

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

“ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL BALANCE DE LAS SUPERFICIES PRIMARIAS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO, ENCAMINADO A LA FORMACIÓN TEÓRICO-PRÁCTICA DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”

POR:

LOZANO ZHINGRE DIEGO ALEXANDER

Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de graduación fue realizado en su totalidad por el **Sr. Lozano Zhingre Diego Alexander**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Ing. Rodrigo Bautista

Latacunga, Agosto 13 del 2013

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a todas aquellas personas que me han apoyado a lo largo de estos años de estudio; con sus consejos, su amor y en todos los momentos alegres y difíciles que he tenido que afrontar día tras día.

A mi madre ya que gracias a ella he podido terminar mis estudios superiores, con su apoyo tanto económico como moral; su amor y dedicación hacia mi durante toda su vida.

A mi Mama Bachita que me ha sabido guiar con sus consejos, valores y amor.

Lozano Zhingre Diego Alexander

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios que ha estado siempre conmigo. Guiándome y ayudándome en todo momento. Agradezco a mis profesores que tuvieron la paciencia además de la devoción para formarnos profesionalmente, a través de sus conocimientos y experiencias. A mis madres que me han apoyado con sus sabios consejos, amor y los valores con los que me han educado toda la vida.

Agradezco a mi director de proyecto el Ing. Rodrigo Bautista quien me brindo su tiempo, orientación y paciencia hacia este proyecto.

Agradezco de forma especial al Sgto. Juan Medida ya que gracias a él y al tiempo que me dedico logramos materializar este trabajo con su ayuda y experiencia.

Agradezco a mis compañeros que me ayudaron a lo largo del desarrollo de este trabajo por su determinación y compañerismo.

Lozano Zhingre Diego Alexander

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES	PÁGINAS
Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento	IV
Índice de contenidos	V
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XII
Índice de anexos.....	XIII
Resumen.....	1
Summary.....	2

CAPÍTULO I EL TEMA

1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos.....	2
1.4. Alcance.....	3

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Avión Fairchild FH-227.....	6
---------------------------------	---

2.2 Especificaciones técnicas del avión Fairchild FH-227	7
2.3 Alas.....	8
2.3.1 Funciones principales del ala	9
2.3.2 Componentes estructurales del ala	10
2.3.2.1 Largueros.....	10
2.3.2.2 Costillas	11
2.3.2.3 Larguerillos.....	11
2.3.2.4 Revestimiento	11
2.3.2.5 Materiales de lo que se componen las alas	12
2.4 Transmisión de movimiento a los controles de vuelo	13
2.4.1 Cables.....	13
2.4.2 Poleas.....	14
2.4.3 Turnbukles	14
2.5 Sistema de controles de vuelo	15
2.5.1 Controles de vuelo primarios	15
2.5.1.1 Rudder	16
2.5.1.2 Elevador.....	16
2.5.1.3 Alerones.....	17
2.5.2 Controles de vuelo secundarios	18
2.5.2.1 Spoilers	18
2.5.2.2 Flaps.	18
2.5.2.3 Slats.....	18
2.5.2.4 Estabilizador horizontal	19
2.6 Ejes de movimiento.....	19
2.6.1 Maniobras del avión	20
2.6.1.1 Cabeceo.....	20
2.6.1.2 Alabeo.....	21

2.6.1.3 Guiñada	22
2.7 Banco de pruebas de balance de controles de vuelo	23
2.7.1 Tipos de balanceadores de controles de vuelo	23
2.7.1.1 Balanceador de controles de vuelo de cuchilla doble	23
2.7.1.2 Balanceador de controles de vuelo de cuchilla simple	24
2.7.2 Normas de seguridad para el uso del balanceador	25
2.7.3 Parametros necesarios para el balance de los controles de vuelo	25
2.7.3.1 Momento estático	25
2.7.3.2 Hinge line	26
2.7.3.3 Chord line.....	26
2.7.3.4 Tolerancias	27
2.8 Principales consecuencias de un desbalance	27
2.8.1 Vibración	27
2.8.1.1 Causas de las vibraciones mecánicas.....	28
2.8.1.2 Consecuencias de las vibraciones	28
2.8.2 Fatiga del material.....	29
2.8.2.1 Causas de la fatiga del material	29
2.8.2.2 Consecuencias de la fatiga	29
2.9 Suelda eléctrica	30
2.9.1 Electrodo E-6011	31
2.9.1.1 Nomenclatura.....	31
2.9.1.2 Principales usos	31
2.9.2 Normas de seguridad durante el proceso de suelda	32

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Análisis de alternativas	33
3.1.1 Ventajas/Desventajas de la construcción	33
3.1.2 Ventajas/Desventajas de la compra	34
3.2 Diseño del banco de pruebas.....	34
3.2.1 Programa empleado.....	34
3.3 Análisis estructural	35
3.3.1 Diseño estructural y aplicación de fuerzas	35
3.3.2 Resultados	38
3.3.2.1 Factor de seguridad	38
3.3.2.2 Estrés del material	38
3.3.2.3 Posible deformación.....	39
3.4 Listado del material	41
3.5 Construcción del banco de pruebas	41
3.5.1 Medición y cortado del material	41
3.5.2 Fijación de los perfiles a escuadra	42
3.5.3 Proceso de soldadura de los soportes principales.....	43
3.5.4 Construcción de la bancada del banco de pruebas	44
3.5.5 Proceso de soldadura de los soportes medios	46
3.5.6 Construcción de las cuchillas del banco de pruebas	46
3.5.7 Construcción de las alzas del banco de pruebas	48
3.5.8 Pintado del banco de pruebas.....	50
3.6 Pruebas y análisis de resultados.....	51
3.7 Codificación de máquinas, herramientas y materiales.....	53
3.8 Diagramas de proceso	55
3.8.1 Diagrama de construcción de los soportes principales	57
3.8.2 Diagrama de construcción de la bancada del banco de pruebas.....	58
3.8.3 Diagrama de construcción de los soportes medios	59
3.8.4 Diagrama de construcción de las cuchillas (fija y móvil)	60
3.8.5 Diagrama de construcción de las alzas para el banco de pruebas	61
3.8.6 Diagrama del pintado del banco de pruebas	62

3.8.7 Diagrama de proceso de ensamblaje del banco de pruebas	63
3.9 Manuales de uso, operación y mantenimiento	63
3.10 Análisis económico	68
3.10.1 Talento humano	68
3.10.2 Costos	68
3.10.2.1 Costo primario	69
3.10.2.2 Costo secundario	70
3.10.2.3 Costo total	70

