

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

***“CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA PARA MONTAJE
DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL
HELICÓPTERO BELL 206.”***

POR:

CONLAGO SÁNCHEZ EDISON IVÁN

Proyecto de Grado Previo a la Obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2005

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **CONLAGO SÁNCHEZ EDISON IVÁN** como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

Sgop. Tec. Avc. Econ. Ochoa Kléver

DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, 18 de octubre del 2005

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo a Dios, quién me ha dado un soplo de vida y siempre me ha acompañado y ha sabido guiarme a lo largo de la vida.

Dedico con amor este trabajo, a mi madre Zoilita Sánchez y a mi padre Segundo Conlago, quienes me han dedicado toda una vida de lucha y trabajo por mi bienestar. A mis hermanos Freddy y Dany con quienes hemos crecido juntos y han estado en cada momento de haber subido un pilar mas de mi vida, con quienes he compartido tristezas y alegrías. Dedico este triunfo y mi trabajo, a todos aquellos que me han sabido apoyar en los momentos en los que mas los he necesitado.

Edison Conlago

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar un sentimiento eterno de gratitud a mi guía y amigo Jesús.

Agradezco muy profundamente el apoyo de mis padres, Vicky y Segundo pues con su inconstante trabajo y lucha diaria me han podido ayudar a seguir triunfando en la vida, me han guiado, por un camino de inconstantes desafíos y problemas. Gracias padres por haberme hecho como soy, y hoy realizo este trabajo gracias a ustedes.

También doy gracias a mis hermanos Freddy y Dany quienes me han apoyado de muchas maneras, y me han sabido guiar hacia un futuro mejor.

Agradezco a aquellas personas quienes me han apoyado de una u otra manera: Amigos, tíos y demás familiares, que también gracias a ellos, hoy subiré un escalón más en mi vida.

De todo Corazón, muchas gracias padres, hermanos, amigos.

Edison Conlago

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
RESUMEN.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	XVI
JUSTIFICACIÓN.....	XVI
OBJETIVOS.....	XVII
OBJETIVO GENERAL.....	XVII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XVII
ALCANCE.....	XVIII

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO	Pág.
1.1. El helicóptero.....	1
1.2. Historia del Helicóptero.....	1
1.3. Principio de Funcionamiento.....	5
1.3.1. Sustentación.....	5
1.3.2. Resistencia.....	6
1.3.2.1. Resistencia a fricción.....	6
1.3.2.2. Resistencia Inducida.....	8
1.3.3. Resistencia Total.....	10
1.4. Arquitectura del Helicóptero.....	10
1.4.1. Fuselaje.....	12
1.4.2. Sistema sustentador.....	12

1.4.3.	Empenaje o Grupo de Cola._____	12
1.4.4.	Sistema de Control de Vuelo._____	13
1.4.5.	Tren de Aterrizaje._____	13
1.4.6.	Grupo Motor._____	14
1.5.	Generalidades del Helicóptero Bell 206._____	14
1.5.1.	Servicios._____	16
1.5.2.	Fuselaje._____	16
1.5.3.	Sistema Rotativo o Sustentador._____	17
1.5.4.	Empenaje, o Grupo de Cola._____	19
1.5.5.	Tren de Aterrizaje._____	19
1.5.6.	Grupo Motor._____	20
1.5.7.	Sistema de Controles de Vuelo._____	20
1.5.7.1.	Sistema de Control del Rotor de Cola._____	21
1.5.7.1.1.	Reglaje del Rotor de Cola._____	23
1.5.7.2.	Sistema de Control Colectivo._____	24
1.5.7.2.1.	Reglaje del Control Colectivo._____	26
1.5.7.3.	Sistema de Control del Cíclico_____	26
1.5.7.3.1.	Reglaje del Control Cíclico._____	29
1.5.7.4.	El Mezclador Universal._____	29
1.5.7.5.	Actuadores Servo Cíclico y Servo Colectivo.____	30
1.5.7.6.	Plato Mezclador._____	31
1.5.7.7.	Movimientos de los Controles de Vuelo._____	32

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	Pág.	
2.1.	Identificación de Alternativas._____	34
2.2.	Planteamiento de Alternativas._____	35
2.3.	Descripción de Alternativas._____	35
2.3.1.	Primera Alternativa._____	35
2.3.2.	Segunda Alternativa._____	36

2.4. Criterios para la Selección de Alternativas.	37
2.5. Análisis de las Alternativas.	38
2.5.1. Primera Alternativa.	38
2.5.2. Segunda Alternativa.	38
2.6. Parámetros de Evaluación.	39
2.6.1. Factor Mecánico.	39
2.6.2. Factor Financiero.	40
2.6.3. Factor Complementario.	40
2.7. Matriz de Evaluación.	42
2.8. Matriz de Decisión.	43
2.9. Selección de la Mejor Alternativa.	44
2.10. Determinación de requerimientos técnicos.	44

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Pág.

3.1. Diseño de la estructura.	45
3.2. Cálculo de la Estructura.	46
3.2.1. El Acero.	46
3.2.2. Tensiones.	47
3.2.3. Cálculo.	49
3.2.4. Diseño de Armadura.	56
3.2.5. Cálculo de la Armadura.	56
3.3. Listado de Materiales y herramientas.	62
3.3.1. Materiales.	62
3.3.1.1. Descripción de Materiales.	62
3.3.2. Máquinas y Herramientas.	65
3.4. Maquetación de planos generales y de despiece.	66
3.5. Construcción de la estructura.	66
3.6. Diagrama de Procesos.	75
3.6.1. Diagrama de Símbolos Empleados.	75

3.6.2. Diagrama General de Procesos._____	76
3.6.3. Diagrama del Proceso de Construcción de la Estructura._____	78
3.6.4. Diagrama de Ensamblaje de la Estructura._____	80
3.7. Montaje de los Mecanismos de Control de Vuelo._____	82
3.8. Diagrama de Procesos de los Mecanismos de Control de Vuelo._____	94
3.8.1. Diagrama de ensamble de los mecanismos de controles de vuelo._____	95
3.9. Diagrama de Ensamble de la Maqueta Didáctica._____	97
3.10. Pruebas de Funcionamiento._____	98
3.10.1. Control del Cíclico._____	98
3.10.2. Control del Colectivo._____	99
3.10.3. Control de los Pedales._____	99

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES	Pág.
4.1. Descripción General de los mecanismos._____	100
4.2. Implementación de Manuales._____	100
4.3. Lista de Manuales._____	101
4.4. Manual de Operación._____	103
4.5. Manual de Mantenimiento._____	107
4.6. Manual de Verificación._____	111
4.7. Hoja de registro de Operación._____	114
4.8. Hoja de Registro de Mantenimiento._____	116
4.9. Programa Multimedia de Mantenimiento._____	118

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO	Pág.
5.1. Presupuesto.....	119
5.2. Análisis Económico.....	119
5.2.1. Materiales.....	120
5.2.2. Máquinas – Herramientas.....	120
5.2.3. Equipo Eléctrico.....	121
5.2.4. Mano de Obra.....	122
5.2.5. Otros.....	122
5.3. Costo Total del Proyecto.....	123

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Pág.
6.1. Conclusiones.....	125
6.2. Recomendaciones.....	126

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A.- Partes del Helicóptero

ANEXO B.- Planos Generales y de Despiece.

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO I	Pág.
Figura 1.1. El Autogiro._____	3
Figura 1.2. El Helicóptero VS – 300 de Igor Sikorski. _____	3
Figura 1.3. El Helicóptero Bell 47._____	4
Figura 1.4. La Sustentación._____	6
Figura 1.5. Resistencia de Fricción._____	7
Figura 1.6. Resistencia de Presión._____	8
Figura 1.7. La sustentación aumenta la resistencia inducida._	8
Figura 1.8. Diferencia de Presiones._____	9
Figura 1.9. Resistencia Inducida._____	9
Figura 1.10. Resistencia Total._____	10
Figura 1.11. El helicóptero._____	11
Figura 1.12. a. Componentes del Helicóptero Bell 206._____	14
b. Componentes del Helicóptero Bell 206._____	15
Figura 1.13. Fuselaje del Helicóptero Bell 206._____	16
Figura 1.14. Sistema Sustentador._____	18
Figura 1.15. Rotor de Cola._____	19
Figura 1.16. Tren de Aterrizaje del Helicóptero._____	19
Figura 1.17. Controles de Vuelo._____	20
Figura 1.18. Control de Dirección del Helicóptero._____	22
Figura 1.19. Sistema de Control del Rotor de Cola._____	23
Figura 1.20. Paso Colectivo del Rotor Principal._____	24
Figura 1.21. Sistema de Control del Colectivo._____	25
Figura 1.22. Paso Cíclico del Rotor Principal._____	27
Figura 1.23. Sistema de Control del Cíclico._____	28
Figura 1.24. El Mezclador Universal._____	30
Figura 1.25. Soporte de los Actuadores Servos._____	31
Figura 1.26. El Plato Mezclador._____	32

CAPÍTULO III**Pág.**

Figura 3.1.	Estructura del Fuselaje del Helicóptero Bell 206._____	45
Figura 3.2.	Barra Sometida a Compresión._____	48
Figura 3.3.	Barra Sometida a Flexión._____	48
Figura 3.4.	Barra Sometida a Pandeo._____	52
Figura 3.5.	Diseño de la armadura para el rotor de cola._____	56
Figura 3.6.	Gráfico de Momentos._____	56
Figura 3.7.	Correa "G"._____	62
Figura 3.8.	Perfil Cuadrado._____	63
Figura 3.9.	Angulo "L"._____	63
Figura 3.10.	Trazado para corte de perfil._____	66
Figura 3.11.	Corte del Perfil "G"._____	67
Figura 3.12.	Corte del Perfil Cuadrado._____	67
Figura 3.13.	Corte del perfil a 45°._____	68
Figura 3.14.	Corte del Ángulo haciendo uso de la cizalla._____	68
Figura 3.15.	Soldado del soporte del rotor de cola._____	69
Figura 3.16.	Soldado de la base de la estructura con suelda MIG._____	70
Figura 3.17.	Soldado del soporte del rotor principal con Suelda MIG._____	70
Figura 3.18.	Soldado del soporte de los mecanismos de control de vuelo._____	71
Figura 3.19.	Amolado de la Estructura._____	71
Figura 3.20.	Pintado con fondo gris._____	72
Figura 3.21.	Preparación de la pintura y aplicación._____	73
Figura 3.22.	Comprobación de las medidas de las triplex._____	74
Figura 3.23.	Colocación de las triplex con remaches 3/16 x 1"_____	74
Figura 3.24.	Limpieza de las partes del helicóptero y remoción de la pintura aplicando removedor._____	82
Figura 3.25.	Preparación del fondo gris anticorrosivo._____	83
Figura 3.26.	Aplicación del fondo gris con soplete sobre las piezas del helicóptero._____	84

Figura 3.27.	Aplicación de la primera capa de pintura._____	85
Figura 3.28.	Aplicación de la segunda capa de pintura._____	85
Figura 3.29.	Armado del Swash Plate._____	86
Figura 3.30.	Armado de la Transmisión._____	87
Figura 3.31.	Armado del Rotor de Cola._____	87
Figura 3.32.	Armado del Rotor Principal._____	88
Figura 3.33.	Montaje de los Mecanismos de Control de Vuelo._	88
Figura 3.34.	Montaje de las piezas sobre la estructura._____	89
Figura 3.35.	Suelda y amolado de los terminales del tubo._____	90
Figura 3.36.	Colocación del Sistema Eléctrico._____	91
Figura 3.37.	Comprobación del Cíclico y Colectivo._____	92
Figura 3.38.	Comprobación del Rotor de Cola._____	93

CAPÍTULO III

Pág.

Figura 4.1.	Pantalla de Inicio del Programa de Mantenimiento._____	118
--------------------	---	-----

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO II		Pág.
Tabla 2.1.	Matriz de Evaluación._____	42
Tabla 2.2.	Matriz de Decisión._____	43
 CAPÍTULO III		 Pág.
Tabla 3.1.	Composición Química del Acero A36._____	46
Tabla 3.2.	Propiedades del Acero A36._____	47
Tabla 3.3.	Pesos que soporta la estructura._____	50
Tabla 3.4.	Valores del cálculo de los elementos de la armadura._____	61
Tabla 3.5.	Especificaciones de Secciones L de Acero A36.____	61
Tabla 3.6.	Listado de Máquinas y Herramientas._____	65
Tabla 3.7.	Símbolos de Diagramas de Procesos._____	75
 CAPÍTULO IV		 Pág.
Tabla 4.1.	Lista de Manuales_____	101
 CAPÍTULO V		 Pág.
Tabla 5.1.	Costos de los materiales utilizados en el proyecto.	120
Tabla 5.2.	Costo de utilización de Máquinas – Herramientas._	121
Tabla 5.3.	Costos de Equipos Eléctricos._____	121
Tabla 5.4.	Costos de Mano de Obra._____	122
Tabla 5.5.	Costos otros gastos._____	123
Tabla 5.6.	Costo Total del Proyecto._____	123

RESUMEN

El presente proyecto ha sido realizado por la necesidad de implementar nuevas y necesarias maquetas didácticas en el taller de mecánica, para que los alumnos realicen prácticas manuales y de esta manera capten mejor los conocimientos. Para lo cual se realizó este proyecto con los siguientes puntos:

En la primera parte de este trabajo consta que es un helicóptero de manera general, luego centralizándose en el helicóptero propio de la maqueta didáctica que es el BELL 206, donde indica sus partes y hace énfasis en los controles de vuelo indicando su funcionamiento, activación y actuación en el helicóptero. Para lo cual se hace un estudio de alternativas que posteriormente nos ayuda a elegir la mejor alternativa para su fabricación, la misma que será dada por una evaluación realizada en base a los materiales, análisis de costos, y facilidad de trabajo.

Siguiendo un orden correcto y prudencial se procedió a la construcción de la estructura y el montaje de los controles de vuelo del helicóptero Bell 206, haciendo uso de diferentes herramientas y máquinas para el desarrollo y finalización del proyecto.

Una vez terminada la etapa de construcción, se realizó las pruebas de funcionamiento con el propósito de observar y comprobar que el comportamiento de la maqueta didáctica este dentro de parámetros aceptables y seguros, elaborándose así los manuales de operación y mantenimiento de la maqueta para que quien desee hacer uso de la misma lo hagan de manera correcta y segura.

Edison Conlago

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto ha sido realizado al ver que hoy día se hace necesario que se realice prácticas por parte de los alumnos quienes cada día necesitan de mas conocimientos, para lo cual se debe disponer de un material didáctico que ayude a captar de manera fácil a los estudiantes.

Pues durante la etapa enseñanza – aprendizaje tanto como el profesor como el alumno no llenan sus expectativas solamente con la teoría, es así que necesita la práctica para lograr un mejor y mayor entendimiento de las materias impartidas.

Con la implementación de esta maqueta didáctica en el Instituto se espera aportar al mejor desenvolvimiento de los alumnos para cuando ellos realicen cualquier tipo de práctica durante su tiempo de estudio, logrando así un mejor nivel de profesionalismo al final de su etapa de aprendizaje.

Por esta y muchas razones mas se estableció la elaboración de esta maqueta didáctica de controles de vuelo del helicóptero, de fácil operación y mantenimiento, la cual cumple con las funciones de un helicóptero operacional.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la necesidad de realizar prácticas, y la falta de una maqueta didáctica en donde se muestre los mecanismos de funcionamiento del helicóptero, además de una falta de herramientas para entender de una mejor manera, la aerodinámica, funcionamiento y estructuración del helicóptero, se plantea la realización del siguiente proyecto:

“Construcción de una estructura para montaje del sistema de controles de vuelo del helicóptero Bell 206.”

Trabajo que ayudará a futuras generaciones, para el mejor aprendizaje y entendimiento no solo de los aviones si no también del helicóptero.

JUSTIFICACIÓN

En el mundo de la aviación, el uso de material didáctico es una herramienta eficaz que el instructor requiere y debe de aplicar en el proceso de enseñanza – aprendizaje, para de esta manera facilitar la captación de conocimientos de los alumnos.

EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO, en la actualidad no cuenta con el material didáctico necesario que permita conocer acerca del funcionamiento del helicóptero, siendo hoy en día una de las herramientas muy utilizadas en la aviación civil y militar para el transporte tanto de personas como de carga, es así que por su importancia se ve la necesidad de implementar una maqueta didáctica que permita de una manera clara y sencilla demostrar el funcionamiento de los mecanismos de controles de vuelo en helicópteros.

La construcción del presente proyecto se plantea con la finalidad de que el alumno pueda realizar sus prácticas para lograr de una mejor manera la captación de conocimientos para su aprendizaje y entendimiento del helicóptero, con lo que se logrará mayor eficiencia y eficacia en el aprendizaje de los estudiantes de la Escuela de Mecánica Aeronáutica, además de las diferentes carreras existentes en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de presentes y futuras generaciones

OBJETIVOS:

a. Objetivo General

Construir una estructura para el montaje del sistema de controles de vuelo del helicóptero BELL 206, que servirá como maqueta didáctica para formar a los futuros tecnólogos de la escuela de mecánica de aviación.

b. Objetivos Específicos

- Investigar la aerodinámica del helicóptero Bell 206 y el funcionamiento de los mecanismos que controlan el vuelo.
- Entender los tipos de movimientos que ejecutan la aeronave en vuelo al accionar los mecanismos de controles de vuelo en el helicóptero.
- Describir el sistema principal de los controles de vuelo.

- Estudiar el funcionamiento básico de los componentes de controles de vuelo del Helicóptero Bell 206.
- Aplicar los conocimientos teóricos aprendidos a lo largo de la carrera, en cuanto a estructuras metálicas se refiere para la realización de este proyecto.
- Construir la estructura básica para montar los accesorios del helicóptero Bell 206.
- Plantear alternativas de construcción de la estructura.
- Realizar los planos, manuales de operación, mantenimiento y seguridad de la maqueta didáctica.
- Implementar la maqueta de controles de vuelo de un helicóptero como material didáctico dentro de la Escuela de Mecánica.

ALCANCE

Con la elaboración de este proyecto de grado, el INSTITUTO TÉCNICO SUPERIOR AERONÁUTICO, contará con el material didáctico, necesario para brindar una mejor enseñanza pedagógica y a su vez obtendrá que las promociones actuales y futuros estudiantes de la Escuela de Mecánica reciban un mejor aprendizaje y entendimiento, en el estudio con respecto a helicópteros se refiere.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. El Helicóptero.

El helicóptero, cuyo funcionamiento y características de vuelo son completamente diferentes a la de un avión, pues es la aeronave más pesada que el aire que no se eleva utilizando alas fijas como en los aviones, sino que la sustentación se debe mediante a uno o varios rotores, compuestos por hélices – palas, accionados mecánicamente por un motor, que giran alrededor de un eje vertical situado sobre el fuselaje,

El movimiento de las palas a través del aire produce una fuerza de sustentación, suficiente para compensar el peso y la resistencia del aparato. Al variar el ángulo de ataque de la pala, le permite al helicóptero elevarse o descender verticalmente o permanecer en una posición determinada. El piloto al ajustar el plano de revolución del rotor conseguirá un empuje en cualquier dirección, es decir moverse hacia adelante, hacia atrás o hacia los lados, o mantenerse en hover (permanecer en vuelo estacionario sobre la tierra).

Por estas ventajas hacen que el helicóptero sea utilizado para trabajos en los cuales no podrían cumplir su labor los aviones.

1.2. Historia del Helicóptero

El helicóptero es el primer tipo de aparato más pesado que el aire capaz de realizar un vuelo vertical.

La palabra helicóptero viene de dos palabras griegas: Helix, que significa espiral; y pteron, que significa ala. Uniendo las dos palabras obtenemos la palabra francesa “le helicoptere”, que como significado sería ala en espiral.

La idea de volar con un ala giratoria es muy antigua. En la antigua China un hombre llamado Ko Fung fabricó un juguete de hélice que se accionaba a mano, al que a veces lo llamaban “trompo volador” y que se elevaba por el aire al momento que giraba rápidamente.

Historialmente la primera persona quién tuvo la idea básica de un helicóptero con la capacidad suficiente como para transportar a un ser humano, fue por el inventor Leonardo da Vinci, en Italia por el año de 1483, quien realizó un aparato volador a modo de helicóptero con un rotor helicoidal mismo con el que experimentó. Parece ser que Da Vinci entendió la naturaleza de la atmósfera, que tenía peso, y que podía bajo ciertas condiciones soportar peso.

Durante la el primer cuarto del siglo XX los diseñadores en Rusia, Inglaterra, Francia, Alemania y Estados Unidos experimentaron con mas de 100 diseños con mayor o menor éxito, pues la dificultad mas grande que encontraron fue el de resolver la estabilidad y control.

El primer vuelo libre de un helicóptero lo llevó a cabo Paul Cornu en Francia por el año de 1908, pero el helicóptero de Henry Berliner fue probablemente el primer aparato que realizó un vuelo controlado utilizando rotores motorizados y aunque la distancia y la altura no fueron considerables, fue un helicóptero que se movía a voluntad del piloto.

La primera aeronave práctica de rotor fue el autogiro, (ver figura 1.1), diseñado por el español Juan de la Cierva,

produciéndose el primer vuelo en 1923, con lo que se hizo posible el desarrollo de helicópteros útiles.



Fig. 1.1. El autogiro.

El ingeniero aeronáutico Igor Sikorski en ese entonces nacionalizado en Estados Unidos, en el año de 1939, puso en vuelo un aparato de un único rotor, el VS-300 (ver figura 1.2). Su sucesor, el XR-4, realizó el primer vuelo por el campo, cubriendo unos 1.225 km en mayo de 1942.



Fig. 1.2. El Helicóptero VS-300 de Igor Sikorski

Poco después del Sikorsky aparecieron en Estados Unidos los helicópteros Bell, con su primera creación, el helicóptero Bell 47 en 1947. (Ver figura 1.3.)



Fig. 1.3. El Helicóptero Bell 47

El mayor adelanto en el desarrollo de helicópteros fue probablemente en la guerra de Vietnam, donde las fuerzas estadounidenses utilizaron unos 2.000 helicópteros para transportar personal, carga, observar las actividades del enemigo, disparar fuego antiaéreo y evacuar a más de 12.000 soldados heridos.

Durante los consiguientes años el desarrollo del helicóptero ha sobresalido notablemente, es así como por un ejemplo se puede decir que la máxima carga útil que un helicóptero podía transportar aumento desde 100 kg (220lb) a 40000 kg (88.000 lb), y la velocidad máxima se multiplicado desde 150 km/h hasta aproximadamente 400 km/h.

