



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA PARA LA  
DEMOSTRACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE  
LAS SUPERFICIES DE VUELO PRIMARIAS Y SECUNDARIAS  
(TRIMS) DEL EMPENAJE DE UN AVIÓN AIRBUS A-320”

BYRON ALEXANDER MIÑO VACA

Trabajo de Graduación para la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
AVIONES

Año 2014

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. BYRON ALEXANDER MIÑO VACA, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

---

TLGO. ALEJANDRO PROAÑO

Latacunga, Septiembre del 2014

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS- ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Byron Alexander Miño Vaca**

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado "CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA PARA LA DEMOSTRACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LAS SUPERFICIES DE VUELO PRIMARIAS Y SECUNDARIAS (TRIMS) DEL EMPENAJE DE UN AVIÓN AIRBUS A-320", ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan a la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

---

Byron Alexander Miño Vaca

Latacunga, Septiembre del 2014

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**  
**AUTORIZACIÓN**

Yo, Byron Alexander Miño Vaca

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA PARA LA DEMOSTRACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LAS SUPERFICIES DE VUELO PRIMARIAS Y SECUNDARIAS (TRIMS) DEL EMPENAJE DE UN AVIÓN AIRBUS A-320”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

---

Byron Alexander Miño Vaca

Latacunga, Septiembre de 2014

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la salud porque esto es lo primordial para cumplir las metas y los objetivos, por llenarme de bendiciones y no dejarme caer nunca; por poner en mi camino grandes personas que han sido un gran ejemplo de superación para mí.

A mi familia, porque siempre ha estado apoyándome y dándome buenos consejos para ser un hombre de bien, por confiar en mí, por darme muchas oportunidades y hacerme sentir grande con ganas de seguir adelante siempre.

A mi padre, mi madre y mis hermanos que han sido un pilar fundamental en mi vida, ya que sin hechos y sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

A Estefanía por apoyarme cuando más la necesitaba y hacerme sentir siempre grande.

---

Byron Alexander Miño Vaca

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres y a mi familia y han hecho posible que yo cumpla este gran sueño.

A Edison y Norma por haberme educado desde muy pequeño con sus valores y sus ejemplos, con sus ganas de superarse; por aceptar siempre todos mis errores, y aun así no dejarme caer nunca. Gracias padre por haberme hecho saber que soy grande, por creer en mí y por haberme criado con responsabilidad y amor; gracias por enseñarme que siempre debo luchar por mis objetivos. Gracias madre por brindarme tu amor y darme confianza.

A Misael y Gladis por brindarme lo que es el calor de un hogar, por apoyarme siempre, dándome una mano y confiando en mí; por aceptarme como soy y hacerme sentir en casa cuando más lo necesitaba.

A Estefanía por su apoyo moral, por estar a mi lado siempre dándome la fuerza para seguir triunfando en la vida; y finalmente a todas las personas que me han acompañado en las buenas y en las malas ayudándome así a confiar en mí mismo.

---

Byron Alexander Miño Vaca

Latacunga, Septiembre de 2014

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY.....	xiv
CAPÍTULO I .....	1
EL TEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 General.....	3
1.4.2 Específicos.....	3
1.5 ALCANCE .....	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1 AVIÓN.....	5
2.2 ESTRUCTURA DE UNA AERONAVE .....	6
2.2.1 Tipos de Fuselaje .....	7
2.2.2 Componentes estructurales del fuselaje.....	9
2.2.3 Componentes estructurales del ala .....	9
2.2.4 Componentes estructurales del empenaje .....	11
2.3 SUPERFICIES DE MANDO Y DE CONTROL.....	12
2.3.1 Ejes del avión .....	13

2.3.1.1 Eje longitudinal.....	13
2.3.1.2 Eje transversal o lateral .....	13
2.3.1.3 Eje vertical .....	14
2.3.2 Superficies Primarias De Vuelo.....	14
2.3.3 Trims y su clasificación.....	19
2.3.3.1 Trims Tabs.....	19
2.3.3.2 Anti-Tabs o Anti-balance tabs.....	20
2.3.3.3 Balance-Tabs.....	20
2.3.3.4 Servo-Tabs .....	21
2.4 AVIÓN AIRBUS A-320.....	22
2.4.1 Especificaciones (A-320-200).....	24
2.5 SISTEMA DE MANDOS DE VUELO FLY BY WIRE A-320 .....	25
Figura 2. 20: Controles de vuelo .....	28
2.5.1 Computadoras.....	28
2.6 CONTROLES DEL PILOTO EN CABINA- SIDESTICKS A-320.....	31
2.7 SERVOMOTOR DE MODELISMO .....	32
2.8 CONTROLES DE VUELO Y TRIMS A-320.....	34
2.7.1 Control de cabeceo (pitch) y THS.....	34
2.7.2 Función principal y Control mecánico del THS.....	35
2.7.3 Control de guiñado (yaw) .....	37
CAPÍTULO III.....	39
DESARROLLO DEL TEMA.....	39
3.1 PRELIMINARES .....	39
3.2 TOMA DE MEDIDAS .....	39
3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y DE SUS COMPONENTES .....	40
3.4 PLANOS DEL EMPENAJE Y SUS COMPONENTES.....	40

3.5	CONSTRUCCIÓN.....	41
3.5.1	Construcción de los componentes estructurales .....	41
3.5.2	Construcción de las estructuras de la base .....	42
3.5.3	Construcción del estabilizador horizontal .....	43
3.5.4	Construcción del estabilizador vertical.....	44
3.5.5	Construcción del rudder.....	45
3.5.6	Construcción de los elevadores.....	46
3.5.7	Construcción del fuselaje (cone tail) .....	47
3.6	ENSAMBLAJE DEL EMPENAJE .....	48
3.7	CONEXIONES DE LOS SERVOS- MOTORES .....	49
3.8	PINTADO Y ACABADO .....	53
3.8.1	Masillado y lijado .....	53
3.8.2	Pintado .....	54
3.9	EMPENAJE ACABADO .....	55
3.10	DIAGRAMA DE PROCESOS.....	56
3.10.1	Diagrama de procesos para la construcción de la estructura base.....	58
3.10.2	Diagrama de procesos para la construcción del estabilizador horizontal.....	60
3.10.3	Diagrama de procesos para la construcción del estabilizador vertical .....	62
3.10.4	Diagrama de procesos para la construcción del fuselaje (tail cone).....	64
3.10.5	Diagrama de procesos del ensamblaje total de la maqueta.....	66
3.11	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO.....	67
3.12	MANUALES .....	68
3.12.1	Manual de operación.....	69

3.12.2	Manual de mantenimiento .....	69
3.13	ESTUDIO ECONÓMICO .....	69
3.13.1	Análisis económico.....	70
3.13.1.1	Costo de Materiales.....	70
3.13.1.2	Costos en mano de obra.....	71
3.13.1.3	Gastos varios.....	72
3.13.1.4	Gastos totales.....	73
	CAPÍTULO IV.....	74
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
4.1	CONCLUSIONES .....	74
4.2	RECOMENDACIONES .....	75
	GLOSARIO .....	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	ANEXOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	CURRÍCULUM VITAE.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 2. 1: Avión Boeing 747.....	6
Figura 2. 2: Fuselaje Reticulado .....	7
Figura 2. 3: Fuselaje Monocasco.....	8
Figura 2. 4: Fuselaje Semimonocasco.....	9
Figura 2. 5: Componentes estructurales del ala.....	11
Figura 2. 6: Componentes estructurales del empenaje.....	12
Figura 2. 7: Ejes y movimientos del avión.....	14
Figura 2. 8: Alerones y mandos de control.....	15
Figura 2. 9: Funcionamiento de los alerones .....	16
Figura 2. 10: Timón de profundidad y mando de control.....	17
Figura 2. 11: Funcionamiento del timón de profundidad .....	17
Figura 2. 12: Timón de dirección y pedales de control.....	18
Figura 2.13: Funcionamiento del timón de dirección.....	18
Figura 2.14: Trim Tabs.....	19
Figura 2. 15: Anti-tabs.....	21
Figura 2. 16: Elevator Tabs.....	22
Figura 2. 17: Airbus A-320 .....	23
Figura 2. 18: Controles de vuelo Fly by wire.....	26
Figura 2. 19: Controles de vuelo Convencionales.....	27
Figura 2. 20: Controles de vuelo .....	28
Figura 2. 21: Computadoras .....	30
Figura 2. 22: Sidestick A-320 .....	31
Figura 2. 23: Circuito de Control del servo.....	33
Figura 2. 24: Servomotor .....	34
Figura 2. 25: Pitch Trim Wheels.....	35
Figura 2. 26: Control de cabeceo.....	35
Figura 2. 27: Esquema de control de cabeceo.....	36
Figura 2. 28: Esquema de control de guiñado .....	37

Figura 2. 29: Deflexión máxima del rudder .....	38
---	----

### CAPÍTULO III

Figura 3. 1: Componentes estructurales .....	41
Figura 3. 2: Estructura de la Base.....	42
Figura 3. 3: Estabilizador horizontal.....	43
Figura 3. 4: Estabilizador vertical .....	44
Figura 3. 5: Rudder .....	45
Figura 3. 6: Elevadores .....	46
Figura 3. 7: Fuselaje .....	47
Figura 3. 8: Mamparos de honey comb de nomex.....	48
Figura 3. 9: Componentes ensamblados .....	49
Figura 3. 10: Sistema de varilla.....	49
Figura 3. 11: Micro-servo Futaba .....	50
Figura 3. 12: Servomotor Futaba .....	50
Figura 3. 13: Receptor de radiocontrol.....	51
Figura 3. 14: Compartimiento del receptor.....	51
Figura 3. 15: Radiocontrol.....	52
Figura 3. 16: Radiocontrol.....	54
Figura 3. 17: Vista superior de maqueta pintada .....	54
Figura 3. 18: Elevador vertical y rudder pintado.....	55
Figura 3. 19: Maqueta finalizada 1.....	55
Figura 3. 20: Maqueta finalizada 2.....	56
Figura 3. 21: Maqueta finalizada 3.....	56
Figura 3. 22: Maqueta finalizada.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3. 1 : Simbología de los diagramas de proceso .....	57
Tabla 3. 2: Proceso de construcción de la estructura base.....	59
Tabla 3. 3 : Proceso de construcción del estabilizador horizontal.....	61
Tabla 3. 4 : Proceso de construcción del estabilizador vertical.....	63
Tabla 3. 5 : Proceso para la construcción del fuselaje (tail cone) .....	65
Tabla 3. 6 : Pruebas de funcionamiento de elementos y conjuntos de la maqueta .....	67
Tabla 3. 7 : Prueba de funcionamiento de la estructura.....	68
Tabla 3. 8 : Codificación de los manuales.....	69
Tabla 3. 9 : Cantidades y costos de materiales .....	71
Tabla 3. 10 : Valores de costos de mano de obra.....	72
Tabla 3. 11 : Valores de gastos varios .....	72
Tabla 3. 12: Costo total de la elaboración del trabajo .....	73

## RESUMEN

### **PALABRAS CLAVES: ESTRUCTURA, SUPERFICIES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS AIRBUS A-320.**

La falta de conocimiento acerca de los componentes estructurales, superficies primarias y secundarias en el empenaje de una aeronave conllevó mi deseo por ayudar a los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías a comprender de mejor manera todos estos conceptos por medio de una maqueta funcional que mostrará los componentes estructurales del empenaje de una aeronave, además de esto mostrar también el funcionamiento de las superficies de vuelo primarias como son los Elevadores y el Rudder controladas por micro-servos eléctricos y también una superficie secundaria muy poca conocida que es el estabilizador horizontal ajustable (THS) controlado por un servomotor de aeromodelismo, mi propósito se enfocó en este y mi deseo por transmitir que tal útil es en vuelo, es por eso que decidí basar mi estudio en el avión Airbus A-320 el cual posee THS, además de ser un avión muy tecnológico y la nueva generación en la industria aeronáutica; otro factor importante para tomar este avión como referencia fue su sistema de actuación de las superficies con tecnología Fly-by-wire, o vuelo por cables, conexiones 100% eléctricas para el movimiento, es así que realicé mi trabajo de la manera más real posible tratando de asemejar en su totalidad el funcionamiento de un A-320, tengo la gran seguridad de que este trabajo será de gran ayuda didáctica y que conlleva al desarrollo de conocimientos en la vida práctica de los estudiantes, además de esto les permitirá enfocarse en una aeronave operada por gran mayoría de aerolíneas ecuatorianas, en las cuales algún momento de su vida posiblemente trabajarán.

## SUMMARY

**KEYWORDS: STRUCTURE, PRIMARY AND SECONDARY SURFACE AIRBUS A-320.**

The lack of knowledge about the structural competent, primary and secondary surfaces in the empennage of an aircraft entailed my desire to help students of my Institute to understand these concepts by means of a functional model to show everything described above, that is, the structural components of the tail of an aircraft, in addition to show the operation of primary flight surface such as elevators and rudder controlled by electrical micro-servos and a secondary surface which is little known, it is called Trimable Horizontal Stabilizer (THS) controlled by a servo motor, my purpose is focused on these and my desire to transmit its utility in flight, that's why I decided to base my study on the Airbus A-320 which has THS as well as being a technological plane and the new generation in aviation industry; another important factor to take this plane as reference was their performance system surfaces with technology Fly-by-wire that has 100% electrical connections for movement, so that I made my job as real as possible I trying to resemble almost entirely the operation of an A-320, I have great confidence that this work will be of great teaching aid and lead to the development of knowledge in the practical life of the students, and this will allow them to focus on an aircraft operated by a large majority of Ecuadorian airlines, which in the future maybe they will work.

## **CAPÍTULO I**

### **EL TEMA**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) fue creado el 8 de Noviembre de 1999 para brindar servicios de carácter académico en el campo aeronáutico, siendo el mismo el único en su área con carreras tales como: Logística y Transporte, Seguridad Aérea y Terrestre, Telemática, Electrónica y de manera particular la carrera de Mecánica Aeronáutica en sus menciones Aviones y Motores; y con fecha 13 de enero del 2014, se integra a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS UFFA-ESPE, llegando a ser hoy en día la Unidad de Gestión de Tecnologías de la ESPE.

#### **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Dando gran importancia a la investigación realizada previamente en el en el anteproyecto, se pudo analizar los problemas de adquisición de conocimientos, habilidades y destrezas que presentaban los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones en el Instituto, concluyendo así que es de vital importancia el uso de material didáctico para el desarrollo del aprendizaje significativo, ya que esto conllevará a los mismos a tener mayor seguridad en el ámbito laboral y por ende desempeñar sus funciones con mayor eficiencia y eficacia.

Tomando todos estos aspectos en cuenta se llegó a la conclusión que es necesaria “LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA PARA LA DEMOSTRACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LAS SUPERFICIES DE VUELO PRIMARIAS Y SECUNDARIAS (TRIMS) DEL EMPENAJE DE UN AVIÓN AIRBUS A-320” para mejorar el aprendizaje significativo, habilidades y destrezas de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la ESPE.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad los talleres, áreas de mantenimiento, aulas de clase deben contar con innovaciones tecnológicas que permitan el desarrollo de actividades efectivas, eficientes y seguras puesto que en el ámbito de la aeronáutica no deben existir errores, además de que todas estas herramientas sean una ayuda didáctica para los estudiantes y docentes que las utilicen.