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	71
4.2 Recomendaciones	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Avión Fairchild FH-227	7
Figura 2.2. Alas	9
Figura 2.3. Largueros	10
Figura 2.4. Costillas.....	11
Figura 2.5. Larguerillos y revestimiento.....	12
Figura 2.6. Materiales compuestos.....	13
Figura 2.7. Cable y turnbukle	13
Figura 2.8. Poleas	14
Figura 2.9. Turnbukles	15
Figura 2.10. Rudder	16
Figura 2.11. Elevador	17
Figura 2.12. Alerones	17
Figura 2.13. Spoilers	18
Figura 2.14. Controles de vuelo secundarios	19
Figura 2.15. Ejes principales del avión	20
Figura 2.16. Cabeceo.....	21
Figura 2.17. Alabeo	22
Figura 2.18. Guiñada.....	23
Figura 2.19. Balanceador de controles de vuelo de cuchilla doble	24
Figura 2.20. Balanceador de controles de vuelo de cuchilla simple.....	25
Figura 2.21. Hinge line	26
Figura 2.22. Chord line	26
Figura 2.23. Vibración	28
Figura 2.24. Daños por fatiga del material.....	29
Figura 2.25. Suelda eléctrica o por arco eléctrico.....	30
Figura 2.26. Equipos de protección para suelda eléctrica	32

CAPÍTULO III

Figura 3.1. Representación de la cuchilla en SolidWorks	35
Figura 3.2. Cálculo del área de la cuchilla en SolidWorks	36
Figura 3.3. Propiedades de la cuchilla en SolidWorks	37
Figura 3.4. Aplicación de fuerza en la cuchilla.....	37
Figura 3.5. Factor de seguridad de la cuchilla	38
Figura 3.6. Estrés del material.....	39
Figura 3.7. Desplazamiento del material	40
Figura 3.8. Desplazamiento de la punta de la cuchilla.....	40
Figura 3.9. Cortado del material	42
Figura 3.10. Fijación de la estructura a escuadra	43
Figura 3.11. Proceso de suelda de la estructura	44
Figura 3.12. Construcción de la bancada	45
Figura 3.13. Perforación de los rieles de la bancada.....	45
Figura 3.14. Proceso de suelda de los soportes medios	46
Figura 3.15. Cortado y limado de las cuchillas	47
Figura 3.16. Acabado de las cuchillas	48
Figura 3.17. Alzas del banco de pruebas	49
Figura 3.18. Bases de las alzas del banco de pruebas.....	49
Figura 3.19. Pintado de base verde uniprimer	50
Figura 3.20. Pintado final amarillo caterpillar	51
Figura 3.21. Diagrama del proceso de construcción de los soportes principales	57
Figura 3.22. Diagrama de construcción de la bancada del banco de pruebas.....	58
Figura 3.23. Diagrama de construcción de los soportes medios.....	59
Figura 3.24. Diagrama de construcción de las cuchillas (fija y móvil)	60
Figura 3.25. Diagrama de construcción de las alzas para el banco de pruebas	61
Figura 3.26. Diagrama del pintado del banco de pruebas	62
Figura 3.27. Diagrama de proceso de ensamblaje del banco de pruebas	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Denominación de las cuchillas	35
Tabla 3.2. Listado del material utilizado	41
Tabla 3.3. Tolerancias para el balanceo del alerón.....	53
Tabla 3.4. Codificación de máquinas.	53
Tabla 3.5. Codificación de herramientas.....	54
Tabla 3.6. Codificación de materiales	53
Tabla 3.7. Especificaciones de construcción	55
Tabla 3.8. Simbología de los diagramas de proceso	56
Tabla 3.9. Talento humano	68
Tabla 3.10. Costo primario	69
Tabla 3.11. Costo secundario	70
Tabla 3.12. Costo total.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Planos del balanceador.....	78
ANEXO B Manual de reparación estructural del avión Fairchild FH-227 estaciones del estabilizador y las alas	82
ANEXO C Manual de reparación estructural del avión Fairchild FH-227 procedimiento de balance de los controles de vuelo	85
ANEXO D Máquinas y herramientas utilizadas	88
ANEXO E Señalética del balanceador	90
ANEXO F Tabla del electrodo E6011	93

RESUMEN

El presente trabajo de graduación tuvo como fin la elaboración de un balanceador de controles de vuelo primarios para de este modo ayudar en la formación teórico-práctica de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

En el desarrollo del mismo, contiene información técnica de los componentes estructurales que posee una aeronave además contiene de manera detallada las características técnicas y procedimientos necesarios para la elaboración y manipulación del balanceador de controles de vuelo.

Los manuales obligatorios para su uso, operación y mantenimiento constan en el presente trabajo y en el balanceador para así evitar inconvenientes con el mismo, de acuerdo con los manuales se realizarán las prácticas y el debido mantenimiento mensual o semestral para que de este modo se prolongue su vida útil.

También se adjunta el presupuesto económico necesario para la elaboración del balanceador más los componentes que complementaron el mismo y la mano de obra invertida.

SUMMARY

The present graduation work was aimed to construction of an aircraft control surfaces balancing test tool to thereby assist in the theoretical and practical training of mechanics students from the ITSA.

In its development, contains technical information of structural components having an aircraft also contains in detail the specifications and procedures for the processing and handling of flight control surfaces balancing tool.

The manuals required for use, operation and maintenance contained in this graduation work and the balancer, to avoid problems with the same, according to the manuals were held practices and due monthly or semi-annual maintenance so that in this way prolong its life.

This work also attached the necessary financial budget for construction of the balancer, plus components that complemented it and the labor invested.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes

Previo a la elaboración de un banco de pruebas de este tipo se realizó un estudio de factibilidad del mismo igualmente una investigación del estado actual de los laboratorios y talleres de la Carrera de Mecánica del ITSA tomando en cuenta el material didáctico que existe en los mismos; debido a que para obtener un desempeño eficaz de los estudiantes en el ámbito laboral, es muy importante la utilización de material didáctico aeronáutico dentro del proceso de educación.

La elaboración del banco de pruebas de balance de superficies primarias del sistema de controles de vuelo, surge con la finalidad de optimizar el tiempo y recursos en los procesos de peso y balance de las superficies de mando. Debido a que después de cualquier proceso de modificación, reparación o pintado en dichos controles sea por mantenimiento o reparación estructural se debe realizar un balance del control de vuelo alterado.

El uso de un banco de pruebas como este de mucha importancia ya que este proceso sirve para evitar problemas de vibración y de inestabilidad en la aeronave. Este tipo de bancos de pruebas son manipulados por técnicos en estaciones de reparación mayor tales como el CEMA y ADS en Ecuador.

1.2 Justificación e Importancia

En beneficio a los estudiantes de la Carrera de Mecánica, el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ha venido implementando material didáctico para complementar el aprendizaje teórico-práctico, dicho material se lo debe ir actualizando según el avance del mundo laboral aeronáutico.

La elaboración de un banco de pruebas de balance de controles de vuelo sería de mucha utilidad además de que este tipo de herramientas solo se las encuentra en las estaciones de mantenimiento mayor o empresas dedicadas a la construcción de estas herramientas. Dichas empresas venden este tipo de maquinaria en costos muy elevados. Por tal motivo la elaboración de este banco de pruebas brindaría un gran beneficio a la Carrera de Mecánica y a su vez un ahorro al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un banco de pruebas más un manual de operación y mantenimiento para el balance de las superficies primarias del sistema de controles de vuelo para el avión Fairchild FH-227.