1.3. Principio de Funcionamiento

Una aeronave para desplazarse a través del aire requiere de una fuerza sustentadora de las fuerzas aerodinámicas que se crea por su propio movimiento de todo su cuerpo a través del aire.

Las palas de los helicópteros tienen un perfil similar al ala de un avión, la cual al girar sobre un eje vertical, crea la sustentación necesaria creada por las reacciones aerodinámicas del aire en la superficie de las palas.

1.3.1. Sustentación.

Los rotores de helicóptero tienen forma de aerofoil, como las alas de los aviones, por lo que proporcionan sustentación por el mismo principio. Cuando un ala o una pala de rotor está situada a un ángulo de ataque con respecto al flujo de aire, deflecta el aire hacia abajo, como resultado, se obtiene una fuerza de reacción hacia arriba (Ver figura 1.4). El movimiento de las palas o plano aerodinámico a través del aire, es diseñado de forma que el aire fluya más rápidamente sobre la superficie superior que sobre la inferior, lo que provoca una disminución de presión en la superficie de arriba con respecto a la de abajo, esta diferencia de presiones proporciona la fuerza de sustentación, suficiente para compensar el peso y la resistencia del aparato y al variar el ángulo de ataque el helicóptero sube o baja.



Fig. 1.4. La sustentación.

Los helicópteros se pueden mover en cualquier dirección girando el rotor en la dirección deseada. El giro del rotor altera la sustentación, que pasa de ser totalmente vertical a una combinación de horizontal y vertical.

1.3.2. Resistencia.

En el estudio de resistencia aerodinámica, los diseñadores de helicópteros distinguen dos tipos de resistencia a los cuales hacen énfasis en la construcción de helicópteros para conseguir los valores mínimos de resistencia al avance.

1.3.2.1. Resistencia a Fricción.

La resistencia de fricción es la fuerza de rozamiento que se presenta cuando un cuerpo se desplaza sobre el aire, la resistencia de fricción tiene dos efectos

La primera por la forma de las partes que componen el helicóptero, ejerce sobre el mismo una fuerza de fricción, es decir que no es lo mismo desplazar sobre el aire una superficie con el frente cuadrado pues va a tener mayor resistencia al avance, que desplazar un objeto con una superficie cilíndrica pues va a tener menos resistencia al

avance sobre el aire, es por eso que se ha diseñado superficies aerodinámicas que mantienen y distribuyen el aire durante el avance de la superficie por el aire (Ver figura 1.5).

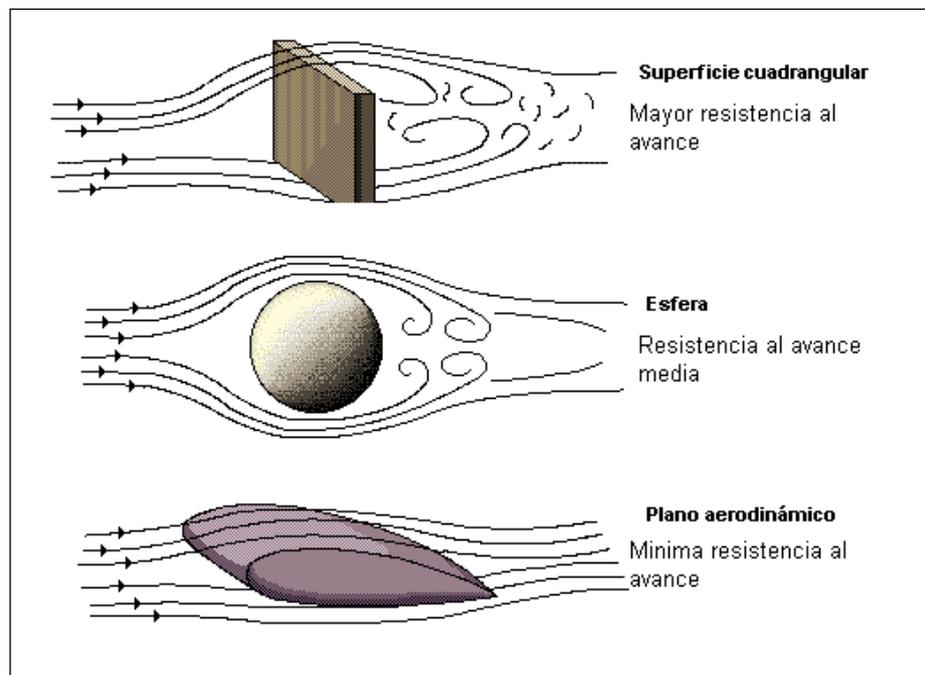


Fig. 1.5. Resistencia de Fricción.

Por otro lado tenemos el desprendimiento de la capa límite pues forma una estela turbulenta detrás del helicóptero y de los perfiles de las palas, a lo cual lo conocemos como resistencia de presión, misma que se origina durante el paso de las superficies a través del aire. Los cuerpos con mayor superficie que van en contra del aire presentan mayor resistencia de presión pues el desprendimiento de la capa límite detrás de ellos es mayor originándose una estela turbulenta. (Ver figura 1.6.)

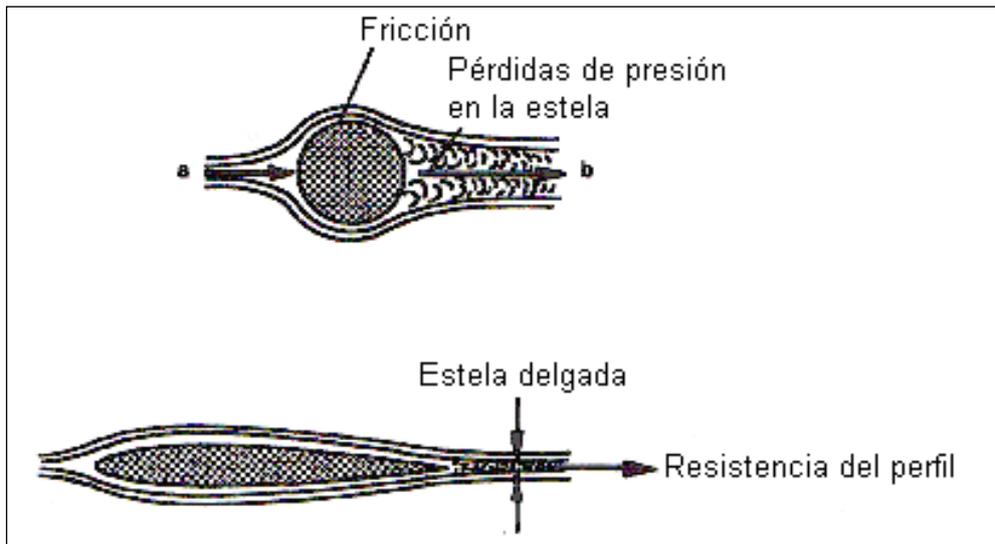


Fig. 1.6. Resistencia de Presión.

La resistencia de fricción será mayor cuando mayor superficie sea expuesta a la corriente de aire.

1.3.2.2. Resistencia Inducida.

La resistencia inducida, es aquella que se origina debido a la sustentación.

Cuando se incrementa la sustentación, aumentando el ángulo de ataque del perfil, esto hace que aumente también la resistencia inducida. (Ver figura 1.7.)

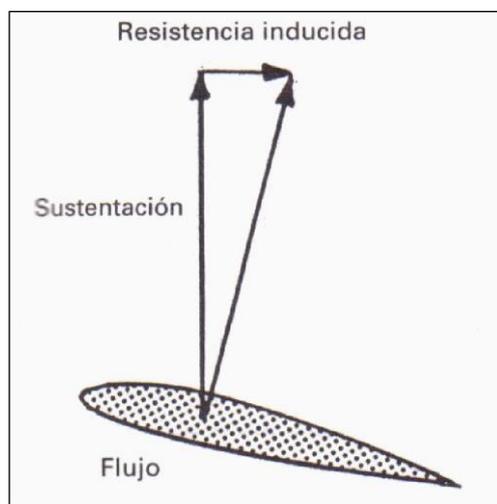


Fig. 1.7. La sustentación aumenta la resistencia inducida.

El aumentar la sustentación, origina que en la parte inferior de las palas en rotación haya una corriente de aire con mas presión estática que en la parte superior, por lo que el movimiento del flujo de aire en las puntas de las palas sera mas intenso, originando que la corriente de abajo rodee el borde de la pala y pase a la parte superior de la misma. (Ver figura 1.8.)

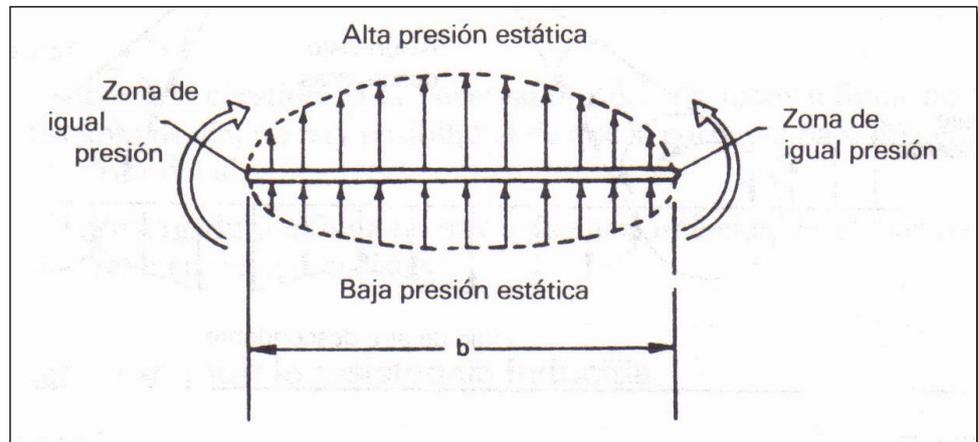


Fig.1.8. Diferencia de Presiones.

Por este efecto se originan los torbellinos en las puntas de las palas creando pérdidas y originando resistencia, en este caso resistencia inducida. (Ver figura 1.9.).

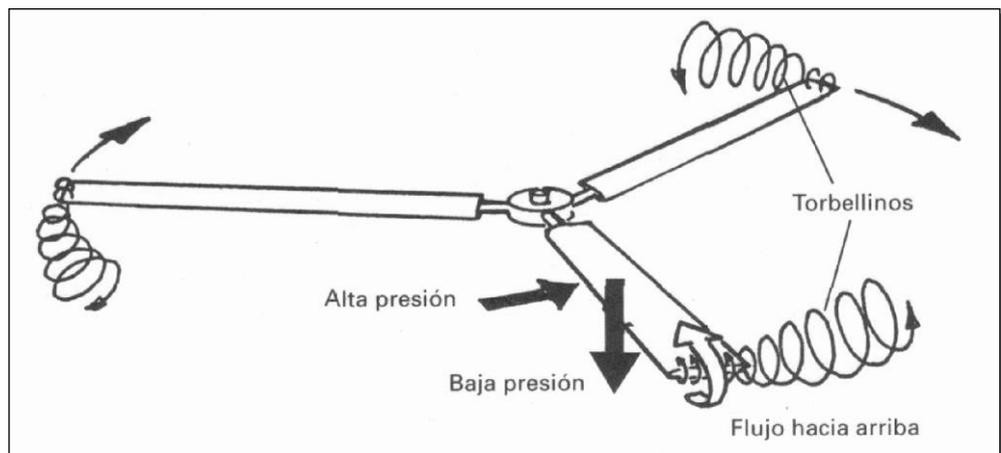


Fig. 1.9. Resistencia Inducida.

1.3.3. Resistencia Total.

La resistencia total del helicóptero a la cual hacen énfasis los diseñadores esta compuesta por la resistencia de fricción y la resistencia inducida, las cuales se deben tomar en cuenta en la construcción de estas aeronaves. (Ver figura 1.10.).

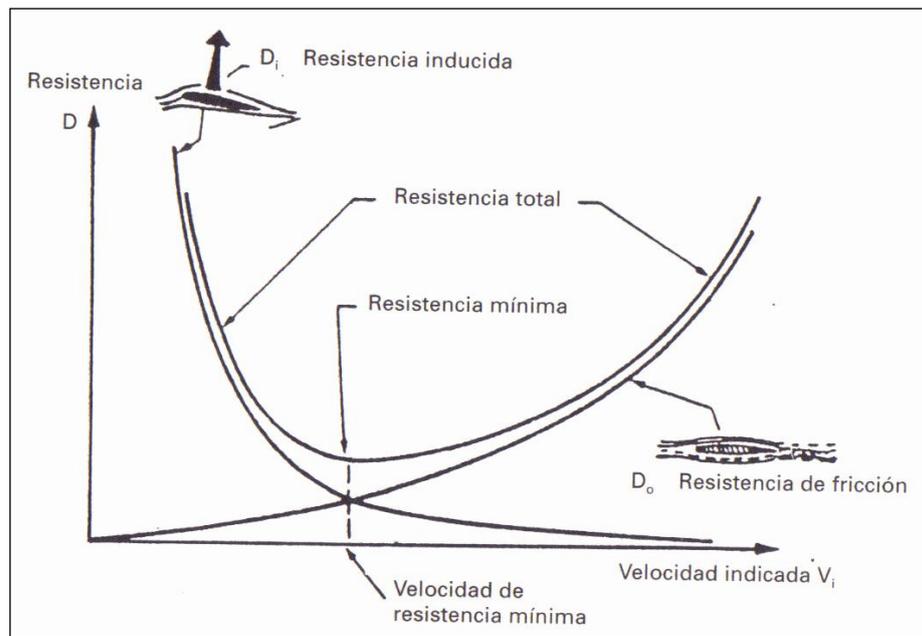


Fig. 1.10. Resistencia Total.

En el gráfico vemos que cuando aumenta la velocidad, la resistencia inducida disminuye y la resistencia de fricción aumenta. Cuando la resistencia inducida y la resistencia de fricción son aproximadamente iguales se obtendrá una resistencia mínima al avance. La resistencia será mayor también en vuelo estacionario.

1.4. Arquitectura del Helicóptero

Los componentes básicos de los cuales esta compuesto un helicóptero son lo siguientes: (ver figura 1.11.).

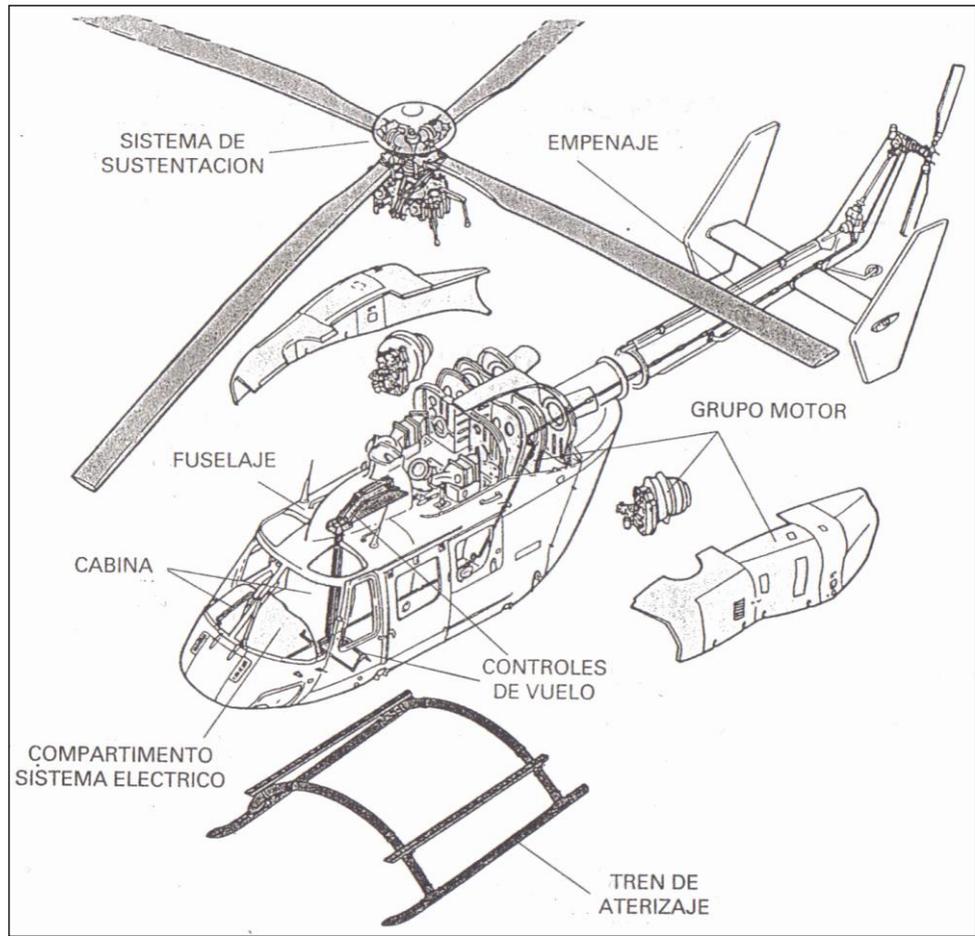


Fig. 1.11. El helicóptero.

- Sistema de Sustentación
- Fuselaje
- Cabina
- Compartimiento del Sistema Eléctrico
- Grupo Motor (monomotor, bimotores, etc.)
- Empenaje
- Controles de Vuelo
- Tren de Aterrizaje (de ruedas, de flotadores, de skis).

Pueden existir diferencias entre helicópteros, esto dependiendo de modelo que sea, pero sus componentes principales son los mencionados anteriormente.

1.4.1. Fuselaje

El fuselaje en el helicóptero constituye toda la estructura principal de la aeronave, pues a esta se unen todos los otros componentes del helicóptero, además en él está la cabina de pilotaje y de pasajeros, el piso y el compartimiento de carga, el exterior está revestido con una superficie metálica de aleación de aluminio o revestido de materiales compuestos sea el caso de construcción de la aeronave.

1.4.2. Sistema sustentador

El sistema sustentador por el movimiento de las palas a través del aire produce sustentación suficiente para compensar el peso y la resistencia del aparato. La forma del rotor del helicóptero es similar a las alas de los aviones proporcionando sustentación por el mismo principio. Los helicópteros pueden volar en cualquier dirección e incluso detenerse en el aire, debido al modo en que están montados los rotores. Al variar el ángulo de ataque el helicóptero sube o baja, también se puede ajustar el plano de revolución del rotor para conseguir empuje en cualquier dirección. Los mecanismos que componen el sistema sustentador son:

- Cabeza del rotor
- Palas del rotor
- Caja de transmisión
- Sistema de freno del rotor.

1.4.3. Empenaje o Grupo de Cola

La función del rotor de cola es la de desarrollar la fuerza de control para realizar el vuelo direccional del helicóptero, además de contrarrestar las fuerzas de par de torsión

generadas por el giro del rotor principal. Los componentes des este sistema son:

- Colín
- Transmisión del rotor de cola.
- Rotor de cola.

1.4.4. Sistema de Control de Vuelo

El sistema de control de vuelo esta compuesto por:

- Sistema de control colectivo.- Mantiene la altitud del vuelo.
- Sistema de control cíclico.- Mantiene la actitud, rumbo, y velocidad del aparato.
- Sistema de control del rotor de cola.- Contrarresta el par. Este rotor produce un empuje en sentido contrario al torque generado por el rotor principal, compensando el torque.
- Servo actuadores.- Proporciona la fuerza necesaria para accionar los controles.

1.4.5. Tren de Aterrizaje

El tren de aterrizaje de los helicópteros en comparación con el de los aviones es simple, pues el tren de aterrizaje de un avión suele ser uno de los mecanismos más complicados al incluir el amortiguador principal, un amortiguador hidráulico para absorber el impacto del aterrizaje. Del helicóptero simplemente va sujeto a los largueros del ala o del fuselaje.

Hay varios tipos de trenes de aterrizaje:

- Esquí, de tubos cruzados.
- Ruedas.
- Flotadores
- Fijos o retráctiles.

1.4.6. Grupo Motor.

Es necesario para accionar el rotor del helicóptero. En este grupo hay que incluir los sistemas asociados del motor, tales como las unidades de control de combustible, alimentación, lubricación, etc. Los motores que se emplean en los helicópteros son de dos tipos: el motor alternativo (motor convencional o motor de émbolo) y el motor de turbina. El motor alternativo se emplea en máquinas de potencia reducida.

Se puede afirmar que la mayor parte de los helicópteros están propulsados con motores de turbina, pero tanto en un tipo de motor como en el otro su función es la misma: Suministrar la potencia necesaria para accionar las palas del helicóptero, vía la unidad de transmisión.

1.5. Generalidades del Helicóptero Bell 206

El 206B-3 es un helicóptero de un motor, de cinco plazas, tipo utilitario. El peso vacío promedio es 1,604 libras, y el peso bruto interno máximo es 3,200 libras.

Los componentes básicos de los que cuenta un helicóptero, son los detallados a continuación (Ver figura 1.12.a – b)

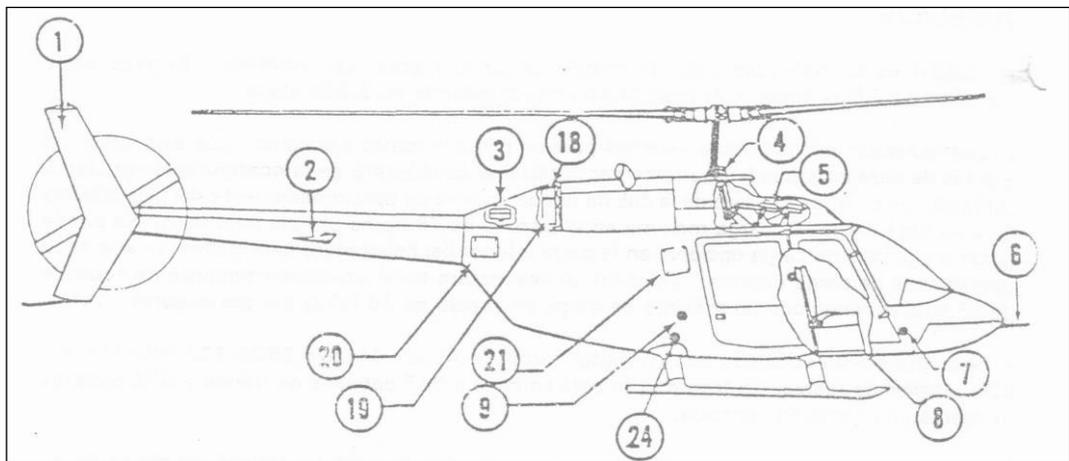


Fig. 1.12.a. Componentes del Helicóptero Bell 206.

