos en áreas donde no encajan destornilladores comunes. Las dos puntas están a ángulos rectos entre si para facilitar la remoción de tornillos en áreas que limitan el giro del destornillador. Ambas puntas de un destornillador son del mismo tamaño. Seleccione el destornillador angular cuyas puntas ajusten en la ranura de la cabeza del tornillo.



Figura 1.29. Destornillador Angular

1.6.2. Destornillador de cubo

El destornillador de cubo se asemeja mucho al destornillador común, con la excepción de que esta provisto de un cubo para tuercas en el extremo inferior del vástago. Estos destornilladores de cubo están disponibles en distintos tamaños y se utilizan para quitar y reemplazar tuercas pequeñas de determinados componentes y de regletas de bordes eléctricos.

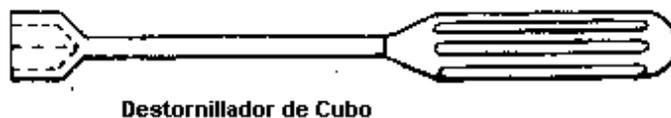


Figura 1.30. Destornillador de Cubo

CAPITULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. Identificación de las alternativas

La herramienta extractora de tornillos es una herramienta practica que sirve para retirar tornillos de la estructura del avión, que pueden estar atascados o trabados por las vibraciones o calor que sufre el avión, esto depende de la ubicación de cada tornillo, ya sea que se encuentren en la parte externa del fuselaje o en la parte de la turbina. Además, esta herramienta se adaptara a la superficie curva de la aeronave.

También existen los extractores de tornillos, estas son herramientas especiales que funcionan mediante el taladrado del tornillo atascado y con una rosca contraria a la del tornillo instalado lo extrae, pero esta herramienta deja al tornillo inservible y se corre el riesgo de que el extractor se rompa dentro del tornillo.

Dentro de las alternativas existentes en el mercado se puede mencionar algunas y algunos métodos, ya que para extraer tornillos no solo existen herramientas, sino que también existen ciertos métodos de extracción, estos son los siguientes:

- Extractores de tornillos.
- Herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje.
- Extracción de tornillos por perforación.
- Destornilladores o Birbiki.

De las alternativas expuestas se han escogido las siguientes: Extractores de tornillos, Herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje; tomando en cuenta la aplicación, facilidad que proporcionara al trabajo, tiempo de trabajo y por que estas hacen referencia directa a la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

2.1.1. Primera alternativa

Extractores de Tornillos.

Los extractores de tornillos son dispositivos que funcionan con una contra rosca a la de los tornillos que se encuentran en el avión, para aplicar estos extractores se necesita utilizar un proceso determinado para estos extractores.

El proceso para estos extractores es el siguiente:

1. El primer paso es taladrar el tornillo con una broca de diámetro menor al del vástago del tornillo, teniendo cuidado de no salirse del tornillo para no dañar la lamina ni los hilos del ancla que sostiene el tornillo, se taladrara hasta una profundidad no mayor de los tres cuartos de la longitud del tornillo.

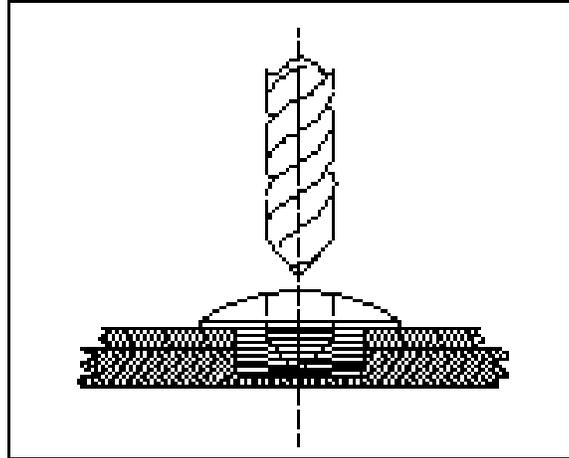


Figura 2.1. Taladrado del Tornillo

2. Luego se introduce un extractor y se lo hace girar en sentido contrario al de la instalación del tornillo, para que el extractor se ajuste dentro del tornillo, para así poder retirar dicho tornillo haciendo presión con la contra rosca de tal manera que este salga quedando atascado al extractor. Además se debe anotar que el inconveniente de este proceso es que el tornillo una vez retirado del ancla o de su lugar queda inservible.

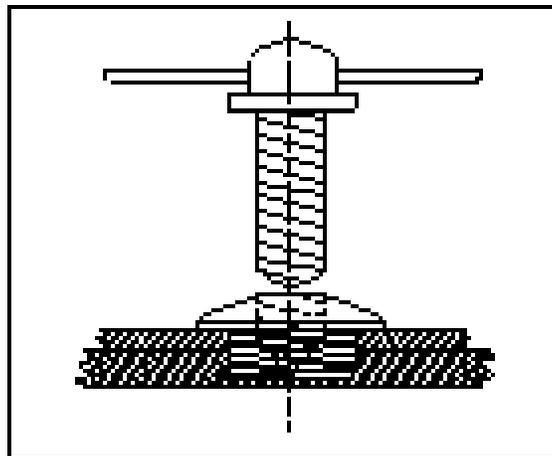


Figura 2.2. Introducción del Extractor al Tornillo

2.1.2.Segunda alternativa

Herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje.

La herramienta extractora de tornillos es un dispositivo que sirve para retirar tornillos atascados en el fuselaje del avión, este dispositivo funciona a base de un sistema de palanca de tres puntos, para utilizar este dispositivo se lo hace a través del siguiente procedimiento:

1. Primero se toman las partes que conforman la herramienta y se las unen para poder utilizar dicha herramienta.

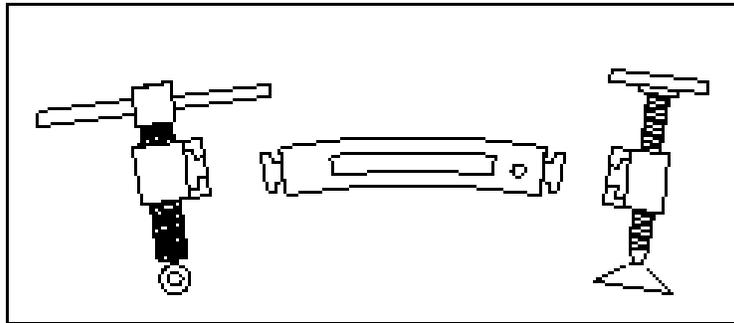


Figura 2.3. Partes de la Herramienta Extractora

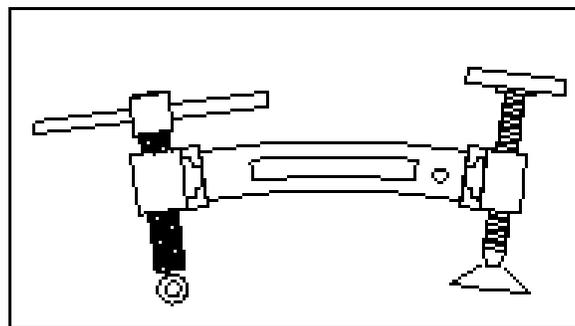


Figura 2.4. Herramienta Ensamblada

2. Luego se busca un tornillo que se pueda sacar fácilmente con un destornillador y que se encuentre cerca al tornillo que se va a retirar con este método, para así poder lograr un punto de anclaje para la herramienta. Este punto de anclaje servirá para colocar el eje de soporte, el cual se coloca en el riel de la herramienta con un pasador.

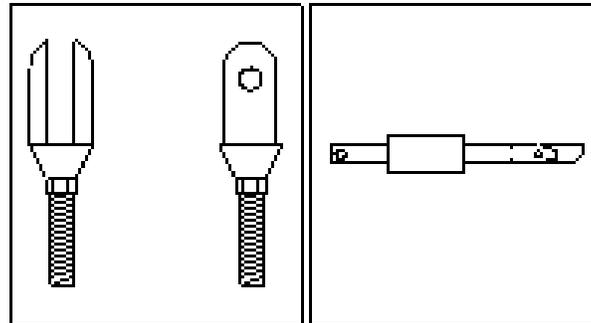


Figura 2.5. Eje de Soporte y Pasador del Eje

3. Una vez colocada la herramienta en el lugar se procede a ejercer presión con la palanca sobre el tornillo y se gira el tornillo hasta que este se suelte y se pueda retirar con facilidad.

Evitando por un lado dañar los tornillos atascados o alguna parte de la estructura del avión debido a un mal procedimiento de trabajo, ahorrando así tiempo y dinero lo cual es muy importante en las operaciones Aeronáuticas.

2.2. Estudio de factibilidad.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas, se analiza las diferentes características y se determina la mejor opción.

2.2.1. Primera Alternativa

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas Extractores de Tornillos

Extractores de Tornillos	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Extrae tornillos con precisión.• Evita daños a destornilladores.	<ul style="list-style-type: none">• Si es mal empleado puede ocasionar daños a la superficie del fuselaje.• Se desperdicia tornillos que se pueden volver a utilizar, ya que estos quedan inservibles.• Se requiere una mano de obra mas experimentada.• Se necesita brocas especiales para cada tipo de material y diámetro del cual pueda estar hecho cada tornillo.• Si se llega a romper el extractor dentro del tornillo se complicara el trabajo que se esta realizando ya que una broca no perfora a un extractor.

2.2.2. Segunda Alternativa

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas Herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje

Herramienta Extractora de Tornillos	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• El costo de fabricación no es elevado.• De fácil utilización, no requiere de una mano de obra experimentada.• No ocupa espacio físico innecesario.• No necesita de una fuente de alimentación para su desempeño.• Su funcionamiento es mecánico (manual), por lo tanto puede ser utilizado en cualquier momento.• No representa un peligro en ocasionar daños a la superficie del fuselaje del avión.• Ahorro de tiempo.• No daña los tornillos por lo que se los puede volver a utilizar.	<ul style="list-style-type: none">• Requiere de un punto de anclaje, para lo cual se debe encontrar un tornillo que se pueda sacar con destornillador.• No puede acceder a cualquier superficie.• Se puede usar siempre que exista el espacio suficiente.