1.3.2 Objetivo específicos

- Recopilar información bibliográfica acerca del banco de pruebas de balance de superficies primarias del sistema de controles de vuelo.
- Clasificar la información concerniente al banco de pruebas tanto la técnica como la teórica.
- Determinar los requerimientos técnicos para la elaboración del banco de pruebas.
- Adquirir el material necesario para la construcción del banco de pruebas.
- Construir un banco de pruebas de fácil movilización.

- Ejecutar las debidas pruebas funcionales al banco de pruebas.
- Elaborarlos debidos manuales de uso, operación y mantenimiento para la correcta manipulación del banco de pruebas.

1.4 Alcance

Este Proyecto posee como alcance:

- Elaborar un banco de pruebas para el balance de las superficies primarias del sistema de controles de vuelo.
- El banco de pruebas se construirá con fines prácticos con el uso de su respectivo manual.
- Optimizar los conocimientos en la materia de Peso y Balance, además de materias acordes al tema de investigación en la Carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Avión Fairchild FH-227¹

La Compañía Fairchild en 1964 se fusiona con la casa fabricante Hiller, creando así Fairchild Hiller Corporation y comenzando los estudios para el desarrollo de un avión de mayor capacidad, utilizando como base de desarrollo el avión Fokker F-27 y su planta motriz Rolls-Royce Dart.

Los trabajos iniciales consisten en un alargamiento de la estructura del fuselaje, agregando un plug delante de las alas, esto aumentaría la longitud de esta en 1.98 m adicionales. Esto permitió pasar de una capacidad de 40 pasajeros en los F 27 a 52 en los FH-227.

Exteriormente, los aviones eran también reconocibles no solo por su mayor longitud, sino que ahora llevaban doce ventanillas ovales por lado, comparados a las diez de los F-27.

Estos modelos iniciales escogieron de una serie de motores los Dart 532-7, los mismos motores de los F-27J que ya venían empleando desde años atrás.

¹http://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_Hiller_FH227



Figura 2.1. Avión Fairchild FH-227

Fuente: http://Flight/Fairchild_Hiller_FH227

2.2 Especificaciones Técnicas del Avión Fairchild FH-227

Tipo: Transporte bimotor de corto/medio alcance

- **Dimensiones**

Longitud: 23.51m

Envergadura: 29m

Altura: 8.41m

Hélices: 3.5m

Diámetro de Fuselaje: 2.46m

Longitud del estabilizador Horizontal: 9.75m

- **Pesos**

Máximo de Despegue: 42.000 lbs

Máximo de aterrizaje: 40.000 lbs

Máximo Peso con Combustible cero: 26.593 lbs

Peso Básico Operacional: 26.593 lbs

Máximo de Carga Útil: 9.707 lbs

Peso de Fabricación vacío: 21.353
Grupo de Alas: 4224 lbs
Grupo de Cola: 1013 lbs
Fuselaje: 4267 lbs
Tren de Aterrizaje: 2.023 lbs
Grupo de Superficies de Control: 549 lbs
Grupo de Nacelas: 965 lbs
Grupo de Propulsión: 4.704 lbs
Grupo de Instrumentos y Navegación: 169 lbs
Grupo Neumático: 132 lbs
Grupo Eléctrico: 1.222 lbs
Grupo electrónico: 167 lbs
Grupo de Muebles y Equipos: 457 lbs
Aire Acondicionado y Anti-hielo: 1.443 lbs

- **Prestaciones**

Velocidad de crucero: 420 km/h
Radio máximo: aproximadamente 1.930 km
Techo operativo: 7.500 m

- **Planta motriz:** 2 turbohélices Rolls Royce Dart Mk 532-7 con inyección de agua/metanol.

2.3 Alas²

En aeronáutica se denomina ala a un cuerpo aerodinámico formado por una estructura muy fuerte estructuralmente, compuesta por un perfil aerodinámico o perfil alar envolviendo a uno o más largueros y que es capaz de generar una diferencia de presiones entre su intradós y extradós al desplazarse por el aire lo que, a su vez, produce la sustentación que mantiene el avión en vuelo.

²Fairchild Hiller FH-227 Series Maintenance Manual /ATA 57

Esto lo consigue desviando la corriente exterior, lo que a su vez (principio de acción y reacción) genera una fuerza cuya componente vertical equilibra al peso. El ala compensará por tanto el peso del avión y a su vez generará sustentación.



Figura 2.2. Alas

Fuente: <http://www.aeronautica.com.ar/Aerodinamica.jpg>

2.3.1 Funciones principales del ala³

- Proveer sustentación y mantener el vuelo compensando el peso del avión.
- Proveer el control del avión en vuelo a través de maniobras y giros.
- Asegurar la capacidad de despegue y aterrizaje del avión, cosa que suele realizar ayudándose de los dispositivos hipersustentadores, aumentando el área efectiva o el coeficiente de sustentación.
- En aquellos aviones con motores en ala es la encargada de sujetar el o los motores y transmitir su empuje al avión. Así como los sistemas necesarios para el sangrado de aire del motor, suministros de combustible al motor y control del motor (cableado, tuberías, drenajes, etc).
- Alojarse el combustible, el ala se ha adaptado para llevar en el interior de su estructura el combustible que el avión utiliza para el vuelo.

³Manual de mantenimiento ATA 57 – Avión Fairchild FH-227

- Luces y señalización. En los extremos del ala suelen encontrarse normalmente luces que son utilizadas para la señalización como por ejemplo, la luces de navegación.
- Soporte de armamento. En los aviones militares los misiles suelen estar montados sobre el ala y el fuselaje.
- Soporte de tanques de combustible externos, muchos aviones (en especial militares) llevan tanques de combustible auxiliares para misiones con el alcance extendido.
- Alojamiento del tren de aterrizaje, muchos aviones tiene parte o bien todo el tren de aterrizaje dentro del ala.

2.3.2 Componentes estructurales del ala

2.3.2.1 Largueros

En los aviones de fuselaje ancho suele haber tres largueros en la raíz. Dos forman la caja de torsión y el tercero asegura la forma cerca del encastre donde el ala es más grande, para luego quedar sólo dos largueros (muchos aviones sólo poseen 2 largueros). Entre los largueros anterior y posterior están situados los depósitos de combustible del ala. La misión de los largueros es dar resistencia deflexión al ala.