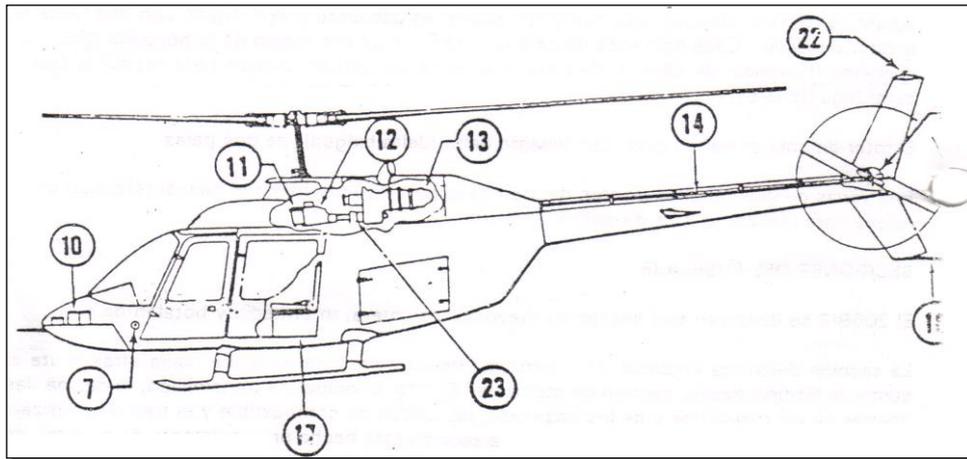


Fig. 1.12.b. Componentes del Helicóptero Bell 206.

- | | |
|--|--|
| 1. Estabilizador vertical. | 14. Eje impulsor del rotor de cola. |
| 2. Estabilizador horizontal. | 15. Caja de engranajes del rotor de cola. |
| 3. Depósito de aceite del motor. | 16. Patín de cola. |
| 4. Eslabón impulsor del plato universal. | 17. Estación de pasajeros. |
| 5. Actuadores servo cíclico y colectivo. | 18. Enfriador de aceite del motor. |
| 6. Tubo pitot. | 19. Ventilador del radiador de aceite. |
| 7. Puerto estático. | 20. Acceso a la unión del botalón de cola. |
| 8. Estación del piloto. | 21. Acceso a la válvula de cierre de combustible. |
| 9. Toma de combustible. | 22. Luz anticolisión (beacon). |
| 10. Batería. | 23. Unidad de rueda libre. |
| 11. Depósito y bomba hidráulica. | 24. Interruptor del drenaje del sumidero de combustible. |
| 12. Transmisión. | |
| 13. Motor. | |

1.5.1. Servicios.

La configuración estándar tiene asientos para un piloto y cuatro pasajeros. Los asientos y las puertas de pasajeros pueden quitarse para utilizar el helicóptero en la configuración utilitaria. Quitando los asientos del área de la cabina queda un área de aproximadamente 40 pies cúbicos de área para carga. La carga máxima en el piso es de 75 libras por pie cuadrado.

Se puede poner un gancho de carga opcional en la parte inferior del helicóptero para poder llevar a cabo operaciones de carga externa. También, el helicóptero tiene un compartimiento de equipaje de 16 pies cúbicos, con un máximo de carga en el piso de 86 libras por pie cuadrado.

1.5.2. Fuselaje

El 206B-3 se divide en tres secciones mayores: delantera, intermedia y botalón da cola. (Ver figura 1.13.)

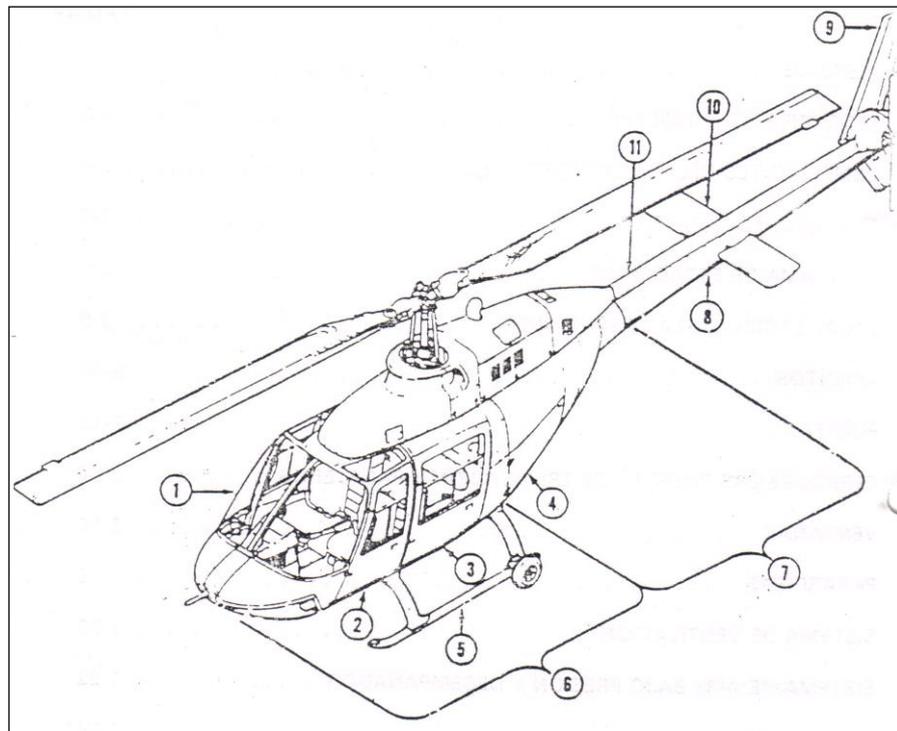


Fig. 1.13. Fuselaje del Helicóptero Bell 206.

1. Parabrisas.
2. Puertas de la tripulación.
3. Puertas de pasajeros.
4. Compartimiento de equipaje.
5. Tren de aterrizaje.
6. Sección delantera.
7. Sección intermedia.
8. Botalón de cola.
9. Estabilizador vertical.
10. Estabilizador horizontal.
11. Alojamiento del eje impulsor del rotor de cola.

La sección delantera empieza en la nariz del helicóptero y se extiende hacia atrás hasta el punto de fijación trasero del tren de aterrizaje. El rotor principal, la transmisión, la cabina, las puertas de los tripulantes y de los pasajeros, las celdas de combustible y el tren de aterrizaje se encuentran en la sección delantera. Esta sección está hecha principalmente de aluminio de panal de abeja.

La sección intermedia incluye el motor, el compartimiento del equipo eléctrico, el compartimiento de equipaje y el enfriador de aceite. Es una construcción de semi-monocasco y las pieles de aluminio son de diferentes grosores para adaptarse a las diferentes cargas dinámicas.

La sección de cola es una estructura de monocasco en donde se encuentran montados los ejes impulsores del rotor de cola, el estabilizador horizontal, el estabilizador vertical, la caja de engranajes del rotor de cola y el rotor de cola.

1.5.3. Sistema Rotativo o Sustentador.

El conjunto del rotor principal es un rotor semi – rígido de dos palas tipo columpio con un montante de péndulo, la propiedad de semi – rígido le provee al rotor estabilidad y rapidez con bajas cargas de los controles de vuelo, las palas están montados entre el conjunto de los grips y orquillas con pernos los cuales son huecos y en su interior se instalan pesos de plomo para el balanceo longitudinal del rotor. El grip

esta retenido al yugo por medio de dos barras de tensión torsión, para recibir la fuerza centrífuga de la pala. Los cambios de ángulo de paso de las palas son realizadas cuando los grips giran sobre el yugo, cada grip tiene dos cojinetes.

Las palas del rotor es de construcción metálica con núcleo de panal de abeja revestido de aluminio y un bloque de aluminio en el borde de ataque. Cada pala tiene un dobles de 5° teniendo su mayor dobles en la raíz que en la punta de la pala, esto le permite mayor sustentación a lo lardo de la pala. El rotor principal trabaja con dos controles de vuelo, el colectivo y el cíclico. (Ver figura 1.14.)

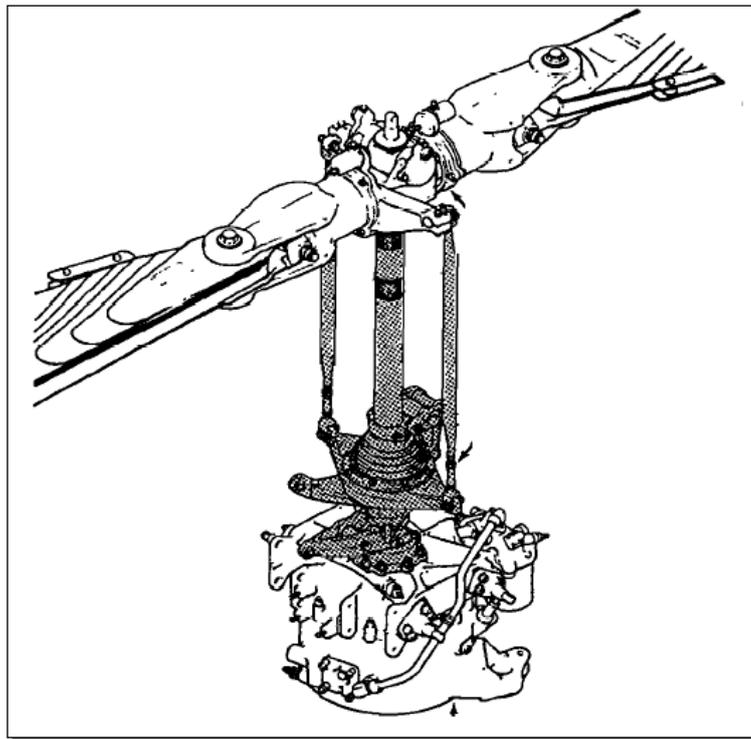


Fig. 1.14. Sistema Sustentador.

El mástil y el rotor principal tiene una rotación de 394 RPM después de que a la transmisión, impulsado por la turbina, ingrese 6016 RPM, es decir una reducción total de 15.23 a 1, limitada a 317 caballos de fuerza y 270 caballos de fuerza en operación continua.

1.5.4. Empenaje, o grupo de cola.

El rotor de cola del helicóptero Bell 206 es semi-rígido, con bisagra delta, de dos palas. (Ver Figura 1.15.)

Aquí se encuentran montados los ejes impulsores del rotor de cola, el estabilizador horizontal, el estabilizador vertical, la caja de engranajes del rotor de cola y el rotor de cola.



Fig. 1.15. Rotor de Cola.

1.5.5. Tren de Aterrizaje.

Dependiendo del campo de acción en la cual va a operar el helicóptero hay varias configuraciones de trenes para equipar al helicóptero, el más común que utiliza es del tipo esquís o tubos cruzados. (Ver figura 1.16.)



Fig. 1.16. Tren de Aterrizaje del Helicóptero.

1.5.6. Grupo Motor.

El helicóptero está equipado con un motor turbo eje o turbo shop Allison Modelo 250C-20R, compuesto internamente de un compresor axial centrífugo, una cámara de combustión del tipo "CAN", un conjunto de turbinas que a la vez están subdivididas en turbina productor de gases (N1) y turbinas productoras de potencia (N2), una caja de engranajes y accesorios dentro de la cual incorpora un tren de engranajes de N1 y un tren de engranajes de N2. El peso del motor es de 169 lb., una potencia de salida de 450 caballos de fuerza al 100% de N2. Las velocidades son: N1 al 100% gira a 50970 RPM, N2 al 100% gira a 33290 RPM, salida al eje 6016 RPM. La temperatura máxima al arranque es de 927°C por un segundo y a velocidad de crucero a 90 % de potencia es de 718°C.

1.5.7. Sistema de controles de vuelo.

El sistema de controles de vuelo son los componentes o partes que controlan el vuelo del helicóptero permitiéndole todo tipo de movimiento cuando este se encuentra en operación. (Ver figura 1.17.).



Fig. 1.17. Controles de Vuelo.

El sistema de controles de vuelo consta de tubos de control de aleación de aluminio y palancas angulares accionados por los sistemas de controles convencionales que son los siguientes:

- Sistema de control del rotor de cola.
- Sistema de control del cíclico
- Sistema de control del colectivo.

Estos controles están instalados debajo de los asientos del piloto, detrás del centro del helicóptero y arriba del techo de la cabina a través de la columna de control que también sirve como estructura principal de la cabina.

Los controles cíclico y colectivo están dirigidos hacia las palas del rotor principal a través del plato universal o swashplate.

Los controles direccionales están dirigidos hacia el rotor de cola a través del botalón de cola.

El largo de algunos tubos de control es fijado por adaptadores fijos mientras que otros son regulables, los tubos de controles fijos y ajustables simplifican el **reglaje**.

El helicóptero tiene un movimiento en 6 direcciones es decir se desplaza en todo sentido por medio de un dispositivo que es el **plato universal** y sobre el eje vertical tiene un movimiento de 360° en cualquier dirección.

1.5.7.1. Sistema de Control del Rotor de Cola.

Este rotor produce un empuje en sentido contrario al torque generado por el rotor principal, compensando el torque.

Los movimientos de los pedales causan el correspondiente cambio de paso en las palas del rotor de cola.

El rotor de cola también es usado para controlar la dirección del helicóptero en vuelo, además de realizar los cambios en vuelo estacionario. (Ver figura 1.18.)

Este es uno de los controles básicos que el piloto debe realizar, compensando en todo momento los cambios de potencia en todas las fases del vuelo.

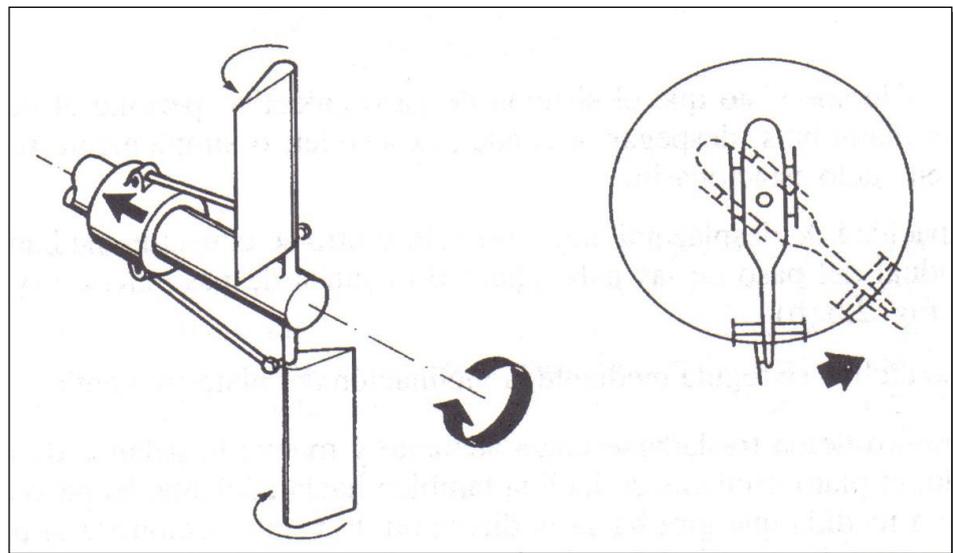


Fig.1.18. Control de dirección del helicóptero.

Este sistema no es accionado hidráulicamente, la fuerza de los pedales se balancean con la instalación de arandelas de contrapesos en las cuerdas de cambio de paso.

Los controles del rotor de cola incluyen al pedal de control, ajustador del pedal, tubos de control, palancas angulares y un mecanismo de cambio de paso montado a través del eje de la caja de engranajes del rotor de cola. (Ver figura 1.19.)

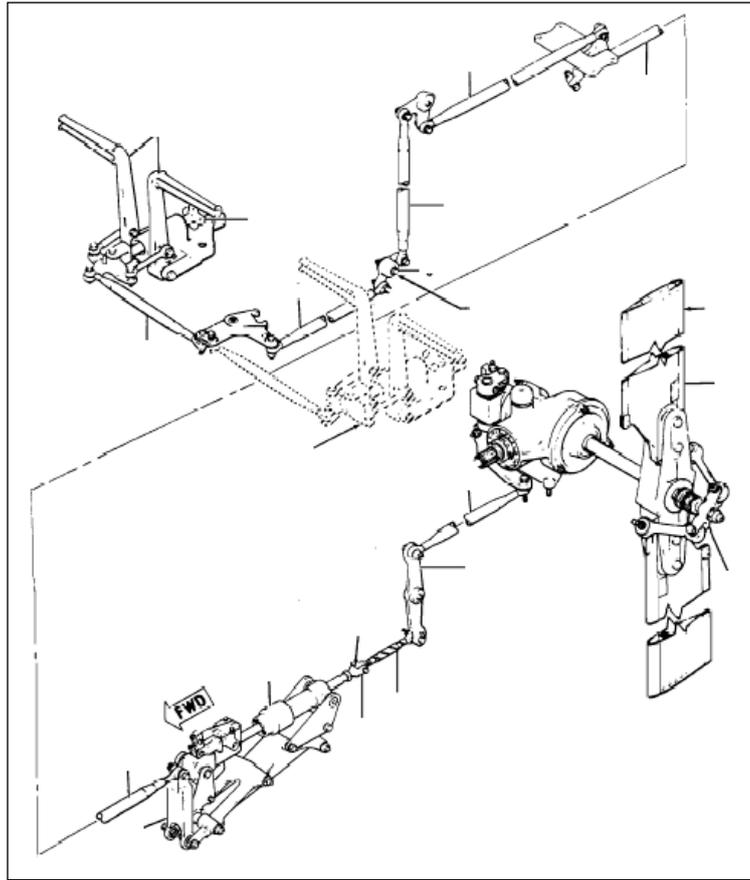


Fig. 1.19. Sistema de control del rotor de cola.

1.5.7.1.1. Reglaje del Rotor de Cola.

Este sistema tiene dos varillas regulables en la parte superior más un eslabón regulable. El reglaje evitará que no exista vibración para que el sistema se encuentre dentro de límites aceptables de operación el cual no afectará a la aeronave en vuelo. El reglaje de este sistema se realizará cuando el pedal izquierdo este todo hacia delante y chequeamos la distancia correctas del belcrans y las varillas para el correcto desempeño del rotor de cola, nivelamos las palas horizontalmente, procediendo a medir el ángulo de las palas. Conectado todo el sistema nuevamente verificamos el ángulo de las palas.

1.5.7.2. Sistema de Control del Colectivo

Este sistema controla el movimiento vertical del helicóptero, esto se obtiene mediante la variación del ángulo de incidencia de las palas del rotor lo que se realiza al subir y bajar las varillas "A", de forma conjunta e idéntica, o COLECTIVAMENTE, lo cual significa variar inmediatamente el impulso de ascenso en el rotor y, con ello tener un control directo del movimiento vertical, es decir el sistema de paso colectivo permite al helicóptero despegar, ascender, descender o permanecer en el aire en vuelo estacionario. (Ver figura 1.20.)

Incluso los movimientos verticales de pocos centímetros se pueden controlar con exactitud y, por ejemplo con un tiempo muy variable, los movimientos verticales repentinos se pueden corregir de manera instantánea y directa.

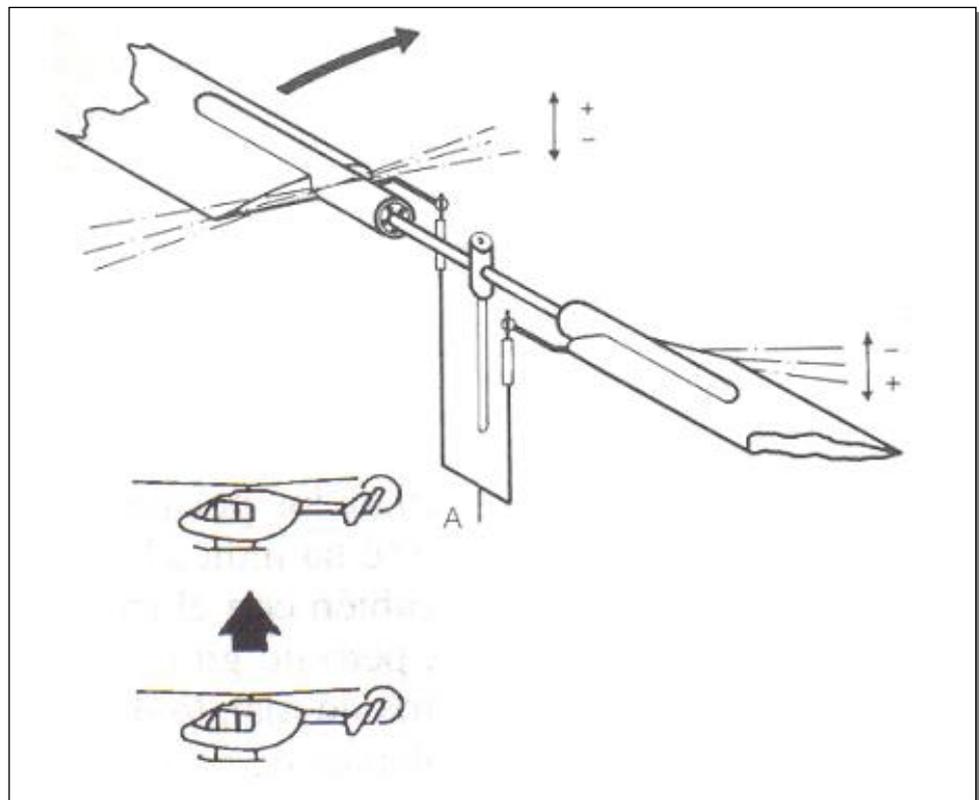


Fig. 1.20. Paso colectivo del rotor principal.

El control de paso colectivo del helicóptero Bell 206 consiste de un eje colectivo, eje intermedio, tubos de control, palancas angulares y actuador servo hidráulico. El movimiento del bastón del colectivo es en dos direcciones, hacia arriba o hacia abajo, estos se transmiten a través de las varillas y del actuador servo hacia la palanca colectiva del plato universal. El control de paso del colectivo es transmitido hacia el control del rotor principal por medio de movimientos verticales del plato universal. La varilla de control del plato colectivo es regulable en su parte superior, a la leva mezcladora del colectivo se juntan todos los movimientos que transmiten al plato universal. (Ver figura 1.21.)