La construcción de una maqueta didáctica que demuestre la estructura y funcionamiento de las superficies de vuelo primarias y secundarias (trims) del empenaje de un avión Airbus A-320 permitirá a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones enfocarse de una manera real y muy práctica en una rama referente a su especialidad, satisfaciendo así sus necesidades y desarrollando de este modo, habilidades, destrezas y conocimientos más sólidos, que asegurarán a la Unidad la preparación de profesionales con un alto grado de competitividad.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 General

Construir una maqueta para la demostración de la estructura y funcionamiento de superficies primarias y secundarias de vuelo (THS) del empenaje de un avión Airbus A-320, para mejorar el aprendizaje significativo de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la ESPE.

### 1.4.2 Específicos

- Investigar y reunir toda la información necesaria, la cual nos servirá como herramienta esencial para el desarrollo del proyecto.
- Diseñar a escala en Autocad las superficies de vuelo primarias y secundarias del empenaje de un avión Airbus A-320, y los componentes estructurales que los forman.
- Seleccionar el material idóneo para la elaboración del proyecto, analizando costos y recursos.
- Construir cada uno de los componentes estructurales que conforman las superficies de vuelo primarias y secundarias del empenaje del avión Airbus A-320.
- Ensamblar los componentes estructurales hasta obtener el diseño inicial al 100%.
- Comprobar el correcto funcionamiento de las superficies de vuelo primarias y secundarias del empenaje del avión Airbus A-320.

## **1.5 ALCANCE**

La construcción de esta maqueta tiene como finalidad satisfacer las necesidades de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones de la Unidad, ya que servirá para el desarrollo de conocimientos, destrezas y habilidades. Por otra parte se beneficiarán también los docentes, ya que podrán impartir sus cátedras con mayor facilidad, complementando así la teoría con la práctica.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 AVIÓN<sup>1</sup>

Avión (del francés *avion*, y éste como forma aumentativa del latín *avis*, ave), también denominado aeroplano, es un aerodino de ala fija, o aeronave con mayor densidad que el aire, provisto de alas y un espacio de carga capaz de volar, impulsado por uno o más motores. Los aeroplanos sin motor, diseñados por primera vez por el Ing. Angel Lascurain y Osio, se han mantenido desde los inicios de la aviación para aviación deportiva y en la segunda guerra mundial para transporte de tropas, se denominan planeadores o veleros.

Según la definición de la OACI un avión es un aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

Pueden clasificarse por su uso como aviones civiles (que pueden ser de carga, transporte de pasajeros, entrenamiento, sanitarios, contra incendios, etc.) y aviones militares (carga, transporte de tropas, cazas, bombarderos, de reconocimiento o espías, de reabastecimiento en vuelo, etc.).

Su principio de funcionamiento se basa en la fuerza aerodinámica que se genera sobre las alas, en sentido ascendente, llamada sustentación. Esta se origina por la diferencia de presiones entre la parte superior e inferior del ala, producida por la forma del perfil alar.

---

<sup>1</sup>Conocimiento del avión, Antonio Esteban Oñate.2007



**Figura 2. 1:** Avión Boeing 747

## **2.2 ESTRUCTURA DE UNA AERONAVE<sup>2</sup>**

Los aviones más conocidos y usados por el gran público son los aviones de transporte de pasajeros, aunque la aviación general y la aviación deportiva se encuentran muy desarrolladas sobre todo en los Estados Unidos. No todos los aviones tienen la misma estructura, aunque tienen muchos elementos comunes.

Los aviones de transporte usan todos una estructura semimonocasco de materiales metálicos o materiales compuestos formada por un revestimiento, generalmente de aluminio que soporta las cargas aerodinámicas y de presión y que es rigidizado por una serie de elementos estructurales y una serie de elementos longitudinales. Hasta los años 30 era muy frecuente la construcción de madera o de tubos de aluminio revestidos de tela. Las estructuras de los aparatos de aviación ligera o deportiva se hacen cada vez más de fibra de vidrio y otros materiales compuestos.

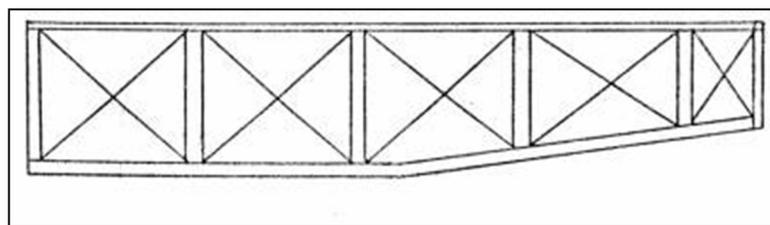
---

<sup>2</sup> Conocimiento del avión, Antonio Esteban Oñate.2007

### 2.2.1 Tipos de Fuselaje<sup>3</sup>

- **Fuselajes reticulados o de recubrimiento no resistente:**

El recubrimiento no colabora con la estructura para resistir las fuerzas que obran sobre el fuselaje, este debe constar por lo menos de cuatro largueros principales o primarios, que casi siempre se extienden a todo lo largo del fuselaje.



**Figura 2. 2:** Fuselaje Reticulado

- **Fuselaje Monocasco:**

Es una estructura con recubrimiento resistente, este colabora con el resto para proporcionar resistencia al conjunto. Consiste en un casco hueco delgado sin órganos transversales ni longitudinales. También se llama así al fuselaje formado por anillos distanciados entre sí, a los cuales se fija el revestimiento.

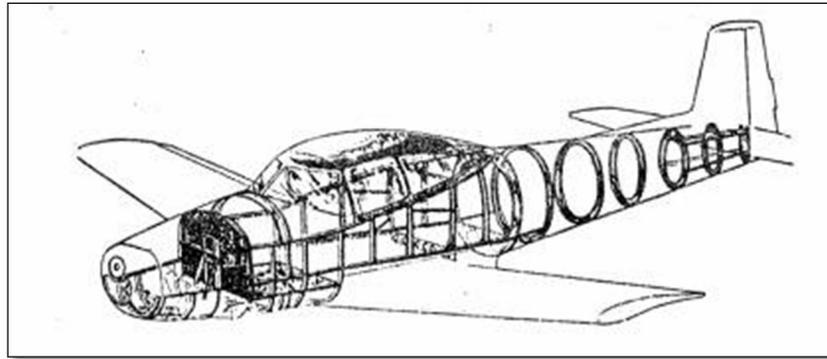
La palabra monocasco deriva de monocoque, que significa “cáscara o curva plana simple sin refuerzo”. Por la mayor estabilidad lograda con la inclusión del recubrimiento resistente, este tipo de estructura ha desplazado a la reticulada. Actualmente su empleo se limita a aquellos casos en que no deben practicarse aberturas, o si se las debe incluir,

---

<sup>3</sup> [http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos\\_aires/62/tecnolog/estruc.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos_aires/62/tecnolog/estruc.htm)

éstas son pequeñas y pocas, de manera tal que la distribución de esfuerzos sea más uniforme.

Cuando se la emplea se recurre al uso de aleaciones livianas con la ventaja de poder aumentar su sección a igualdad de peso, con lo que se aumenta la estabilidad del conjunto frente a las cargas que obran sobre el fuselaje. En resumen, resulta ser liviano pero es de difícil construcción, es de difícil reparación, e impone limitaciones de diseño.

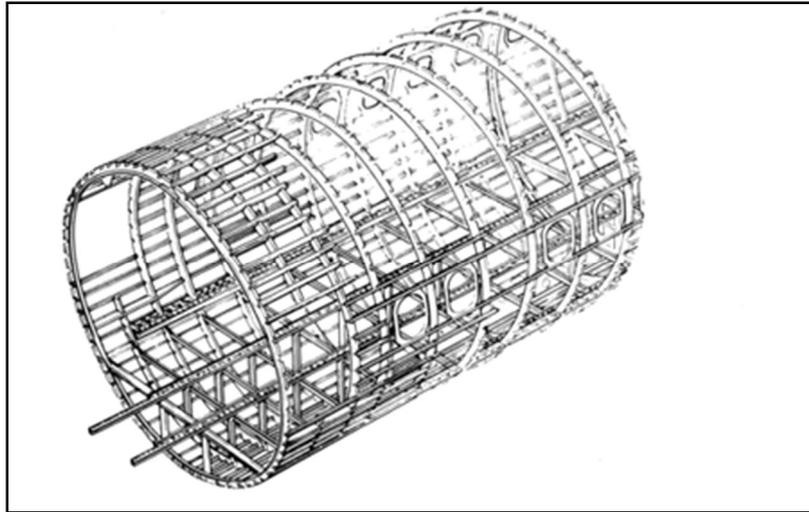


**Figura 2. 3:** Fuselaje Monocasco

- **Fuselaje Semimonocasco:**

El más usado hoy en día, resolviendo el problema del peso y espesor del anterior modelo. La introducción de piezas de refuerzo en el interior permitió aliviar el revestimiento pudiendo ser más fino. Las cuadernas se unen mediante largueros y larguerillos que recorren el avión longitudinalmente. Los largueros y larguerillos permiten el adelgazamiento de la chapa de revestimiento.

Todo esto forma una compleja malla de cuadernas, larguerillos, largueros y revestimiento, unida mediante pernos, tornillos, remaches y adhesivos.



**Figura 2. 4:** Fuselaje Semimonocasco

### ***2.2.2 Componentes estructurales del fuselaje***

Estos componentes estructurales son los mismos que se encuentran en las alas (más adelante se definirá su significado específico), estos cumplen la misma función pero en el fuselaje.

### ***2.2.3 Componentes estructurales del ala<sup>4</sup>***

De acuerdo con la función de cada componente se lo denomina principal o secundario.

- **Componentes principales:** Largueros, Costillas, Revestimiento, Herrajes

---

<sup>4</sup> [http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos\\_aires/62/tecnolog/estruc.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos_aires/62/tecnolog/estruc.htm)

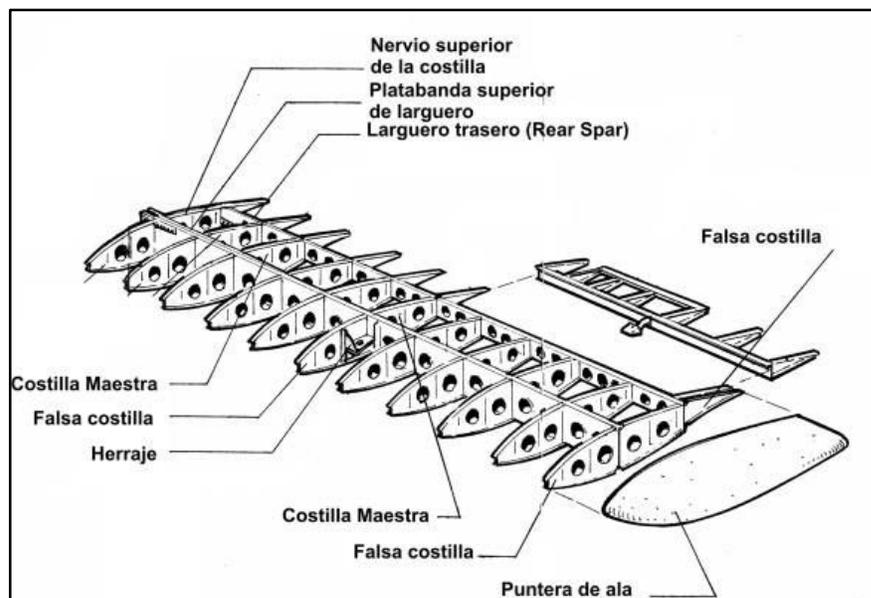
- **Componentes secundarios:** Costillas Falsas, Larguerillos, Refuerzos

**Definiciones:**

- **Larguero (Spar):** Viga que se extiende a lo largo del ala. Es el componente principal de soporte de la estructura. Soporta los esfuerzos de flexión y torsión.
- **Costilla (Rib):** Miembro delantero y posterior de la estructura del ala, da forma al perfil y transmite la carga del revestimiento a los largueros. Estas se clasifican en:
  - a) **Costillas de compresión:** Unen los largueros entre sí. Transmiten y distribuyen equitativamente los esfuerzos en los largueros. Se colocan donde se producen esfuerzos locales. No siempre se disponen perpendicularmente, pueden colocarse en diagonal.
  - b) **Costillas Maestras:** Mantienen distanciados los largueros y dan rigidez a los elementos.
  - c) **Costillas Comunes:** No son tan fuertes. Su tarea es la de mantener la forma del perfil y transmitir las fuerzas interiores a los largueros, distribuyéndolas en varias partes de ellos.
  - d) **Costillas falsas:** Solo sirven para mantener la forma del revestimiento, y se ubican entre el larguero y el borde de ataque o fuga.
- **Revestimiento (Skin):** Su función es la de dar y mantener la forma aerodinámica del ala, pudiendo contribuir también en su resistencia estructural.
- **Herrajes (Fitting):** Son componentes de metal empleados para unir determinadas secciones del ala. De su cálculo depende buena parte

de la resistencia estructural del ala. Resisten esfuerzos, vibraciones y deflexiones.

- **Larguerillos (Stringer):** Son miembros longitudinales de las alas a lo largo de las mismas que transmiten la carga soportada por el recubrimiento a las costillas del ala.
- **Placa o Alma (Web):** Es una placa delgada que es soportada por ángulos de refuerzo y estructura, suministra gran resistencia al corte.

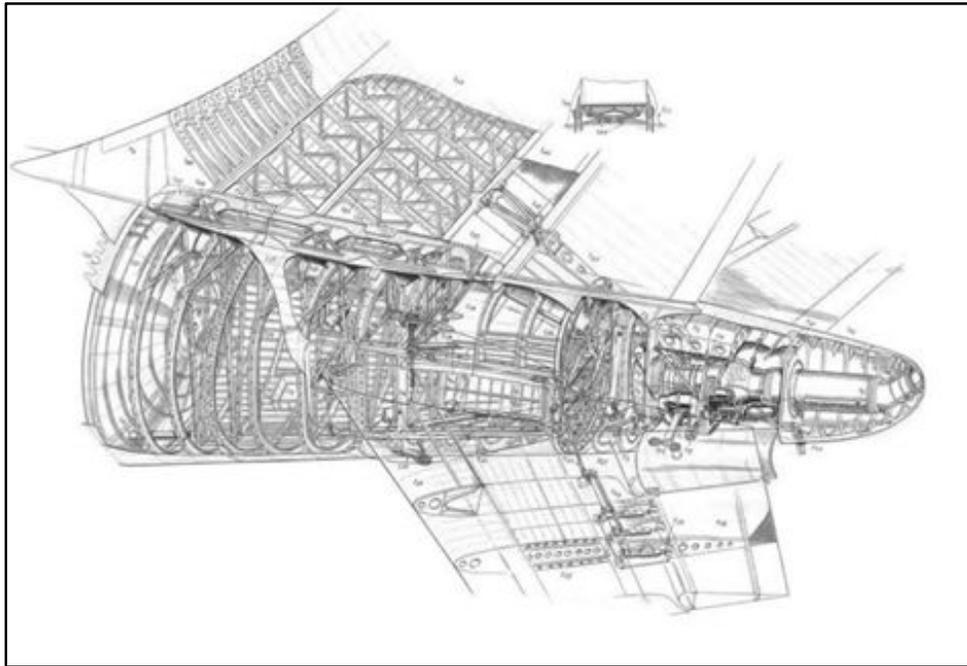


**Figura 2. 5:** Componentes estructurales del ala

#### **2.2.4 Componentes estructurales del empenaje**

La cola realmente tiene la misma estructura que un ala sólo que de dimensiones más reducidas. Comparten así elementos como las costillas, largueros y larguerillos. Los timones están unidos a los estabilizadores por herrajes de articulación. La estructura se comporta de forma similar a las alas, soportando cargas aerodinámicas generadas normalmente por el estabilizador horizontal.