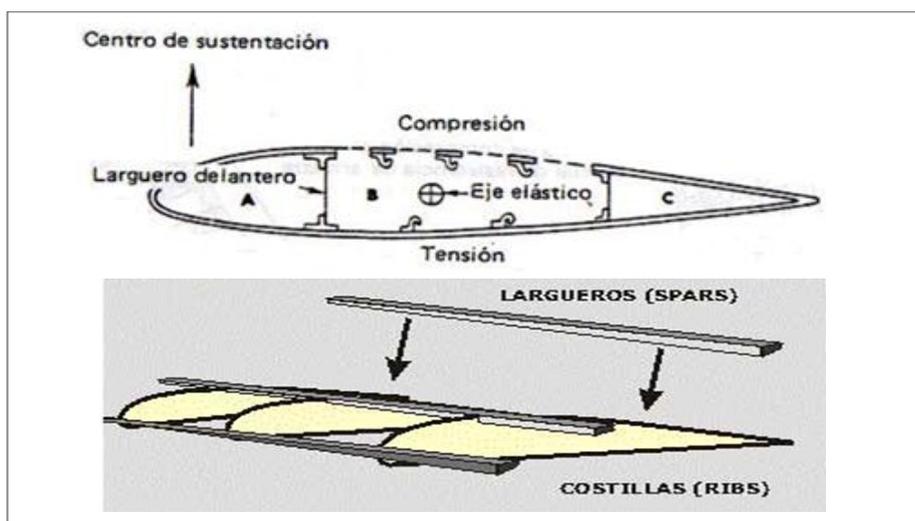


Figura 2.3. Largueros

Fuente: <http://www.apuca.com.ar/Aerodinamica-Fig3.jpg>

2.3.2.2 Costillas

Son estructuras que dan resistencia a torsión al ala. Se encuentra intercalado de manera (más o menos) perpendicular a los largueros. Suelen estar vaciadas para eliminar material no necesario y aligerar peso. Junto con los largueros dan forma a los depósitos de combustible y deben estar preparadas para resistir químicamente el combustible.

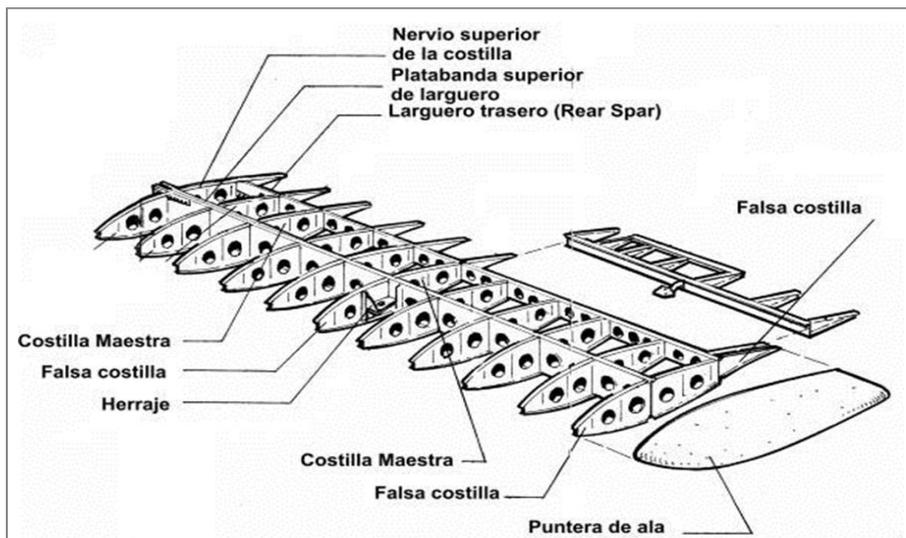


Figura 2.4. Costillas

Fuente: <http://www.apuca.com.ar/Aerodinamica.jpg>

2.3.2.3 Larguerillos

Son pequeñas vigas (más pequeñas que los largueros) que se sitúan entre costillas para evitar el pandeo local del revestimiento. Pueden estar integrados en el propio revestimiento formando una sola pieza (suelen estar integrados de material compuesto).

2.3.2.4 Revestimiento

Es la parte externa del ala, esta ha venido evolucionando por muchos años ya que la misión del revestimiento es resistir esfuerzos cortantes y aislar el combustible del medio ambiente. Por lo que este comenzó con materiales simples hasta los materiales compuestos (aleaciones) que se utiliza hoy en día.

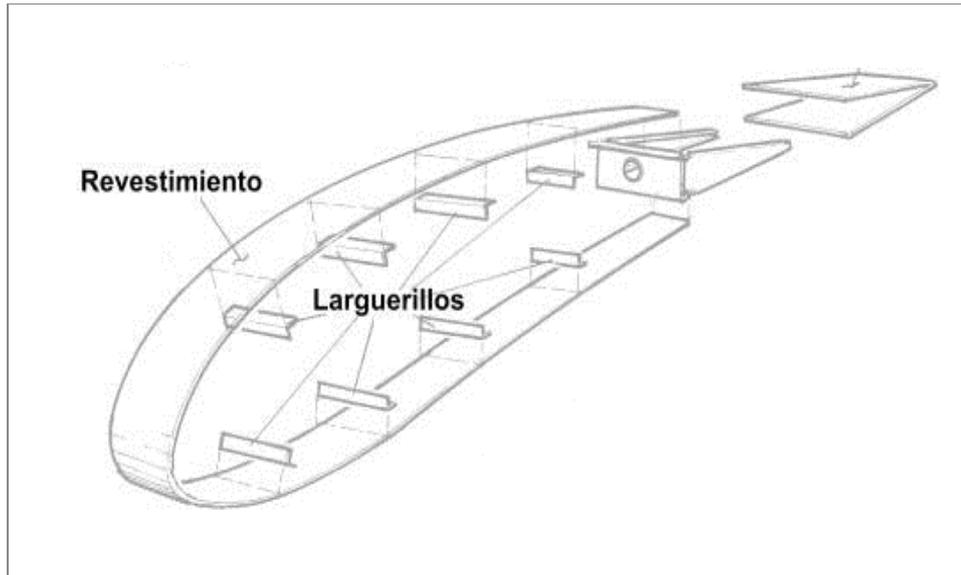


Figura 2.5. Larguerillos y revestimiento

Fuente: <http://www.apuca.com.ar/Aerodinamica>

2.3.2.5 Materiales de que se constituyen las alas

Los materiales compuestos son aquellos materiales que se forman por la unión de dos materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.⁴

Las alas están hechas de materiales compuestos como la fibra de carbono unida en su mayoría con resinas epoxicas, que aparte de ser más ligera, es más resistente y requiere de menos mantenimiento.

El aluminio y sus aleaciones son aplicados en el esqueleto o estructura de las alas, también son muy utilizadas las planchas de aluminio como revestimiento en tabs.

⁴www.Wikipedia/Materiales_Compuestos/carbono/cromo.html



Figura 2.6. Materiales compuestos

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.4 Transmisión de movimientos a los controles de vuelo

2.4.1 Cables

Los cables que actualmente se utilizan en aviación son hechos a base de aleaciones de aluminio para reducir su peso pero al mismo tiempo ser más resistentes a las tensiones y esfuerzos que mantienen estos.