2.3. Parámetros de evaluación

Para la evaluación se toma en cuenta las ventajas y desventajas descritas anteriormente, la alternativa que tenga mayor puntuación será la elegida para construir. Los parámetros de evaluación que se consideran se subdividen bajo tres aspectos:

- Mecánico
- Financiero
- Complementario

Los mismos que se les asigna un factor de ponderación de 0 a 1 sobre la base de jerarquización.

2.3.1. Factor Mecánico

- **Material:** Aquí se tomara en cuenta el material recomendable para la construcción con un factor de ponderación de 0.8.
- **Construcción:** Se necesitan piezas cuyas características sean óptimas para su funcionamiento con un factor de ponderación de 0.9.
- **Operación:** Requiere sencillez y facilidad para el manejo con un factor de ponderación de 0.8.
- **Mantenimiento:** Proporciona un funcionamiento óptimo y soluciones para posibles fallas con un factor de ponderación de 0.8.

2.3.2. factor Financiero

- **Costo de fabricación:** La decisión adecuada permitirá escoger la opción más económica.

2.3.3. Factor Complementario

- **Tamaño:** Dependiendo del espacio que ocupen las herramientas, se tratara de ocupar el área disponible.
- **Forma:** Se refiere a la estética o presentación de las herramientas.

Tabla 2.3. Matriz de Evaluación

Parámetros de Evaluación	Factor de ponderación	Alternativas	
		1	2
Factor Mecánico			
➤ Material	0.8	6	8
➤ Construcción	0.9	7	9
➤ Operación	0.8	4	9
➤ Mantenimiento	0.8	5	8
Factor Financiero			
➤ Costo de fabricación	0.9	7	8
Factor Complementario			
➤ Tamaño	0.7	9	8
➤ Forma	0.6	7	8

Tabla 2.4. Matriz de Decisión

Parámetros de Evaluación	Factor de Ponderación	Alternativas	
		1	2
Factor Mecánico			
➤ Material	0.8	4.8	6.4
➤ Construcción	0.9	6.3	8.1
➤ Operación	0.8	3.2	7.2
➤ Mantenimiento	0.8	4	6.4
Factor Financiero			
➤ Costo de Fabricación	0.9	6.3	7.2
Factor Complementario			
➤ Tamaño	0.7	6.3	5.6
➤ Forma	0.6	4.2	4.8
TOTAL		35.1	45.7

2.4. Determinación de la Mejor Alternativa

Después de haber analizado cada una de las alternativas y evaluado cada parámetro se concluye que la segunda alternativa presenta las mejores características, sobre esta base se selecciona para la construcción por las siguientes razones:

- El material de la segunda alternativa es mucho mas fácil de trabajar y dar la forma de la herramienta.
- La construcción de la herramienta extractora es mas fácil que la de un extractor debido a su material y en caso de alguna ruptura de las piezas de la herramienta es mas factible hacer un repuesto que tener que construir un extractor nuevo.
- La operación de esta herramienta no requiere de mucha experiencia por parte del técnico.
- La forma se acopla perfectamente a la forma del avión.
- El riesgo de ocasionar daños a la estructura del avión es mínimo con la herramienta, mientras que con el extractor es alto.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN

En este capitulo se tiene como objetivo principal detallar los principales procesos de construcción y ensamblaje de las partes que conforman la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

3.1. Estructura

La herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares esta compuesta de cinco partes principales que son las que cumplen el trabajo para el cual fue diseñada y estas son:

- Palanca del Brazo
- Copa del Brazo
- Eje de Soporte
- Brazo con Pie
- Pasador del Eje

3.1.1. Palanca del Brazo

La palanca del brazo es la pieza de la herramienta que ejerce la fuerza de empuje contra la estructura del avión, esta presión funciona sobre la copa del brazo a través del brazo y del eje de soporte.

Esta pieza al ejercer presión sobre la punta del destornillador asegura esta punta al tornillo, evitando así que la punta resbale y dañe la superficie del avión o del destornillador.

Los materiales seleccionados para la construcción de la palanca del brazo son los siguientes:

3.1.1.1. Varilla de Acero 705 (\varnothing 16mm X 235mm)



Fig. 3.1. Varilla

Las características que presenta este material es su dureza y resistencia a grandes fuerzas, este tipo de acero es recomendable en este caso para la fabricación de herramientas.

Utilización

En la construcción este material fue utilizado para darle la forma del tornillo sin fin de la palanca del brazo con una bola del mismo material, mediante el empleo de un torno de precisión.



Fig. 3.2. Tornillo Sin Fin con Bola

3.1.1.2. Varilla de Acero de Transmisión (\varnothing 50mm X 15mm)



Fig. 3.3. Varilla

Las características de este material son una dureza muy alta, pero es fácil de trabajar y de soldar, este tipo de acero también es muy recomendable para el tipo de trabajo que se está realizando.

Utilización

Este material fue empleado para construir el mango del tornillo sin fin de la palanca del brazo mediante el torno.



Fig. 3.4. Mango del Tornillo Sin Fin

Además esta pieza fue soldada al tornillo sin fin con una suelda de acero inoxidable.



Fig. 3.5. Mango Soldado al Tornillo Sin Fin

3.1.1.3. Varilla de Acero de Transmisión (\varnothing 31.5mm X 15mm)



Fig. 3.6. Varilla

Las características que presenta este material son las mismas que presenta la varilla anterior del mismo material lo único que varia de este y la anterior son las dimensiones.

Utilización

El presente material fue empleado en la construcción de la pata de eje del tornillo sin fin de la palanca del brazo, esta pieza fue moldeada mediante un torno.



Fig. 3.7. Pata Eje del Tornillo Sin Fin

Además una vez moldeada esta pieza se comprueba que esta encaje y cuadre con el tornillo sin fin.



Fig. 3.8. Pata con Tornillo Sin Fin

3.1.1.4. Platina de Acero 760 (30mm X 38mm X 40mm)



Fig. 3.9. Platina

Este material se caracteriza por ser muy resistente a fuerzas externas, a las fuerzas de corte, fricción y al desgaste, este material se recomendó emplearlo en la siguiente parte de la palanca del brazo, ya que va a resistir una apreciable carga de trabajo.

Utilización

Esta platina se empleo en la fabricación del buje que sostiene al tornillo sin fin de la palanca del brazo y que a su vez sostiene la palanca del brazo conectada al brazo con pie, se la fabrico empleando la fresadora para retirar el material muerto de la platina, luego se utilizo una rectificadora plana para asegurarse de que el material este nivelado por ambos lados, también se empleo una cortadora por hilos para darle la forma exacta a la pieza, y por ultimo se realizo el agujero para el tornillo sin fin, empleando el taladro industrial.

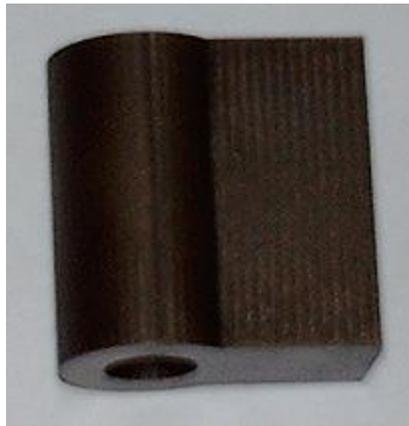


Fig. 3.10. Buje de la Palanca del Brazo Cortado

Una vez moldeadas todas las piezas se las arman con precaución de que queden en buen estado.



Fig. 3.11. Palanca del Brazo Terminada y Ensamblada

3.1.2. Copa del Brazo.

La copa del brazo es la parte de la herramienta donde se ubican los diferentes tipos de puntas de destornillador de copa, también hay que explicar que esta parte tiene un tornillo milimétrico con una palanca para así poder girar la punta ejerciendo presión sobre el tornillo.

Además cabe destacar que esta pieza tiene una hendidura en un extremo para que esta se pueda fijar y quitar del brazo de la herramienta (removible), de tal manera que la herramienta sea más fácil de trasladar.

Los materiales tomados en cuenta para la construcción de esta pieza son las siguientes:

3.1.2.1. Varilla de Acero 705 (\varnothing 16mm X 235mm)



Fig. 3.12. Varilla

Las características que presenta este material es su dureza y resistencia a fuerzas externas y de corte, este tipo de acero es recomendable en este caso para la fabricación de esta pieza de la herramienta.

Utilización

El presente material se empleo en la fabricación del tornillo milimétrico de la copa del brazo, este tornillo se lo moldeo con la ayuda del torno.



Fig. 3.13. Tornillo Milimétrico

Además este tornillo tiene una copa que sostiene en el extremó inferior a la punta de destornillador a ser empleada en cualquier trabajo esta copa se la moldeo con la maquina de electro dación por penetración.



Fig. 3.14. Copa del Tornillo Milimétrico

3.1.2.2. Varilla de Acero Plata (\varnothing 7mm X 130mm)



Fig. 3.15. Varilla

Este acero se caracteriza por ser resistente al corte y cuando es trabajado es lustroso y da una presentación muy buena al acabado.

Utilización

Este material se empleo en la fabricación del pasador del tronillo milimétrico de la copa del brazo, para moldear esta pieza se empleo el torno, y la pulidora para darle el brillo característico que tiene este material.