En cuanto a los materiales que se utilizan, principalmente son los mismos que en las alas, es decir, aleaciones de aluminio, y materiales compuestos para las superficies de control.



**Figura 2. 6:** Componentes estructurales del empenaje

## 2.3 SUPERFICIES DE MANDO Y DE CONTROL<sup>5</sup>

Además de que un avión vuele, es necesario que este vuelo se efectúe bajo control del piloto; que el avión se mueva respondiendo a sus órdenes.

Para lograr una u otra funcionalidad se emplean superficies aerodinámicas, denominándose primarias a las que proporcionan control y secundarias a las que modifican la sustentación.

---

<sup>5</sup> [www.manualdevuelo.com](http://www.manualdevuelo.com)

Las superficies de mando y control modifican la aerodinámica del avión provocando un desequilibrio de fuerzas, una o más de ellas cambian de magnitud.

Este desequilibrio, es lo que hace que el avión se mueva sobre uno o más de sus ejes, incrementa la sustentación, o aumente la resistencia.

### ***2.3.1 Ejes del avión***

Se trata de rectas imaginarias e ideales trazadas sobre el avión. Su denominación y los movimientos que se realizan alrededor de ellos son los siguientes:

#### ***2.3.1.1 Eje longitudinal***

Es el eje imaginario que va desde el morro hasta la cola del avión. El movimiento alrededor de este eje (levantar un ala bajando la otra) se denomina alabeo (en inglés "roll").

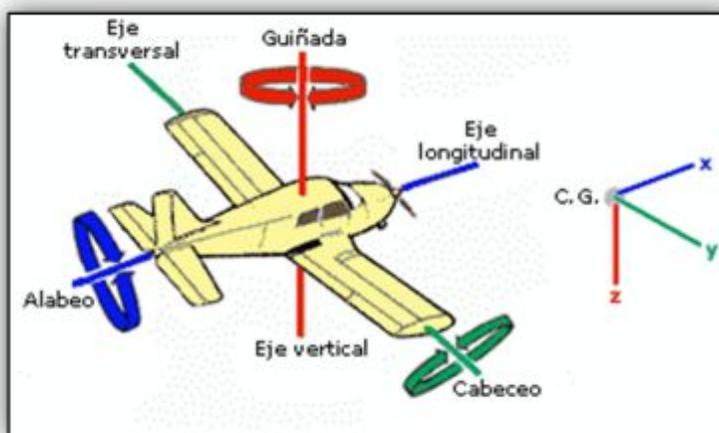
También se le denomina eje de alabeo, nombre que parece más lógico pues cuando se hace referencia a la estabilidad sobre este eje.

#### ***2.3.1.2 Eje transversal o lateral***

Eje imaginario que va desde el extremo de un ala al extremo de la otra. El movimiento alrededor de este eje (morro arriba o morro abajo) se denomina cabeceo ("pitch" en inglés). También denominado eje de cabeceo, por las mismas razones que en el caso anterior.

### 2.3.1.3 Eje vertical

Eje imaginario que atraviesa el centro del avión. El movimiento en torno a este eje (morro virando a la izquierda o la derecha) se llama guiñada ("yaw" en inglés). Denominado igualmente eje de guiñada.



**Figura 2. 7:** Ejes y movimientos del avión.

### 2.3.2 Superficies Primarias De Vuelo

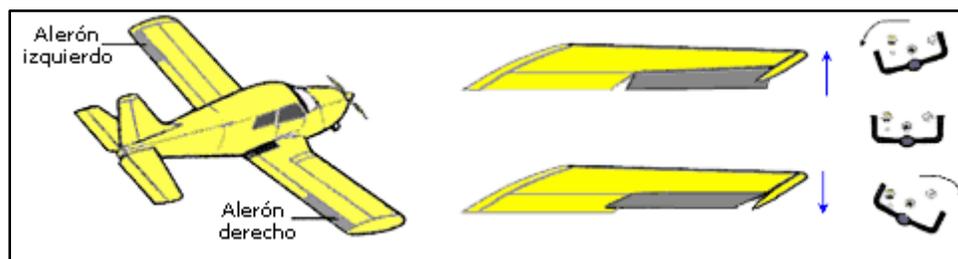
Son superficies aerodinámicas movibles que, accionadas por el piloto a través de los mandos de la cabina, modifican la aerodinámica del avión provocando el desplazamiento de este sobre sus ejes y de esta manera el seguimiento de la trayectoria de vuelo deseada.

Las superficies de control son tres: alerones, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas tres superficies.

- **Alerones.**

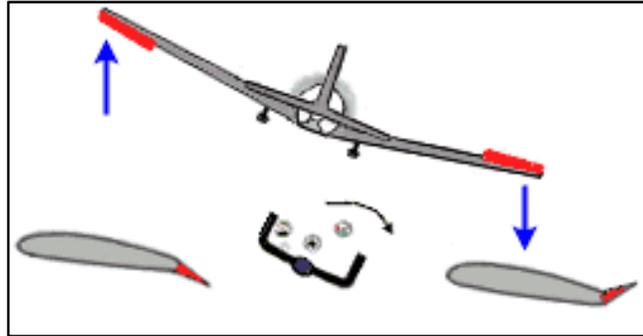
Palabra de origen latino que significa "ala pequeña", son unas superficies móviles, situadas en la parte posterior del extremo de cada ala, cuyo accionamiento provoca el movimiento de alabeo del avión sobre su eje longitudinal. Su ubicación en el extremo del ala se debe a que en esta parte es mayor el par de fuerza ejercido.

El piloto acciona los alerones girando el volante de control ("cuernos") a la izquierda o la derecha, o en algunos aviones moviendo la palanca de mando a la izquierda o la derecha.



**Figura 2. 8:** Alerones y mandos de control

**Funcionamiento:** Los alerones tienen un movimiento asimétrico. Al girar el volante hacia un lado, el alerón del ala de ese lado sube y el del ala contraria baja, ambos en un ángulo de deflexión proporcional a la cantidad de giro dado al volante. El alerón arriba en el ala hacia donde se mueve el volante implica menor curvatura en esa parte del ala y por tanto menor sustentación, lo cual provoca que esa ala baje; el alerón abajo del ala contraria supone mayor curvatura y sustentación lo que hace que esa ala suba. Esta combinación de efectos contrarios es lo que produce el movimiento de alabeo hacia el ala que desciende.



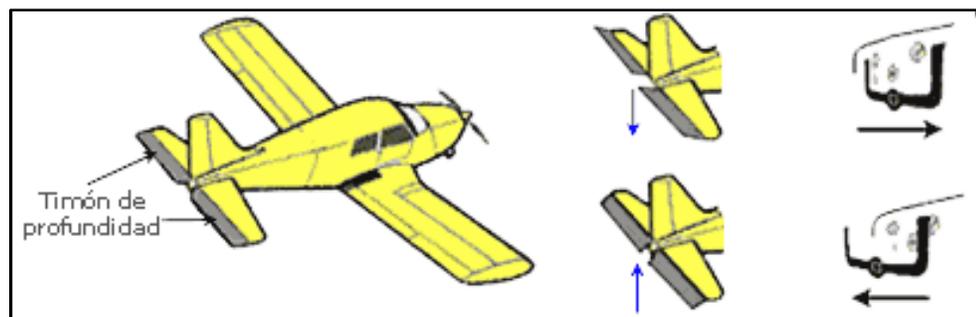
**Figura 2. 9:** Funcionamiento de los alerones

- **Timón de profundidad**

Es la superficie o superficies móviles situadas en la parte posterior del empenaje horizontal de la cola del avión. Aunque su nombre podría sugerir que se encarga de hacer elevarse o descender al avión, en realidad su accionamiento provoca el movimiento de cabeceo del avión (morro arriba o morro abajo) sobre su eje transversal. Obviamente, el movimiento de cabeceo del avión provoca la modificación del ángulo de ataque; es decir que el mando de control del timón de profundidad controla el ángulo de ataque.

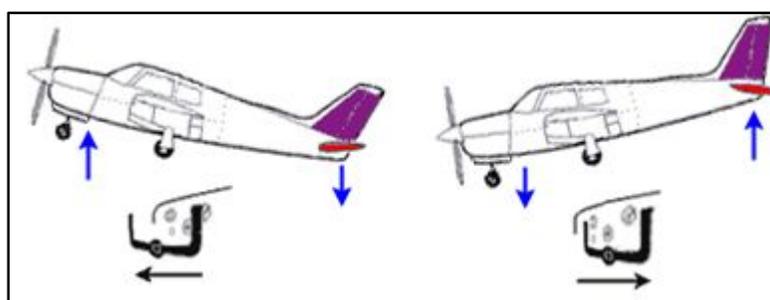
En algunos aviones, el empenaje horizontal de cola es de una pieza haciendo las funciones de estabilizador horizontal y de timón de profundidad.

El timón de profundidad es accionado por el piloto empujando o tirando del volante o la palanca de control, y suele tener una deflexión máxima de  $40^\circ$  hacia arriba y  $20^\circ$  hacia abajo.



**Figura 2. 10:** Timón de profundidad y mando de control

**Funcionamiento:** Al tirar del volante de control, esta superficie sube mientras que al empujarlo baja, en algunos aviones se mueve la totalidad del empenaje horizontal. El timón arriba produce menor sustentación en la cola, con lo cual esta baja y por tanto el morro sube (mayor ángulo de ataque). El timón abajo aumenta la sustentación en la cola, esta sube y por tanto el morro baja (menor ángulo de ataque). De esta manera se produce el movimiento de cabeceo del avión y por extensión la modificación del ángulo de ataque.



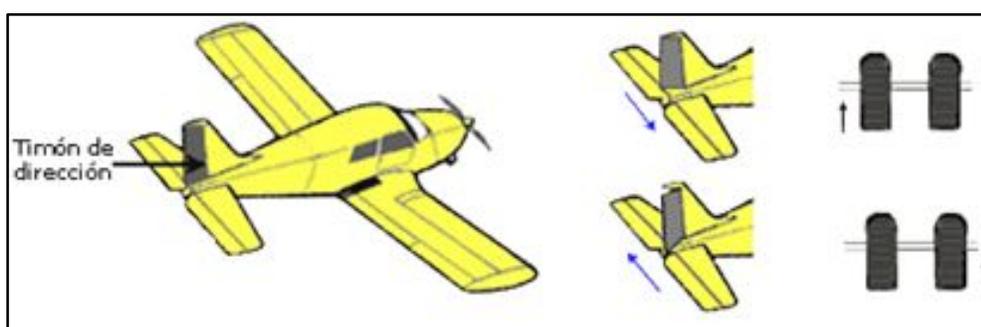
**Figura 2. 11:** Funcionamiento del timón de profundidad

- **Timón de dirección.**

Es la superficie móvil montada en la parte posterior del empenaje vertical de la cola del avión. Su movimiento provoca el movimiento de

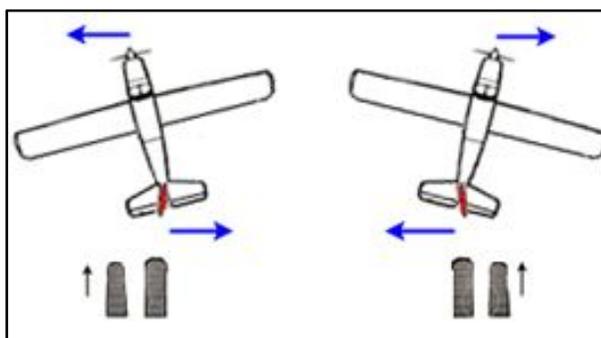
guiñada del avión sobre su eje vertical, sin embargo ello no hace virar el aparato, sino que se suele utilizar para equilibrar las fuerzas en los virajes o para centrar el avión en la trayectoria deseada. Suele tener una deflexión máxima de  $30^\circ$  a cada lado.

Esta superficie se maneja mediante unos pedales situados en el suelo de la cabina.



**Figura 2.12:** Timón de dirección y pedales de control

**Funcionamiento:** Al pisar el pedal derecho, el timón de dirección gira hacia la derecha, provocando una reacción aerodinámica en la cola que hace que esta gire a la izquierda, y por tanto el morro del avión gire (guiñada) hacia la derecha. Al pisar el pedal izquierdo, sucede lo contrario: timón a la izquierda, cola a la derecha y morro a la izquierda.



**Figura 2.13:** Funcionamiento del timón de dirección

### 2.3.3 Trims y su clasificación<sup>6</sup>

#### 2.3.3.1 Trims Tabs

Son pequeñas superficies de control situadas cerca del borde de salida de (elevator) timón de profundidad, timón de dirección (rudder) y alerones.

El tab se deflecta en dirección opuesta al control primario (del cual forma parte) y se consigue llevar a la posición deseada al control primario sin esfuerzo del piloto.

- El principio de funcionamiento del tab es el siguiente:

Deflectando el tab hacia abajo al aumentar la curvatura de esa parte del perfil, se produce una fuerza aerodinámica que da lugar a un momento de charnela considerable debido a su distancia al eje charnela. Este momento tiende a mover el timón hacia arriba.



**Figura 2.14:** Trim Tabs

Eje de charnela es el eje de rotación del mando primario, de este modo el esfuerzo en la palanca para mover el timón viene ayudado por el Tab.

<sup>6</sup> *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge (FAA)*. AeroManual.com. Retrieved 2014-07-17

El Trim tab o tab de compensación se utiliza para anular el momento de charnela en el eje y, por tanto, la fuerza en palanca o mando de vuelo.

Estas aletas pueden ser controladas desde la cabina, ofrecen una rueda de control de ajuste o interruptor eléctrico. Para aplicar una fuerza de ajuste, la rueda de ajuste o conmutador deben ser movidos en la dirección deseada. La posición en la que se establece la aleta de centrado por lo general se puede determinar por referencia a un indicador.

### **2.3.3.2 Anti-Tabs o Anti-balance tabs**

Las anti- tabs, o anti-balance tab trabajan de manera opuesta a las trim tabs. Se despliegan en la misma dirección que la superficie de control, haciendo que el movimiento de la superficie de control sea más difícil y requiera más fuerza aplicada a los controles por el piloto. Esto puede parecer contraproducente, pero se utiliza comúnmente en los aviones en los que los controles son demasiado ligeros o la aeronave requiere estabilidad adicional en ese eje de movimiento. La anti- tab, sirve principalmente para hacer los controles más pesados en la sensación al piloto y también para aumentar la estabilidad. Las anti- tabs también funcionan como un dispositivo de ajuste para aliviar la presión de control y mantener el estabilizador en el posición deseada.