Figura 2.7.Cable y turnbuckle

Fuente: Trabajo de campo

2.4.2 Poleas

Las poleas han sido utilizadas desde los principios de los tiempos y en aviación también han venido ocupando un papel muy importante ya que estas se encargan de distribuir movimiento a todos los mecanismos móviles mecánicos del avión.

Estas al igual que los cables han venido evolucionando hasta llegar a ser fabricados igualmente de aleaciones para que estos puedan soportar los esfuerzos que llevan los cables y a su vez reducir su peso para la aeronave.

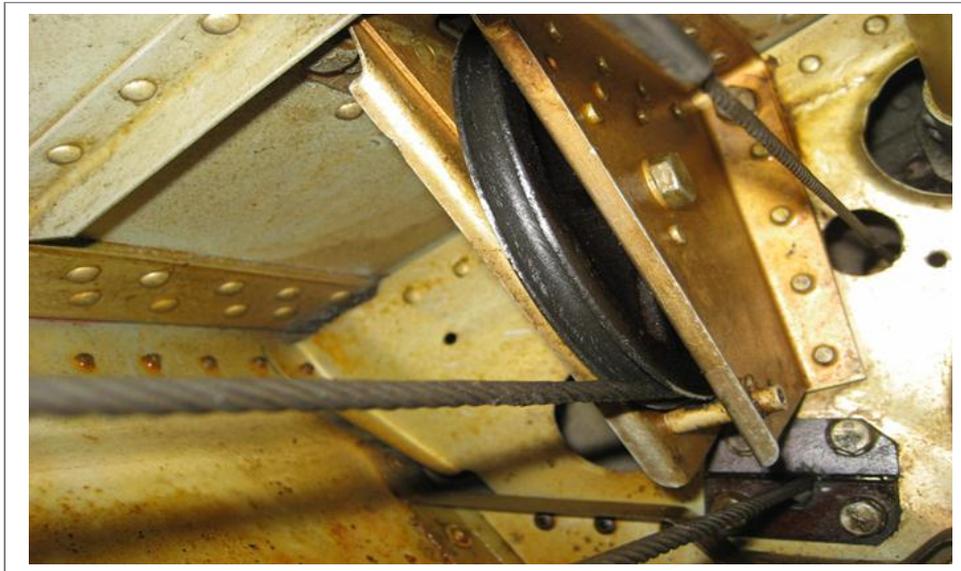


Figura 2.8. Poleas

Fuente: Trabajo de campo

2.4.3 Turnbukles

Un tensor de tornillo o boltscrew es un dispositivo que sirve para ajustar la tensión o la longitud de las cuerdas, cables, barras de acoplamiento, y otros sistemas de tensado, consiste normalmente en dos pernos roscados con punta de ojo, uno atornillado en cada extremo en un marco de metal pequeño, uno con una rosca a la izquierda y el otro con una rosca derecha. La tensión se puede ajustar girando el marco, lo que hace que ambos pernos de ojo puedan ser

atornillados dentro o fuera de forma simultánea, sin torcer los pernos de anillo o cables conectados.

Los tensores son ampliamente utilizados en aeronaves estos utilizan tensores para ajustar la tensión de los cables de refuerzo estructural de las alas. Los tensores también son ampliamente utilizados en los cables flexibles en los sistemas de control de vuelo. En ambos casos, se aseguran con alambre de seguridad o clips metálicos diseñados específicamente para evitar la pérdida de tensión.

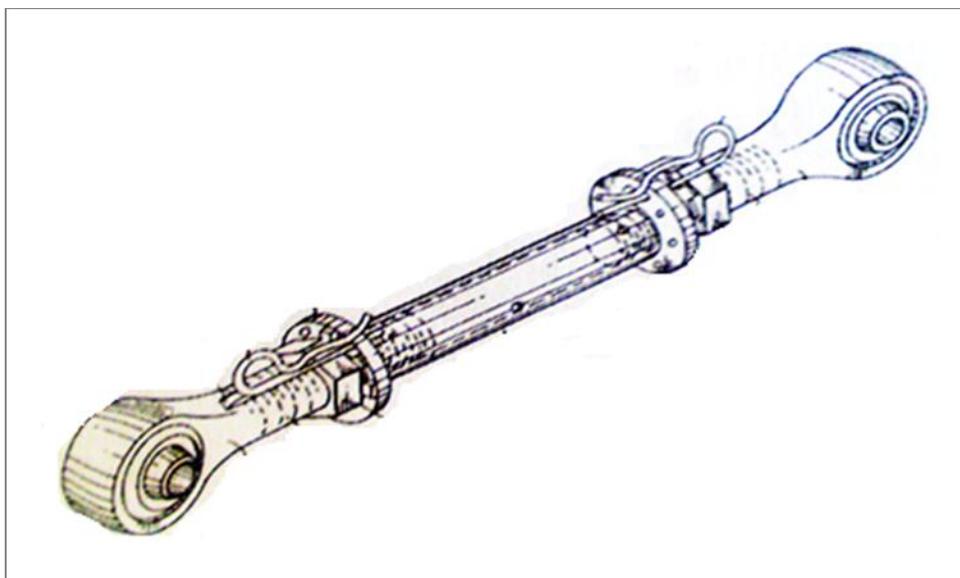


Figura 2.9. Turnbukles

Fuente: <http://Turnbuckle/eye/alumn.html>

2.5 Sistema de controles de vuelo

2.5.1 Controles de vuelo primarios

Los controles primarios de vuelo sin duda que son parte fundamental de todo vuelo ya que gracias a ellos se puede dirigir el avión , virar, ascender, descender, etc.

2.5.1.1 Rudder (timón de dirección)

Es parte fundamental del avión ya que gracias al rudder los aviones toman la dirección deseada. El rudder es la aleta que se encuentra detrás del estabilizador, su movimiento hacia los lados hace girar el avión hacia el rumbo que el piloto elija y se controla oprimiendo los pedales que se encuentran en la cabina de pilotos.

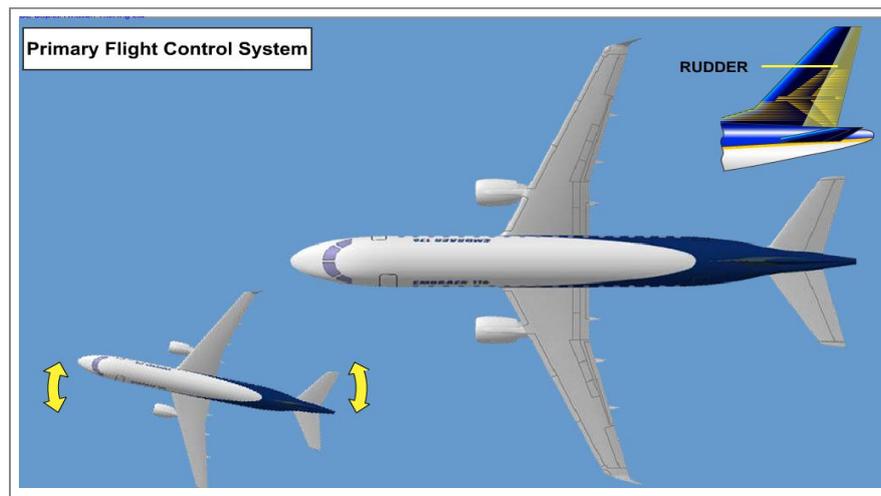


Figura 2.10. Rudder

Fuente: CBT – Embraer 170

2.5.1.2 Elevador

Permite elevar el avión en el despegue y en el aire permite ascender o descender según se quiera, se mueven simultáneamente hacia arriba o hacia abajo cuando el piloto mueve la cabrilla.