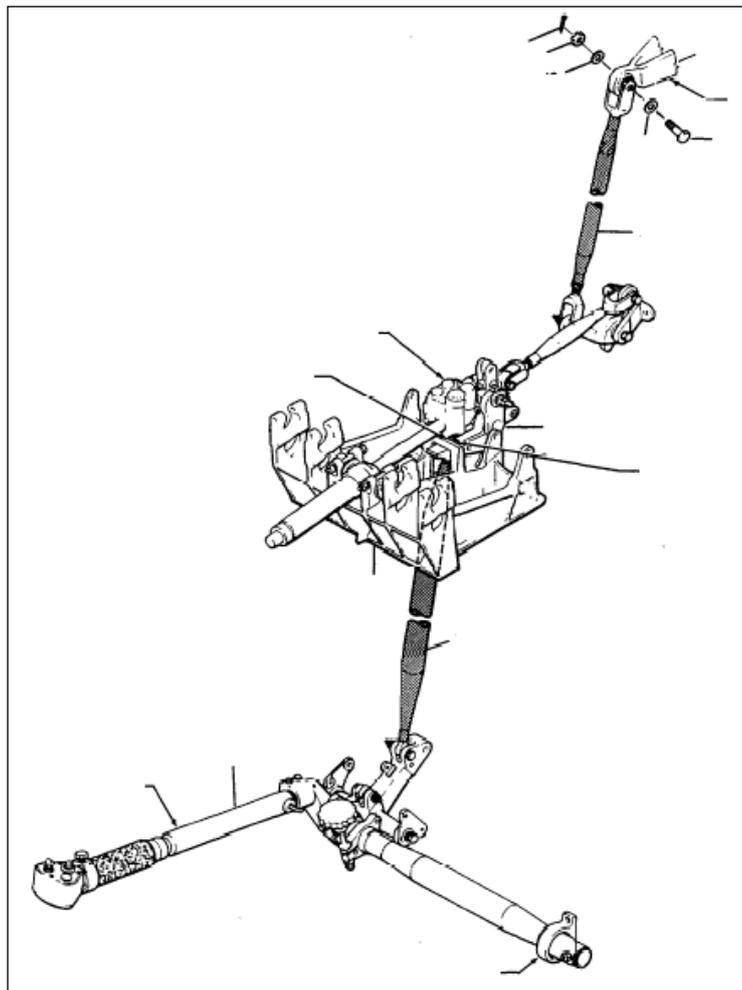


Fig. 1.21. Sistema de control del colectivo.

1.5.7.2.1. Reglaje del Control Colectivo

El reglaje evitará que no exista vibración cuando el sistema se encuentre en operación, para que el sistema funcione correctamente en límites aceptable de operación. La fricción mínima que este soporta se revisa cada 100 horas para lo cual se desconectara el sistema de varillaje del colectivo, fijamos los controles con un perno para proceder al riggin o reglaje colocando una balanza en la parte del bastón colectivo cuando este todo abajo, se observa que la palanca del swashplate tenga una distancia adecuada, de no ser así procedemos a regular la varilla que llega al servo, en el swashplate lo ponemos a paso mínimo y el servo chequeamos que la leva este todo hacia atrás, de no ser así regulamos la varilla que esta conectada al swashplate.

1.5.7.3. Sistema de Control Cíclico

El desplazamiento a distintas direcciones del helicóptero se consigue mediante el control de paso cíclico que no es mas que el control individual del paso de las palas.

El movimiento del plato sea cual sea se reproduce en el plano de las palas que es lo que necesitamos para que el helicóptero se mueva en la dirección deseada. Para ello las palas del rotor se fijan a la cabeza de modo que sea posible modificar el ángulo de incidencia con independencia de la cabeza del rotor.

El paso cíclico se regula mediante la inclinación del plato oscilante. (Ver figura 1.22).

Para trasladar el helicóptero hacia adelante, se mueve la palanca de mando en ese sentido, el plato oscilante se inclina también hacia adelante. El paso de la pala disminuye a medida que gira hacia la dirección de vuelo, accionada la pala por la varilla correspondiente. El ángulo de paso disminuye la fuerza de sustentación que produce esa pala. El resultado es que la pala adopta una trayectoria descendente, al contrario de la pala que está en posición opuesta. Lo que se obtiene es que el rotor se inclina hacia adelante un cierto ángulo, produciendo una fuerza horizontal de empuje del helicóptero. Es decir que junto a la fuerza de sustentación aparece una fuerza de componente hacia adelante que permite el desplazamiento del helicóptero.

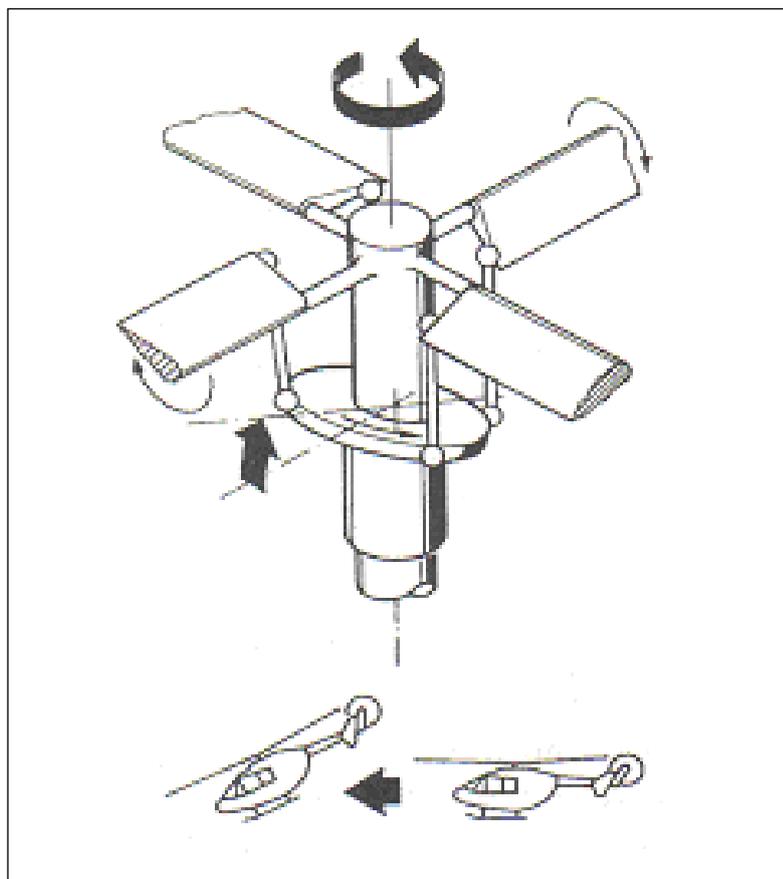


Fig. 1.22. Paso cíclico del rotor principal.

El control cíclico consiste de un bastón, un tubo de torque, un yugo, actuadores servo hidráulico, tubos de control y palancas angulares. El movimiento del bastón se transmite a través de un varillaje y de los actuadores servo hidráulico hacia el plato universal en donde los controles giratorios del rotor principal se activan. Los topes del control del cíclico se encuentran en la base del bastón, tiene un rodamiento retenido en la leva por el poste, en la parte inferior tiene un orificio donde se instala el perno el que ayuda a centrar el control cíclico que al hacer contacto con la manga de tope traba los controles. (Ver figura 1.23.).

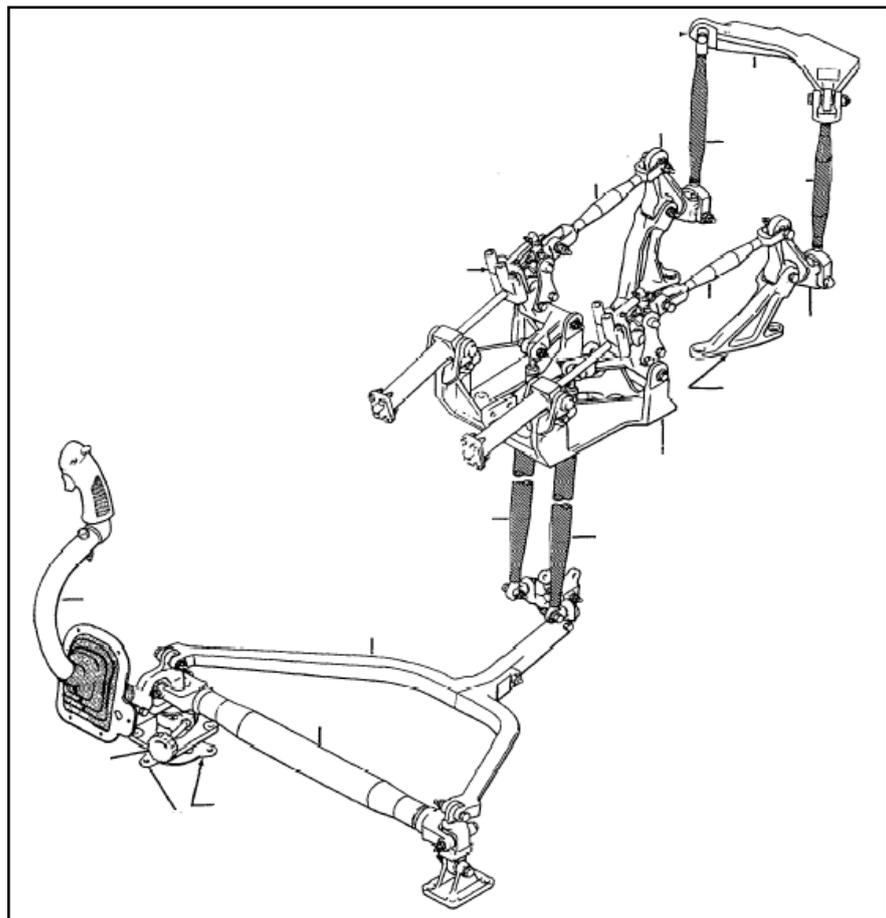


Fig. 1.23. Sistema de control del cíclico

1.5.7.3.1. Reglaje del Control Cíclico.

La fricción mínima que puede soportar el control del cíclico se revisa en el helicóptero cada 100 horas, mantenimiento y comprobación el cual evitará que no exista vibración cuando el sistema se encuentre en operación. Para la revisión del control del cíclico, colocamos el bastón del colectivo todo abajo y procedemos a desconectar las varillas del sistema del cíclico, colocamos el plato en neutro el que nos dará una distancia adecuada desde la base de la transmisión hasta el plato, de no ser así procedemos a regular las varillas y observar que el control cíclico se mantenga centrado. El movimiento del control cíclico hacia delante o hacia atrás hace que los servos se muevan en el mismo sentido y dirección, mientras que cuando este gira hacia los lados, los servos se mueven de manera inversa.

1.5.7.4. El Mezclador Universal

Los movimientos que se realizan con los bastones, para controlar el paso del colectivo o del cíclico, llegan al mezclador universal el cual transmite dichos movimientos a determinado sistema para que este realice la función determinada en vuelo. (Ver figura 1.24.)



Fig. 1.24. El Mezclador universal.

1.5.7.5. Actuadores Servo Cíclico y Servo Colectivo.

Los actuadores servo hidráulicos se incorporan para reducir el esfuerzo requerido para el control y para reducir las fuerzas de retroceso del rotor principal a través de válvulas de secuencia y de retención incorporados que los hacen irreversibles y evitan el retroceso de los mismos. (Ver figura 1.25.)



Fig. 1.25. Soporte de los Actuadores Servos.

1.5.7.6. Plato Mezclador

La función del conjunto del swashplate o plato mezclador y el soporte es el de convertir los mandos recibidos de los controles no giratorios en controles giratorios. El conjunto del plato mezclador toma directamente al mástil en la parte superior de la transmisión.

El control de paso del colectivo es transmitido hacia el control del rotor principal por medio de movimientos verticales del plato universal.

El control de paso del cíclico es transmitido hacia el plato universal en donde los controles giratorios del rotor principal se activan. (Ver figura 1.26.)



Fig. 1.26. El Plato Mezclador.

1.5.8. Movimientos de los Controles de Vuelo.

El movimiento de los controles de vuelo para realizar ciertos movimientos o maniobras en vuelo será de la siguiente manera:

- **Cambios de crucero:** Para realizar esta maniobra tenemos que tirar de la palanca del cíclico si queremos reducir, o soltar si queremos aumentar nuestra velocidad de crucero. Compensamos la altitud con el colectivo y el consecuente par con los pedales.

- **Cambios de rumbo:** Para cambios de rumbo normalmente solo nos tendremos que inclinar como en un avión utilizando el cíclico. Si vamos a realizar un viraje pronunciado también podemos utilizar los pedales.

- **Variaciones de altitud:** Para esta maniobra realizaremos los mismos pasos que en el ascenso: Aumentaremos el colectivo, compensando el par con los pedales y la actitud y velocidad con el cíclico.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. Identificación de Alternativas.

Para la realización de este proyecto se ha tomado en consideración dos alternativas que se mencionan mas adelante, las cuales ofrecen las facilidades y comodidades al momento de la construcción. Cabe mencionar que se ha tomado en cuenta también criterios que son muy importantes para su desarrollo, estos son:

- Técnicos
- Pedagógicos, y
- Económicos.

Además de factores tales, como son:

- Factor Estructural
- Factor automatización
- Factor seguridad.

Cabe apuntar también referencias que antes, durante y después de realizar la estructura nos darán mejores resultados en el manejo del mismo, como son:

- Confiabilidad de la estructura
- Disponibilidad de los materiales
- Facilidad de construcción
- Reparabilidad en caso de averías, y
- Costo, relativamente bajo.

Cada uno de los criterios, factores y referencias anteriormente mencionados son muy importantes en el desarrollo de este

proyecto, para escoger la alternativa que brinde a la estructura eficacia y seguridad durante su desarrollo y la operación de la misma.

2.2. Planteamiento de Alternativas.

De acuerdo a lo propuesto anteriormente se han planteado las siguientes alternativas:

- Realizar la construcción de la estructura a base de madera, con un revestimiento de triplex donde sea necesario utilizarla, y los controles de vuelo de operación mecánica.
- Realizar la construcción de la estructura a base de hierro estructural, con revestimiento de triplex y/o lámina de tool, donde sea necesario utilizarla, y los controles de vuelo de operación mecánica.

2.3. Descripción de Alternativas.

Para la realización de este proyecto se describirá las siguientes alternativas.

2.3.1. Primera Alternativa

La primera alternativa que mencionamos para construir la estructura es la de realizarla a base del empleo de madera, con un revestimiento de triplex donde sea necesariamente necesario utilizarlo pues el proyecto en sí, iría casi en su totalidad visto interiormente, posteriormente colocando los controles de vuelo del helicóptero de una manera que su empleo sea de movimiento y operación mecánica. La construcción de la estructura con este material se ha tomado en cuenta de acuerdo a elementos que a continuación se menciona:

- Construir la estructura con un material que brinde rigidez, seguridad y facilidad de trabajo, como en este caso nos ofrecería el empleo de madera.
- Colocar el revestimiento en los lugares donde sea absolutamente necesario, sería de acuerdo a la facilidad que nos brinda el material al momento de su colocación en la estructura.
- Los controles de vuelo del helicóptero operarían con varillas y otros materiales el cual brindaría a su empleo un uso absolutamente mecánico.
- Al momento de realizar la estructura, las facilidades de construcción que nos presenta la primera alternativa en donde se hace uso de la madera, indica que el empleo de la misma es bastante eficiente, como material estructural, así como para cubrir ciertas partes de la estructura, a su vez también nos brinda la facilidad para la colocación de los controles de vuelo sobre la estructura.

2.3.2. Segunda Alternativa

La segunda alternativa que mencionamos para construir la estructura es la de realizarla con hierro estructural, posteriormente revistiéndola con triplex y/o lámina de tool de acuerdo a la facilidad de colocación que nos brinda estos materiales en ciertos lugares de la estructura donde sea necesario cubrirla pues el proyecto como se menciona anteriormente iría casi en su totalidad visto, los controles de vuelo del helicóptero para su empleo en el movimiento y operación serían mecánicos por la facilidad que estos nos brinda.

El uso de este material para la construcción de la estructura se tomará en consideración los siguientes elementos:

- Construir la estructura con un material que brinda mayor rigidez y seguridad, sobre todo cuando podría existir sobre esfuerzos, para lo cual mayor fiabilidad nos ofrece el empleo de hierro estructural.
- Para el revestimiento el uso de láminas de triplex y/o tool en los lugares donde sea absolutamente necesario, sería de acuerdo a la facilidad que nos brinda cada material al momento de su colocación en la estructura.
- Los controles de vuelo del helicóptero operarían con varillas para la simulación de los movimientos de los controles de vuelo, los cuales brindaría la facilidad necesaria al utilizarlos de forma mecánica.

Para construir la estructura, la eficacia que nos presenta la segunda alternativa, donde se hace uso de hierro estructural, indica que el empleo de la misma es más eficiente como material estructural, donde se tendrá la posibilidad de observar en forma visual los cambios de movimiento que presenta el helicóptero sobre sus ejes.

2.4. Criterios para la Selección de Alternativas.

Para la construcción de la estructura citamos ciertos criterios y factores para una correcta selección de la alternativa a seguir, pues será la más viable en cuanto concierne a la terminación del proyecto, criterios que citamos a continuación:

- Facilidad de trabajo.
- Materiales que estén a nuestro alcance.
- Facilidad de manejo de los materiales.
- Seguridad en la Operación.
- Confiabilidad.
- Fácil de Reparar.
- Apoyo pedagógico amplio.

Criterios que al tomarlos en cuenta nos ayudarán a seleccionar la alternativa más ideal.

2.5. Análisis de las Alternativas.

2.5.1. Primera Alternativa

Realizar la construcción de la estructura a base de madera, con un revestimiento de triplex donde sea necesario utilizarla, y los controles de vuelo de operación mecánica.

VENTAJAS:

- Material fácil de trabajar.
- Peso relativamente menor.
- Material fácil de encontrar en el mercado.

DESVENTAJAS:

- Mayor mantenimiento al pasar del tiempo.
- Costo relativamente alto.
- Necesidad de herramientas especiales

2.5.2. Segunda Alternativa.

Realizar la construcción de la estructura a base de hierro estructural, con revestimiento de triplex y/o lámina de tool, donde sea necesario utilizarla, y los controles de vuelo de operación mecánica.

VENTAJAS:

- Material fácil de encontrar en el mercado.
- Mayor rigidez de la estructura.
- Su mantenimiento y operación es más sencilla.
- Soporta mayor sobre carga

- La demostración de los controles de vuelo es más real.
- Mayor tiempo de vida operativa, sin necesidad de mantenimiento continuo.
- El factor de seguridad es más elevado.

DESVENTAJAS:

- Equipo de trabajo es especial.
- Peso relativamente mayor.

2.6. Parámetros de Evaluación.

Para la selección de la mejor alternativa, se tomará en cuenta parámetros de evaluación que ayudan de manera más fácil a la selección de la misma, para lo cual se enuncian varios de estos, y se los evalúan con valores que serán dados de 0 a 10, que al final son sumados. El valor mas alto seleccionará la alternativa más ideal para el proyecto.

2.6.1. Factor Mecánico.

Tipo de Material.-	El material que se utiliza debe de reunir características necesarias de resistencia, rigidez y fácil de trabajar. Su valor de ponderación es 0,8.
Facilidad de obtención.-	Debe de ser fácil de encontrar en el mercado, además de un relativo costo. Su valor de ponderación es 0,9.

Seguridad del material.- Al terminar de construir la estructura con el material utilizado, debe darnos la seguridad suficiente de soporte de la misma. Su valor de ponderación es 0,9.

2.6.2. Factor Financiero

Costo de Material.- El material utilizado tendría que ser de un relativo bajo costo en el mercado. Su valor de ponderación es 0,8.

Costo Herramientas.- Las herramientas y materiales utilizados para trabajar en este material tiene que ser de bajo costo y fácil de encontrar. Su valor de ponderación es 0,6.

Costo mano de obra.- Durante la construcción de la estructura se necesitará de de mano de obra calificada, para lo cual deberá de aportar con un bajo costo del mismo. Su valor de ponderación es 0,7.

2.6.3. Factor Complementario

Proceso de Elaboración.- Durante del proceso de elaboración, el material debe darnos la facilidad necesaria de trabajo. Su valor de ponderación es 0,8.

Tiempo empleado.-

El tiempo empleado en la construcción debe facilitarnos para cumplir con el cronograma establecido. Su valor de ponderación es 0,8.

Mantenimiento de la estructura.-

En el transcurso del tiempo el mantenimiento de la estructura debe de ser económico y de bajo mantenimiento. Su valor de ponderación es 0,9.

Automatización.-

La estructura en su fase final debe cumplir con un requisito importante como es la facilidad de colocación de otros materiales. Su valor de ponderación es 0,8.

2.7. Matriz de Evaluación.

Tabla 2.1. Matriz de Evaluación.

Parámetros de Evaluación	F. Pond.	Alternativas	
	Xi	Primera	Segunda
<i>Factores Mecánicos</i>			
Tipo de Material.	0,8	0,6	0,7
Facilidad de obtención	0,9	0,6	0,7
Seguridad del material	0,9	0,7	0,8
<i>Factores Financieros</i>			
Costo de Material	0,8	0,6	0,5
Costo Herramientas	0,6	0,5	0,4
Costo mano de obra	0,7	0,4	0,6
<i>Factores Complementarios</i>			
Proceso de Elaboración	0,8	0,8	0,6
Tiempo empleado	0,8	0,7	0,8
Mantenimiento de la estructura	0,9	0,6	0,8
Automatización	0,8	0,5	0,7

2.8. Matriz de Decisión.

Tabla 2.2. Matriz de Decisión.

Parámetros de Evaluación	F. Pond. Xi	Alternativas	
		Primera	Segunda
		1º x Xi	2º x Xi
<i>Factores Mecánicos</i>			
Tipo de Material.	0,8	0,48	0,56
Facilidad de obtención	0,9	0,54	0,63
Seguridad del material	0,9	0,63	0,72
<i>Factores Financieros</i>			
Costo de Material	0,8	0,48	0,40
Costo Herramientas	0,6	0,18	0,24
Costo mano de obra	0,7	0,28	0,42
<i>Factores Complementarios</i>			
Proceso de Elaboración	0,8	0,64	0,48
Tiempo empleado	0,8	0,56	0,64
Mantenimiento de la estructura	0,9	0,54	0,72
Automatización	0,8	0,40	0,56
Total		4,73	5,37

2.9. Selección de la Mejor Alternativa

Una vez realizada un análisis y evaluación a cada una de las alternativas propuestas se ha llegado a la conclusión que la mejor alternativa para dicho proyecto es la segunda, la cual se menciona a continuación:

Realizar la construcción de la estructura a base de hierro estructural, con revestimiento de triplex y/o lámina de tool, donde sea necesario utilizarla, y los controles de vuelo de operación mecánica.