### **2.3.3.3 Balance-Tabs**

Las Balance Tabs son muy parecidas a las trim tabs y se encuentran localizadas en la misma posición. La diferencia esencial entre los dos es que las balance tabs están acopladas a la superficie de control por una varilla, de modo que cuando la superficie de control principal se mueve en

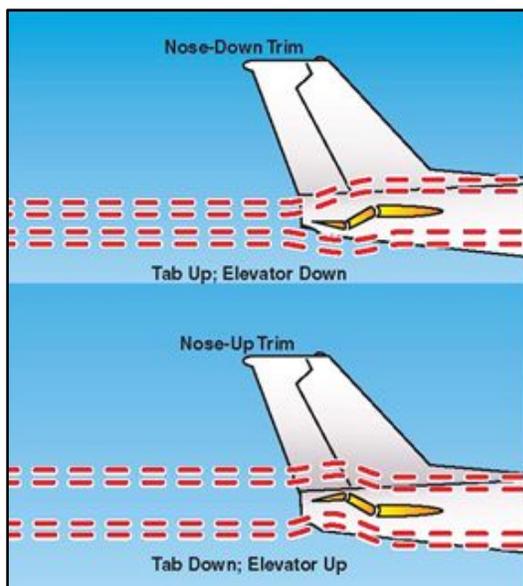
cualquier dirección de forma automática la aleta se mueve en la dirección opuesta. De esta manera el flujo de aire golpea la aleta y esto da facilidad de movimiento al piloto además de mantener la posición. Estas aletas también actúan como trim tabs como se describió anteriormente.

#### **2.3.3.4 Servo-Tabs**

Las Servo tabs son muy similares en el funcionamiento y la apariencia de las trim tabs. Las servo-tabs a veces hacen referencia como aletas de vuelo, se utilizan sobre todo en grandes aviones. Estas ayudan al piloto en el movimiento de la superficie de control, en manteniéndolas en la posición deseada. Esta aleta solo se mueve en respuesta al movimiento de control de vuelo del piloto, y la fuerza del flujo de aire en la aleta mueve a la superficie primaria.



**Figura 2. 15:** Anti-tabs



**Figura 2. 16:** Elevator Tabs

### c. Estabilizador móvil o Trimable Horizontal Stabilizer (THS)

La función que tiene el estabilizador móvil consiste en variar la incidencia del estabilizador horizontal independientemente del movimiento del timón de profundidad. Resulta entonces que las dos partes de la cola horizontal son móviles. La delantera corresponde al estabilizador móvil y su principal función es la de compensar el avión. Sobre todo a alta velocidad, compensar con el estabilizador móvil y no con el timón de profundidad conlleva menor resistencia aerodinámica de compensación (trim drag). El movimiento angular de esta superficie suele ser pequeño, del orden de  $10^\circ$ .

## 2.4 AVIÓN AIRBUS A-320

El Airbus A320 es un avión comercial de reacción, de fuselaje estrecho y de corto a medio alcance, desarrollado por Airbus, un consorcio de compañías aeroespaciales europeas actualmente controlado por la corporación EADS.

Existen diversos modelos derivados del A320, entre los que se incluyen las versiones cortas A318 y A319, la versión alargada A321.

La primera versión del A320 se lanzó en marzo de 1984, siendo su primer vuelo el 22 de febrero de 1987, y puesto en servicio el 28 de marzo de 1988 con la aerolínea Air France.

Las novedades tecnológicas que introdujo este avión fueron:

- Fue el primer avión civil con mandos de control completamente digitales del tipo fly-by-wire (el A310 había tenido algunos, pero todavía conservaba otros analógicos).
- Es la primera aeronave en usar una palanca de mando o "sidestick" en lugar de los clásicos volantes o "cuernos" de control.
- Para pilotarlo solo se necesitan dos personas (es decir, no se necesita de un ingeniero de vuelo).
- Es el primer avión de fuselaje estrecho con una cantidad significativa de su estructura hecha de fibra y materiales compuestos.
- Es la primera aeronave de su tipo que incluye un sistema de carga en contenedores.
- Sus sistemas de mantenimiento y diagnóstico son centralizados, los cuales permiten a los mecánicos comprobar los sistemas del avión desde la cabina.



**Figura 2. 17:** Airbus A-320

### 2.4.1 Especificaciones (A-320-200)<sup>7</sup>

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- **Tripulación:** 2 pilotos y 4 Auxiliares de vuelo
- **Capacidad:**
  - **Pasajeros:**
    - 1 clase: 164 (configuración típica), 180 (máximo)
    - 2 clases: 150 (configuración típica)
  - **Carga:** 37,41 m<sup>3</sup>, 7 contenedores LD3-46
- **Longitud:** 37,57 m
- **Envergadura:** 34,1 m
- **Altura:** 11,76 m
- **Superficie alar:** 122,6 m<sup>2</sup>
- **Peso vacío:** 42 600 kg
- **Peso máximo al despegue:** 78 000 kg (62 500 kg sin combustible).
- **Planta motriz:** 2x Turbofán Serie IAE V2500 o Serie CFM International CFM56-5.
  - **Empuje normal:** 25 000 - 27 000 de empuje cada uno.
- **Anchura de cabina:** 3,7 m
- **Anchura de fuselaje:** 3,95 m
- **Ángulo de las alas:** 25 grados.
- **Capacidad de combustible:** 24 210 litros (estándar), 30 190 (máxima).
- **Imagen de longitudes:** Se encuentran el Anexo

#### RENDIMIENTO:

- **Velocidad máxima operativa ( $V_{no}$ ):** 871 km/h (Mach 0,82) a 11 000 m

---

<sup>7</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_A320](http://es.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320)

- **Velocidad crucero ( $V_c$ ):** 828 km/h (Mach 0,78) a 11 000 m
- **Alcance:** 5 900 km (3 186 nmi; 3 666 mi) (a plena carga).
- **Techo de servicio:** 12 000
- **Carrera de despegue:** 2090 m (a nivel del mar)

## 2.5 SISTEMA DE MANDOS DE VUELO FLY BY WIRE A-320<sup>8</sup>

El fly-by-wire (volar por cables) consta de varios ordenadores (5 en los Airbus, 3 primarios y 2 secundarios) que leen la señal que envía el piloto con el sidestick, lo interpreta, y envía una señal modificada a la original hacia los controles. Esto implica que los movimientos de la aeronave no se corresponderán directamente con los movimientos del piloto. Esta filosofía chocó mucho entre pilotos, ya que no se podían imaginar mover un timón de dirección sin un cable, directamente. Al final, se ha demostrado de que este sistema es mucho más eficiente, seguro, y más versátil.

Airbus fue la primera en adoptar este sistema en sus aeronaves (A320 fue la primera) y creó un conjunto de leyes que regirían el Fly-by-wire. Son 4 leyes, ley normal, alternativa, directa y mecánica, según el grado del problema que esté sufriendo el avión.

- **Ley Normal:** Activa en operación normal. Controla los tres ejes del avión (cabeceo, alabeo y giñada), equilibrando el avión e interpretando los movimientos que el piloto quiere hacer en todo momento. Además, ofrece protecciones en vuelo (en alabeo y en actitud de cabeceo) y alivia el avión de cargas, como la gravedad en giros para un mayor confort.
- **Ley Alternativa:** Si un fallo leve existe (desacuerdo entre sensores, fallo de un ordenador, desajuste en sistemas hidráulicos, etc) esta ley es activada.

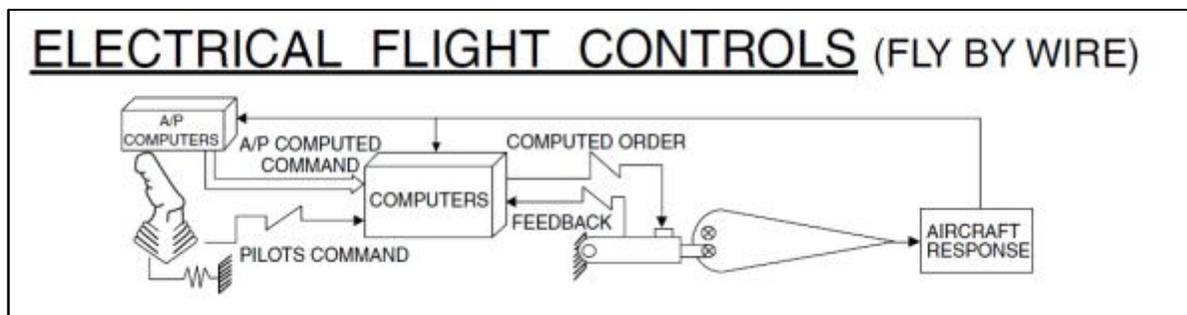
---

<sup>8</sup> AMM Manual de Mantenimiento ATA 27 Airbus A-320

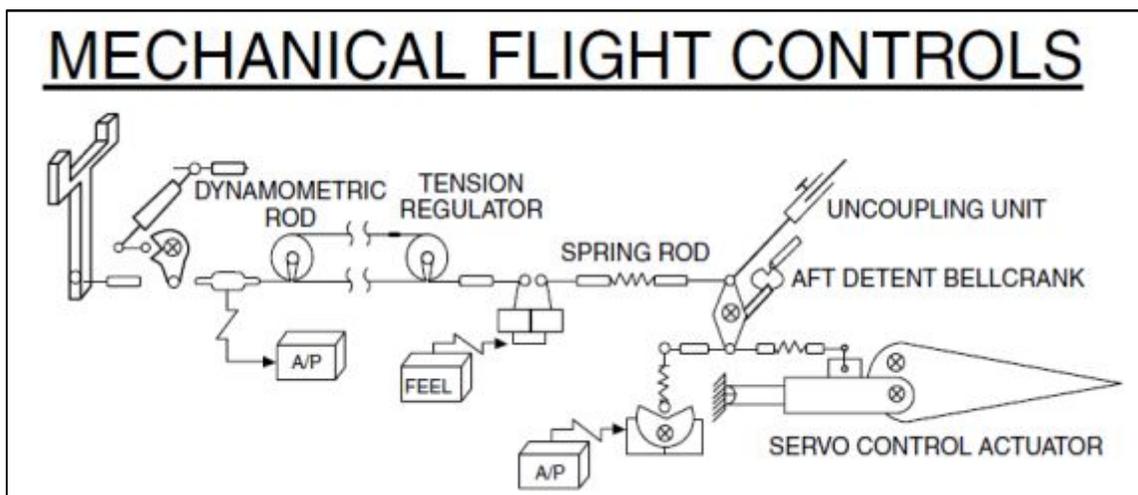
Básicamente proporciona el mismo control que la ley normal, pero sin las protecciones. Asimismo, el alabeo pasa a ser igual que en ley directa.

- **Ley Directa:** Si un fallo grave existe (fallo de radio-altímetro en aproximación, fallo en los 3 sistemas inerciales, etc) esta ley es activada. Así pues, los movimientos del sidestick del piloto se corresponderán con los movimientos de las superficies de control, no existirá auto-compensación, como tampoco existirá ninguna protección esencial (como el alpha-floor para la pérdida).
- **Mecánica:** Es un respaldo mecánico en caso de pérdida total del sistema eléctrico o del fly-by-wire (alimentado eléctricamente). Entonces, el avión solo se controlará con el compensador para el cabeceo, y los pedales para los virajes.

Existe un fallo crítico, que es un triple fallo en el sistema hidráulico. Este alimenta a todos los actuadores que mueven las superficies de control. Sin energía hidráulica, el avión es incontrolable.



**Figura 2. 18:** Controles de vuelo Fly by wire



**Figura 2. 19:** Controles de vuelo Convencionales

Los controles de vuelo en esta aeronave pueden ser controladas eléctrica o mecánicamente como se muestra a continuación:

- **Pitch Axis:**

**Elevadores:** Eléctricamente

**Estabilizador Horizontal:** Eléctricamente para control normal o control alternado y mecánicamente para control manual del trim.

- **Roll Axis:**

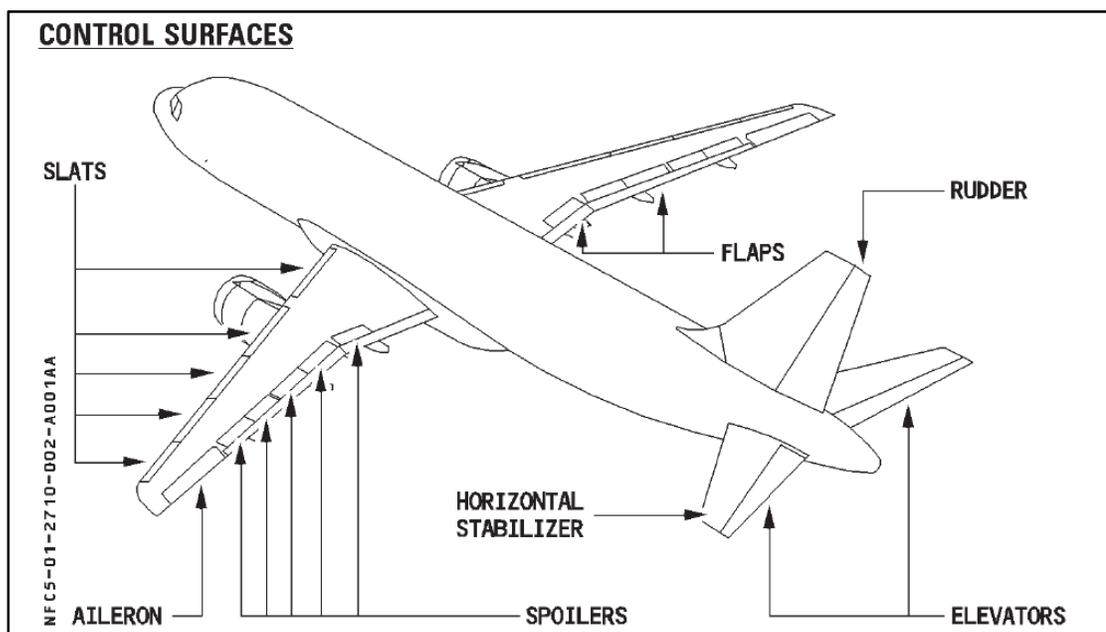
**Alerones:** Eléctricamente

**Spoilers:** Eléctricamente

- **Yaw Axis:**

**Rudder:** Mecánicamente

**Nota:** Todas las superficies son accionadas hidráulicamente.



*Figura 2. 20: Controles de vuelo*

### 2.5.1 Computadoras<sup>9</sup>

Siete computadoras de control de vuelo procesan las señales de entrada del piloto y piloto automático de acuerdo a lo normal, alternado o leyes directas de control de vuelo.

**Las computadoras son:**

- ELACs

**(Elevator Aileron Computers)**

**Para:** Control normal de los elevadores y estabilizador horizontal móvil.

Control de los alerones

<sup>9</sup> AMM Manual de Mantenimiento ATA 27 Airbus A-320

- **3 SECs**

**(Spoilers Elevator Computer)**

**Para:** Control de Spoilers.

Sistema de emergencia para control de elevadores y estabilizador horizontal móvil.