Para ascender moverá la cabrilla hacia atrás y para descender la moverá hacia adelante.



Figura 2.11. Elevador

Fuente: CBT – Embraer 170

2.5.1.3 Alerones

Son superficies de mando y control, sirven para hacerlos virajes del avión. Estos se utilizan bajando o subiéndolos. Por ejemplo si el piloto quiere virar hacia la izquierda subirá el alerón derecho.

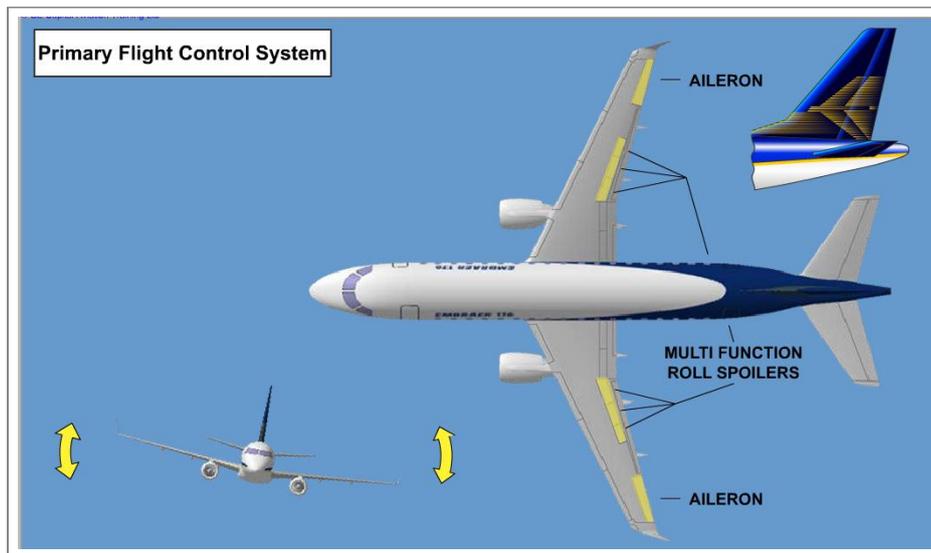


Figura 2.12. Alerones

Fuente: CBT – Embraer 170

2.5.2 Controles de vuelo secundarios

2.5.2.1 Spoilers

Estos sirven para quebrar y romper la sustentación del avión. Funcionan como frenos en el aire y en tierra, se ocupan todos los spoilers bajándolos en un aterrizaje para hacer más eficiente el frenado.



Figura 2.13. Spoilers

Fuente: www.flightsamericanuuss.html

2.5.2.2 Flaps

Estos se encuentran en la parte de fuga del ala, vale decir cerca del fuselaje y sirven para dar o quitar sustentación al avión en vuelo.

2.5.2.3 Slats

Funcionan de manera similar a los flaps con la diferencia que se emplean para generar mayor sustentación del avión. En despegues y aterrizajes.

2.5.2.4 Estabilizador horizontal

Los aviones están diseñados de forma tal que el centro de presiones esté por delante del centro de gravedad, ocasionando un momento de "nariz arriba", que se compensa con el estabilizador horizontal (superficie, con función de sustentación ubicada horizontalmente en la cola del avión). Para disminuir o aumentar el efecto que provoca el estabilizador horizontal, el avión tiene en su parte posterior superficies móviles llamadas elevadores o timón de profundidad.

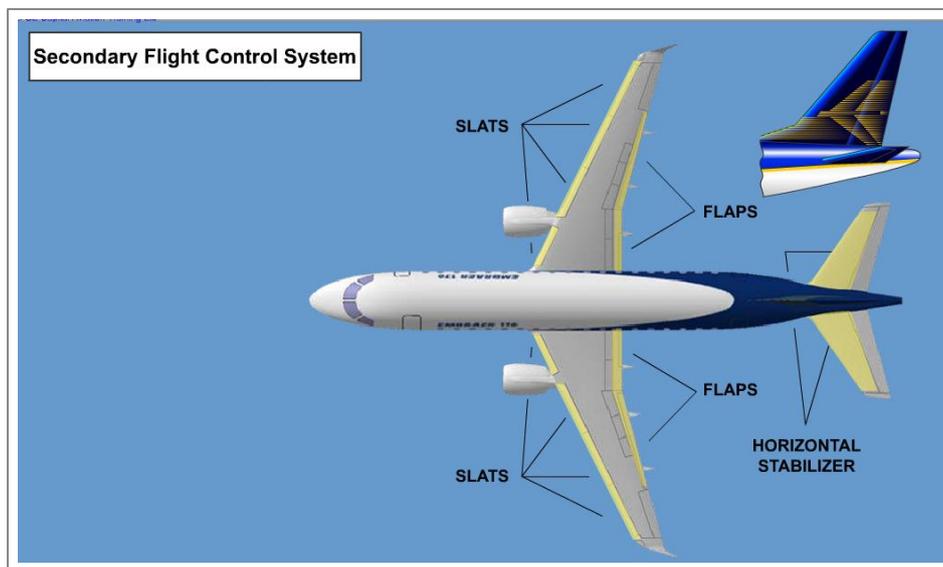


Figura 2.14. Controles de Vuelo Secundarios

Fuente: CBT – Embraer 170

2.6 Ejes de movimiento

Los mandos de vuelo son todos aquellos mecanismos integrados en una aeronave cuyo objetivo es el de accionar las superficies de mando, variando así la orientación y posición del aparato.

Cualquier aeronave será capaz de realizar 3 posibles giros alrededor de 3 ejes perpendiculares entre sí cuyo punto de intersección está situado sobre el centro de gravedad del avión.

Eje: Es la línea imaginaria a través de la estructura del avión, alrededor de la cual se produce un movimiento.