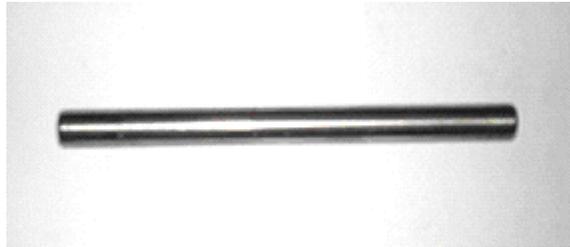


Fig. 3.16. Pasador del Tornillo Milimétrico

Una vez hecha esta pieza se la pasará a través de la cabeza del tronillo milimétrico, perforando primero la cabeza del tornillo con el taladro industrial, luego se hicieron dos puntos de suelda en cada extremo del pasador.



Fig. 3.17. Tornillo Milimétrico con Pasador

3.1.2.3. Platina de Acero 760 (30mm X 38mm X 40mm)



Fig. 3.18. Platina

Este material como se explico en la construcción de la palanca del brazo es el mismo y se caracteriza por ser muy resistente a fuerzas externas, a las fuerzas de corte, fricción y al desgaste.

Utilización

Esta platina se moldeo con el mismo método que se empleo en la construcción de la palanca del brazo, lo único que vario fue la medida de la broca empleada en el taladro.



Fig. 3.19. Buje de la Copa del Brazo

Una vez moldeadas todas las piezas de esta parte de la herramienta se las ensambla para conformar la copa del Brazo.



Fig. 3.20. Copa del Brazo Terminada y Ensamblada

3.1.3. Eje de Soporte

Esta pieza es una muy importante, esta pieza sirve de ancla a la herramienta, esta se sujeta en algún orificio de tornillo que se encuentre disponible en la superficie de trabajo.

Esta parte lo que hace es brindar un punto eje, es decir, esta pieza crea una especie de palanca al juntarse con el brazo de la herramienta.

Los materiales tomados en cuenta para la construcción del eje de soporte son los siguientes:

3.1.3.1. Varilla de Acero 705 (\varnothing 30mm X 65mm)



Fig. 3.21. Varilla

Este tipo de varilla tiene las mismas características de las otras varillas del mismo materia anteriormente empleadas en otras piezas, lo único que varia son las dimensiones.

Utilización

Las varillas fueron empleadas para moldear mediante un torno la forma de los ejes de soporte, a estos ejes se les hizo dos perforaciones mediante un taladro, una en el costado atravesando la pieza completamente y otra en la parte inferior.



Fig. 3.22. Ejes de Soporte Perforados

Una vez que se hicieron las perforaciones se procedió a cortar la ranura de la pieza empleando la cortadora por electroerosión de hilo.



Fig. 3.23. Ejes de Soporte Cortados y Terminados

3.1.4. Brazo con Pie

Esta parte es la principal de la herramienta, el brazo con pie con la ayuda de la palanca del brazo y el eje de soporte transmiten una fuerza a la copa del brazo, que a su vez presiona sobre el tornillo con la punta de destornillador, permitiendo que la punta de destornillador no resbale y dañe el tornillo o la superficie del fuselaje.

Los materiales tomados en cuenta para la construcción de esta pieza son los siguientes:

3.1.4.1. Platina de Acero 760 (12.5mm X 40mm X 250mm)



Fig. 3.24. Platina

Este tipo de acero tiene una resistencia al corte muy alta, y soporta fuertes cargas, además no tiende a deformarse, se recomendó este material para esta pieza por la clase de trabajo que va a realizar esta parte de la herramienta.

Utilización

La platina se empleo en la construcción del brazo con pie, para dar la forma a esta pieza se empleo la cortadora por electroerosión de hilo.



**Fig. 3.25. Proceso de Cortado del Brazo con Pie
Empleando
La Cortadora por Electroerosión de Hilo**



**Fig. 3.26. Detalle del Avance del Corte de la Pieza
En
Computadora Guía**

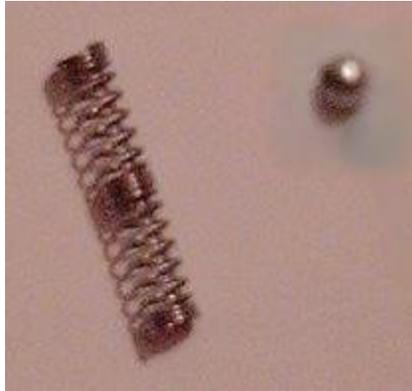


Fig. 3.27. Rectificado del Brazo con Pie



**Fig. 3.28. Brazo con Pie Cortado
Y
Rectificado**

3.1.4.2. Rodamientos Esféricos (\varnothing 4mm) y Resortes Comunes (\varnothing 3mm X 5mm)



**Fig. 3.29. Resorte Común
Y
Rodamiento Esférico**

Estos materiales tienen características comunes ya que para lo que serán empleados no se necesita una resistencia muy grande.

Utilización

Estos serán empleados para hacer los seguros en los pies del brazo, estos seguros afianzaran a la palanca del brazo y a la copa del brazo directamente sobre el brazo con pie, para hacer esto se empleo la máquina de electrodadación por penetración.



**Fig. 3.30. Brazo con los Seguros
Colocados en su Lugar
(Pieza Terminada)**

3.1.5. Pasador del Eje

El pasador del eje es una pieza pequeña que sirve para sujetar al eje de soporte al brazo con pie, esta pieza sirve también como parte del eje del brazo.

Los materiales tomados en cuenta para la construcción del pasador del eje son los siguientes:

3.1.5.1. Varilla de Acero 705 (\varnothing 13mm X 82mm)



Fig. 3.31. Varilla

Las características de este material ya fueron expuestas anteriormente en la construcción de otras piezas, lo único que varía son las dimensiones.

Utilización

Este material se emplea para fabricar el pasador del eje, para moldear esta pieza se emplea el torno.



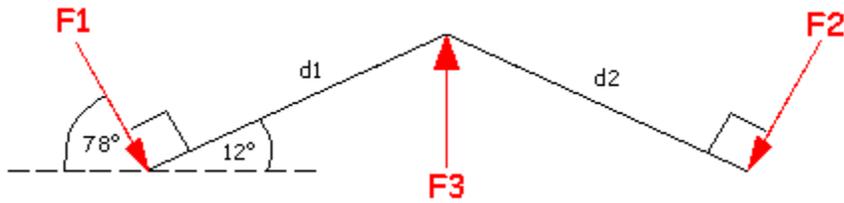
Fig. 3.32. Pasador del Eje Terminado

Una vez moldeadas todas las partes que conforman la herramienta se procede a ensamblarla.



Fig. 3.33. Herramienta Extractora de Tornillos Ensamblada

3.2. Cálculos



$$d_1 = d_2 = 10.5 \text{ cm.}$$

$$F_1 = 551.25 \text{ [N]}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{1x} - F_{2x} = 0$$

$$(551.25 \text{ N}) \cos 78^\circ = F_2 \cos 78^\circ$$

$$F_2 = \frac{551.25 \cos 78^\circ}{\cos 78^\circ}$$

$$F_2 = 551.25 \text{ N} //$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{1y} + F_{2y} - F_3 = 0$$

$$F_1 = F_2$$

Por lo tanto

$$2(F_y) = F_3$$

$$2[(551.25 \text{ N}) \sin 78^\circ] = F_3$$

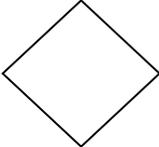
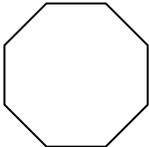
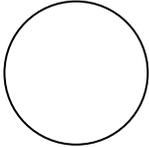
$$F_3 = 1078.40 \text{ N} //$$

3.3. Diagrama de Procedimientos

A continuación se presentan los diagramas de los diferentes procesos en la construcción de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

Estos diagramas están compuestos por símbolos que indican la forma como se ha trabajado en la construcción de la herramienta. Por tal razón se presenta una tabla con la simbología utilizada en cada uno de los procesos de construcción de la herramienta.

Tabla 3.1. Simbología de los Procesos de Construcción de la Herramienta.

Num.	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
1		PROCESO
2		INSPECCION
3		PROCESOS TERMINADOS
4		ENSAMBLAJE

3.3.1. Tipo de Máquinas y Herramientas Utilizados en la Construcción de La Herramienta Extractora de Tornillos para la Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares.

En esta sección se presenta las herramientas, maquinas y equipos utilizados en la construcción de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

Tabla 3.2. Herramientas Utilizadas.

Num.	HERRAMIENTA	CODIGO
1	Sierra Manual	H1
2	Escuadra Metálica	H2
3	Esmeril	H3
4	Prensa Mecánica	H4
5	Lima de Acero	H5

Tabla 3.3. Máquinas Utilizadas.