- **2 FACs**

**(Flight Augmentation Computer)**

**Para:** Control eléctrico del Rudder

- En adición existen **2 FCDC (Flight Control Data Concentrators)**, este recibe datos desde **ELACs y SECs**, y los envía al **Sistema Electrónico De Instrumentos (EIS)** y a la **Pantalla Centralizada De Fallas (CFDS)**

## Computadoras

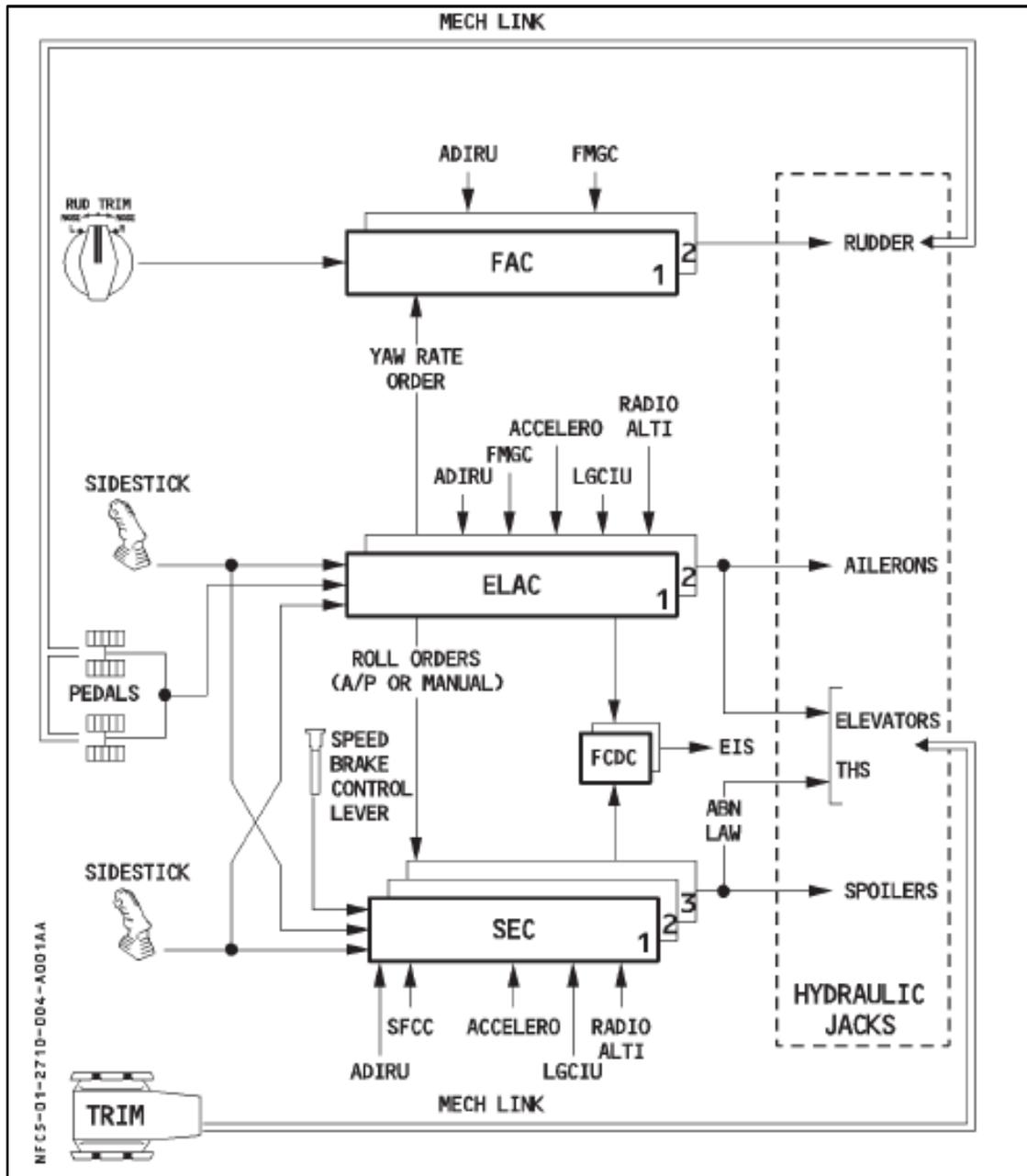


Figura 2. 21: Computadoras

## 2.6 CONTROLES DEL PILOTO EN CABINA- SIDESTICKS A-320

- Cada piloto tiene un sidestick con el cual controla el cabeceo y alabeo de la aeronave.
- Los dos sidestick no están conectados mecánicamente; ellos envían señales por separado a las computadoras de vuelo.
- Dos pares de pedales, los cuales se encuentran interconectados, dan al piloto control mecánico del rudder.
- Los pilotos usan handwheels mecánicas interconectadas ubicadas en el pedestal central en cabina para controlar el estabilizador horizontal móvil (THS).
- Los pilotos usan un switch simple sobre el pedestal central para calibrar el rudder trim.



**Figura 2. 22:** Sidestick A-320

## 2.7 SERVOMOTOR DE MODELISMO

Un servomotor de modelismo, conocido generalmente como servo o servo de modelismo es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa.

Los servos de modelismo se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos.

El dispositivo utiliza un circuito de control para realizar la ubicación del motor en un punto, consistente en un controlador proporcional.

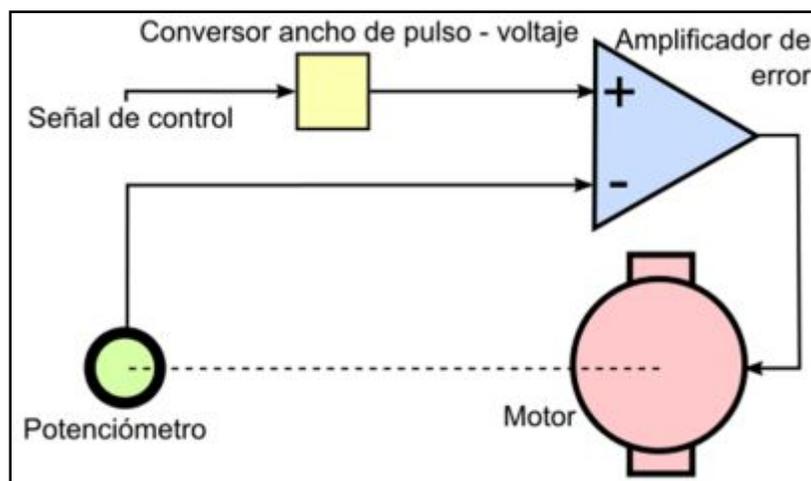
El punto de referencia o setpoint que es el valor de posición deseada para el motor se indica mediante una señal de control cuadrada. El ancho de pulso de la señal indica el ángulo de posición: una señal con pulsos más anchos (es decir, de mayor duración) ubicará al motor en un ángulo mayor, y viceversa.

Inicialmente, un amplificador de error calcula el valor del error de posición, que es la diferencia entre la referencia y la posición en que se encuentra el motor. Un error de posición mayor significa que hay una diferencia mayor entre el valor deseado y el existente, de modo que el motor deberá rotar más rápido para alcanzarlo; uno menor, significa que la posición del motor está cerca de la deseada por el usuario, así que el motor tendrá que rotar más lentamente. Si el servo se encuentra en la posición deseada, el error será cero, y no habrá movimiento.

Para que el amplificador de error pueda calcular el error de posición, debe restar dos valores de voltaje analógicos. La señal de control PWM se convierte entonces en un valor analógico de voltaje, mediante un convertidor de ancho de pulso a voltaje. El valor de la posición del motor se obtiene usando un potenciómetro de realimentación acoplado mecánicamente a la caja reductora del eje del motor: cuando el motor rote, el potenciómetro también lo hará, variando el voltaje que se introduce al amplificador de error.

Una vez que se ha obtenido el error de posición, éste se amplifica con una ganancia, y posteriormente se aplica a los terminales del motor.

Cada servo, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Por ejemplo, para algunos servos los valores de tiempo de la señal en alto están entre 1 y 2 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro ( $0^\circ$  y  $180^\circ$ , respectivamente). Los valores de tiempo de alto para ubicar el motor en otras posiciones se hallan mediante una relación completamente lineal: el valor 1,5 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.



**Figura 2. 23:** Circuito de Control del servo



**Figura 2. 24:** Servomotor

## **2.8 CONTROLES DE VUELO Y TRIMS A-320<sup>10</sup>**

### ***2.7.1 Control de cabeceo (pitch) y THS***

Dos elevadores y el Estabilizador Horizontal Móvil (THS) controlan el movimiento de cabeceo en la aeronave, estos son eléctricamente controlados e hidráulicamente accionados por el sistema verde (elevador izquierdo) y amarillo (elevador derecho), en caso de emergencia funciona el sistema hidráulico azul.

La deflexión máxima es de 30° nariz arriba, y 17° nariz abajo. La máxima deflexión del THS es 13.5° nariz arriba, y 4° nariz abajo.

---

<sup>10</sup> AMM Manual de Mantenimiento ATA 27 Airbus A-320

### 2.7.2 Función principal y Control mecánico del THS

La función principal del THS en el A-320 es la de compensar la estabilidad de la aeronave en vuelo, ya que es más fácil compensar con esta superficie que con los elevadores, ya que esta superficie varía máximo en  $10^\circ$  y reduce la resistencia en vuelo.

El control mecánico del THS está disponible desde la rueda de PITCH TRIM en cualquier momento, si bien los sistemas hidráulicos verde o amarillo están funcionando. El control mecánico desde la rueda de PITCH TRIM tiene prioridad sobre el control eléctrico.

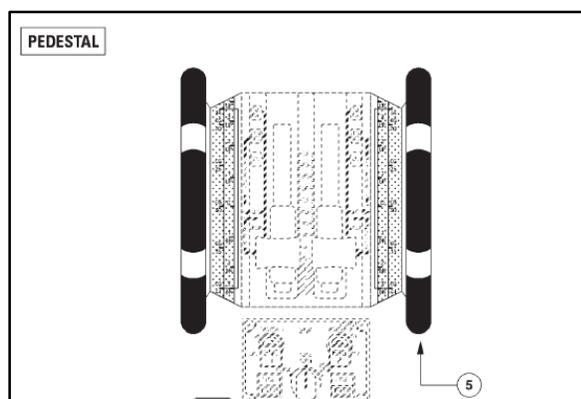


Figura 2. 25: Pitch Trim Wheels

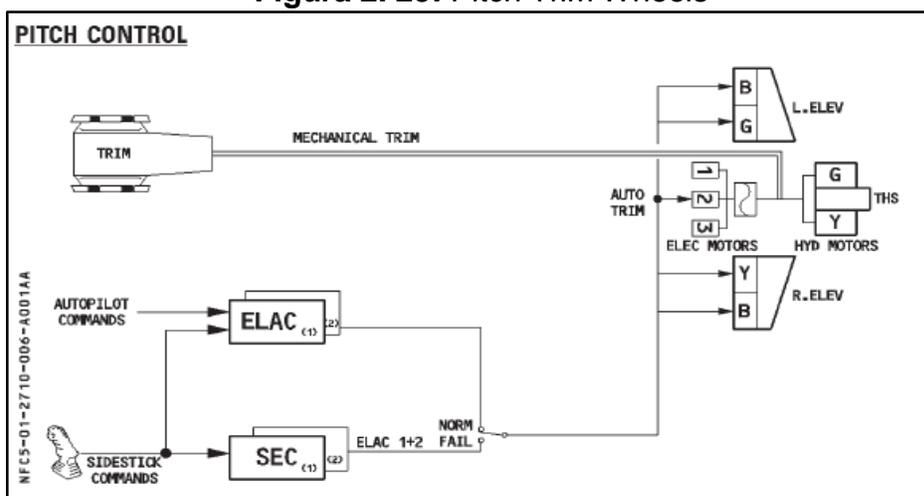


Figura 2. 26: Control de cabeceo

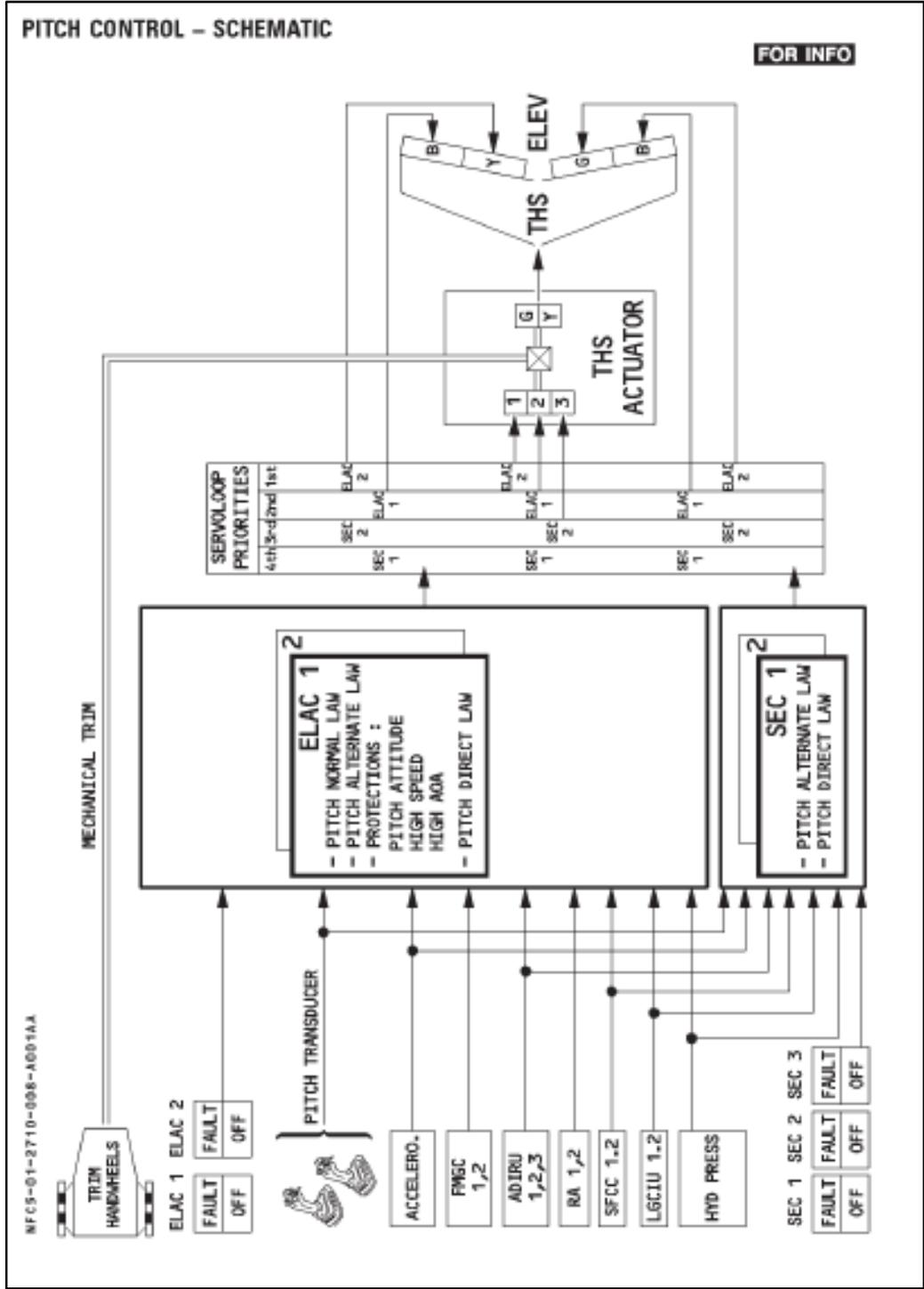


Figura 2. 27: Esquema de control de cabeceo



La deflexión máxima del rudder es controlada automáticamente en proporcionalidad con la velocidad como se muestra en la siguiente figura:

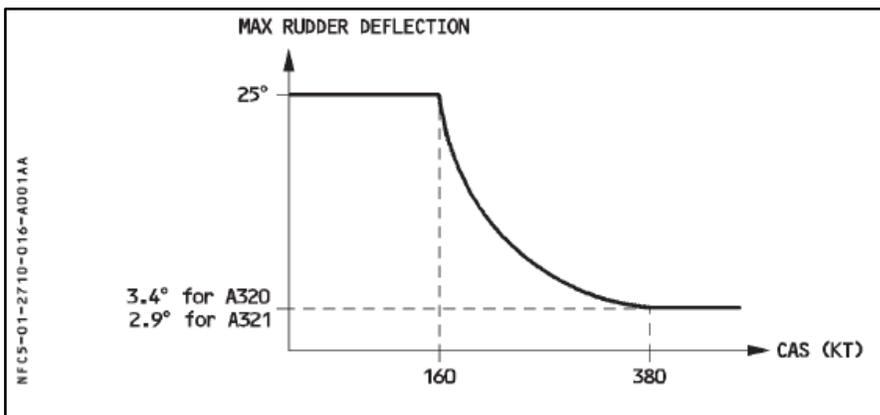


Figura 2. 29: Deflexión máxima del rudder

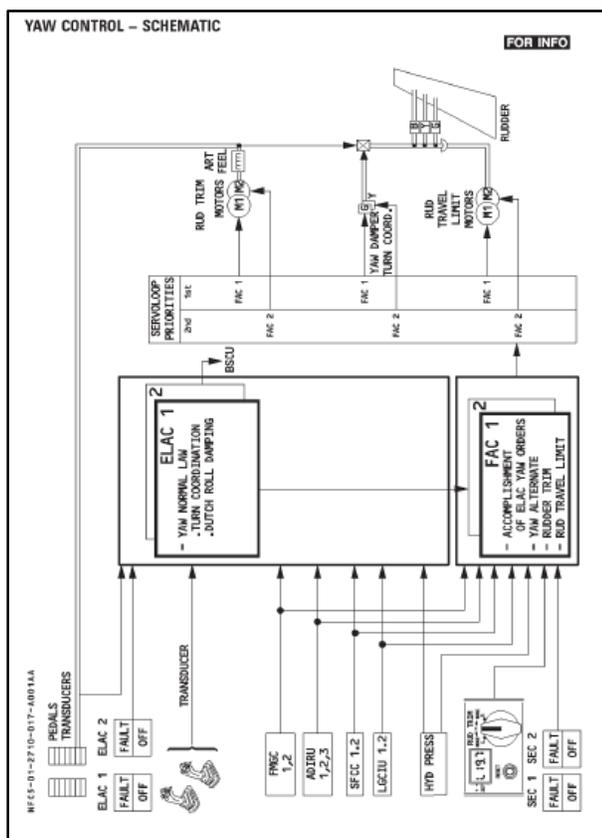


Figura 2. 30: Esquema de control de guiñada

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 PRELIMINARES**

Luego de analizar el marco teórico y aclarar ciertas dudas con respecto al tema a realizarse, se procedió a diseñar y construir la maqueta demostrativa de la estructura y funcionamiento de las superficies de vuelo primarias y secundarias de un Avión Airbus A-320.

#### **3.2 TOMA DE MEDIDAS**

Es el punto de partida para la elaboración de nuestro trabajo, ya que con los datos de sus dimensiones y el diseño se procede a construir y ensamblar cada una de las partes del proyecto.

Las dimensiones se tomaron directamente en la aeronave, ya que en los manuales no se encuentra información específica.

### **3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y DE SUS COMPONENTES**

Luego de haber tomado medidas reales se procedió a la elaboración del diseño a escala, para esto se utilizó el programa AutoCAD en el cual transportamos las dimensiones y llevamos las mismas a una escala de 1:20 quedando listas para imprimirlas y proceder a la construcción.

Los planos detallado de las medidas se puede observar en el Anexo A.

El proyecto fue construido con el fin de apreciar los componentes estructurales del empenaje como son: vigas, largueros y costillas; además visualizar el movimiento de superficies primarias y secundarias de vuelo como son: los elevadores, el rudder y el trimable horizontal stabilizer, que posteriormente lo describiremos por sus siglas THS.

Además se tuvo en cuenta llegar a proporcionar un correcto funcionamiento de la maqueta, resistencia del material y la seguridad.

### **3.4 PLANOS DEL EMPENAJE Y SUS COMPONENTES**

Después de haber realizado el diseño en el programa AutoCad se procedió a verificar las medidas y finalmente imprimir los planos a escala 1:100 los cuales servirían posteriormente para la construcción, dándome así un molde y una guía como soporte para realizar los cortes en el material que se trabajó.

## 3.5 CONSTRUCCIÓN

### 3.5.1 *Construcción de los componentes estructurales*

Una vez realizado los planos, determinado que las dimensiones son precisas y los materiales seleccionados son idóneos para que la maqueta estructural cumpla con los requerimientos establecidos, se procede a la construcción de todos los componentes de la misma siguiendo las especificaciones establecidas en los planos.

La construcción de los elementos estructurales se los ha planteado en el siguiente orden:

- Vigas
- Largueros
- Larguerillos
- Costillas
- Cuadernas
- Mecanismo del THS

**Nota:** Los componentes estructurales serán ensamblados y unidos a la piel mediante puntos de brujita, y pegas epóxicas, para asegurar su correcta fijación.



**Figura 3. 1:** Componentes estructurales

### 3.5.2 Construcción de las estructuras de la base

El propósito de la base es poder brindar una estabilidad independiente a la maqueta; ya a que de esta manera todas las superficies de vuelo podrán realizar sus movimientos sin ningún impedimento, además de esto nos ayuda con la parte estética.

Para la construcción de la base se utilizó un bloque de madera lacada, y se acopló un tubo a uno de sus extremos, y el otro extremo fue anclado a una parte del fuselaje (tail cone), reforzándolo también con un pequeño bloque de madera.

El peso del bloque de madera fue suficiente para mantener la maqueta nivelada.



**Figura 3. 2:** Estructura de la Base

### **3.5.3 Construcción del estabilizador horizontal**

El estabilizador horizontal es una parte fundamental para la demostración del funcionamiento del THS; su propósito es moverse en el eje transversal arriba o abajo además de anclar los elevadores que tendrán su movimiento específico, el cual se detallará más adelante.

Teniendo los planos impresos con las medidas aproximadas y los componentes estructurales que dan forma al estabilizador horizontal, se procedió a la fabricación de la piel para ensamblarlos conjuntamente con las costillas, vigas y largueros dando así forma aerodinámica necesaria que posee el estabilizador horizontal, los dos estabilizadores (derecho e izquierdo) están unidos mediante una barra de acero para su posterior conexión a un servo motor.

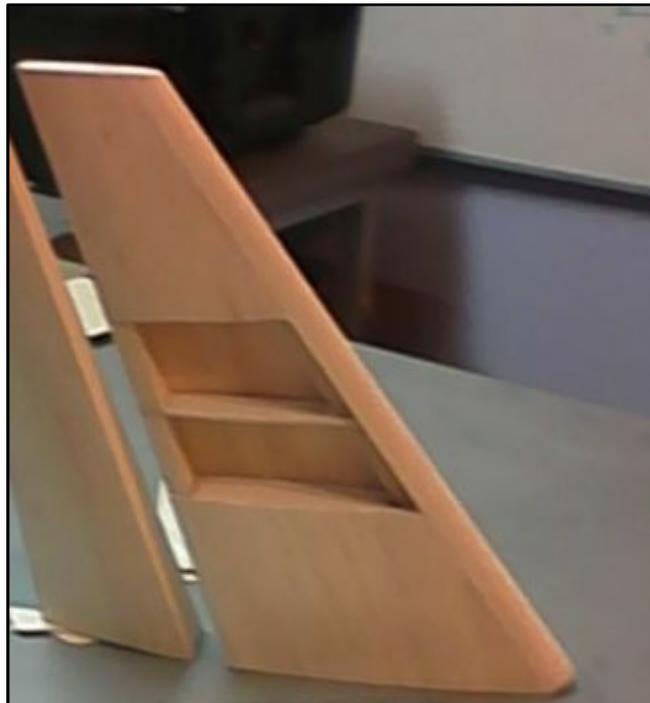


**Figura 3. 3:** Estabilizador horizontal

### **3.5.4 Construcción del estabilizador vertical**

El estabilizador vertical es una parte esencial del empenaje ya que éste equilibra a toda la aeronave y en él se encuentra un movimiento muy importante para el control de la aeronave en vuelo; la guiñada que se la realiza mediante el rudder.

Después de haber construido cada uno de los componentes estructurales basándonos en las medidas de los planos, se procedió a fabricación de la piel para luego irlo ensamblando con los componentes estructurales y finalmente dar como resultado un estabilizador vertical.



**Figura 3. 4:** Estabilizador vertical

### 3.5.5 *Construcción del rudder*

El propósito del rudder es demostrar el funcionamiento de una de las superficies de vuelo primarias, en este caso es el movimiento de guiñado (yaw) sobre su eje vertical de derecha a izquierda.

Tomando las medidas que tenemos en los planos se procede a la fabricación del rudder, el mismo que se fabricó en material de balsa, en su interior posee listones para obtener resistencia, además posee un micro-servo el cual servirá para su funcionamiento mediante el radiocontrol.

Finalmente se lo ensamblará mediante unas bisagras de aeromodelismo al estabilizador vertical.



**Figura 3. 5:** Rudder

### 3.5.6 *Construcción de los elevadores*

El propósito de los elevadores es demostrar el funcionamiento de una de las superficies de vuelo primarias, en este caso es el movimiento de cabeceo (pitch) sobre su eje transversal de arriba hacia abajo.

Tomando las medidas que tenemos en los planos se procede a la fabricación de los elevadores, los mismos que se fabricaron en material de balsa, en su interior poseen listones del mismo material para obtener resistencia, además poseen un micro-servos, los cuales servirán para su funcionamiento mediante el radiocontrol.

Finalmente se lo ensamblará mediante bisagras de aerodelismo al estabilizador horizontal.



**Figura 3. 6:** Elevadores

### 3.5.7 Construcción del fuselaje (cone tail)

El cone tail es la parte central del empenaje y su propósito es que en el mismo se conecten el estabilizador horizontal y vertical, además de demostrar parte de su estructura, la cual da forma al empenaje como son: largueros, larguerillos y mamparos.

Para su construcción se utilizaron planchas de Honey Comb de nomex, las cuales dieron forma a lo mamparos, en ellos se insertaron listones de balsa asimilando los largueros estructurales y luego se fue forrando con balsa sección por sección para asimilar la piel; finalmente la balsa fue masillada en varios lugares para asemejar la forma específica del cone tail de un Airbus A-320.

Los componentes estructurales como son largueros y larguerillos están hechos mediante listones de balsa.



**Figura 3. 7:** Fuselaje



**Figura 3. 8:** Mamparos de honey comb de nomex

### **3.6 ENSAMBLAJE DEL EMPENAJE**

Para el ensamblaje se procede a posicionar los componentes en cada lugar, luego se ensamblan el estabilizador vertical y los estabilizadores horizontales al fuselaje con mucho cuidado precautelando no dañar ni forzar ningún componente.

El ensamblaje de las partes que van sujetas, y no son removibles se la realizó mediante brujita y pega epóxica para su resistencia.

Cuando ya tenemos ensamblado todos los componentes podemos decir que tenemos ensamblado el empenaje y está listo para la conexión mediante servos.



**Figura 3. 9:** Componentes ensamblados

### **3.7 CONEXIONES DE LOS SERVOS- MOTORES**

Para la conexión de los servos motores fue necesario dejar unos pequeños agujeros por el cual pasa el cableado eléctrico, y los servos son conectados directamente a un pequeño sistema de varillaje conformado por un control horn, un clevis y la varilla, los cuales van pegados a cada superficie móvil.



**Figura 3. 10:** Sistema de varilla



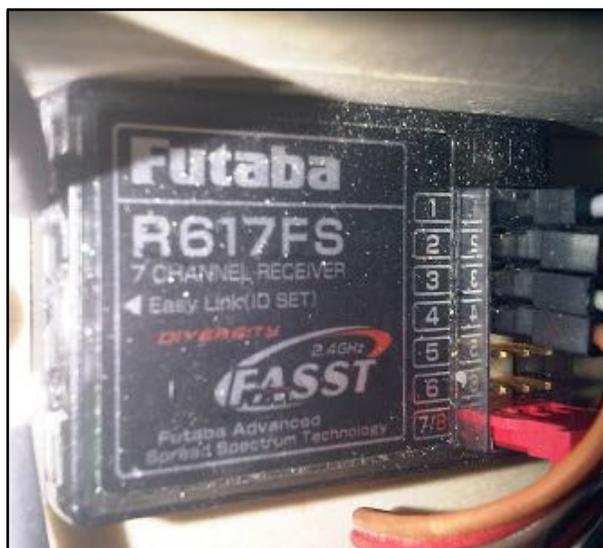
**Figura 3. 11:** Micro-servo Futaba



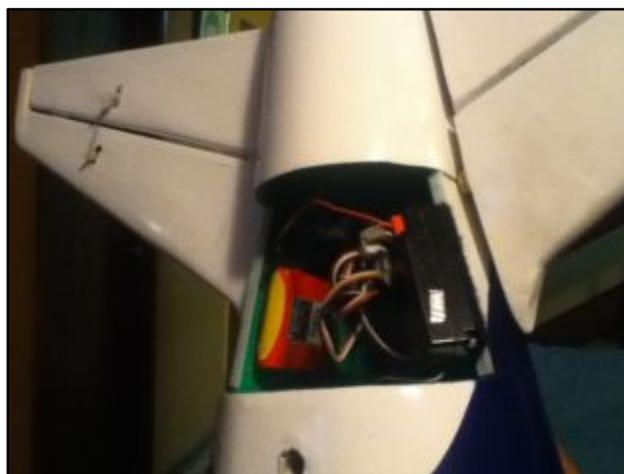
**Figura 3. 12:** Servomotor Futaba

Para los 2 elevadores se realizó un sistema de “y” para su movimiento simultáneo, y para el THS el servo motor fue conectado directamente al tubo metálico que une el estabilizador horizontal.

Cada servo actuador eléctrico posee un cable que va conectado directamente al receptor del radiocontrol, y permite el funcionamiento de cada superficie que deseamos mover mediante un canal específico del receptor.



**Figura 3. 13:** Receptor de radiocontrol



**Figura 3. 14:** Compartimiento del receptor

Cada canal de dicho receptor representa un movimiento, que será controlado por un radiocontrol.

La simulación de los movimientos se la realizó de la manera más real posible teniendo así el control de la siguiente manera:

- **Palanca izquierda (up/down):** Controla los elevadores.
- **Palanca derecha (right/left):** Controla el rudder
- **Perilla izquierda(giratorio):** Controla el THS



**Figura 3. 15:** Radiocontrol

## **FUTABA FP-TBUAF**

### **CARACTERÍSTICAS:**

- 1 Emisor programable (7 canales) 2.4 GHz
- 1 Receptor Futaba
- Batería Recargable de litio
- 1 Cargador 110V.

### **FUNCIONES:**

- Emisora de sticks para aviones y helicópteros
- Modulación FASST en 2.4 GHz

- Pantalla LCD
- Modo sticks configurable
- Trims digitales de precisión
- Memoria para 10 modelos
- Nombrado (hasta 6 caracteres) y borrado de modelos
- Inversor de servos
- Ajuste de recorrido de servos (ATV/EPA)
- Dual-Rates y Exponenciales a los 3 ejes
- Funciones y mezclas específicas para avión y helicóptero
- Seguridad Failsafe (solo canal 3 de motor)
- Función "Profesor-Alumno"

**Nota:** Los servomotores pueden ser conectados a cualquier radiocontrol con su respectivo receptor y batería, basta con conectar los cables en su lugar y de esta manera se tendrá el dominio de las superficies a controlar.