Estos 3 ejes son:

- Eje Lateral con su movimiento Cabeceo (Pitch)
- Eje Longitudinal con su movimiento Alabeo (Roll)
- Eje Vertical con su movimiento Guiñada (Yaw)

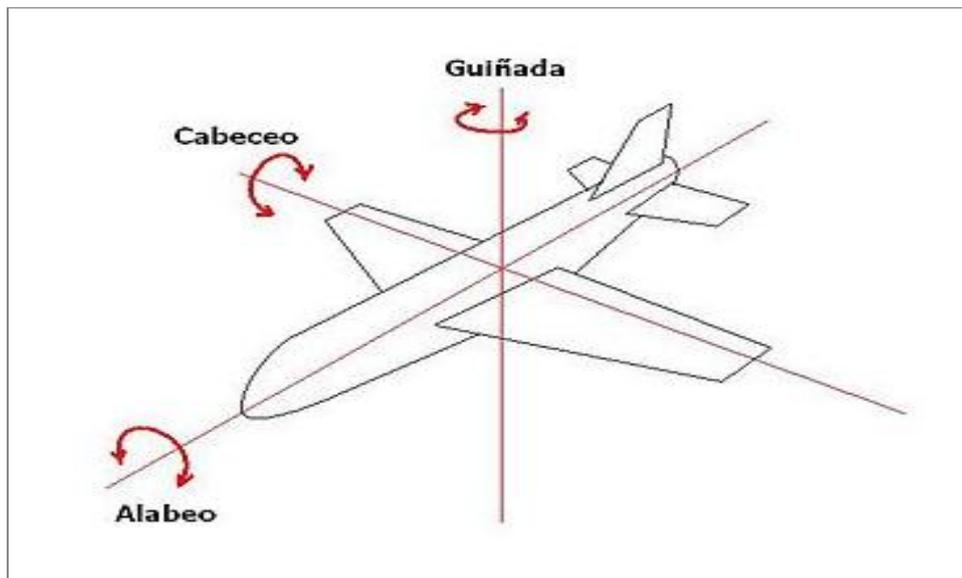


Figura 2.15. Ejes Principales del Avión

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.6.1 Maniobras del Avión

2.6.1.1 Cabeceo

El eje lateral o transversal es un eje imaginario que se extiende de punta a punta de las alas del avión. El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina cabeceo.

El piloto, desde la cabina de mando es capaz de modificar la orientación respecto a este eje a través del timón de profundidad.

Al tirar del bastón de mando hacia atrás (hacia el piloto) se produce una elevación del morro del avión, y al empujarlo adelante se produce una bajada del morro del avión produciendo los ascensos y descensos del avión.

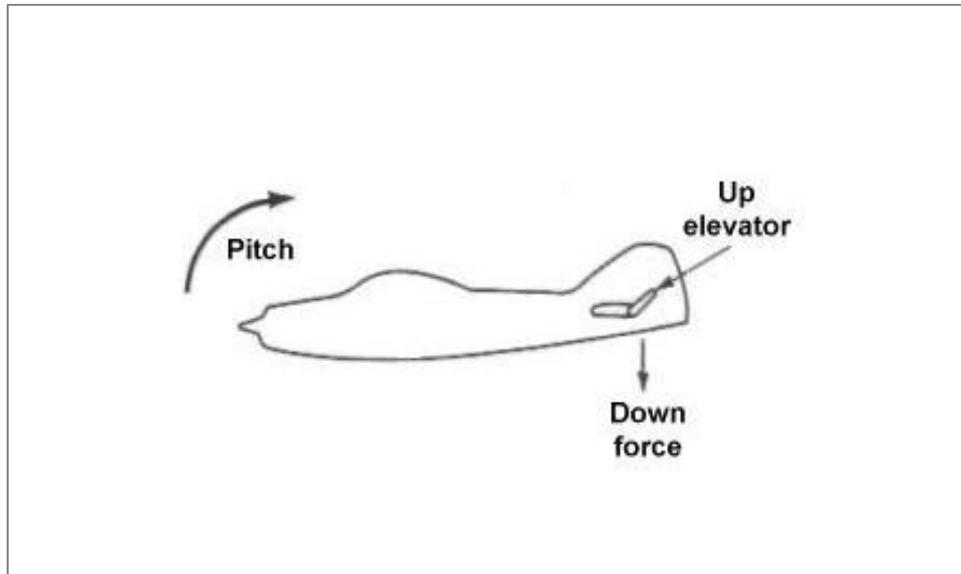


Figura 2.16. Cabeceo

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.6.1.2 Alabeo

El eje longitudinal es un eje imaginario que se extiende desde el morro a la cola del avión. El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina alabeo.

Las superficies de mando del alabeo son los alerones. Al girar el bastón de mando se produce la deflexión diferencial de los alerones: al tiempo que el alerón de una de las alas sube, el alerón de la otra ala baja, siendo el ángulo de deflexión proporcional al grado de giro de los cuernos de mando.

El alerón que se ha flexionado hacia abajo, produce un aumento de sustentación en su ala correspondiente, provocando el ascenso de la misma, mientras que el alerón que es flexionado hacia arriba, produce en su ala una disminución de sustentación, motivando el descenso de la misma.

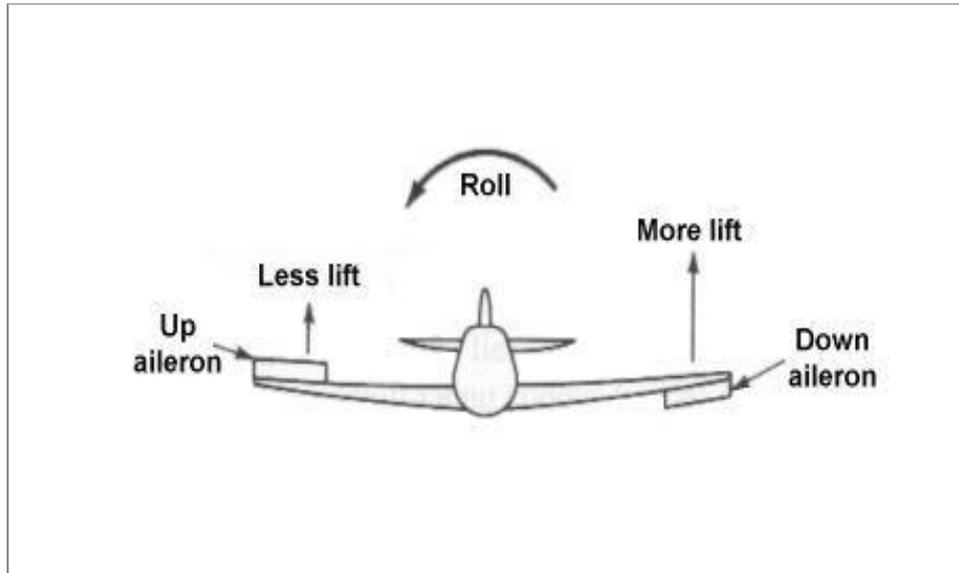


Figura 2.17. Alabeo

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.6.1.3 Guiñada

El eje vertical es un eje imaginario que, pasando por el centro de gravedad del avión, es perpendicular a los ejes transversal y longitudinal. Este eje es perpendicular al eje de cabeceo y al de balanceo, está contenido en un plano que pasa por el morro y la cola del aparato y que normalmente divide a este en dos partes simétricas.

El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina guiñada (movimiento del avión respecto del eje imaginario vertical que pasa por el centro de gravedad de la aeronave). La superficie de mando de la guiñada es el timón de cola o timón de dirección.