2.10. Determinación de requerimientos técnicos.

- La maqueta didáctica es de accionamientos manual por su construcción.
- La utilización de la maqueta requiere el uso de los manuales siguiendo correctamente sus procedimientos.
- El accionamiento es con 110 V C.A.
- El área mínima requerida para su operación es de 2x6.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

3.1. Diseño de la estructura.

El diseño de la estructura se realizará de manera tal que nos brinde las facilidades necesarias para poder colocar los controles de vuelo y demás accesorios que al momento se dispone para el proyecto, para lo cual para facilidad de la construcción se tomara en cuenta el diseño mismo del fuselaje del helicóptero (Ver Figura. 3.1.), para asumir una estructura casi similar a la misma.

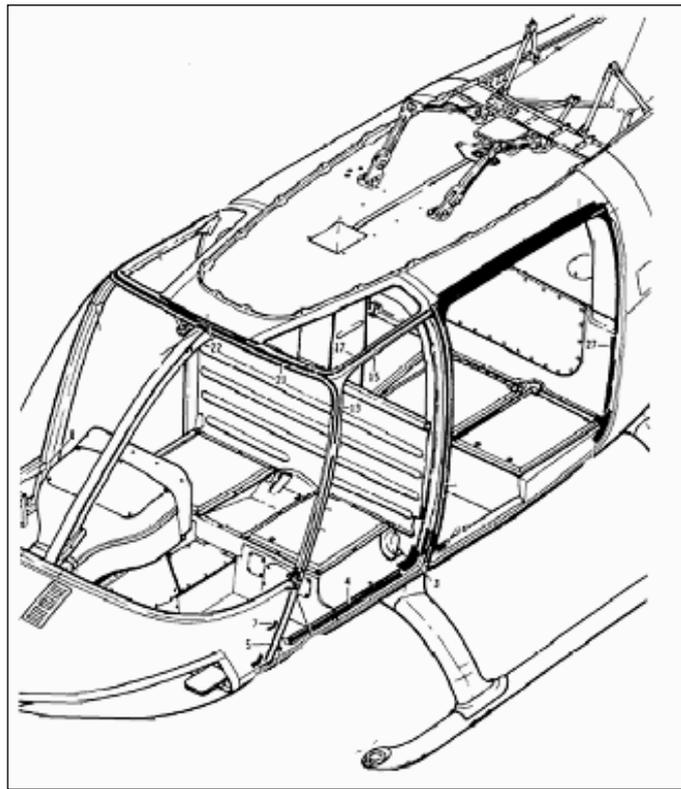


Fig. 3.1.- Estructura del fuselaje del helicóptero Bell 206.

Diseño con el que se somete a un orden de construcción.

3.2. Cálculo de la Estructura

En el capítulo anterior seleccionamos la mejor alternativa para este proyecto, el cual indicaba que para su mejor diseño de la estructura se lo construiría con perfiles de acero.

3.2.1. El Acero

El acero son aleaciones de hierro y carbono, en los cuales el porcentaje de carbono no excede de 1.76%, aunque en algunos aceros especiales superan dicho límite.

3.2.1.1. Acero ASTM A36

Los perfiles de acero que se utilizará en la construcción del proyecto es del tipo –acero suave- con la denominación de la ASTM como A36, el cual tiene ciertos elementos en su composición química, que se detallan a continuación (tabla 3.1.)

Tabla 3.1. Composición Química del acero A36

<i>Elemento</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Función que desempeña</i>
Cobalto	0.25	Mejora la dureza en caliente.
Manganeso	0.55	Aumenta la templabilidad. Actúa como desoxidante. Contrarresta la fragilidad en caliente
Silicio	0.22	Aumenta la resistencia del acero. Mejora la templabilidad. Actúa como elemento desoxidante.
Fósforo	0.40	Mejora la maquinabilidad Mejora la resistencia a la corrosión. Aumenta la resistencia y dureza.
Azufre	0.04	Resistencia al choque

Las propiedades de los aceros estructurales para soportar una determinada carga, se detallan a continuación en la tabla 3.2, valores con los cuales se realizarán los cálculos para determinar los perfiles que soportarán el peso total de la estructura.

Tabla 3.2. Propiedades del acero A36

Designación ASTM	Esfuerzo de fluencia lb/plg ²	Resistencia mínima a la tensión klb/plg ²
A36	36000	58 – 80
	Módulos	
	Elasticidad kg/cm ²	Desgarramiento kg/cm ²
	2.100.000	830.000
	Características	
	Carga de rotura kg/mm ²	Alargamiento %
	35 – 50	25 – 15

3.2.2. Tensiones

Para realizar los cálculos se observará las tensiones a las que están sometidos los perfiles:

3.2.2.1. Compresión.

Una barra está sujeta a compresión, cuando dos fuerzas F iguales, actúan sobre su eje de la sección A de la barra, en sentido contrario, para lo cual el valor se obtiene:

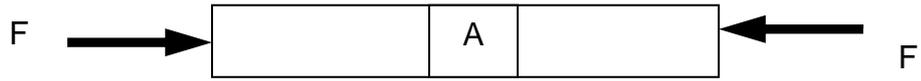


Fig.3.2. Barra sometida a Compresión.

$$\sigma = F/A \quad (3.1)$$

Donde:

σ .- Compresión máxima

F.- Magnitud de la fuerza

A.- Área de la barra

3.2.2.2. Flexión.

Una barra esta sujeta a flexión cuando una fuerza F, actúa perpendicular a su eje, por lo que tiende a doblarse, para el cálculo se tomara en cuenta los siguientes datos.

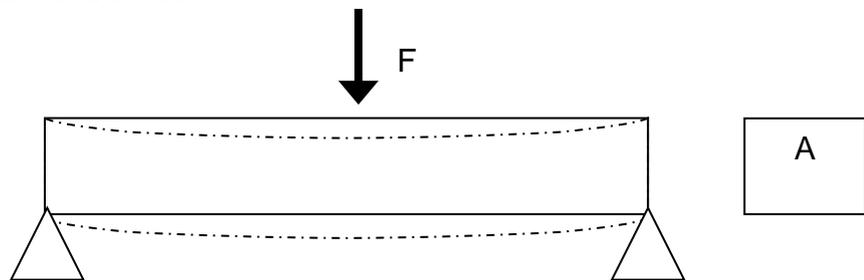


Fig.3.3.- Barra Sometida a Flexión.

$$\sigma_{\max} = \pm M/W \text{ (tracción y compresión)} \quad (3.2)$$

Donde:

σ_{\max} .- Flexión máxima

M.- Momento Flector

W.- Momento resistente de la barra

El momento flector M, se lo obtiene mediante la fórmula de momentos, en donde:

$$\Sigma M = 0 \quad (3.3)$$

(Sumatoria de momentos es igual a cero)

Donde:

$$M = F * d \quad (3.4)$$

M.- Momentos

F.- Fuerza que actúa sobre la barra.

d.- distancia donde actúa la fuerza.

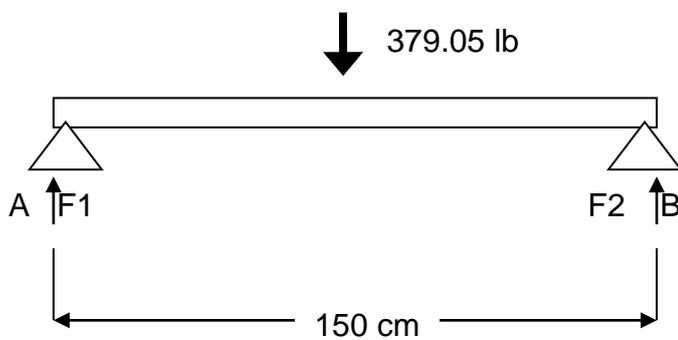
El momento resistente de la barra W, se obtiene mediante tablas, las cuales se mencionaran mas adelante, en el cálculo.

3.2.3. Cálculo

Peso total que soportará el perfil principal es el que se detalla en la tabla 3.3.,

Tabla 3.3. Pesos que soporta la estructura.

Descripción	Peso en lb.
Partes del rotor principal	240
Motor eléctrico	20
Servos	10
Dos personas sobre la estructura	300
Sumatoria de Pesos	570
Multiplicado por el coeficiente de Seguridad para una sobrecarga	570
	* 1.33
Peso Total	758.1
Peso que soportarán dos vigas	758.1
	÷ 2
Peso Total en cada viga	379.05 lb.



$$\Sigma M = 0$$

$$M = F * d$$

$$\Sigma M_A = F_1 * d_1 - W * 75\text{cm} + F_2 * 150\text{cm}$$

$$\Sigma M_A = 0 - 379.05\text{lb} * 75\text{cm} + F_2 * 150\text{cm}$$

$$F_2 = 189.525 \text{ lb} = F_1$$

$$\sigma_{\max} = \pm M/W$$

$$M = F * d$$

Transformación de unidades

$$d = 75\text{cm} \left| \frac{0.3937\text{plg}}{1\text{cm}} \right. = 29,528 \text{ plg}$$

$$M = 379.05 \text{ lb} * 29.528 \text{ plg}$$

$$M = 11192,588 \text{ lb plg}$$

W.- por facilidad de colocación del material se trabajará con un perfil de una cara mayor a 7 cm. Para lo cual en las tablas obtenemos las propiedades de una Correa G, el cual tiene los siguientes valores:

$$\text{Cara} = 8 \text{ cm} * 4 \text{ cm} * 1,5\text{cm}$$

$$\text{Espesor} = 3\text{mm}$$

$$W = 1,6171 \text{ plg}^3$$

Reemplazamos en:

$$\sigma_{\max} = \pm M/W$$

$$\sigma_{\max} = 11192,588 \text{ lb plg} / 1,6171 \text{ plg}^3$$

$$\sigma_{\max} = 6921,31 \text{ lb/plg}^2.$$

Esfuerzo de fluencia σ del Acero A 36 = 36000 lb/pulg²

$$\sigma_{\text{adA36}} = \frac{36000 \text{ lb/pulg}^2}{1,33}$$

1,33 = Coeficiente de ponderación

$$\sigma_{\text{ad}} = 27067,66 \text{ lb/pulg}^2$$

Se observa que:

σ_{\max} de la correa es \leq al σ_{ad} del Acero A36

$$6921.31 \text{ lb/plg}^2 \leq 27067,66 \text{ lb/plg}^2$$

Por ende el perfil mencionado puede soportar la carga a la cual será sometida.

El Peso de la correa de $80 * 40 * 15 * 3 \text{ mm} = 4,01 \text{ kg/m}$.

En los perfiles que se encuentran en posición horizontal y soportan cargas, tienden a ejercer una fuerza de pandeo.

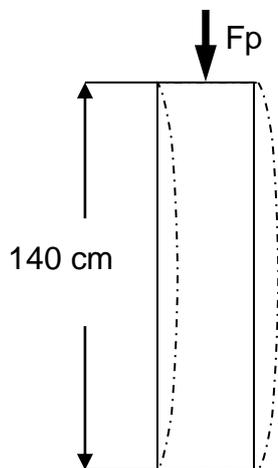


Fig.3.4.- Barra Sometida a Pandeo.

La fuerza de pandeo es la carga límite que puede soportar determinado perfil antes de que este tienda a su destrucción y esta dada por:

$$F_p = \frac{\pi * E * I}{l_p^2} \quad (3.5)$$

Donde:

F_p .- Fuerza de Pandeo

E .- Módulo de Elasticidad del material = 2.100000 kg/cm^2

I = Momento de Inercia de la Barra (Dado por tablas).

Lp.- Longitud de pandeo de la barra. Al ser una barra articulada con un extremo libre, $L_p = 2.L$, donde L es la longitud total de la barra.

Para esta parte de la construcción de la estructura se tomo las características siguientes de un perfil cuadrado:

Caras = $70 * 70$ mm

Espesor = 3mm

Peso = 6.24 kg/m

A, área = $7,94$ cm²

I, momento de inercia = 59 cm⁴

r, radio de giro = 2.73 cm

L, longitud de la barra = 140 cm

$L_p = 2*L = 2*140 = 280$ cm

$L_p^2 = 78400$ cm²

$$F_p = \frac{\pi * 2.100000 \text{ kg/cm}^2 * 59 \text{ cm}^4}{78400 \text{ cm}^2}$$

$$F_p = 4964,83 \text{ kg}$$

El peso que va a soporta esta barra es de:

Peso Total sobre la viga 379,05 lb

Peso de correa G en 1,50 m 13,24501 lb

Peso Total 392,29 lb

Carga Máxima Admisible

La carga máxima admisible que puede soportar el perfil tiene que ser mayor o igual a la carga real que esta sobre el perfil, las mismas que están dadas por las siguientes formulas:

$$\sigma = \frac{F * \omega}{A} \quad (3.6)$$

Donde:

σ = Carga real sobre el perfil.

F = Fuerza aplicada sobre el perfil.

A = Área

ω = coeficiente de pandeo del perfil, la cual depende de la esbeltez mecánica λ y del tipo de acero del que esta elaborado el perfil, para lo cual se realiza por tablas ya dadas.

$$\lambda = \frac{Lp}{i} \quad (3.7)$$

$$\lambda = 280\text{cm} / 2,73 \text{ cm} = 102,56 \approx 103$$

Nota.- se recomienda que λ sea ≤ 200

$\omega = 2,09$ (dado por tablas)

$$\sigma = \frac{392,29 \text{ lb} \times 2,09}{7,94\text{cm}^2}$$

$$\sigma = 103,26 \text{ lb/cm}^2 = 46,94 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ad} = \frac{\text{Esfuerzo de fluencia del material}}{\text{Coeficiente de ponderación}} \quad (3.8)$$

Donde:

σ_{ad} = Carga máxima admisible

Esfuerzo de fluencia del material = 2536,37 kg/cm²

Coefficiente de ponderación = 1,33

$$\sigma_{ad} = \frac{2536,37 \text{ Kg/cm}^2}{1,33}$$

$$\sigma_{ad} = 1907,04 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma \leq \sigma_{ad}$$

$$46,94 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1907,04 \text{ Kg/cm}^2$$

Fuerza Máxima Admisible

La fuerza máxima admisible que soporta el perfil es dado por la siguiente formula:

$$F_{max} = \frac{\sigma_{ad} \times A}{\omega} \quad (3.9)$$

$$F_{max} = \frac{1907,04 \text{ Kg/cm}^2 \times 7,94 \text{ cm}^2}{2,09}$$

$$F_{max} = 7244,927 \text{ Kg}$$

Nota.- en el cálculo, la barra inclinada esta sometida a 31,93 lb/plg², que es menor al momento admisible a flexión del perfil.

3.2.4. Diseño de Armadura

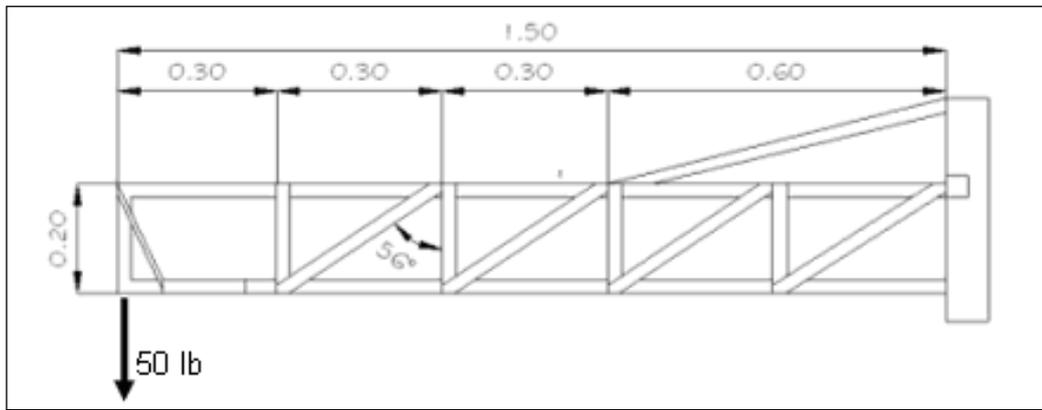


Fig. 3.5. Diseño de la Armadura para el rotor de cola.

3.2.5. Cálculo de la Armadura.

El cálculo de la armadura se realizó por el método de nudos, el cual nos da el dato que necesitamos para obtener el perfil que necesitamos, el cual soportará al rotor de cola dentro de la estructura. Ver figura 3.3.

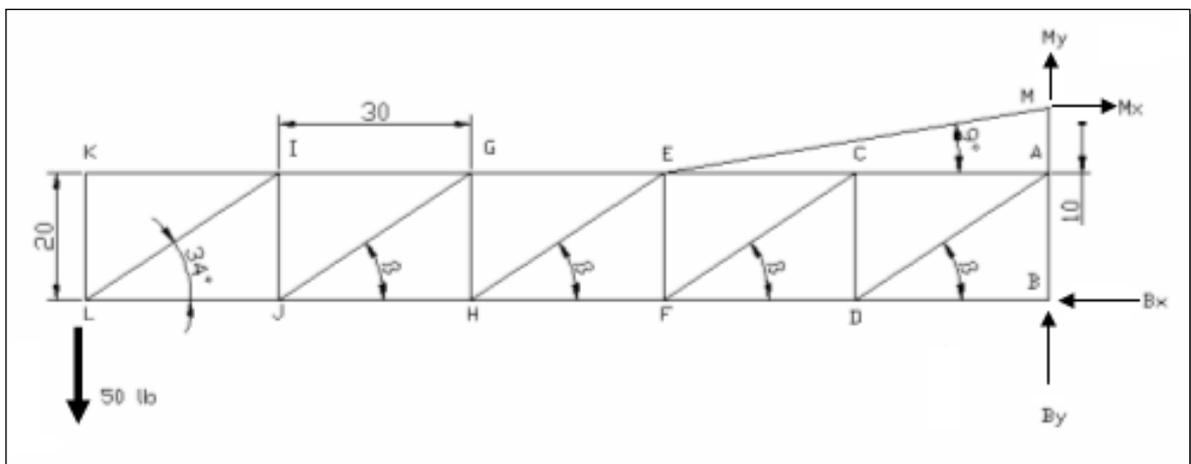


Fig. 3.6. Gráfico de Momentos.

$$\text{Tg } \beta = 0.2 / 0.3$$

$$\beta = 33.7^\circ$$

$$\text{Tg } \lambda = 0.1 / 0.6$$

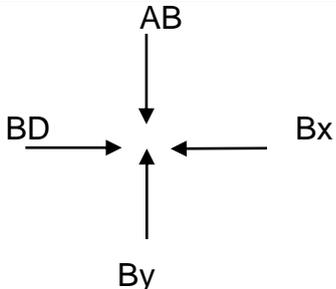
$$\lambda = 9.5^\circ$$

Reacciones

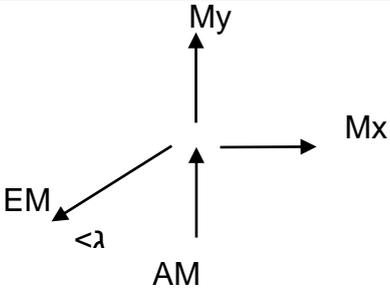
$\Sigma M_B = 0$	$\Sigma F_x = 0$	$\Sigma F_y = 0$	$Tg \lambda = M_y / M_x$
$50 (1.5) = M_x (0.3)$	$M_x = B_x$	$50 = M_y + B_y$	$M_y = M_x \cdot tg \lambda$
$75 / 0.3 = M_x$	$B_x = 250 \text{ lb}$	$B_y = 50 - M_y$	$M_y = 250 \cdot 0.1 / 0.6$
$M_x = 250 \text{ lb}$		$B_y = 50 - 41.67$	$M_y = 41.67 \text{ lb}$
		$B_y = 8.33 \text{ lb}$	

Fuerzas Internas

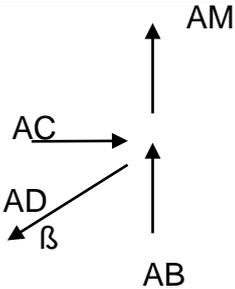
Nodo B

	$\Sigma F_x = 0$ $B_x = B_D$ $B_D = 250 \text{ lb "C"}$	$\Sigma F_y = 0$ $AB = B_y$ $AB = 8.33 \text{ lb "C"}$
--	---	--

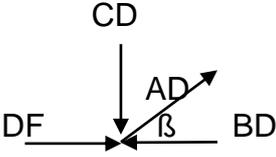
Nodo M

	$\Sigma F_x = 0$ $M_x = EM \cdot \cos \lambda$ $EM = M_x / \cos \lambda$ $EM = 250 / \cos \lambda$ $EM = 253.48 \text{ lb "T"}$	$\Sigma F_y = 0$ $M_y + AM = EM \sin \lambda$ $AM = 253.48 \sin \lambda - 41.67$ $AM = 0.17 \text{ lb "C"}$
---	---	--

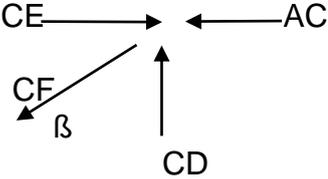
Nodo A

	$\Sigma F_y = 0$ $AM + AD \sin \beta = AB$ $AD = (AB - AM) / \sin \beta$ $AD = (8.33 - 0.17) / \sin \beta$ $AD = 14.71 \text{ lb "T"}$	$\Sigma F_x = 0$ $AC = AD \cos \beta$ $AC = 14.71 \cos \beta$ $AC = 12.24 \text{ lb "C"}$
---	--	--

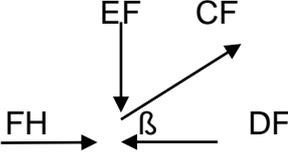
Nodo D

	$\Sigma F_y = 0$ $CD = AD \cdot \text{Sen}\beta$ $CD = 14.71 \text{ Sen}\beta$ $CD = 8.16 \text{ lb "C"}$	$\Sigma F_x = 0$ $DF + AD \text{ Cos}\beta = BD$ $DF = Bd - Ad \text{ Cos } \beta$ $DF = 250 - 14.71 \text{ Cos}\beta$ $DF = 237.76 \text{ lb "C"}$
---	---	---