Num.	MÁQUINA	CARACTERISTICAS	CODIGO
1	Torno	1800 rpm, 3 HP, 220 V AC	M1
2	Cortadora por Electroerosión de Hilo	Hilo de tungsteno con baño de vanadio, 220 V AC	M2
3	Soldadora	220 V AC, 60 Hz	M3
4	Taladro Industrial	1800 rpm, 6 HP, 220 V AC	M4
5	Fresadora	3400 rpm, 60 HP, 220 V AC	M5
6	Rectificadora Plana	3400 rpm, 60 HP, 220 V AC	M6
7	Electrodación por Penetración	Electrodo de Cobre Hecho a la Medida, 280 V AC, 50 Amp	M7

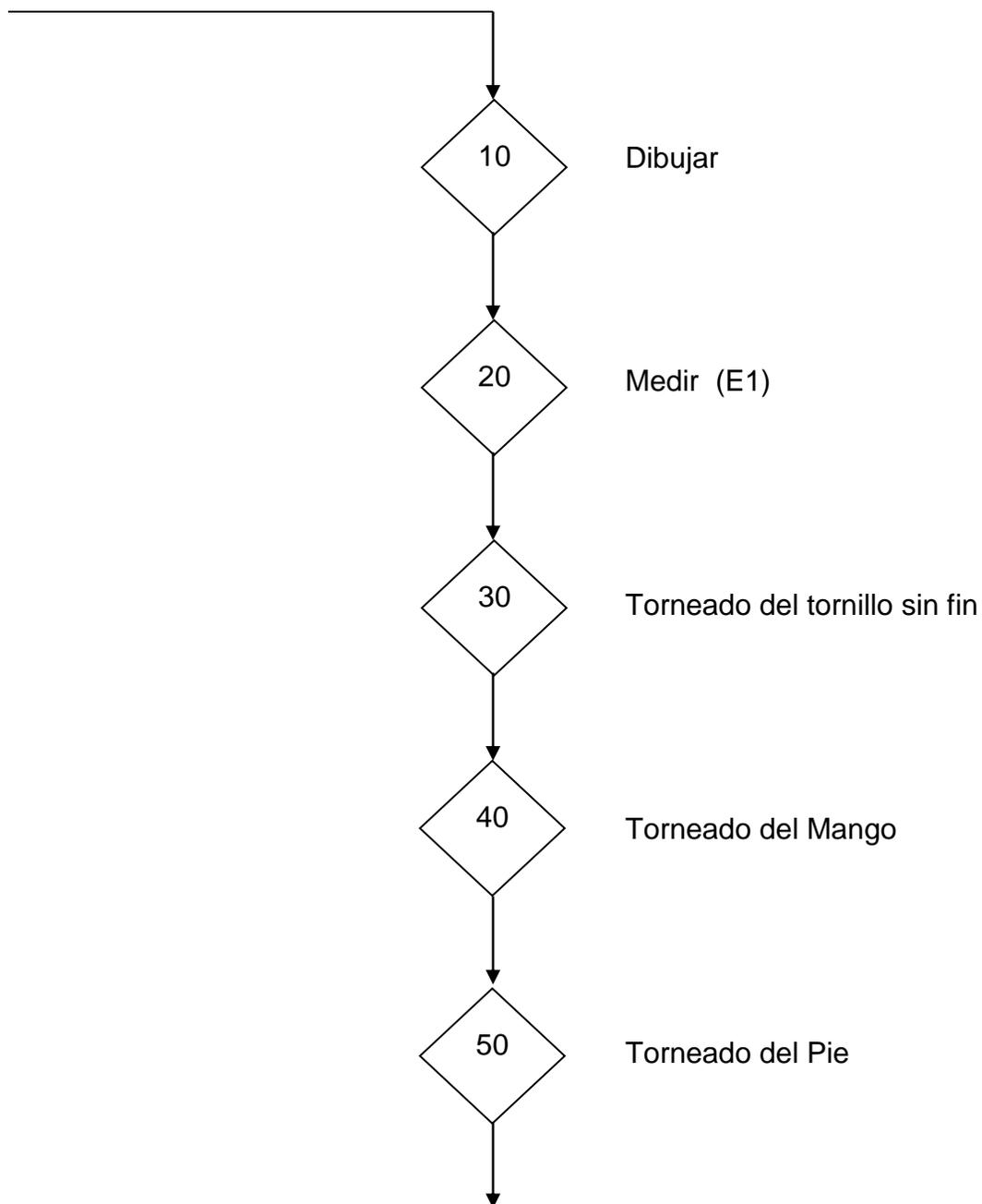
Tabla 3.4. Equipos Utilizados.

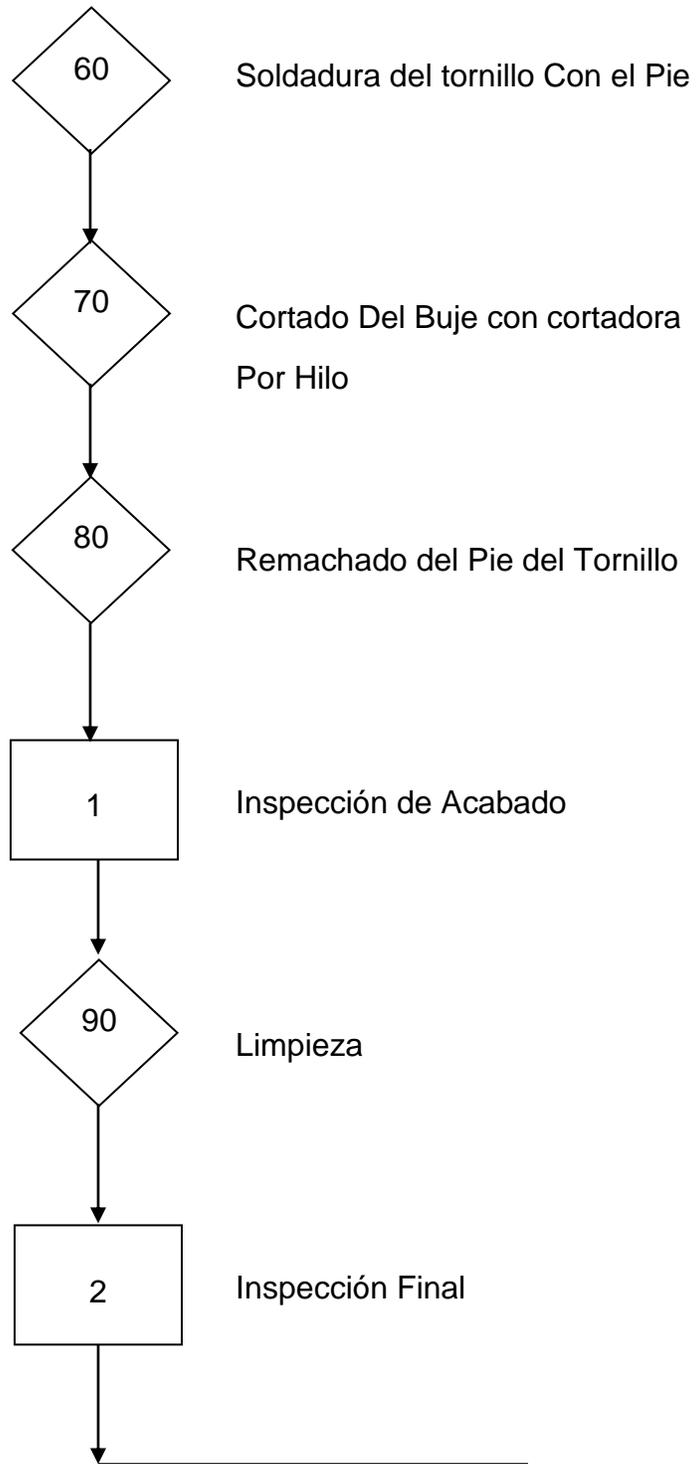
Num.	EQUIPO	CARACTERISTICAS	CODIGO
1	Pie de Rey	Medición Electrónica	E1

3.3.2. Diagrama de Proceso de Fabricación de la Palanca del Brazo de la Herramienta Extractora de Tornillos para la Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares.

Material:

Varilla de Acero 705, varilla de Acero de transmisión (x2), Platina de Acero 760

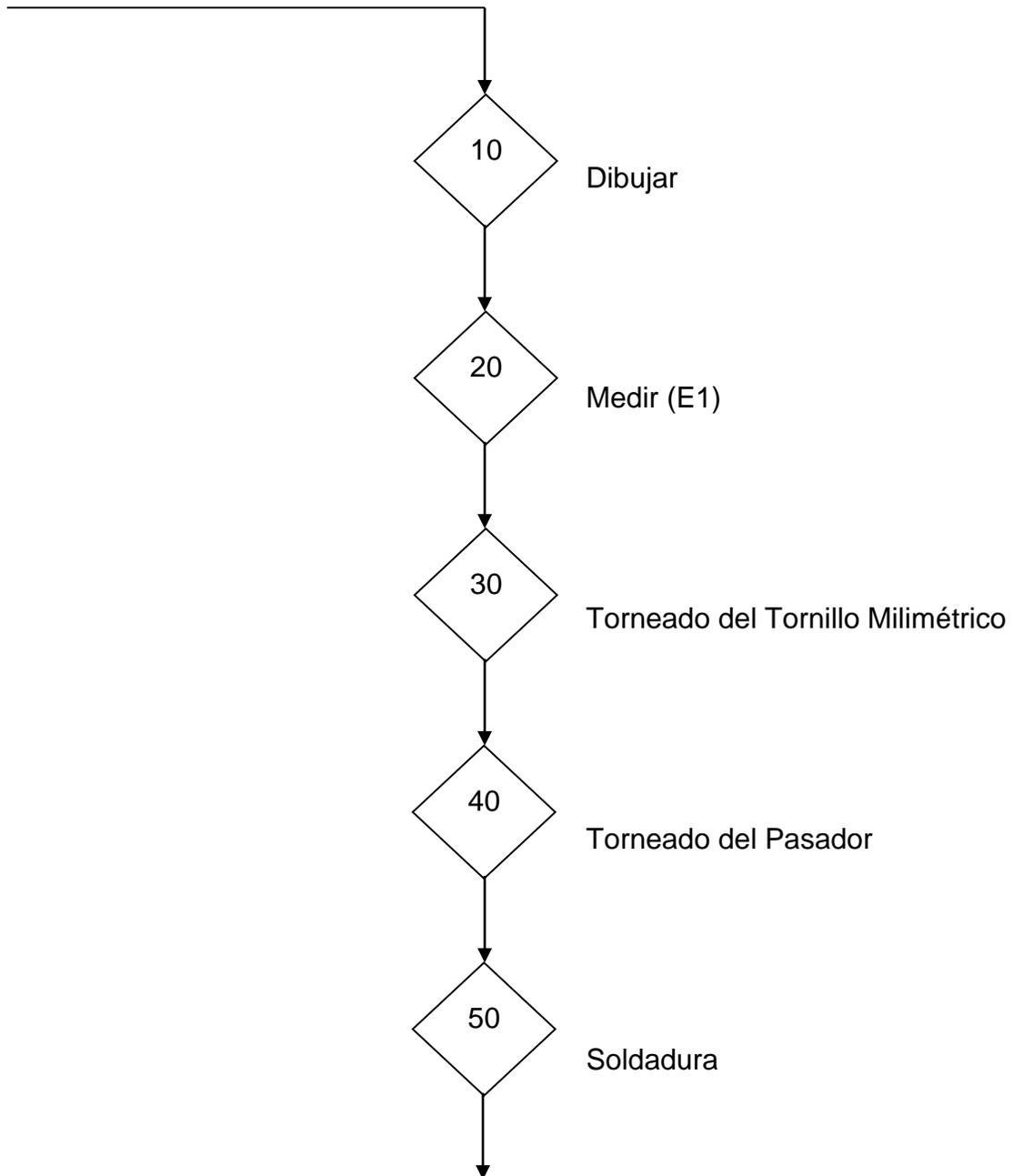


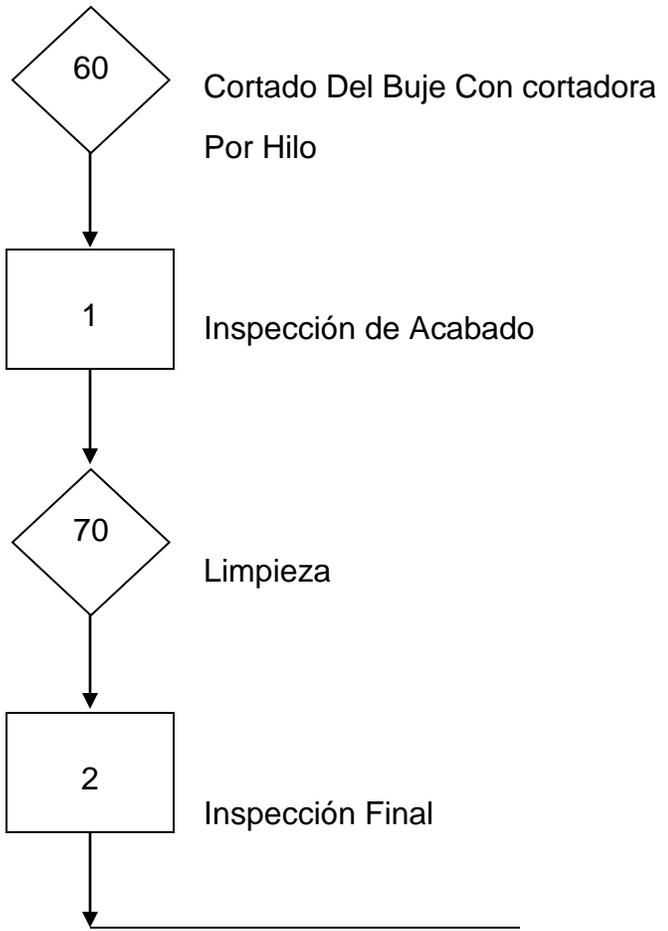


3.3.3. Diagrama de Proceso de Fabricación de la Copa del Brazo de la Herramienta Extractora de Tornillos para la Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares.

Material:

Varilla de Acero 705, Varilla de Acero Plata, Platina de Acero 760

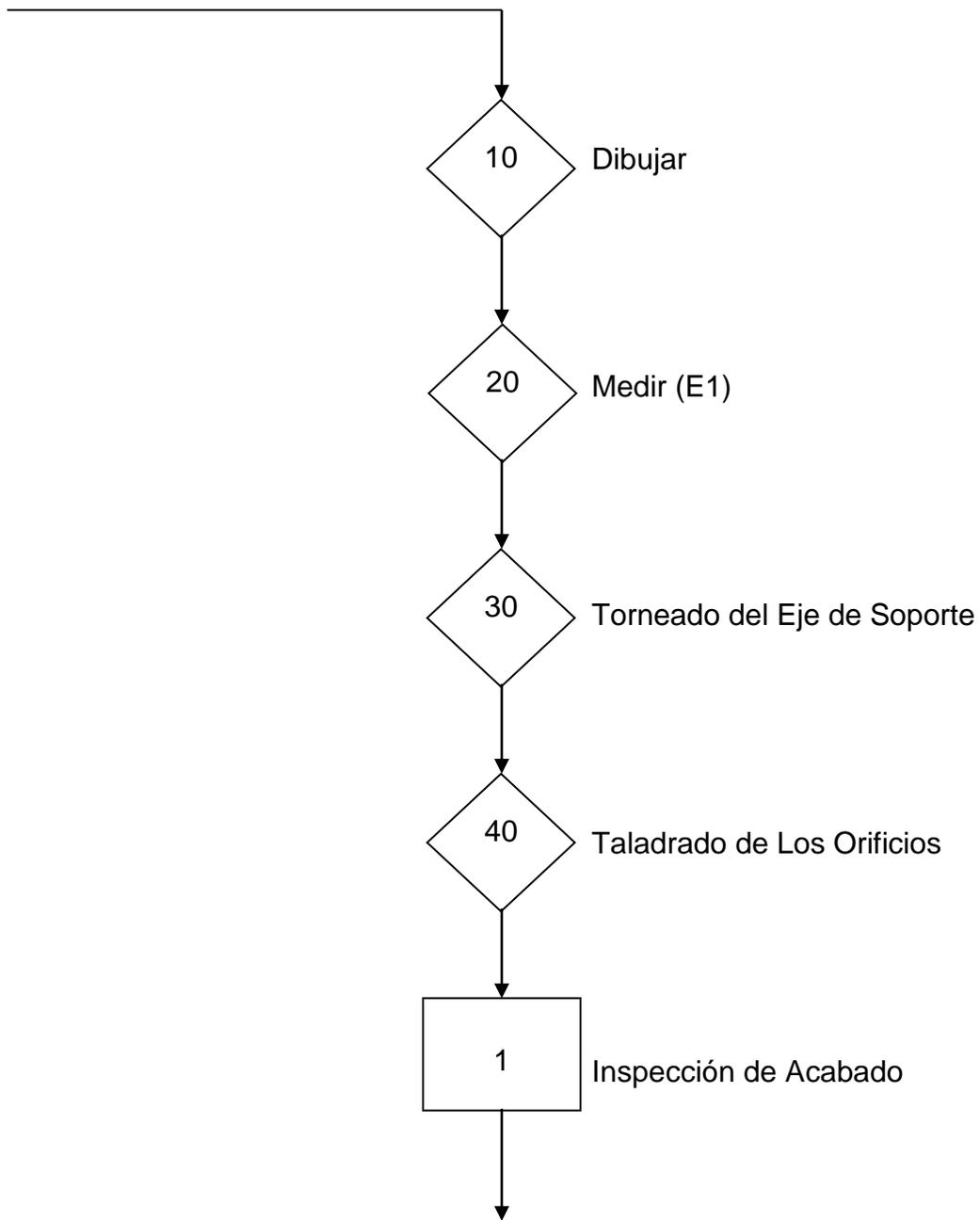


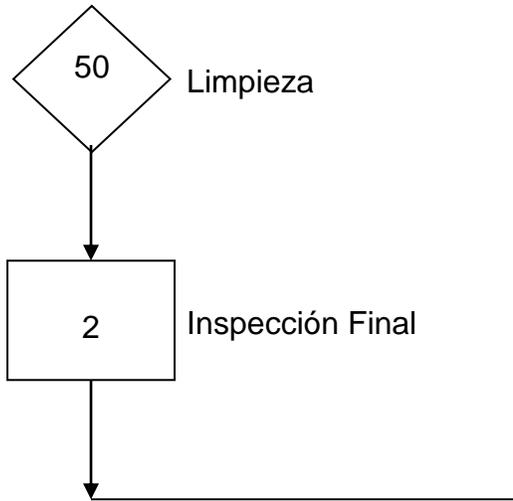


3.3.4. Diagrama de Proceso de Fabricación del Eje de Soporte de la Herramienta Extractora de Tornillos para da Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares.

Material:

Varilla de Acero 705

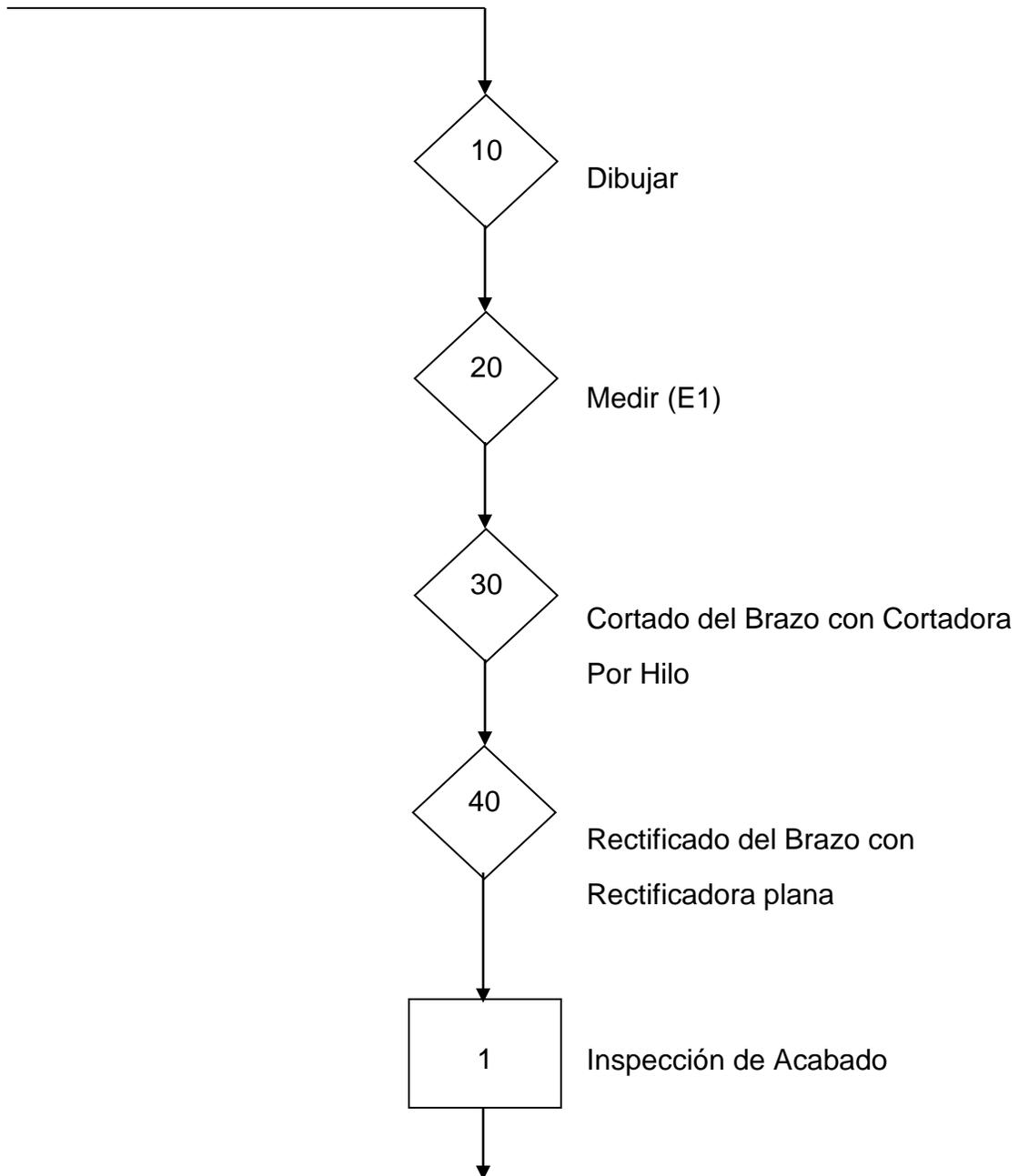


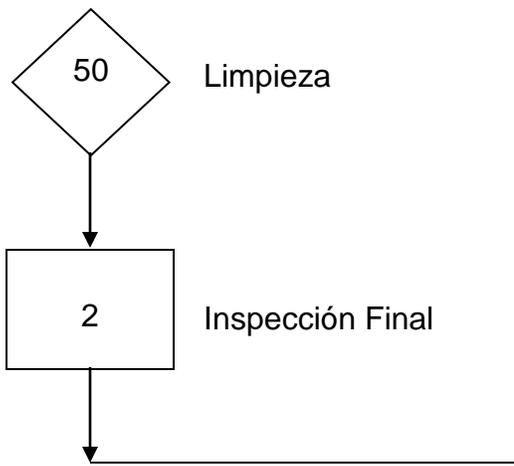


3.3.5. Diagrama de Proceso de Fabricación del Brazo con Pie de la Herramienta Extractora de Tornillos para la Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares.

Material:

Platina de Acero 760, Resorte Común, Rodamientos Esféricos

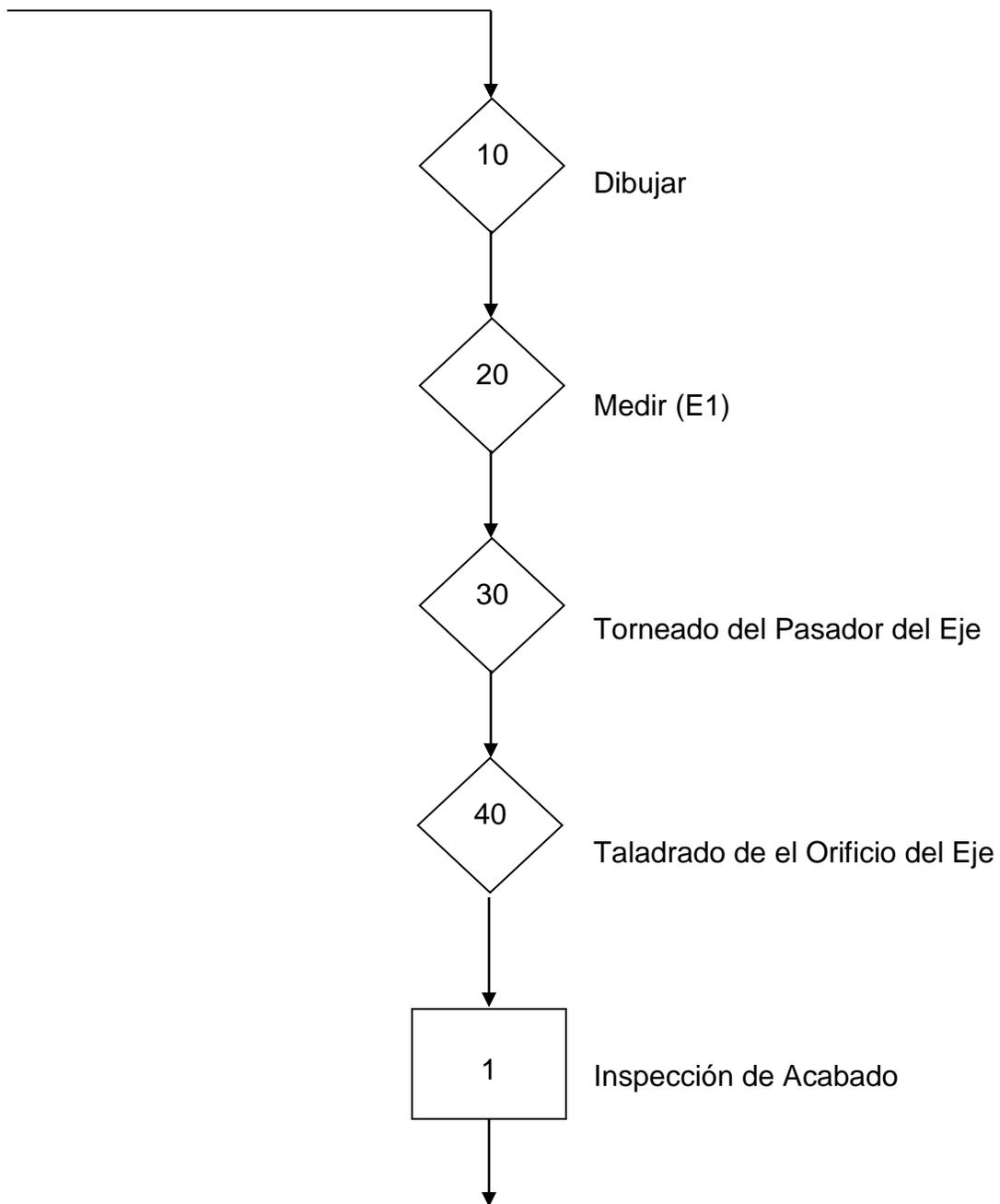


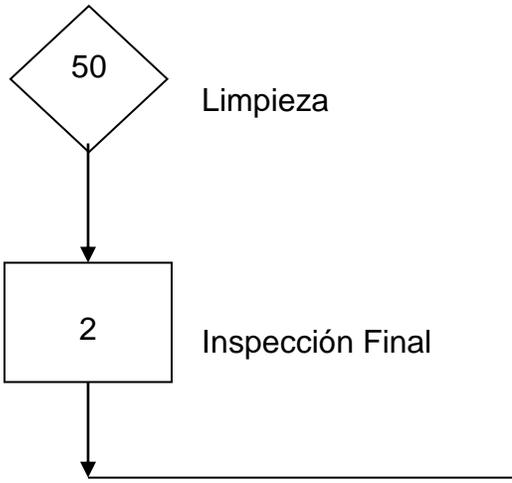


3.3.6. Diagrama de Proceso de Fabricación del Pasador del Eje de la Herramienta Extractora de Tornillos para la Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares.

Material:

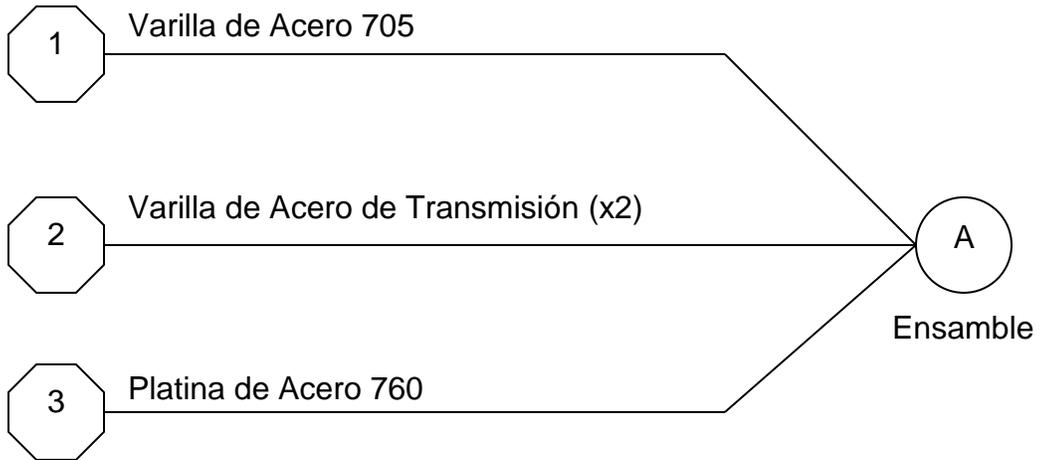
Varilla de Acero 705





3.4. Diagrama de Ensamble

3.4.1. Diagrama de Ensamble de la Palanca del Brazo.



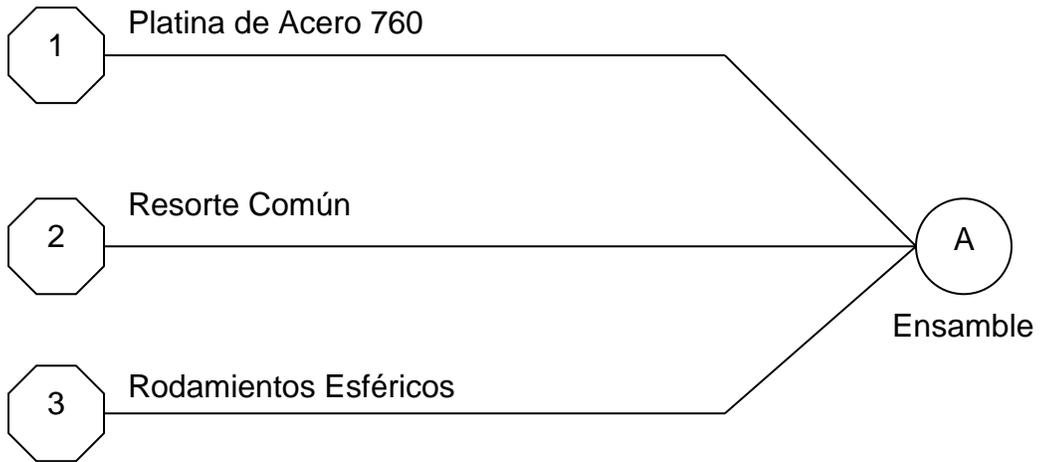
3.4.2. Diagrama de Ensamble de la Copa del Brazo.



3.4.3. Diagrama de Ensamble del Eje de Soporte.



3.4.4. Diagrama de Ensamble del Brazo don Pie.



3.4.5. Diagrama de Ensamble del Pasador del Eje.



3.4.6. Diagrama de Ensamble de la Herramienta.

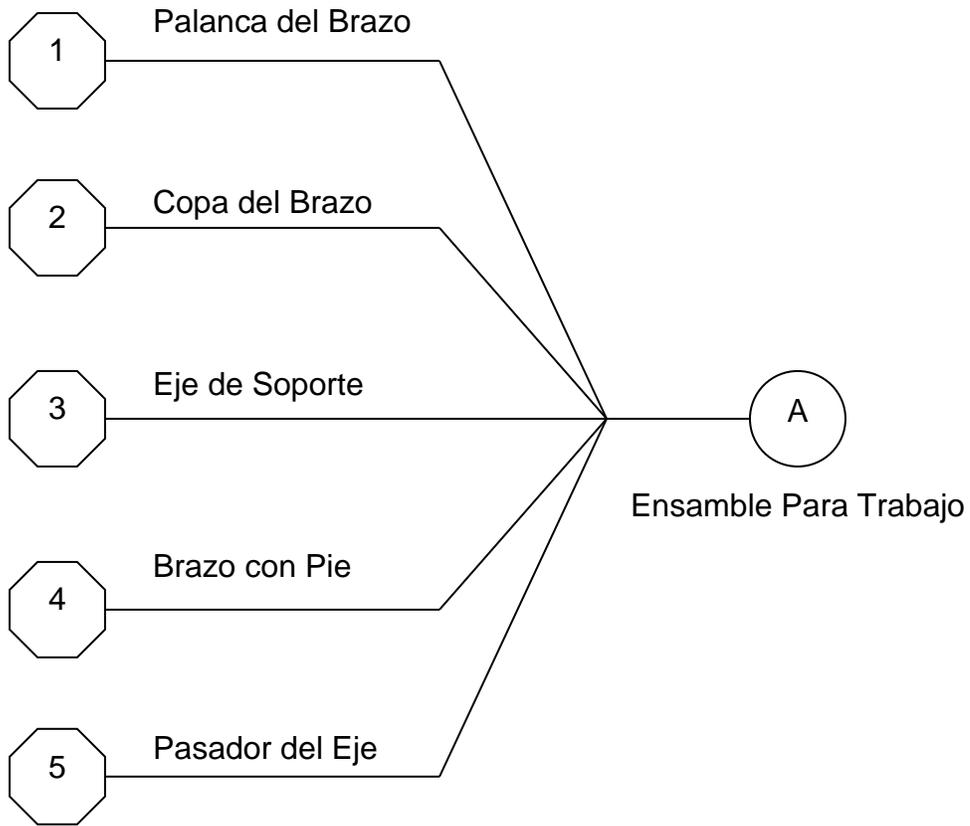


Tabla 3.5. Tiempo Empleado en Máquinas – Herramientas – Equipos.

Num.	M – H – E	COD.	TIEMPO (HORAS)
1	Torno	M1	14
2	Cortadora por Electroerosión de Hilo	M2	6
3	Soldadora	M3	1
4	Taladro Industrial	M4	2
5	Fresadora	M5	2
6	Rectificadora Plana	M6	3
7	Maquina de Electrodeación por Penetración	M7	2
8	Sierra Manual	H1	3
9	Escuadra Metálica	H2	4
10	Esmeril	H3	5
11	Prensa Mecánica	H4	5
12	Lima para Acero	H5	4
13	Pie de Rey	E1	11

3.5. Pruebas de Funcionamiento

Una vez realizada la construcción de la herramienta y el acoplamiento de los componentes para trabajar con la herramienta, se procede a verificar su correcto funcionamiento o fallas de la misma. Para lo cual se realizaron las siguientes pruebas de funcionamiento:

1. **Acoplamiento de forma:** en esta prueba se busca verificar que la herramienta se acople a la forma curva del fuselaje del avión. Se observó que la curvatura del brazo es la adecuada para el fuselaje.
2. **Funcionamiento correcto de los tornillos:** en esta prueba se busca verificar el correcto funcionamiento de los tornillos sin fin y del tornillo milimétrico con copa. Se pudo observar que ninguno de los dos tuvo problemas para recorrer lo necesario para la extracción del tornillo.
3. **Acoplamiento de los ejes de soporte:** en esta se busca que todos los ejes de soporte tengan los hilos necesarios para acoplarse a los orificios de los tornillos. Se pudo observar que existen tres tipos de hilos y diámetros a los cuales se acoplaron correctamente.

Tabla 3.6. Verificación de Funcionamiento de la Herramienta Extractora de Tornillos para la Superficie Curva del Fuselaje de Aviones Militares

COMPONENTE	CUMPLE TOLERANCIAS	ENSAMBLE OPTIMO
Palanca del Brazo	√	√
Copa del Brazo	√	√
Eje de Soporte	√	√
Brazo con Pie	√	√
Pasador del Eje	√	√

Con respecto al funcionamiento global de la herramienta se puede apreciar que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento y cumple con las expectativas para las que fue diseñada y construida.

CAPITULO IV

MANUALES

Descripción General.

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares, con su respectiva hoja de registros.

Con la implementación de estos manuales se está garantizando el correcto funcionamiento y utilización de la herramienta construida.

Los manuales de operación, mantenimiento y seguridad se notarán en los siguientes cuadros.

Detalle de cada uno de los cuadros en este capítulo.

Formato	Cuadro N
Manual de Operación.	4.1.
Manual de Mantenimiento.	4.2.
Manual de Seguridad.	4.3.
Manual de Verificación.	4.4.
Hojas de Registro.	4.5.

	MANUAL DE OPERACIÓN	Página: 1 de 1
	OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA EXTRACTORA DE TORNILLOS PARA LA SUPERFICIE CURVA DEL FUSELAJE DE AVIONES MILITARES	Cuadro N: 4.1.
		Revisión N: 01
	Elaborado por: Michael E. Tapia V.	Fecha:
Aprobado por: Subs. Téc. Avc. Tlgo. Iván Coral		24 – 04 – 2006
FAE	MECÁNICA - AERONÁUTICA	I.T.S.A.
<p>1.0. OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para la operación de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.</p> <p>2.0. ALCANCE</p> <p>Se concentra en los procesos que se van a realizar para los extractores de tornillos y a la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.</p> <p>3.0. PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que no existan obstáculos en la superficie que se va a trabajar con la herramienta. 2. Observar que la herramienta este en buenas condiciones para trabajar. 3. Asegurarse de encontrar un punto seguro de anclaje para la herramienta. 4. Lea la cartilla de instrucciones a seguir. 5. Verifique que la punta de destornillador sea la adecuada para el tornillo a extraerse. 6. Ubicar un punto de anclaje cercano al tornillo a extraerse y colocar el ancla de la herramienta en dicho punto. 7. Colocar la punta de destornillador en la copa del brazo. 8. A continuación se colocara la herramienta en el ancla, asegurándola con el pasador. 9. Una vez ubicada la herramienta y la punta de destornillador este sobre el tornillo a extraerse, se girara la palanca del brazo para ejercer la fuerza necesaria que se requiera para extraer el tornillo. NOTA: la fuerza no debe ser excesiva o la herramienta ocasionara daños a la superficie. 10. Una vez ajustada la herramienta se girara una vuelta o dos máximo la copa del brazo, esto será para aflojar el tornillo y luego mediante un destornillador sacar el tornillo normalmente. 11. Después de terminada la operación desarme y retire la herramienta del lugar de trabajo. <p>4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____</p>		

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Página: 1 de 1
	MANTENIMIENTO DE LA HERRAMIENTA EXTRACTORA DE TORNILLOS PARA LA SUPERFICIE CURVA DEL FUSELAJE DE AVIONES MILITARES	Cuadro N: 4.1.
		Revisión N: 01
	Elaborado por: Michael E. Tapia V.	Fecha:
Aprobado por: Subs. Téc. Avc. Tlgo. Iván Coral		24 – 04 – 2006
FAE	MECÁNICA - AERONÁUTICA	I.T.S.A.