## **3.8 PINTADO Y ACABADO**

### **3.8.1 Masillado y lijado**

Para obtener un buen acabado se tuvo que masillar con resina todos los componentes dando así un recubrimiento a la madera balsa y con esto brindar más resistencia, posteriormente se lijó cada componente para obtener una superficie uniforme y con esto quedar listo para la parte de la pintura.



**Figura 3. 16:** Radiocontrol

### **3.8.2 Pintado**

Se procedió a pintar sobre la superficie con pintura de poliuretano, considerando la pintura verde tipo primer para las partes de estructura vista, y para la parte externa un color estético que fue azul y blanco, de esta manera se procedió a pintar componente por componente.



**Figura 3. 17:** Vista superior de maqueta pintada



**Figura 3. 18:** Elevador vertical y rudder pintado

### **3.9 EMPENAJE ACABADO**

Luego de realizar un arduo trabajo en la construcción de la maqueta se logró obtener resultados satisfactorios de tal manera que se obtuvo un trabajo estéticamente presentable y funcional.



**Figura 3. 19:** Maqueta finalizada 1



**Figura 3. 20:** Maqueta finalizada 2



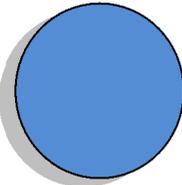
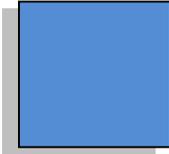
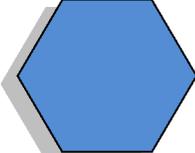
**Figura 3. 21:** Maqueta finalizada 3

### **3.10 DIAGRAMA DE PROCESOS**

El diagrama de procesos es la representación gráfica de todos los procesos productivos, los mismos que contienen pasos secuenciales y lógicos permitiendo visualizar el ensamblaje y sub - ensamblaje de la maqueta.

Tabla 3. 1

## Simbología de los diagramas de proceso

Nº	Simbología	Significado
1		Operación
2		Inspección y comprobación
3		Pieza terminada
4		Producto terminado
5		Conector

### 3.10.1 Diagrama de procesos para la construcción de la estructura base

**Materiales:** Madera balsa

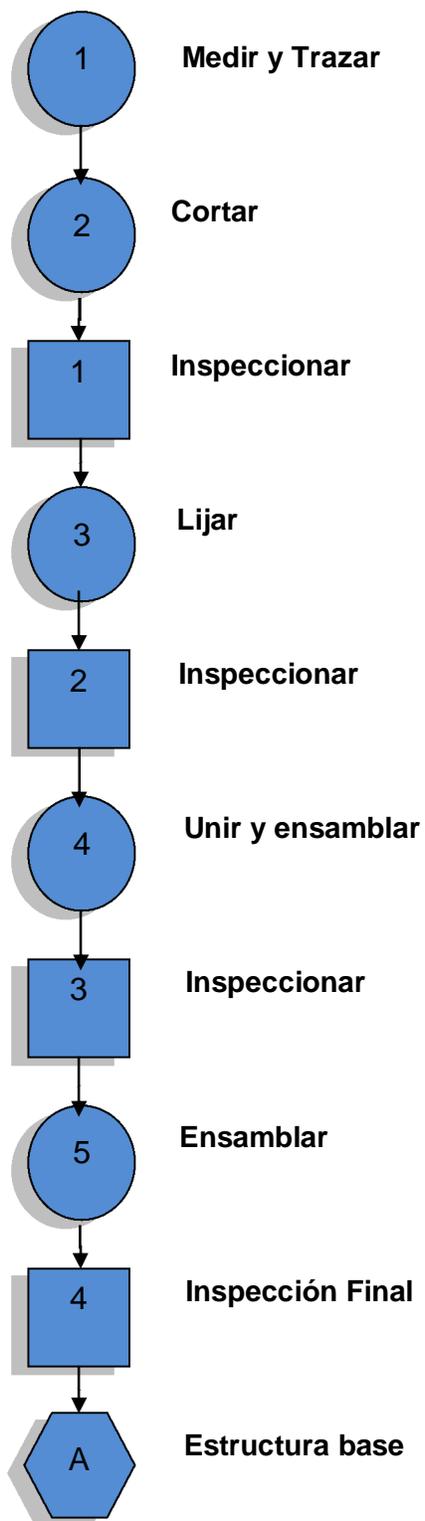


Tabla 3. 2

## Proceso de construcción de la estructura base

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas respectivas de los componentes estructurales que formaran la base.
2		Cortar la madera basándose en las medidas tomadas.
	1	Inspeccionar los cortes midiendo longitudes y ángulos.
3		Lijar para obtener superficie lisa
	2	Inspeccionar nuevamente longitudes y ángulos además de posibles defectos en las superficies.
4		Se encajan todas las partes y se unen
	3	Comprobar que no exista descuadre en las uniones
5		Se ensamblan las partes que sobran
	4	Se inspecciona finalmente la estructura final
A		<b>ESTRUCTURA BASE</b>

### 3.10.2 Diagrama de procesos para la construcción del estabilizador horizontal

Materiales: Madera

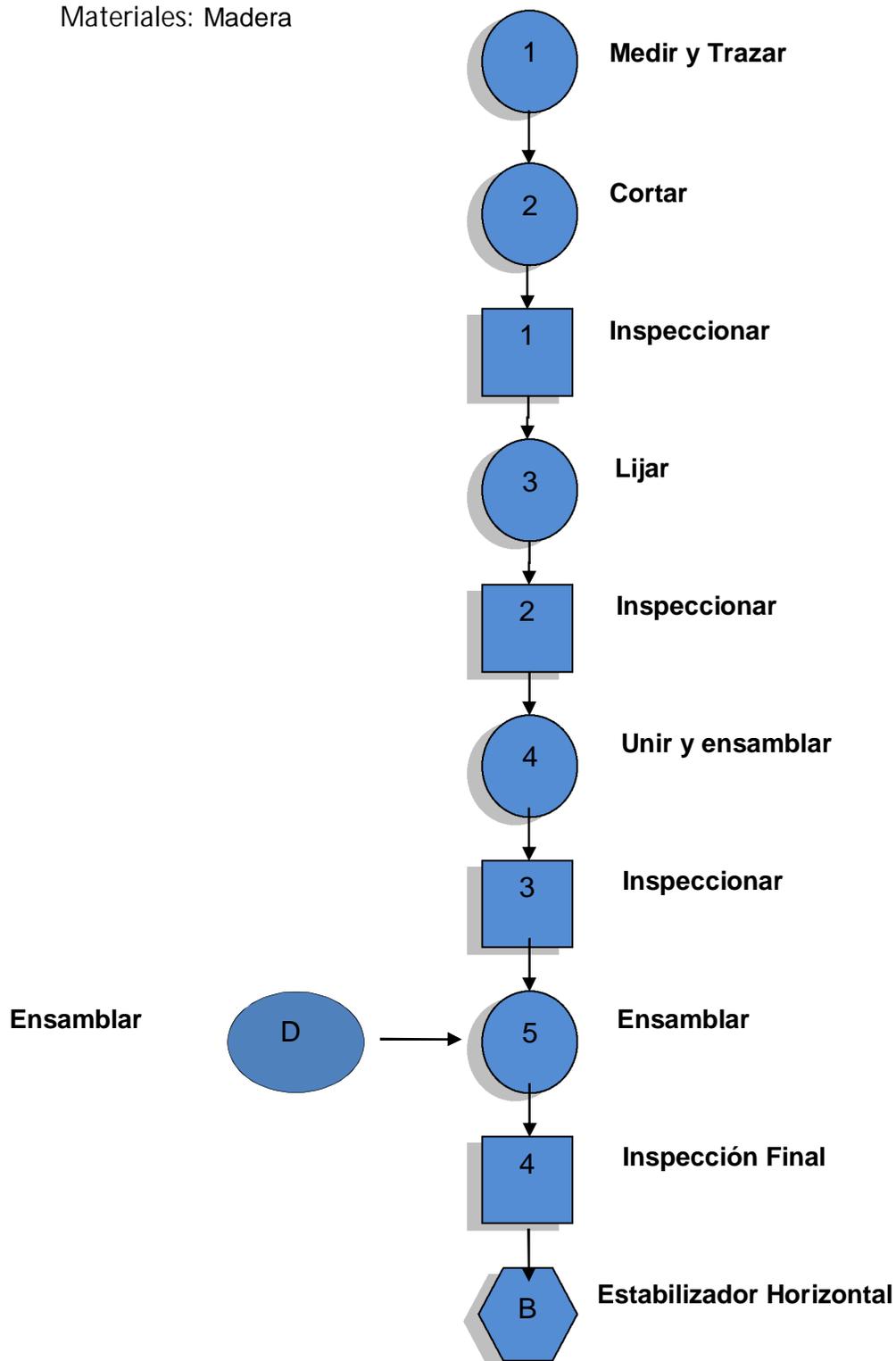


Tabla 3. 3

## Proceso de construcción del estabilizador horizontal

Numero		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas respectivas dadas en los planos.
2		Cortar la madera basándose en las medidas
	1	Inspeccionar los cortes midiendo longitudes y ángulos.
3		Lijar para obtener superficie lisa
	2	Inspeccionar nuevamente longitudes y ángulos además de posibles defectos en las superficies.
4		Se encajan todas las partes y se unen
	3	Comprobar que no exista descuadre en las uniones
5		Se ensamblan las partes que sobran, incluyendo el elevador(D) al estabilizador.
	4	Se inspecciona finalmente la estructura final
<b>B</b>		<b>ESTABILIZADOR HORIZONTAL</b>

### 3.10.3 Diagrama de procesos para la construcción del estabilizador vertical

**Materiales:** Madera

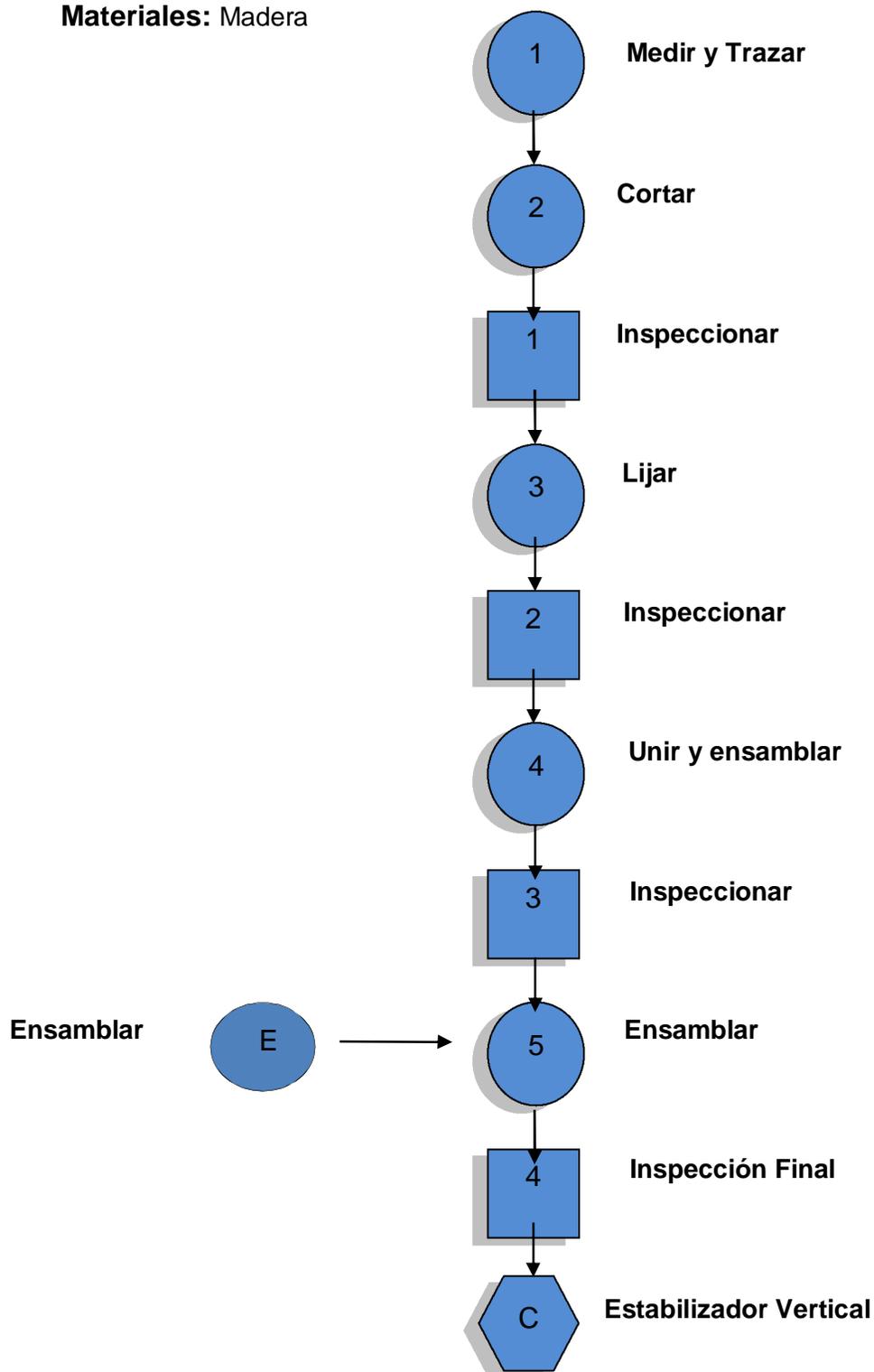


Tabla 3. 4

## Proceso de construcción del estabilizador vertical

Numero		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas respectivas dadas en los planos.
2		Cortar la madera basándose en las medidas
	1	Inspeccionar los cortes midiendo longitudes y ángulos.
3		Lijar para obtener superficie lisa
	2	Inspeccionar nuevamente longitudes y ángulos además de posibles defectos en las superficies.
4		Se encajan todas las partes y se unen
	3	Comprobar que no exista descuadre en las uniones
5		Se ensamblan las partes que sobran, incluyendo el rudder (E) al estabilizador.
	4	Se inspecciona finalmente la estructura final
<b>C</b>		<b>ESTABILIZADOR VERTICAL</b>