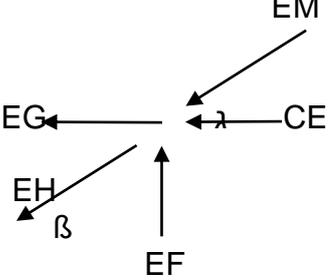
Nodo C

	$\Sigma F_y = 0$ $CF \text{ Sen}\beta = CD$ $CF = 8.16 / \text{Sen } \beta$ $CF = 14.71 \text{ lb "T"}$	$\Sigma F_x = 0$ $CE = AC + CF \text{ Cos}\beta$ $CE = 12.24 + 14.71 \text{ Cos}\beta$ $CE = 24.48 \text{ lb "C"}$
---	---	--

Nodo F

	$\Sigma F_y = 0$ $EF = CF \text{ Sen } \beta$ $EF = 14.71 \text{ Sen}\beta$ $EF = 8.16 \text{ lb "C"}$	$\Sigma F_x = 0$ $FH + CF \text{ Cos}\beta = DF$ $FH = DF - CF \text{ Cos}\beta$ $FH = 237.76 - 14.71 \text{ Cos}\beta$ $FH = 225.52 \text{ lb "C"}$
---	--	--

Nodo E

	$\Sigma F_y = 0$ $EH \text{ Sen}\beta = EF + EM \text{ Sen } \lambda$ $EH = (EF + EM \text{ Sen } \lambda) / \text{Sen } \beta$ $EH = (8.16 + 253.48 \text{ Sen } \lambda) / \text{Sen } \beta$ $CH = 90.11 \text{ lb "T"}$	$\Sigma F_x = 0$ $EG + EH \text{ Cos}\beta + CE = EM \text{ Cos}\lambda$ $EG = EH \text{ Cos}\lambda - EH \text{ Cos}\beta - CE$ $EG = 253.48 \text{ Cos}\lambda - 90.11 \text{ Cos}\beta - 24.48$ $EG = 150.56 \text{ lb "T"}$
---	---	---

Nodo H

	$\Sigma F_y = 0$	$\Sigma F_x = 0$
	$GH = EH \text{ Sen } \beta$	$HJ + EH \text{ Cos} \beta = FH$
	$GH = 90.11 \text{ Sen } \beta$	$HJ = FH - EH \text{ Cos} \beta$
	$GH = 50.00 \text{ lb "C"}$	$HJ = 225.52 - 90.11 \text{ Cos } \beta$ $HJ = 150.55 \text{ lb "C"}$

Nodo G

	$\Sigma F_y = 0$	$\Sigma F_x = 0$
	$GH = GJ \text{ Sen} \beta$	$GI + GJ \text{ Cos} \beta = EG$
	$GJ = GH / \text{ Sen } \beta$	$GI = EG - GJ \text{ Cos} \beta$
	$GJ = 50 / \text{ Sen } \beta$ $GJ = 90.12 \text{ lb "T"}$	$GI = 150.56 - 90.12 \text{ Cos} \beta$ $GI = 75.58 \text{ lb "T"}$

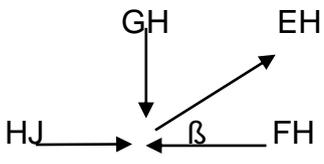
Nodo J

	$\Sigma F_y = 0$	$\Sigma F_x = 0$
	$IJ = GJ \text{ Sen } \beta$	$JL + GJ \text{ Cos} \beta = HJ$
	$IJ = 90.12 \text{ Sen} \beta$	$JL = HJ - GJ \text{ Cos} \beta$
	$IJ = 50.00 \text{ lb "C"}$	$JL = 150.55 - 90.12 \text{ Cos} \beta$ $JL = 75.57 \text{ lb "C"}$

Nodo I

	$\Sigma F_y = 0$	$\Sigma F_x = 0$
	$IL \text{ Sen} \beta = IJ$	$IK + IL \text{ Cos} \beta = GI$
	$IL = IJ / \text{ Sen } \beta$	$IK = GI - IL \text{ Cos} \beta$
	$IL = 50 / \text{ Sen } \beta$ $IL = 90.12 \text{ lb "T"}$	$IK = 75.58 - 90.12 \text{ Cos} \beta$ $IK = 0.60 \text{ lb "C"}$

Nodo L

	$\Sigma F_y = 0$ $GH = EH \text{ Sen } \beta$ $GH = 90.11 \text{ Sen } \beta$ $GH = 50.00 \text{ lb "C"}$	$\Sigma F_x = 0$ $HJ + EH \text{ Cos} \beta = FH$ $HJ = FH - EH \text{ Cos} \beta$ $HJ = 225.52 - 90.11 \text{ Cos } \beta$ $HJ = 150.55 \text{ lb "C"}$
---	--	--

Nodo G

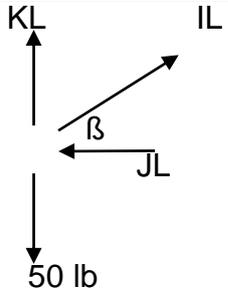
	$\Sigma F_y = 0$ $KL + IL \text{ Sen } \beta = 50$ $KL = 50 - IL \text{ Sen } \beta$ $KL = 50 - 90.12 \text{ Sen } \beta$ $KL = 0.000025 \text{ lb}$
--	--

Tabla 3.4. Valores del Cálculo de los elementos de la armadura

Elemento	Longitud (cm)	Condición “C” Compresión “T” Tracción	Fuerzas Internas (lb)	Sección Angulo L (mm)
AB	20	C	8.33	-
AC	30	C	12.24	20 x 2
AD	36	T	14.71	20 x 2
AM	10	C	.017	-
BD	30	C	250	25 x 2
CD	20	C	8.16	20 x 2
CE	30	C	24.48	20 x 2
CF	36	T	14.71	20 x 2
DF	30	C	237.76	25 x 2
EF	20	C	8.16	20 x 2
EG	30	T	150.56	25 x 2
EH	36	T	90.11	25 x 2
EM	61	T	253.48	25 x 2
FH	30	C	225.52	25 x 2
GH	20	C	50	25 x 2
GI	30	T	75.589	25 x 2
GJ	36	T	90.12	25 x 2
HJ	30	C	150.55	25 x 2
IJ	20	C	50	25 x 2
IK	30	C	0.6	-
IL	36	T	90.12	25 x 2
JL	30	C	75.57	25 x 2
KL	20	-	0	-

Tabla 3.5. Especificaciones de Secciones “L” de Acero A36.

Sección Angulo L (mm)	Área A (m²)	Resistencia de la Sección (lb)
20 x 2	0.076×10^{-3}	4240.8
25 x 2	0.096×10^{-3}	5356.8

3.3. Listado de Materiales y herramientas.

3.3.1. Materiales

Los materiales que se han utilizado para construir la estructura han sido los siguientes:

- Perfil U PN de 80 * 40 * 3 mm
- Perfil Cuadrado de 3" * 3" * 3/32
- Ángulos de 1" * 1/8
- Electrodo A.W.S.E. 6011
- Pintura

3.3.1.1. Descripción de los materiales

Correa G de 80 * 40 * 3 mm

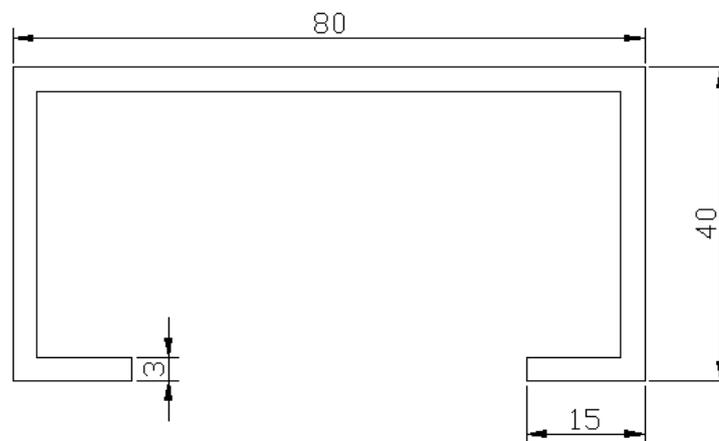


Fig.3.7. Correa "G".

- Tipo de Acero ASTM A36
- Esfuerzo de fluencia 36000 lb/plg²
- Área.- 5.11 cm²
- Peso Aproximado.- 4.01 Kg /m
- I.- Momento de inercia 49 cm⁴
- W.- Momento resistente de la correa 0.0987 cm³
- S.- Momento Estático de media sección. 12.30 cm³.

Perfil Cuadrado de 3" * 3" * 3/32

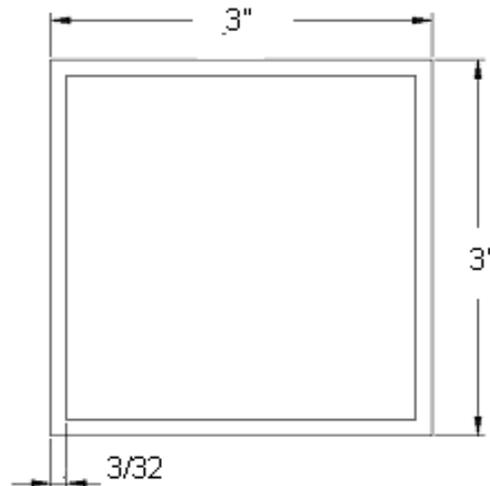


Fig.3.8. Perfil Cuadrado.

- Tipo de Acero ASTM A36
- Esfuerzo de fluencia 36000 lb/plg²
- I.- Momento de inercia 86.6 cm⁴
- I_T.- Módulo de torsión de la sección 140 cm⁴
- W.- Módulo resistente de la sección 21.7 cm³

Ángulos de 1" * 1/8

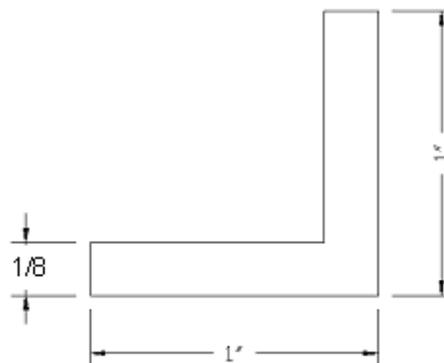


Fig.3.9. Angulo "L".

- Tipo de Acero ASTM A36
- Esfuerzo de fluencia 36000 lb/plg²
- I.- Momento de inercia 3.89 cm⁴
- Módulo resistente de la sección 5356,8 lb.

Electrodos A.W.S.E. 6011

- Calmado de silicio y recubierto con una mezcla de materiales especiales.
- Se obtiene a partir de alambón de acero calidad AISI 1006
- Están homologados según norma AWS , A5.1
- Diámetro 3/32"

Pintura

- Esmalte Alquídico Sintético.
- Alto rendimiento, dureza, elasticidad.
- Crea una capa protectora especialmente contra el agua y los agentes atmosféricos.
- Aplicación con soplete, en superficies libre de grasa o polvo.

3.3.2. Máquinas y Herramientas

Tabla 3.6. Listado de Máquinas y Herramientas.

Máquinas	Marca	Características
Equipo de Suelda MIG	HOBART	BETA – MIG 250
Soldadora Eléctrica	MAMUT	110 / 220V
Amoladora	Perles A-506	6300 RPM 2000W DISCO9”
Esmeril	TKS	½ HP – 1700 RPM
Taladro	Perles TP-6R	110V – 600 W 1900RPM
Compresor	DONGSONG	110VAC - 2 HP – 115 PSI Max.
Herramientas	Marca	Características
Escuadra	Diamond Brand	20 cm.
Sierra de mano	Moun Tai Brand	N/A
Flexo metro	American Style	5 m
Remachadora	SILK	3/16
Llaves de tuercas	Stanley	N/A
Desarmadores	Stanley	Estrella y plano
Calibrador Pie de Rey	ESSEQ	1/128 in

3.4. Maquetación de planos generales y de despiece

La maquetación de planos generales y de despiece, como el diseño de la estructura se observan en el Anexo B.

3.5. Construcción de la estructura.

Una vez que se ha realizado los cálculos necesarios para la obtención del material a ser aplicado en el proyecto, se procede a la construcción de la estructura, observando los planos, en donde se detalla el perfil y las distancias necesarias para poder realizar los cortes adecuados, para luego proceder a ser unidas mediante el equipo de suelda.

Como primer paso al obtener el material, se procede a la medición y trazado de las distancias, para lo cual se utiliza un flexo metro, una escuadra y un rayador. Distancias que son adecuadas para colocar los accesorios del helicóptero.



Fig. 3.10. Trazado para corte del perfil.

Una vez medido y trazado los perfiles procedemos al corte de los mismos, para lo cual se utiliza una amoladora con un disco de corte, en el caso de corte de los ángulos se hará el uso de una cizalla manual.



Fig. 3.11. Corte del perfil "G"



Fig. 3.12. Corte del Perfil Cuadrado



Fig.3.13. Corte del perfil a 45°



Fig. 3.14. Corte del Ángulo, haciendo uso de la cizalla

Una vez realizado los cortes necesarios, se procede a la unión de los mismos haciendo uso del equipo de suelda, el equipo de suelda que se uso para este proyecto es la Suelda Eléctrica y la Suelda MIG.



Fig.3.15. Soldado del soporte de rotor de cola.



Fig.3.16. Soldado de la base de la estructura con la Suelda MIG.



Fig.3.17. Soldado del soporte del rotor principal con Suelda MIG.



Fig. 3.18. Soldado del soporte de los mecanismos de control de vuelo.

Una vez terminado de soldar toda la estructura, se procede a amolar las partes que tengan protuberancias por la aplicación de la soldadura, para tener un mejor acabado de la estructura.



Fig.3.19. Amolado de la estructura.

Una vez terminado el proceso de amolar las superficies, se procede al pintado de la estructura, para lo cual se requiere realizar los siguientes pasos, para un excelente pintado.

- Examinar las superficies que este libre de estrías.
- Lijar las superficies que tengan óxido.
- Limpiar la estructura con tiñer.
- Preparar la pintura.
- Pintar en un lugar donde no exista polvo.
- Pintar primero con fondo anticorrosivo.
- Dejar secar durante un mínimo de 30 minutos y dar otra mano de pintura.



Fig. 3.20. Pintado con fondo gris

El pintado final de la estructura es con pintura anti – corrosiva, que previene que el óxido entre a la estructura, de color aluminio.



Fig. 3.21. Preparación de la pintura y aplicación.

Finalmente sobre la estructura se coloca las triplex que soportaran los mecanismos de control de vuelo y demás accesorios del helicóptero.



Fig. 3.22. Comprobación de las medidas de las triplex.



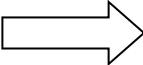
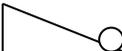
Fig. 3.23. Colocación de las triplex con remaches 3/16 x 1"

3.6. Diagrama de Procesos.

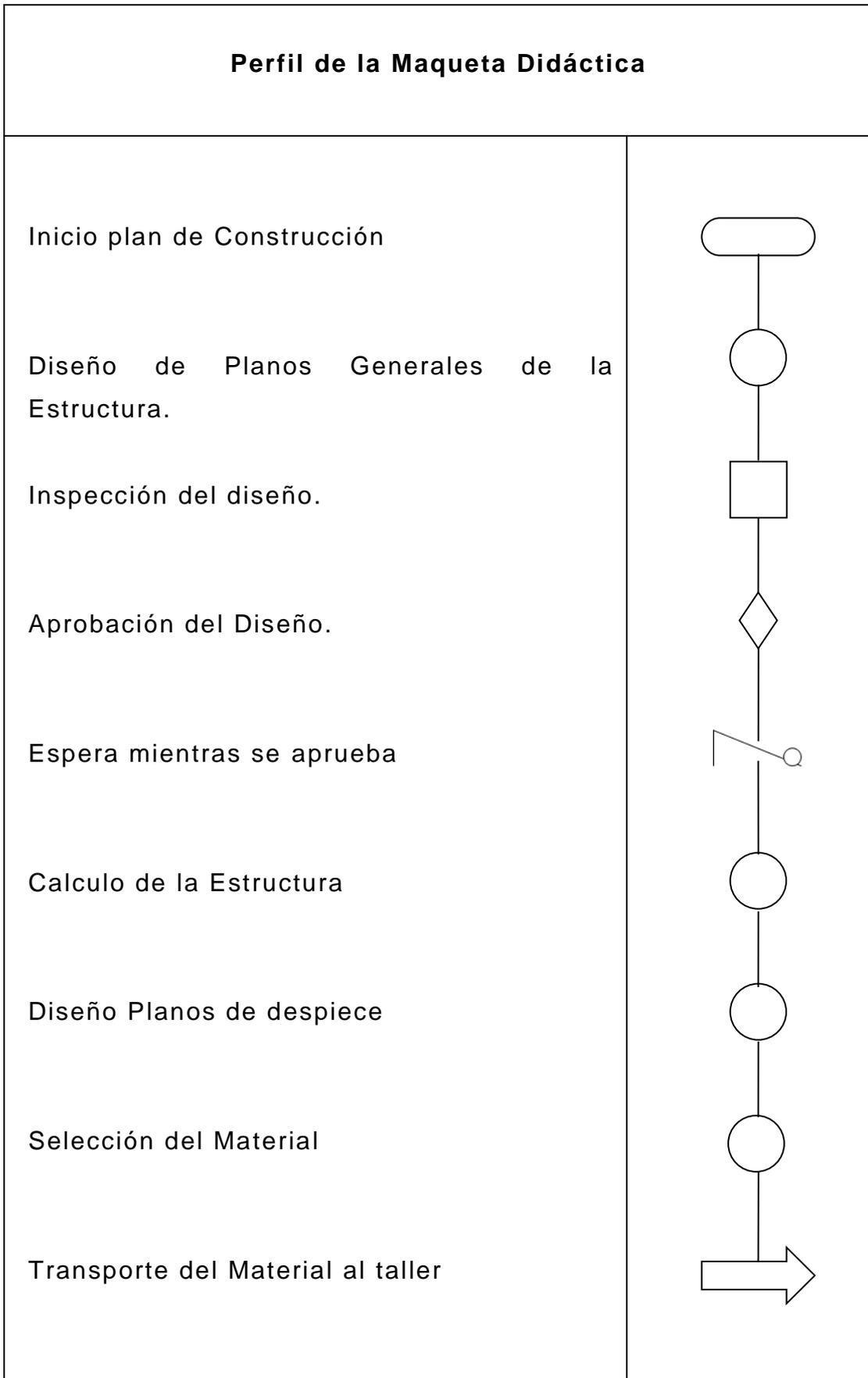
Los diagramas de procesos, muestra de forma detallada el orden que se debe seguir al realizar la construcción del proyecto y refleja una cadena de montaje de los accesorios de controles de vuelo.

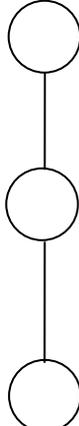
3.6.1. Diagrama de Símbolos empleados

Tabla 3.7. Símbolos de Diagramas de Procesos

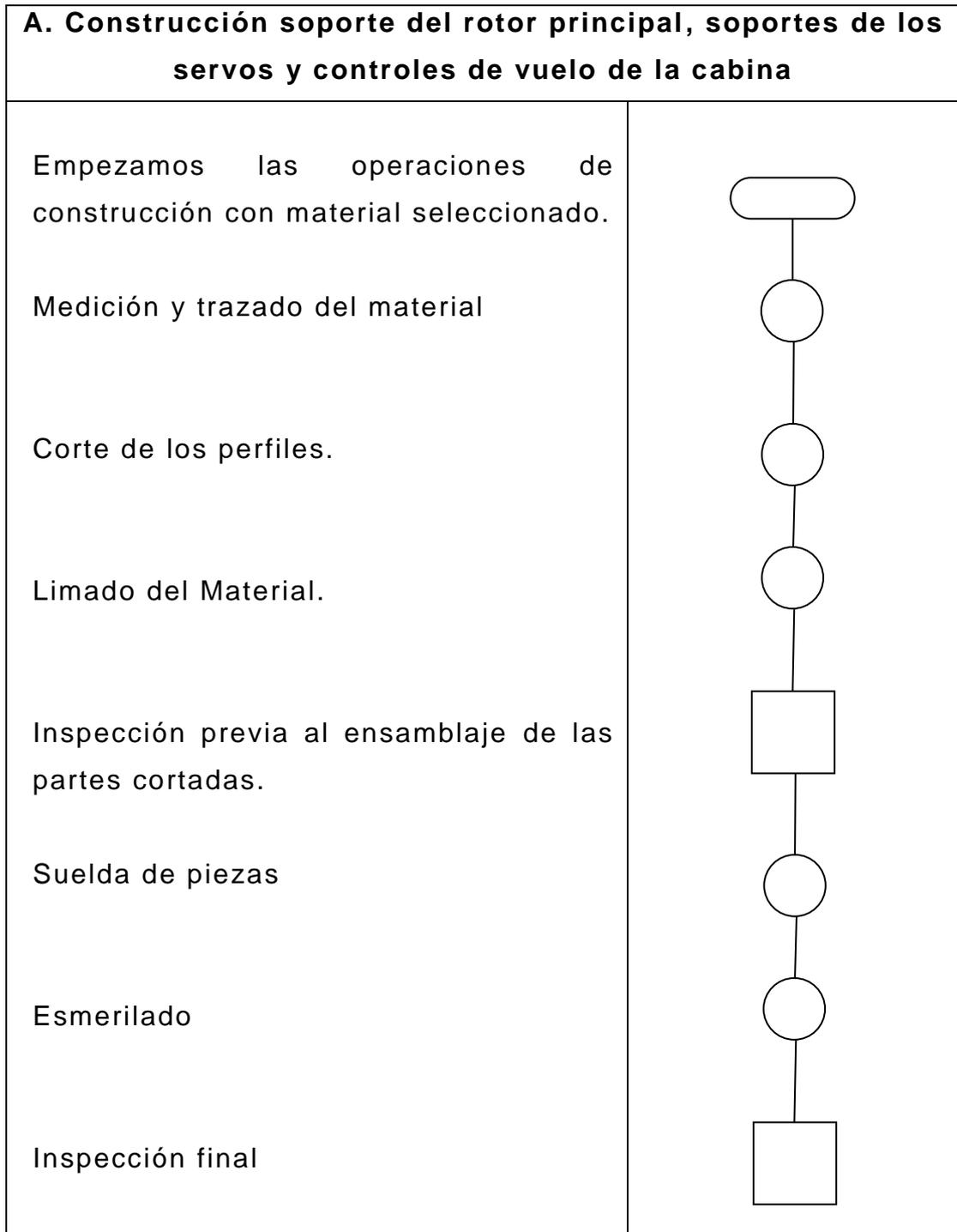
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Operación
	Inspección
	Demora
	Transporte
	Almacenamiento
	Actividad Combinada
	Conector misma hoja
	Alternativo de Decisión Si – No
	Conector otra hoja
	Espera Evitable
	Espera Inevitable
	Inicio / Fin

3.6.2. Diagrama General de Procesos



Construcción Estructura	
<p>Construcción soporte del rotor principal y actuadores de servos</p> <p>Construcción estructura para soporte del rotor de cola</p> <p>Construcción para colocar los mecanismos de controles de vuelo de la cabina</p> <p>Recubrimiento y protección de la estructura.</p>	
Instalación Controles de Vuelo	
<p>Sistema de control del rotor de cola.</p> <p>Sistema de control del cíclico.</p> <p>Sistema de control del colectivo.</p>	

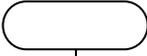
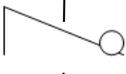
3.6.3. Diagrama del proceso de construcción de la estructura.