1.0. OBJETIVO

Documentar el procedimiento de mantenimiento de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

2.0. ALCANCE

Complementa el mantenimiento que se debe realizar a la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

3.0. PROCEDIMIENTO

1. Limpiar el polvo o cualquier esquirra que se pueda encontrar con una franela seca.
2. Realizar una inspección visual de la estructura una vez cada dos meses.
3. Mantener lubricadas y engrasadas las roscas, tanto de la copa del brazo como de la palanca del brazo.
4. También mantener lubricada la bola eje de la palanca del brazo.
5. Si existen partes afectadas, realizar las reparaciones necesarias.
6. Verificar que los dientes de la copa del brazo y de la palanca del brazo no se encuentren golpeados o dañados.
7. Verificar que la copa que sujeta a la punta de destornillador no haya perdido su forma original. (En caso de haber alguna deformación, se deberá proceder a realizar la rectificación correspondiente)

4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

	MANUAL DE SEGURIDAD	Página: 1 de 1
	NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO ADECUADO DE LA HERRAMIENTA	Cuadro N: 4.1.
		Revisión N: 01
	Elaborado por: Michael E. Tapia V.	Fecha: 24 – 04 – 2006
Aprobado por: Subs. Téc. Avc. Tlgo. Iván Coral		
FAE	MECÁNICA - AERONÁUTICA	I.T.S.A.

1.0. OBJETIVO

Documentar las normas de seguridad a tomar en cuenta para una correcta utilización de la herramienta.

2.0. ALCANCE

Contempla instrucciones para evitar accidentes y daños en la herramienta y a la estructura del avión.

3.0. PROCEDIMIENTO

1. No utilizar la herramienta en lugares que no sean curvos.
2. No se deberá hacer trabajos intentando hacer fuerza libre sobre la herramienta, es decir, la herramienta siempre deberá estar anclada para poder trabajar, caso contrario se ocasionaran ralladuras a la superficie del fuselaje.
3. Las puntas de destornillador deberán ser de la medida del hexágono que se encuentra en la copa del brazo y de la medida y forma del tornillo, no se deberá forzar una punta de destornillador en la copa, ya que se ocasionara deformación a la herramienta.
4. No se deberá exceder en la fuerza que se aplicara con la palanca del brazo, ya que si se excede esta fuerza la palanca dejara una marca en la superficie del fuselaje o un posible hundimiento.
5. Se debe tener cuidado de no dejar caer la herramienta, ya que si se golpea puede sufrir ralladuras o deformaciones que pueden afectar a la superficie en la que se va a trabajar.
6. Una vez colocada la herramienta en posición para realizar el trabajo no dejar que otras personas manipulen la herramienta.
7. Utilizar la herramienta solo si es necesario.

4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Página: 1 de 1
	VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA EXTRACTORA DE TORNILLOS PARA LA SUPERFICIE CURVA DEL FUSELAJE DE AVIONES MILITARES	Cuadro N: 4.1.
		Revisión N: 01
	Elaborado por: Michael E. Tapia V.	Fecha:
	Aprobado por: Subs. Téc. Avc. Tlgo. Iván Coral	24 – 04 – 2006
FAE	MECÁNICA - AERONÁUTICA	I.T.S.A.

1.0. OBJETIVO

Documentar el procedimiento de verificación de funcionamiento de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares.

2.0. ALCANCE

Contempla un seguimiento de funcionamiento y mantenimiento de la herramienta.

3.0. PROCEDIMIENTO

1. Realizar la verificación de la herramienta cada cuatro meses.
2. Dejar constancia de la persona que maneja la herramienta.
3. Anotar los trabajos realizados.
4. Anotar y llevar un inventario de materiales usados o repuestos cambiados.
5. Informar si la herramienta se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento.
6. Anotar novedades y observaciones que se vayan realizando.
7. Llevar un registro de las horas de trabajo de la herramienta.
8. Notificar de cualquier daño que se presente en la herramienta que dificulte su correcto funcionamiento.

4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

CAPITULO V

ESTUDIO ECONOMICO

5.1. Presupuesto

La realización del presupuesto para el estudio económico esta de acuerdo a las necesidades de la construcción de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares, es autofinanciada en la compra de todo lo empleado. Esto es la adquisición de herramientas, materiales, el alquiler de maquinas y equipos.

5.2. Análisis Económico

El análisis del estudio económico realizado en el transcurso del proyecto de grado y práctica se detalla brevemente a continuación, existen 3 rubros, los cuales son:

- Herramientas y Máquinas.
- Materiales Empleados.
- Mano de Obra

5.2.1. Herramientas y Máquinas

Para la construcción de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares, se utilizaron herramientas y maquinaria existente en el taller industrial Metal China S.A. ubicado en Portete 5255 y la 26 ave. En la ciudad de Guayaquil.

A continuación se presenta un cuadro con el costo de la utilización de herramientas y maquinas empleadas en la construcción.

Tabla 5.1. Costos en el Empleo de Máquinas, Herramientas y Equipos.

M – H – E		VALOR USD Hora Trabajo	
	t	Valor USD.	Subtotal USD.
Torno	14	4.00	56.00
Cortadora por Electro erosión de Hilo	6	9.00	54.00
Fresadora	1	4.00	4.00
Rectificadora Plana	2	3.00	6.00
Taladro Industrial	2	3.00	6.00
Máquina de Electro dación por Penetración	3	4.00	12.00
Soldadora	2	2.50	5.00
Sierra Manual	3	0.50	1.50
Escuadra Metálica	4	0.15	0.60
Esmeril	5	1.50	7.50
Pie de Rey	11	0.50	5.50
Prensa Mecánica	5	0.50	2.50
Lima para Acero	4	0.25	1.00
TOTAL			161.60

5.2.2. Materiales Empleados

En este rubro comprende todos los materiales empleados en la construcción, los mismos que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 5.2. Costos de Materiales Empleados.

MATERIAL	DIMENSIÓN	Cant.	Unidad	Val/unit.	Subtotal USD
Varilla de Acero 705	(Ø 16mm X 235mm)	2	U	17.60	35.20
Varilla de Acero de Trasmisión	(Ø 50mm X 15mm)	1	U	20.46	20.46
Varilla de Acero de Trasmisión	(Ø 31.5mm X 15mm)	1	U	18.20	18.20
Varilla de Acero Plata	(Ø 7mm X 130mm)	1	U	16.80	16.80
Varilla de Acero 705	(Ø 30mm X 65mm)	4	U	9.80	39.20
Varilla de Acero 705	(Ø 13mm X 82mm)	1	U	8.90	8.90
Platina de Acero 760	(30mm X 38mm X 40mm)	2	U	11.10	22.20
Platina de Acero 760	(12.5mm X 40mm X 250mm)	1	U	13.70	13.70
Rodamientos Esféricos	(Ø 4mm)	2	U	0.50	1.00
Resortes Comunes	(Ø 3mm X 5mm)	2	U	0.25	0.50
Electrodos de Soldadura de Acero Inoxidable		0.5	Lb.	5.00	2.50
Lija		2	U	0.8	1.60
Diesel		0.5	Lt.	1.28	0.64
Aceite		1	Botella	1.47	1.47
TOTAL					182.37

5.2.3. Mano de Obra

Los costos de mano de obra se comprenden a lo realizado manualmente, el trabajo del operario de maquinaria industrial y transporte.

Tabla 5.3. Costos de Mano de Obra

DETALLE	VALOR USD.
Diseño de la Herramienta en Computadora	25.00
Elaboración de Componentes que Conforman la Herramienta	70.00
Transporte Guayaquil – Latacunga y Latacunga – Guayaquil	96.00
TOTAL	191.00

El costo total de la construcción de la herramienta extractora de tornillos para la superficie curva del fuselaje de aviones militares es el siguiente:

Tabla 5.4. Costo Total de la Construcción.

DETALLE	VALOR USD.
Herramientas y Máquinas	161.60
Materiales Empleados	182.37
Mano de Obra	191.00
TOTAL	534.97

El monto total del proyecto de tesis en cuanto a la construcción asciende a quinientos treinta y cinco dólares con noventa y siete centavos (\$ 535.97 USD.).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La herramienta construida sobre la base del record de pruebas realizadas se encuentra en condiciones estándares de funcionamiento.
- La información recopilada cubre todas las necesidades y aspectos que envuelven a la herramienta construida.
- El empleo de la herramienta extractora de tornillos permite retirar tornillos atascados sin necesidad de dañarlos, ahorrando así en material y evitando daños estructurales.
- La utilización adecuada de esta herramienta en los trabajos ahorra tiempo en las operaciones de mantenimiento y de inspección del fuselaje de un avión, agilitando el proceso y mejorando la producción.

6.2. Recomendaciones

- Establecer o planificar la secuencia de operación y de procedimientos para un desempeño óptimo de la herramienta.
- Para mantener el equipo en óptimas condiciones y evitar daños a la herramienta y al fuselaje del avión, se deberá seguir los pasos del manual de mantenimiento.
- Utilizar esta herramienta solo en las superficies curvas para la cual fue construida.
- Cada vez que se arme y desarme las partes móviles de la herramienta, se deberá hacer con cuidado, evitando forzar el material.
- En caso de que algún técnico necesite utilizar la herramienta en otro tipo de avión como por ejemplo el Boeing, se deja un eje de soporte extra sin ningún tipo de tornillo sujetador para que esta herramienta pueda ser adaptada al diámetro y número de hilos requeridos por el técnico.
- Tener mucho cuidado al utilizar los tornillos que se encuentran unidos a los ejes de soporte, que sean de la medida precisa al del tornillo a ser extraído.

Bibliografía

- Mantenimiento y reparación de estructuras de aviones.
Del departamento de la Fuerza Aérea Washington 25, D.C.
- Manual general para reparación estructural segunda edición.

www.monografias.com