### 3.10.4 Diagrama de procesos para la construcción del fuselaje (tail cone)

**Materiales:** Madera

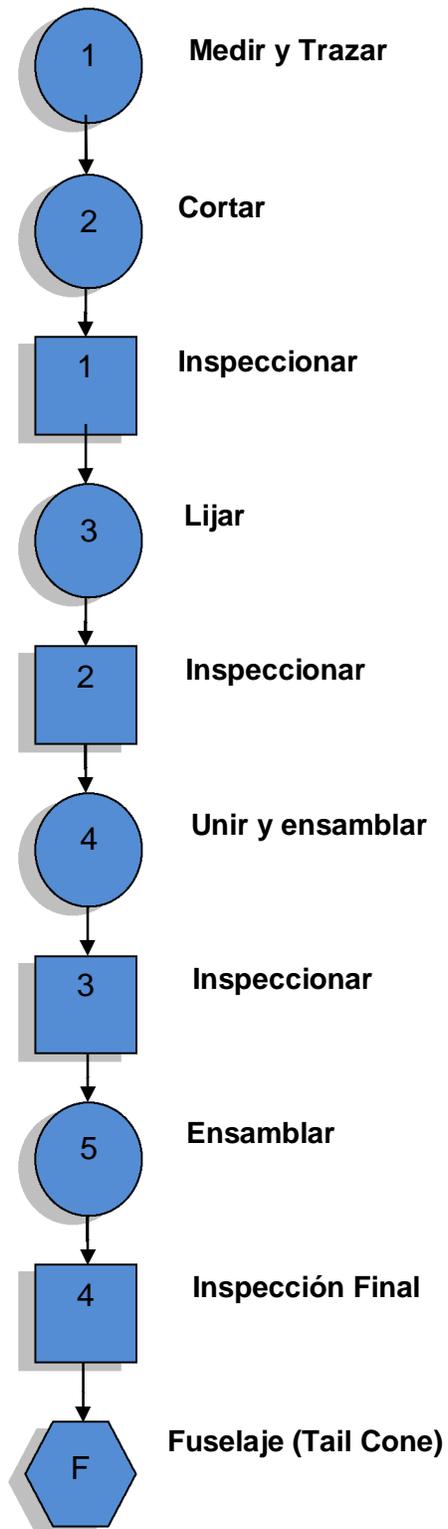


Tabla 3. 5

## Proceso para la construcción del fuselaje (tail cone)

Numero		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas respectivas dadas en los planos.
2		Cortar la madera basándose en las medidas
	1	Inspeccionar los cortes midiendo longitudes y ángulos.
3		Lijar para obtener superficie lisa
	2	Inspeccionar nuevamente longitudes y ángulos además de posibles defectos en las superficies.
4		Se encajan todas las partes y se unen
	3	Comprobar que no exista descuadre en las uniones
5		Se ensamblan las partes que sobran
	4	Se inspecciona finalmente la estructura final
		<b>EMPENAJE FINALIZADO</b>

### 3.10.5 Diagrama de procesos del ensamblaje total de la maqueta

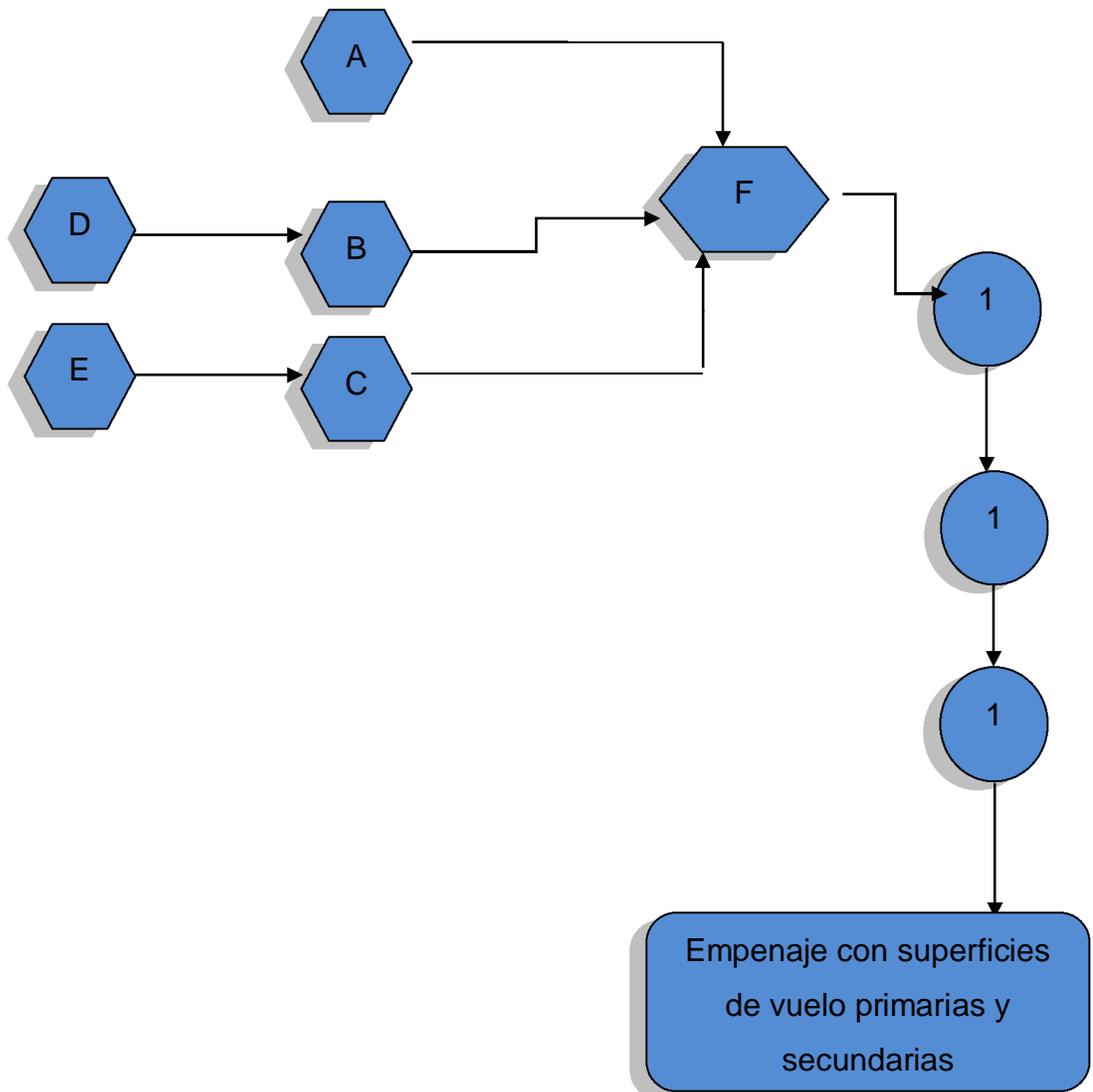




Tabla 3. 7

## Prueba de funcionamiento de la estructura.

Prueba Visual		Maqueta Funcional					
Nº	Aspectos a verificar	Mecanismo de movimientos del elevador		Mecanismo de movimientos del rudder		Mecanismo de movimientos del THS	
		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
1	Estabilidad	✓		✓		✓	
2	Rigidez	✓		✓		✓	
3	Seguridad	✓		✓		✓	
4	Facilidad de desplazamiento	✓		✓		✓	

Se concluye que la maqueta demostrativa de movimientos de las superficies primarias y secundarias del empenaje se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento cumpliendo con las expectativas para lo que fue diseñada.

### 3.12 MANUALES

Se han diseñado manuales que contienen procedimientos detallados los mismos cuyo propósito es evitar accidentes, incidentes, además para realizar un adecuado manejo, aumentar la vida útil y garantizar un buen desempeño de la maqueta.

### 3.12.1 *Manual de operación*

Este manual contiene los procedimientos adecuados para una correcta operación de la maqueta y para ponerla en funcionamiento.

### 3.12.2 *Manual de mantenimiento*

Este manual nos indica cada una de las tareas de mantenimiento que se deben aplicar a la maqueta, con el propósito de aumentar su vida útil y garantizar su buen desempeño.

**Tabla 3. 8**

#### **Codificación de los manuales**

<b>Manual</b>	<b>Código</b>
<b>Manual de Operación</b>	MO-001
<b>Manual de Mantenimiento</b>	MM-001

Los manuales antes mencionados se encuentran en el anexo B y C.

## **3.13 ESTUDIO ECONÓMICO**

La elaboración del proyecto fue factible económicamente ya que se tomó en cuenta los costos de todos los materiales, herramientas y maquinaria utilizados para el diseño y construcción de la maqueta que demuestra los componentes estructurales y el funcionamiento de las superficies de vuelo primarias y secundarias del empenaje del avión A-320., los mismos que estuvieron dentro del presupuesto establecido para la elaboración del mismo.

### **3.13.1 Análisis económico**

En el análisis económico se consideró los costos de cada material en el mercado, las herramientas, maquinaria y equipos empleados para la construcción, además se valora el factor humano tomando en cuenta la mano de obra utilizada.

También se ha tomado como referencia 3 factores fundamentales en los cuales se ha invertido económicamente:

1. Costo de materiales.
2. Costo en mano de obra.
3. Gastos varios.

#### **3.13.1.1 Costo de Materiales.**

Comprende todos los costos de los materiales adquiridos para la construcción del proyecto los cuales son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 3. 9

## Cantidades y costos de materiales

<b>Materiales</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
2	Pegas epóxicas 5 minutos	30	60
2	Micro-servos Futaba	25	50
1	Servomotores Futaba 3003	35	35
6	Bisagras de aeromodelismo	5	30
4	Extensiones de cable receptor de servo	5	20
3	Control horn	5	15
n/a	Pintura de poliuretano	30	30
n/a	Madera para la base	15	15
1	Tubo de aluminio para base	5	5
n/a	Lija	6	6
3	Brujitas	2	6
n/a	Madera balsa	50	50
n/a	Placa de honey comb	40	40
1	Radio-control Futaba 8 canales con receptor	300	300
<b>Valor Total</b>			662

**3.12.1.2 Costos en mano de obra**

Están comprendidos en la manipulación de las herramientas, máquinas y equipos para operaciones de herramientas, fabricación, entre otros, además del diseño de la estructura, todos y cada uno de ellos para la elaboración del proyecto.

Tabla 3. 10

Valores de costos de mano de obra.

<b>Costos en mano de obra</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor/USD</b>
1	Diseño de la estructura en computadora	50
2	Ensamblado de la estructura	115
3	Laca y pintura	100
4	Conexiones electricas	50
5	Otros	125
<b>Total</b>		<b>440</b>

### 3.12.1.3 Gastos varios

Integran todos los gastos necesarios para la elaboración directa o indirecta del proyecto.

Tabla 3. 11

Valores de gastos varios.

<b>Gastos Varios</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor/USD</b>
1	Hospedaje	150
2	Alimentación	160
3	Transporte y movilización	90
4	Derechos de grado y dirección	0
5	Internet e impresiones	50
6	Imprevistos	70
<b>Total</b>		<b>520</b>

### 3.12.1.4 Gastos totales

Es la inversión total realizada durante todo el proceso de investigación y elaboración del proyecto.

**Tabla 3. 12**

#### Costo total de la elaboración del trabajo

<b>Costo total para la elaboración de la estructura</b>		
<b>Item</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor/USD</b>
<b>1</b>	Costo de materiales para la elaboración del proyecto	662
<b>2</b>	Costos en mano de obra	440
<b>3</b>	Gastos varios	520
<b>Total</b>		<b>1622</b>

Por lo tanto el costo total en el diseño y construcción de la maqueta demostrativa de la estructura y funcionamiento de las superficies de vuelo primarias y secundarias de un Avión Airbus A-320., fue de \$ 1322.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Finalmente tras de haber culminado exitosamente el proyecto y posteriormente aprobar su correcto funcionamiento y desempeño, se comprobó el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio del programa, de la misma forma se plantearán conclusiones y se proporcionarán recomendaciones con el propósito de que a la maqueta demostrativa se le dé un adecuado uso y de esta manera se logre preservarla en excelente estado.

#### **4.1 CONCLUSIONES**

- La información recolectada permitió comprender el desempeño y comportamiento de todos los componentes utilizados en la maqueta.
- El diseño de los componentes estructurales, superficies primarias y secundarias de vuelo realizados en el programa AutoCad fueron de gran ayuda para cumplir con los parámetros tanto de exactitud, funcionalidad y de estética.
- Los materiales utilizados cumplieron con todos los requerimientos técnicos para el buen desempeño y funcionalidad del trabajo realizado, además fueron de fácil adquisición en el mercado local.
- La maqueta logró asemejarse al avión Airbus A-320 del que se tomó todas las referencias.

- Los procesos de construcción de los componentes estructurales y la maqueta en sí, no necesitaron procesos de elaboración sofisticados pero se garantiza que son productos de calidad.
- El ensamblado de la estructura no demandó procedimientos de elevada complejidad ni herramientas sofisticadas.
- Estéticamente la maqueta cumplió los requerimientos de demostración de los componentes estructurales del empenaje y superficies de vuelo primarias y secundarias.
- La maqueta didáctica cumplió satisfactoriamente las pruebas funcionales trabajando eficazmente en la realización de los movimientos para los que fue diseñada: elevadores, rudder y THS (trim).

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Utilizar la maqueta con fines didácticos, es decir para lo que fue construida y de esta manera transmitir a los estudiantes una mejor idea acerca del empenaje de las aeronaves en general, y específicamente en un avión moderno como es el Airbus A-320.
- Utilizar los manuales de operación y mantenimiento para dar un adecuado uso y conservación a la maqueta.
- Mantener el espacio donde se encuentra la estructura libre de elementos ajenos que limiten y comprometan su funcionamiento.

- Dar el adecuado mantenimiento a la maqueta para precautelar su vida útil.
- Adquirir conocimientos sobre los movimientos básicos del avión previo al manejo de la maqueta.

## GLOSARIO

### DEFINICIONES:

- **AERODINÁMICA.-** Es la ciencia que se ocupa del estudio del movimiento del aire y de las acciones que el mismo ejerce sobre los cuerpos que se mueven inmersos en él.
- **ANALÓGICO.-** Se aplica al aparato o instrumento de medición que representa las variaciones o cambios de cualquier fenómeno físico, como el sonido, el peso o la luz, mediante variaciones equivalentes o análogas de un indicador físico, como una aguja o una barra
- **ASIMÉTRICO.-** Que no guarda simetría o que carece de ella.
- **AXIS.-** Eje
- **CORRIENTE.-** Es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material.
- **DEFLEXIÓN.-** La deflexión hace referencia al grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza.
- **EMPENAJE.-** Parte posterior de la aeronave (cola)
- **POTENCIÓMETRO.-** Es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.
- **SUSTENTACIÓN.-** Es la fuerza generada sobre un cuerpo que se desplaza a través de un fluido, de dirección perpendicular a la de la velocidad de la corriente incidente. La aplicación más conocida es la del ala , de un ave o un avión, superficie generada por un perfil alar.
- **TRAYECTORIA.-** Camino o recorrido que sigue alguien o algo para desplazarse.
- **TRIM.-** Compensar

- **TRIM TABS.-** Aletas Compensadoras
- **VOLTAJE.-** El voltaje es una magnitud física, con la cual podemos cuantificar o “medir” la diferencia de potencial eléctrico o la tensión eléctrica entre dos puntos, y es medible mediante un aparato llamado voltímetro.

### **ABREVIATURAS:**

- **CES.-** Consejo De Educación Superior
- **EADS.-** European Aeronautic Defence and Space
- **ITSA.-** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico
- **OACI.-** Organización Internacional de Aviación Civil
- **SEASES.-** Sistema De Aseguramiento De La Calidad De La Educación Superior
- **SENECYT.-** Secretaria Nacional De Educación Superior Ciencia Y Tecnología e Innovación

## BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Controles de vuelo eléctricos de Airbus Capitulo 12.
- Airbus. (s.f.). AMM Manual de Mantenimiento ATA 27 Airbus A-320.
- Airbus. (s.f.). SRM Manual Estructural ATA 27 Airbus A-320. En Airbus.
- FAA. (s.f.). Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge (FAA).
- *Manual de vuelo*. (2013). Obtenido de [www.manualdevuelo.com](http://www.manualdevuelo.com)
- Oñate, A. E. (2007). Conocimiento del avión.

## NETGRAFÍA

- Espin, C. (2013). *Oniescuelas*. Obtenido de [http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos\\_aires/62/tecnolog/estruc.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos_aires/62/tecnolog/estruc.htm) (en línea)