B. Construcción estructura para soporte del rotor de cola	
Operaciones de construcción con material seleccionado.	
Medición y trazado del material	
Corte de los perfiles.	
Limado del Material.	
Inspección previa al ensamblaje de las partes cortadas.	
Suelda de partes	
Esmerilado	
Inspección	
Unión al resto de la estructura mediante suelda.	
Inspección final	

3.6.4. Diagrama de ensamblaje de la estructura.

C. Ensamblaje de la Estructura	
<p>Inspección de las partes a ser unidas a la estructura.</p> <p>Unión del soporte del rotor principal a la estructura, mediante suelda.</p> <p>Esmerilado.</p> <p>Inspección de las partes soldadas.</p> <p>Unión de la armadura del rotor de cola a la estructura, mediante suelda.</p> <p>Esmerilado.</p> <p>Inspección de las partes soldadas.</p> <p>Unión del soporte de controles de vuelo a la estructura mediante suelda.</p> <p>Esmerilado.</p> <p>Inspección de las partes unidas por suelda.</p> <p>Inspección final de la estructura, antes del pintado.</p>	<pre>graph TD; A[Rectángulo horizontal] --- B[Cuadrado]; B --- C((Círculo)); C --- D((Círculo)); D --- E[Cuadrado]; E --- F((Círculo)); F --- G((Círculo)); G --- H[Cuadrado]; H --- I((Círculo)); I --- J((Círculo)); J --- K[Cuadrado]; K --- L[Cuadrado];</pre>

D. Recubrimiento y protección de la estructura.	
Operaciones para el pintado.	
Obtención del kit para el pintado.	
Masillado	
Pulido	
Inspección	
Aplicación Sellador	
Espera mientras se seca el sellador.	
Aplicación de la pintura acrílica	
Espera mientras se seca la pintura	
Trazado de líneas sobre la superficie, con Mazqui.	
Aplicación de la capa de pintura para realizar las líneas	
Espera mientras se secan las líneas de pintura.	
Verificación del pintado en la superficie.	
Inspección final	

3.7. Montaje de los mecanismos de control de vuelo.

Para el montaje de los mecanismos de control de vuelo, el soporte de los servos, el rotor de cola y el rotor principal sobre la estructura se realizará siguiendo un orden necesario para una correcta colocación de los materiales propios del helicóptero después de haberle realizado un mantenimiento correctivo y demás trabajos que se detalla posteriormente.

Todo el material propio del helicóptero al ser material condenado, estaba en malas condiciones, para lo cual se hizo un desarme completo para la limpieza y remoción de la pintura en malas condiciones, para lo que se utilizó diluyente (combustible) para la grasa que estaba en aquellas partes que necesariamente la llevaban y removedor de pintura.



Fig 3.24. Limpieza de las partes del helicóptero y remoción de la pintura aplicando removedor.

Una vez ya limpias todas las superficies, libres de pintura antigua, de grasa y polvo se procede a dar fondo a todas las superficies, para lo cual se requiere:

- Lijar las superficies que tengan óxido.
- Limpiar la estructura con tiñer.
- Preparar la pintura.
- Pintar en un lugar donde no exista polvo.
- Pintar con fondo anticorrosivo.



Fig. 3.25. Preparación del fondo gris anticorrosivo.



Fig. 3.26. Aplicación del fondo gris con soplete sobre las piezas del helicóptero.

Una vez terminado con la aplicación del fondo sobre todas las piezas, se espera un tiempo mínimo aproximado de 30 minutos para su secado, para luego continuar con la aplicación de la primera capa de pintura que recubrirá las diferentes partes del helicóptero, para lo cual se preparo diferentes colores que irán identificando las superficies móviles y las superficies estáticas, así como las que indican señal de peligro. Una hora después se aplicará la segunda capa de pintura.



Fig. 3.27. Aplicación de la primera capa de pintura.



Fig.3.28. Aplicación de la segunda capa de pintura.

Aplicado y seco todas las superficies que se aplicaron la pintura, se procede a la unión de los diferentes mecanismos y piezas del helicóptero, para lo cual se utiliza el manual de mantenimiento y del IPB (Illustrated Parts Breakdown) del helicóptero, para después colocarlos sobre la estructura de manera correcta y comprobando que las mismas estén bien aseguradas.



Fig. 3.29. Armado del Swash Plate.



Fig.3.30. Armado de la Transmisión.



Fig.3.31. Armado del rotor de cola.



Fig. 3.32. Armado del Rotor Principal



Fig. 3.33. Montaje de los mecanismos de control de vuelo.



Fig 3.34. Montaje de las piezas sobre la estructura.

Terminado de colocar y asegurar las piezas del helicóptero se procede a colocar correctamente el sistema de varillaje para los movimientos de los controles de vuelo, para lo cual, en vista de que no hubo varias de aquellas varillas se procedió a fabricarlas en tubo “Conduit”.



Fig.3.35. Suelda y Amolado de los terminales del tubo.

Al terminar de unir el sistema de varillas, se procede a colocar el sistema eléctrico y el motor que hará girar el rotor de cola, para lo cual se utilizó un motor a 110 VAC, de 2HP y 1720 RPM



Fig. 3.36. Colocación del Sistema Eléctrico

Finalmente terminado la instalación se procede a comprobar que los sistemas de controles de vuelo funcionen de manera adecuada y cumplan con la función requerida dentro de la maqueta didáctica.

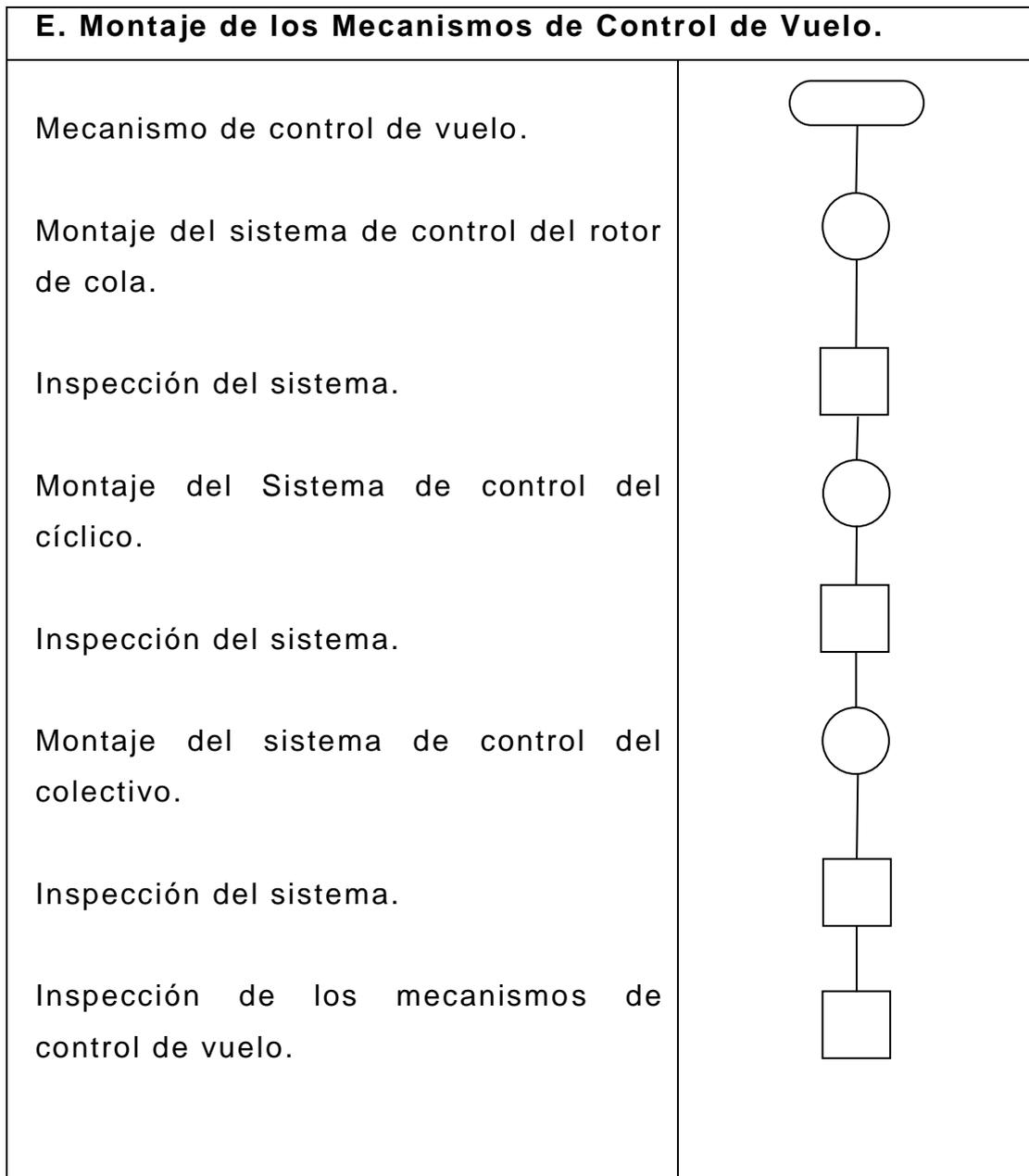


Fig. 3.37. Comprobación del cíclico y colectivo.

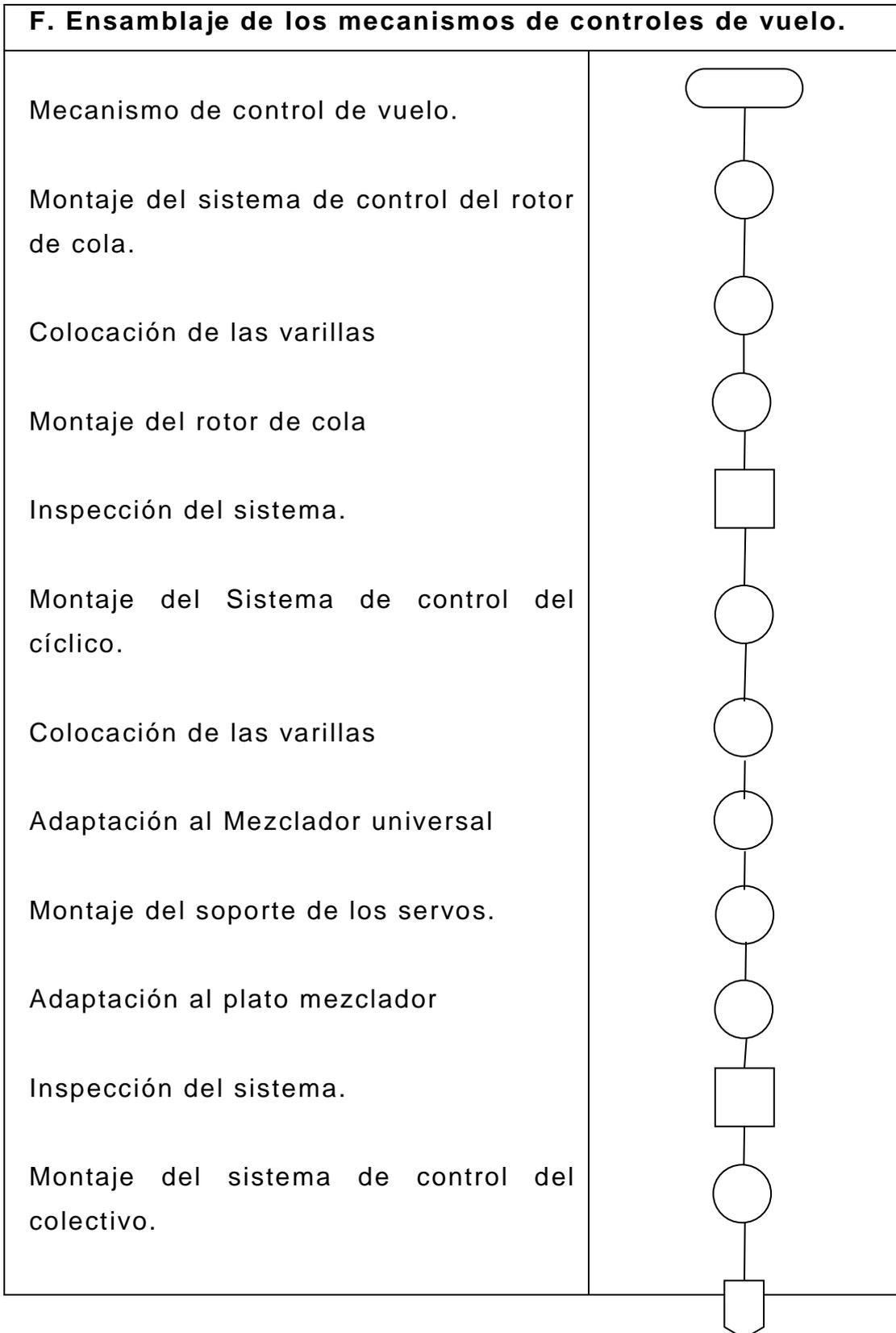


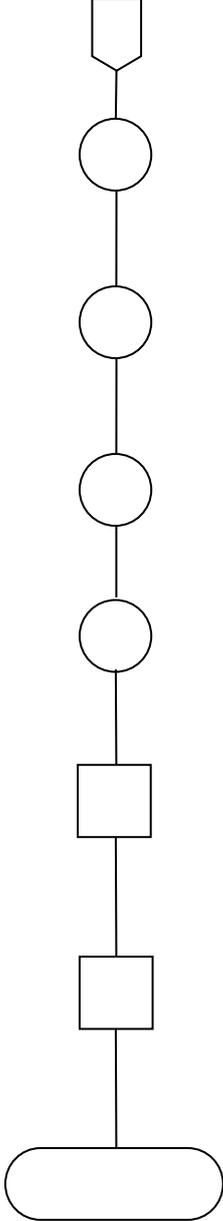
Fig. 3.38. Comprobación del rotor de cola.

3.8. Diagrama de Procesos de los mecanismos de Control de vuelo.

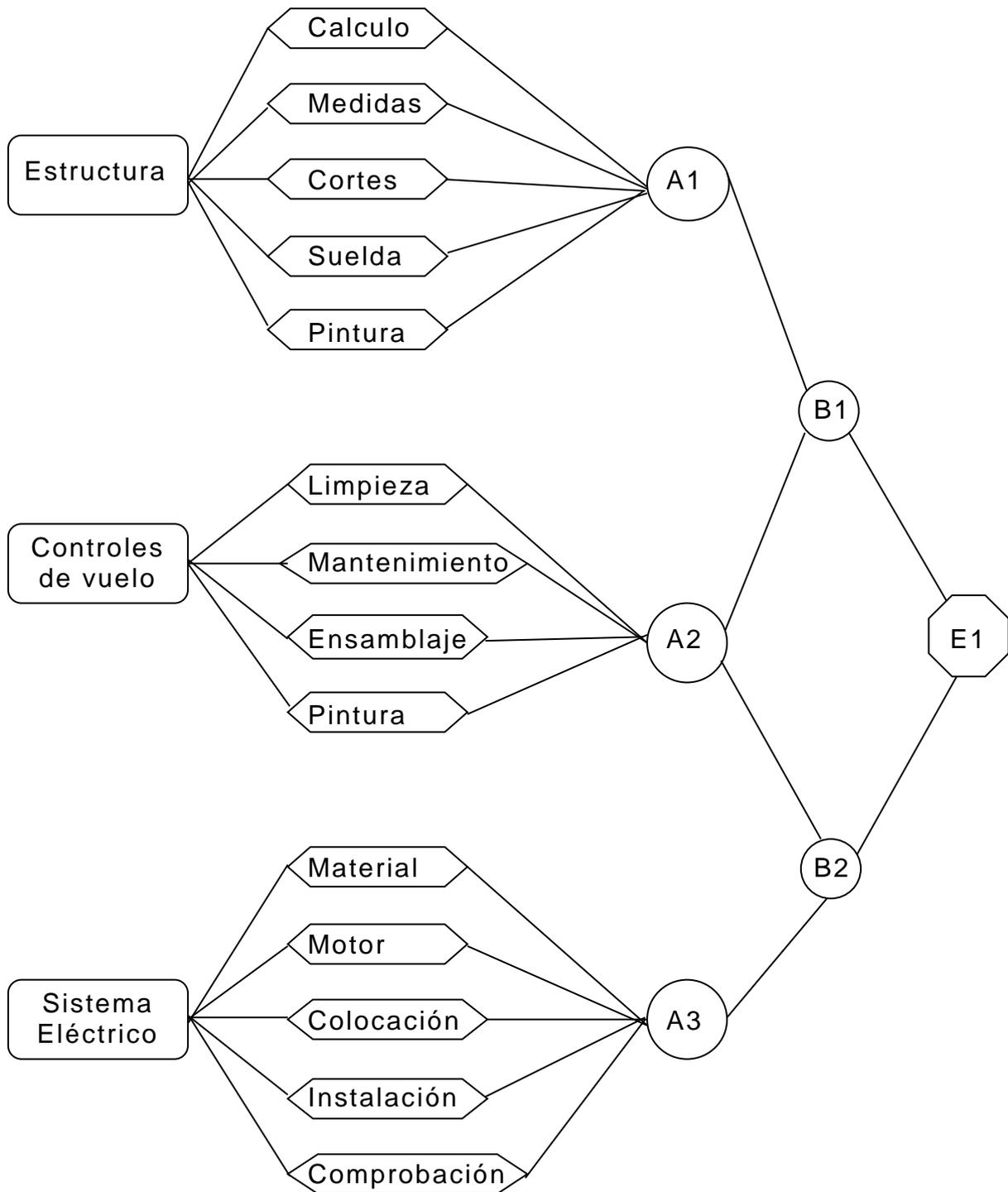


3.8.1. Diagrama de ensamble de los mecanismos de controles de vuelo.



<p>Unión otra hoja</p> <p>Colocación de las varillas</p> <p>Adaptación al Mezclador universal</p> <p>Montaje del soporte de los servos.</p> <p>Adaptación a la caja de transmisión.</p> <p>Inspección del sistema.</p> <p>Inspección Total del sistema de los mecanismos de control de vuelo.</p> <p>Fin</p>	 <p>The diagram illustrates a vertical assembly of components. From top to bottom, the components are: a pentagon-shaped piece, four circles, two squares, and a rounded rectangular base. Each component is connected to the one below it by a vertical line.</p>
--	--

3.9. Diagrama de Ensamble de la Maqueta Didáctica



3.10. Pruebas de Funcionamiento.

La facilidad que ofrece la maqueta didáctica para una operación sencilla y práctica, de forma que sea de fácil captación para quienes utilizan este material de información se ha realizado en función de las siguientes pruebas de funcionamiento:

- El movimiento de los mecanismos cumplan con su función en la maqueta didáctica.
- Los movimientos realizados por los controles de vuelo sean similar al del helicóptero para una mejor captación del estudiante.
- Que cada una de las partes que tienen movimiento sean casi parecidas al del helicóptero para que la simulación sea idéntica y exacta.
- Las partes en movimiento no tengan ningún inconveniente de roces con otras partes de la superficie dentro de la maqueta didáctica.
- Al accionar los controles de vuelo, mueve de manera correcta la superficie que debe de moverse o deslizarse.
- No incurre en ningún peligro el movimiento de los mecanismos para la persona quien este operando la maqueta didáctica de los controles de vuelo del helicóptero.

La simulación de movimientos de cada uno de los controles se detalla a continuación, para que el entendimiento sea captado de mejor manera.

3.10.1. Control del Cíclico.

El funcionamiento del control del cíclico se tomara de acuerdo al recorrido del bastón de mando, lo cual cambiará el ángulo de ataque de las palas del rotor principal.

3.10.2. Control del Colectivo

El bastón del control del colectivo, funciona de tal manera que al subir o bajar el bastón, cambia el ángulo del rotor principal con respecto al eje vertical del mismo.

3.10.3. Control de los pedales.

Al accionamiento de los pedales, realiza una función en vuelo hacia el rotor de cola, de manera que este cambia el ángulo de ataque negativo o positivo, este será de acuerdo al giro que desee hacer la aeronave en vuelo, sea hacia la izquierda o sea hacia la derecha.

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES

4.1. Descripción General de los mecanismos.

En este capítulo se detallarán los procedimientos de operación, de calibración si fuere necesario, de verificación y funcionamiento de los controles de vuelo en la maqueta didáctica. Para lo cual se hace necesario el uso del manual de mantenimiento del helicóptero, para una mejor elaboración de los manuales, en especial en lo que se refiere al mantenimiento de las partes propias del helicóptero.

Los procedimientos que se realizan para el desempeño correcto de la maqueta didáctica, además de los procedimientos que se deben llevar para el mantenimiento serán detallados en un registro, de una manera apropiada en formatos que serán de fácil entendimiento para el trabajo con la maqueta didáctica.

4.2. Implementación de los Manuales.

Los manuales son instructivos fijos y determinantes para el uso del material, así como constituye una guía que nos permite saber cuales son los procedimientos correctos para el manejo del material con el que se trabaja. Esto de acuerdo con las exigencias de verificación y mantenimiento.

El implementar los manuales de Operación y de Mantenimiento de este proyecto, se está apoyando a que el uso de este material sea de manera que no tenga ningún problema en el desempeño y que sobre todo que este sea seguro, al no causar accidentes a quienes se encuentren cerca de la maqueta.

4.3. Lista de Manuales

Tabla 4.1. Lista de manuales

Nº	MANUAL	CÓDIGO
1	Estructura para montaje de controles de vuelo del helicóptero BELL 206	FED – EDY – 01
2	Manual de Operación	FED – EDY – P1
3	Manual De Mantenimiento	FED – EDY – P2
4	Manual de Verificación.	FED – EDY – P3
5	Hoja de Registro de Operación	FED – EDY – R1
6	Hoja de Registro de Mantenimiento	FED – EDY – R2

	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		Pág.: 1 de 1
	ESTRUCTURA PARA MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206		Código: FED-EDY-01
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N° 1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01
<p>1. Documento de Referencia. N/A</p> <p>2. Código del Equipo. N/A</p> <p>3. Ubicación del Equipo. N/A</p> <p>4. Marca del Equipo. N/A</p> <p>5. Modelo. N/A</p> <p>6. Espacio Requerido. 1 x 3 m</p> <p>7. Características Técnicas.</p> <p>6.1. Voltaje Requerido.- 110 VCA.</p> <p>6.2. Tipo de aceite.- 2380.</p> <p>6.3. Cap. de la Caja de Transmisión.- 4/4 USA.</p> <p>6.4. Cap. de la Caja del Rotor de Cola.- 1/4 USA.</p> <p>6.5. Peso Vacío Aprox.- 650 lb.</p> <p>6.6. Cap. Máx.- 300 lb. (2 personas).</p>			

4.4. Manual de Operación.

El Manual de Operación de este proyecto ayudará a quienes deseen hacer uso de la maqueta, a que los procedimientos a seguir para la manipulación de la misma sean muy correctos y que no tenga ningún contratiempo o accidente durante el tiempo que se encuentre operándola, esto se da pues sus instrucciones son presentadas en forma sencilla y detallada.

Dentro del mismo se encuentran temas de ayuda y de interés a quien desee utilizar, para su correcto uso:

- Colocación correcta de la persona que va a operar la maqueta.
- Encendido correcto de la maqueta didáctica, sin que tenga que realizarse otras funciones.
- Desempeño correcto de la persona quien este operando la maqueta, mientras se encuentre dentro de la misma.
- Desconexión y Apagado de la maqueta.

	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág.: 1 de 3
	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206		Código: FED-EDY-P1
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/08/15	Fecha: 2005/08/15

1.1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para operar la maqueta en condiciones óptimas.

2.1. ALCANCE

Contempla la maqueta didáctica a ser aplicada para enseñanza aprendizaje de los maestros y alumnos del I.T.S.A.

3.1. PROCEDIMIENTOS

El procedimiento para la operación de la maqueta didáctica se realizará siguiendo los siguientes pasos, tomándose en cuenta factores mecánicos y factores eléctricos.

Factor Mecánico.

1. Realizar una limpieza de las superficies que están sometidos a rozamientos.
2. Verificar que todas las conexiones de palancas, estén unidas de forma correcta.

	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág.: 2 de 3
	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206		Código: FED-EDY-P1
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/15	Fecha: 2005/10/15

3.Las partes que tienen rozamientos, verificar que estén correctamente lubricadas.

4.Ver si no existe fugas de aceite en lugares que contienen este líquido.

5.Retirar los dispositivos de seguridad de controles de vuelo.

6.Quitar los dispositivos de seguridad del rotor de cola.

Factor Eléctrico.

1.Verificar que el cable de conexión no tenga deterioros a lo largo del mismo.

2.Verificar cada una de las conexiones eléctricas que tiene la maqueta didáctica.

3.Conectar el enchufe a un tomacorriente de 110 VCA.

4.Poner en posición ON (encendido) el switch principal.

5.Presionar el interruptor de encendido de la maqueta.

	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág.: 3 de 3
	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO		Código: FED-EDY-P1
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01

6. Realizar la práctica correspondiente.

Apagado de la Maqueta Didáctica

1. Presionar el interruptor de encendido a la posición de apagado.
2. Poner en posición OFF (apagado) el switch principal.
3. Desconectar el enchufe del tomacorriente.
4. Colocar el cable de conexión en forma correcta en la estructura.
5. Colocar los dispositivos de seguridad del rotor de cola.
6. Colocar los dispositivos de seguridad de los controles de vuelo.
7. Colocar el cobertor de la estructura.
8. Poner en el lugar que permanecerá la maqueta didáctica.

4.5. Manual de Mantenimiento.

Durante la operación de este proyecto, y con el pasar del tiempo, tendrá que realizarse ciertas ajustes de acuerdo a como sea el uso del mismo, para lo cual el manual de mantenimiento, nos indicará el periodo con el que se debe realizarse un arreglo o ajuste de la maqueta, para que el funcionamiento de esta sea correcta, y no tenga que hacerse reparaciones mayores, cuando este no se haya arreglado y dado un mantenimiento apropiado en el tiempo especificado.

Esto se da por mantenimiento en partes sobre todo que están expuestas a:

- Movimientos, donde existan fricción de las partes y necesiten de una lubricación cada cierto tiempo.
- Cables de alimentación eléctrica, que puedan tener cierto deterioro.
- Tolerancias a las cuales deben estar acopladas los mecanismos que se encuentran en movimiento.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág.: 1 de 3
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206		Código: FED-EDY-P2
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01

1.1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento de mantenimiento de la maqueta didáctica para evitar daños en la parte mecánica y eléctrica.

2.1. ALCANCE

Contempla la maqueta didáctica a ser dada mantenimiento para alargar su vida útil con parámetros de operación aceptables.

3.1. PROCEDIMIENTOS

El procedimiento para el mantenimiento de la maqueta didáctica se realizará de la siguiente manera:

3.1.1. Mantenimiento Periódico

1.Revisar que los cobertores estén correctamente cubriendo la maqueta para evitar que los agentes ambientales tales como polvo dañen la maqueta didáctica.

2.Verificar que los seguros estén colocados correctamente para que los controles no tengan movimiento libre.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág.: 2 de 3	
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206			Código: FED-EDY-P2
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1	
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01	

3.Revisar que las partes mecánicas no tengan posibles fugas de aceite, para que no ensucie la estructura.

4.Revisar que el cable eléctrico no este conectado al toma corriente.

3.1.2. Mantenimiento Semanal.

1. Limpiar las superficies de control por agentes ambientales.

2. Limpiar el área que ocupa la maqueta didáctica para que el polvo y otros elementos no afecten los mecanismos de control.

3. Chequear que el cableado eléctrico no tenga partes libres del protector de plástico.

4. Limpiar posibles derrames de aceite en la estructura, para que este no afecte a la pintura y el polvo no se pegue a la maqueta.

5. Limpiar las partes que tienen rodamientos y rozamientos, como son cojinetes, los belcrans y las uniones de los tubos

	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág.: 3 de 3
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO		
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Código: FED-EDY-P2
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Revisión N°1 Fecha: 2005/10/01

de control ajustables.

3.1.3. Mantenimiento Mensual.

1. Verificar la cantidad de aceite en la caja de transmisión y el rotor de cola.
2. Lubricar las parte móviles.
3. Engrasar los cojinetes y los rodamientos del rotor principal.
4. Verificar que el cable eléctrico este correctamente soldado y no tenga posible cortocircuitos.
5. Chequear los movimientos de los controles de vuelo.
6. Chequear el estado mecánico de la estructura.
7. Comprobar que los seguros cumplan con su correcto desempeño de no dejar libre las partes móviles.
8. Ajustar o cambiar las partes por donde existan fugas de aceite.

4.6. Manual de Verificación.

El Manual de Verificación de este proyecto ayudará a quienes hagan uso de la maqueta, a observar que las condiciones en donde va a operar este sean optimas, además de que antes del uso de la maqueta se compruebe que las condiciones para poder manipular la misma sean las correctas que indican el manual de operación de la maqueta didáctica, puesto que este manual es importante aplicarlo antes de poner en funcionamiento la maqueta didáctica y el manual de verificación asegurará los procedimientos realizados.

El manual de verificación es implementado como un manual de seguridad para quienes utilizan la maqueta, pues indica temas como:

- La verificación del área donde va a funcionar la maqueta didáctica.
- Verificación de los seguros de controles de vuelo, como de las palas del rotor de cola.
- Verificación del voltaje adecuado con el cual funciona la maqueta didáctica.
- Verificación del procedimiento adecuado del encendido así como del apagado de la maqueta didáctica.

	MANUAL DE VERIFICACIÓN		Pág.: 1 de 2
	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206		Código: FED-EDY-P3
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01

1.1. OBJETIVO

Establecer un procedimiento para verificar la maqueta didáctica antes de ponerla en operación.

2.1. ALCANCE

Contempla la maqueta didáctica a ser verificada para la operación para alargar su vida útil.

3.1. PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos requeridos para la verificación de la maqueta didáctica serán los siguientes:

1. Verificar que el voltaje con que trabaja la maqueta didáctica sea el requerido para el sistema (110VCA).
2. Verificar que no exista humedad o líquidos inflamables cerca a las fuentes de alimentación eléctrica, que pueda afectar al sistema eléctrico.
3. Verificar que el switch de encendido este en la posición OFF (apagado), antes de realizar la conexión eléctrica.

	MANUAL DE VERIFICACIÓN		Pág.: 2 de 2
	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206		Código: FED-EDY-P3
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/10	Fecha: 2005/10/01

4. Verificar si existen posibles fugas de lubricante, en los depósitos del mismo.
5. Verificar que las partes que tienen rozamientos, estén lubricados y fuera de polvo que afecten al correcto desempeño de las mismas.
6. Verificar que los seguros de los controles de vuelo estén retirados, al igual que el de rotor de cola.
7. Verificar que el área donde va a funcionar la maqueta didáctica, tenga el suficiente espacio para su correcto desempeño.
8. Verificar que las uniones de los tubos de control ajustables de los controles de vuelo, estén correctamente unidos.

4.7. Hojas de Registro de Operación.

Las hojas de registro de operación de este proyecto, tendrá que realizarse para llevar un control del uso del mismo, con lo que nos ayuda a observar el periodo con el que este es usado y las condiciones en las cuales se desempeño la maqueta didáctica, de manera que se detalle la practica realizada y si hubo contratiempos durante el funcionamiento de la maqueta. También se detalla ítems importantes como:

- Fecha y tiempo en la cual se realizo la operación del equipo y nombres de los responsables de la práctica.
- Detalle de la operación realizada en la maqueta y las condiciones en las que esta opero.
- Detalle de problemas que haya existido durante la operación de la maqueta para poder realizar un mantenimiento apropiado en el tiempo especificado.
- Firmas de responsabilidad del o los instructores quienes realizaron la operación de la maqueta.

	HOJAS DE REGISTROS		Pág.: 1 de 1
	REGISTRO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO		Código: FED-EDY-R1
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01

HOJA DE REGISTRO DE OPERACIÓN

Solicitado Por:

Horas de operación:

Realizado Por:

Fecha de realización de la operación:

N°	Motivo	Prueba Realizada	Observación

Detalles.....

4.8. Hoja de Registro de Mantenimiento

La hoja de registro de mantenimientos ayuda a llevar un control periódico del mantenimiento que se ha realizado a la maqueta con la finalidad de tenerla en óptimas condiciones. En la cual se detalla como:

- Fecha en la cual ha sido realizado el mantenimiento e indicación del tipo de mantenimiento que fue realizado: semanal, mensual o anual.
- Detalle del mantenimiento realizado a la maqueta y las condiciones en las que esta operando.
- Firmas de responsabilidad de las personas quienes han realizado el mantenimiento

	HOJAS DE REGISTROS		Pág.: 1 de 1
	REGISTRO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO DEL HELICÓPTERO		Código: FED-EDY-R2
	Elaborado por: A/C Edison Conlago		Revisión N°1
	Aprobado Por: Sgop. Econ. Kléver Ochoa	Fecha: 2005/10/01	Fecha: 2005/10/01

HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO.

Solicitado Por: Fecha de realización de mantenimiento:

Realizado Por: Fecha de culminación del mantenimiento.

Orden N°

N°	Fecha De Inspección	Detalle de componentes	Trabajo realizado

Detalles.....
.....
.....

4.9. Programa Multimedia de Mantenimiento

Este programa ayudará a llevar un control de mantenimiento práctico de la maqueta didáctica del helicóptero.

Ver Anexo en el CD



Fig.4.1. Pantalla de inicio del Programa de Mantenimiento.

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se detalla los costos de construcción que implica la realización de la estructura y montaje de los controles de vuelo, para poder realizar un análisis económico – financiero del material didáctico que se aporta al Instituto, el mismo que esta acorde con las necesidades de enseñanza – aprendizaje para los instructores y alumnos del Instituto.

5.1. Presupuesto.

En un análisis anterior realizado antes de haber concretado el proyecto, se estableció que el monto aproximado de gastos en la construcción era de 625 USD.

5.2. Análisis Económico.

En el análisis económico se detalla todos los recursos utilizados en la construcción del proyecto y la manera de como han sido distribuidos durante el transcurso de elaboración de la maqueta.

Para lo cual los gastos han sido clasificados de la siguiente manera:

- Materiales
- Maquinaria y herramientas
- Equipo Eléctrico
- Mano de obra
- Otros

5.2.1. Materiales

Este rubro comprende el gasto realizado en la adquisición de todos los materiales que se utilizaron para la realización del proyecto.

En la tabla 5.1. se detallan los valores de los materiales que actualmente rigen en el sector de la construcción.

Tabla 5.1. Costos de los materiales utilizados en el proyecto.

Und.	Detalle	Valor Und.	Subtotal
2	Ángulos 1" x 1/8	6.25	12.50
1	Perfil tipo "G" 8 x 4 cm	20	20
3	Tubo Cuadrado 3" x 3" in	30	90
1	Tubo Rectangular 8 x 3 cm	25	25
1	Plancha de Playwood 12 cm	20	20
1/2lb	Electrodos 6011		5
	Pinturas		20
	Llantas CAP. MAX. 300 lb.		20
	Pernos diferente medida		20
	Total		232.50

5.2.2. Maquinaria y herramienta

La maquinaria y herramientas que se utilizó para la construcción de este proyecto están ubicadas en un taller fuera del instituto, donde se realizaron tareas de corte, suelda, esmerilado y pintado, para lo que el

alquiler de cada una de las máquinas se ha considerado de la siguiente manera:

Tabla 5.2. Costo de utilización de las máquinas – herramientas.

Horas Uso	Detalle	Valor / Hora	Subtotal
3	Equipo de Corte	2	6
6	Equipo de Suelta MIG	3	18
2	Equipo de Suelta Eléctrica	2	4
8	Equipo de Pintura	2.50	20
1	Taladro de Pedestal	2	2
3	Taladro de mano	2	6
2	Amoladora	2	4
	Total		60

5.2.3. Equipo Eléctrico

El costo del equipo eléctrico que comprenden en este proyecto se detalla en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Costo de equipos eléctricos.

Und.	Detalle	Subtotal
1	Motor Eléctrico	100
1	Interruptor	2.50
	Accesorios Eléctricos	15
	Total	117.50

5.2.4. Mano de Obra.

En el diseño, construcción, y pintado de la estructura del proyecto, los gastos de mano de obra esta comprendido de la siguiente manera:

Tabla 5.4. Costos de mano de obra.

Detalle	Subtotal
Diseño de planos	50
Construcción estructura	55
Pintado estructura	10
Total	115

El pintado y montaje de los controles de vuelo ha sido realizado por la persona involucrada en el proyecto, con la ayuda de los Sres. Instructores del Instituto, en especial del Sr. asesor de este proyecto, por lo que no incurre en más gastos de mano de obra.

5.2.5. Otros.

Este rubro comprende a los gastos realizados en Transporte, alquiler de computadoras, consultas de Internet, impresiones, copias, empastados, que son considerados como material de oficina, además de acabados y otros materiales para el correcto funcionamiento del proyecto que son considerados como gastos imprevistos; que vienen a formar un rubro importante y significativo en los gastos de la elaboración de este proyecto. Estos gastos de detallan en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Costos de otros gastos.

Detalle	Subtotal
Transporte	50
Material de oficina	65
Otros imprevistos	30
Total	145

5.3. Costo Total del Proyecto.

Al haber realizado el estudio económico – financiero de este proyecto podemos saber el costo total que incurrirá al finalizar la construcción de este proyecto que satisface las expectativas deseadas de los estudiantes.

Tabla 5.6. Costo Total del Proyecto.

Detalle	Subtotal
Costo Total de Materiales	232.50
Costo Total de Maquinaria y herramientas	60
Costo Total de Equipo Eléctrico	117.50
Costo Total de Mano de obra	115
Costo Total de Otros	145
TOTAL	670

El costo total del proyecto es de seiscientos setenta dólares, el cual es autofinanciado por quien realiza el proyecto.

No podríamos hacer una comparación de costos con una maqueta didáctica similar acerca de los controles de vuelo del helicóptero, puesto que dentro del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es único, el cual hoy ayuda a compartir los conocimientos a los estudiantes de una manera fácil y práctica.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- Se ha cumplido con el objetivo planteado, en un inicio, como fue la construcción de un material didáctico orientado al estudio de los helicópteros, donde consta los mecanismos de controles de vuelo.

- Al implementar este material didáctico a la Escuela de Mecánica Aeronáutica, se aportará al mejor desenvolvimiento de los estudiantes y generaciones venideras durante su tiempo de aprendizaje.

- A lo largo de la investigación de este proyecto, se ha incrementado los conocimientos acerca de los helicópteros, y como este funciona.

- Este proyecto ayudará de mejor manera al desenvolvimiento tanto como del instructor, como para el estudiante, para adquirir conocimientos.

- La estructura tiene la capacidad suficiente de soportar el peso antes indicado, sin que esta sufra algún inconveniente durante el uso de la misma.
- La maqueta didáctica brinda una perspectiva enfatizada del helicóptero que detalla de forma clara al funcionamiento del mismo, para el control durante el vuelo.
- Es necesario contar con material didáctico acorde con la tecnología actual y el presente proyecto está enfocado de una forma práctica el funcionamiento del sistema de controles de vuelo del helicóptero.

6.2. RECOMENDACIONES.

- Que el Instituto brinde las facilidades necesarias a los estudiantes para realizar nuevos proyectos, que serán de gran apoyo tanto como para el instituto como para los estudiantes.
- Los instructores así como los estudiantes en el tiempo que se encuentre en el proceso de enseñanza – aprendizaje hagan uso de este material para poder captar de mejor manera el funcionamiento de un helicóptero.
- El estudiante incrementará ampliamente sus conocimientos y entendimientos de los controles de vuelo por lo que se

recomienda que la manipulación de la maqueta sea manejada por un instructor capacitado e instruido acerca del helicóptero y de la maqueta.

- Durante la operación de la maqueta se debe tener cuidado al poner en movimiento el rotor de cola y los mecanismos de control de vuelo, pues al estar descubiertos, pueden ser peligroso para quienes estén a su alrededor.

- Durante la operación de la maqueta no debe estar objetos ni personas cerca o sobre la estructura, solamente el operador, para de esta manera evitar accidentes graves a terceras personas.

- Se debe dar cumplimiento a las normas de seguridad, como es la intervención de tres personas por lo menos, para que se percatare de la seguridad a los alrededores.

- Para un correcto desempeño de la maqueta revísese periódicamente la lubricación de todos los elementos rotativos para que estos no sufran daños al momento de ser accionados además de que se debe mantener cubierta la maqueta, para no verse afectada las partes móviles donde lleva grasa.

- El instructor, debe de estar bien instruido acerca del funcionamiento de la maqueta, para lo cual deberá de leer los manuales de funcionamiento y ponerlos en práctica, para que no incurra en daños a terceros.

- Se debe nombrar a una persona encargada directamente para que realice los trabajos de mantenimiento de acuerdo al manual de operación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL HELICÓPTERO BELL 206; Bell Helicopter Textron, (1996); Texas – Estados Unidos.

LAS AERONAVES Y SUS MATERIALES; OÑATE Esteban, (1991); Editorial Paraninfo; Madrid – España.

AERODINÁMICA Y ACTUACIONES DEL HELICÓPTERO; AAGE Roed, (1995); Editorial Paraninfo; Madrid España.

AERODINÁMICA PRACTICA; OÑATE Esteban, (1994); Editorial Paraninfo; Madrid – España.

MAQUINAS PRONTUARIO, Larbura N (2001); Editorial Paraninfo; Madrid – España

MANUAL DE MECÁNICA INDUSTRIAL; Tomo I Soldadura y Materiales, (2002); Editorial Cultural S.A.; Madrid España.

MECÁNICA PARA INGENIEROS; J.L. Meriam, L.G. Kraige, Editorial Reverté, S.A.; Buenos Aires Argentina.

AUTODIDÁCTICA OCÉANO COLOR; Tomo 4 Tecnología; (1994);
Editorial OCÉANO; Córdoba España.

MANUAL DE INSTRUCCIÓN HELICÓPTERO ALOUETTE; SE 3160
Edit. Sud – aviation. Tomo 1.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE HELICÓPTEROS. Alouette III. CE.MA.DI. ;
Escuela Técnica de la Fuerza Aérea.

PAGINAS WEB VISITADAS:

<http://www.grupovelasco.com/wgvelasco/L1/prontuario/Estructuras.shtml>.

<http://www.infomecánica.com/materiales>.

<http://www.bellhelicoptertextron.com.ec/>

<http://www.aeroshell.com.ec>

HOJA DE VIDA

NOMBRES: EDISON IVÁN

APELLIDOS: CONLAGO SÁNCHEZ

ESTADO CIVIL: SOLTERO

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

CEDULA DE IDENTIDAD: 171739292-0

FECHA DE NACIMIENTO: 01 DE OCTUBRE DE 1982

EDAD: 23 AÑOS

TIPO DE SANGRE: A RH +

DOMICILIO: CAYAMBE, JUAN MONTALVO CALLE
MEJIA Y ANTISANA N° E 4-72

ESTUDIOS PRIMARIOS: ESCUELA SALESIANA "DOMINGO
SAVIO"

ESTUDIOS SECUNDARIOS: COLEGIO TÉCNICO
AERONÁUTICO DE AVIACIÓN CIVIL.

COLEGIO TÉCNICO AERONÁUTICO
"CRNL. MAYA".

TITULO OBTENIDO: BACHILLER TÉCNICO INDUSTRIAL
ESPECIALIZACIÓN MOTORES DE
AVIACIÓN.

ESTUDIOS SUPERIORES: INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
AERONÁUTICO.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

Conlago Sánchez Edison Iván

DIRECTOR DE CARRERAS

Ing. Guillermo Trujillo

Lugar y fecha.- _____