El control sobre el timón de dirección se realiza mediante los pedales. Para conseguir un movimiento de guiñada hacia la derecha, el piloto presiona el pedal derecho, generando así el giro de la superficie del timón de dirección hacia la derecha.

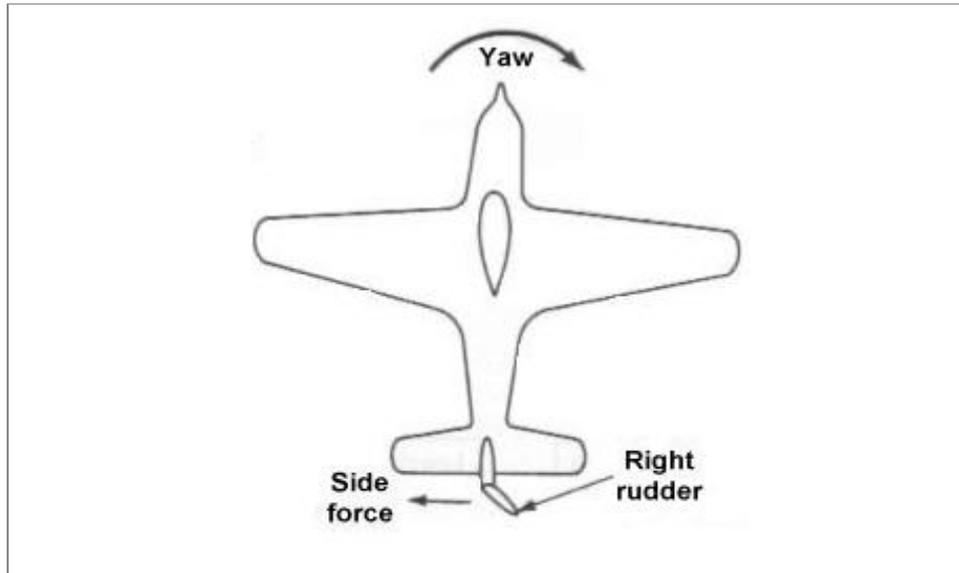


Figura 2.18. Guiñada

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.7 Banco de pruebas de balance de controles de vuelo

El banco de pruebas de balance de controles de vuelo fue creado para determinar el momento estático en la línea de bisagra de las superficies de control de las aeronaves, como resultado de una reparación/modificación o pintado de estas superficies. Ya que el centro de gravedad puede haber cambiado dentro de los límites específicos en los manuales de mantenimiento después de haber realizado este tipo de modificaciones.

2.7.1 Tipos de balanceadores de controles de vuelo

2.7.1.1 Balanceador de controles de vuelo de cuchilla doble

ENMARES⁵-“Control Surfaces Balancing Test Tool”

ENMARES es una empresa que se dedica al diseño y fabricación de este tipo de herramientas especiales que tienen como fin el mundo aeronáutico, naval y militar. Este ha diseñado un balanceador de controles de vuelo para algunas aeronaves como ellos mismos lo mencionan, una de las variables de ellos es que

⁵www.http:\ENMARES\aircrafttestingtools\html

las cuchillas de sus balanceadores vienen a ser dobles pareciéndose a un brazo de palanca, mismo que sirve para el cálculo del momento estático que posee la superficie de vuelo que es colocada ahí.



Figura 2.19. Balanceador de controles de vuelo de cuchilla doble

Fuente: <http://ENMARES/aircraft-control-surfaces-balancing-test-tool/store.com>

2.7.1.2 Balanceador de controles de vuelo de cuchilla simple

La forma de nivelación es la misma que el balanceador de cuchilla doble además de su estructura y maniobrabilidad son iguales.

Este balanceador se diferencia del otro al tener una sola cuchilla móvil ya que la otra es fija, por otro lado el proceso de balanceo de controles de vuelo es casi el mismo a diferencia que en este se utiliza plomadas (pesos hechos de plomo) que van colocadas en la superficie de la cara superior del larguero frontal, luego se determina el pesaje de dichos pesos y esa será la cantidad de peso que se deberá colocar en el caso de que el control de vuelo no esté dentro de las tolerancias dadas.

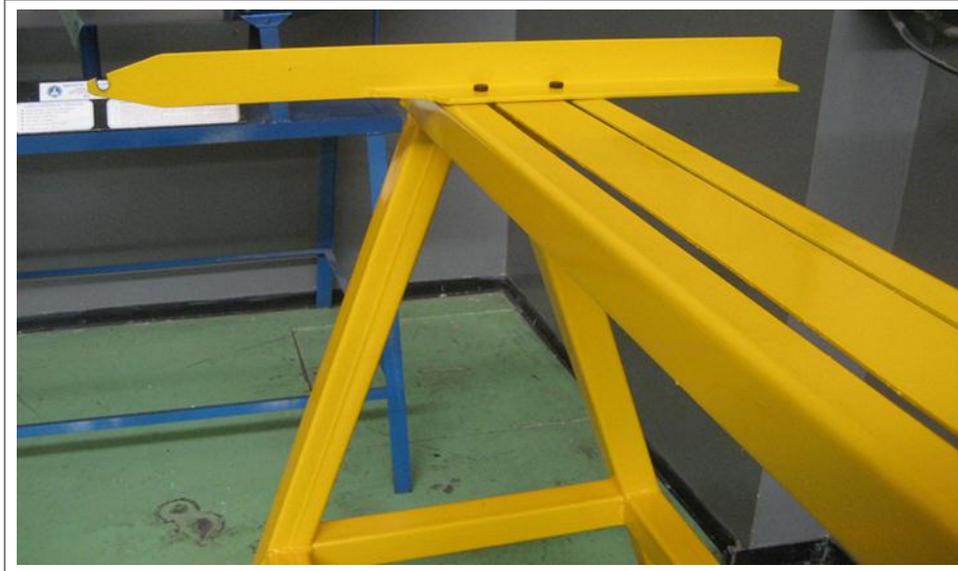


Figura 2.20. Balanceador de controles de vuelo de cuchilla simple

Fuente: Trabajo de campo

2.7.2 Normas de seguridad para el uso del balanceador

Antes de utilizar el balanceador de debe tener en cuenta varias cosas:

- Leer y comprender el manual de funcionamiento del balanceador.
- Utilizar las herramientas adecuadas.
- Acatar las órdenes dadas por las señaléticas colocadas en el balanceador.
(Ver AnexoE)
- Tomar las debidas precauciones proporcionadas por el instructor a cargo.

2.7.3 Parametros necesarios para el balance de los controles de vuelo

2.7.3.1 Momento estático

Se denomina momento estático o de primer orden de una superficie respecto a un eje, al producto del valor de la superficie dada por la distancia del centro de gravedad de dicha superficie al eje.

$$\mathbf{M_o = F \times d} \qquad \mathbf{(1)}$$

2.7.3.2 Hinge Line

Es la línea imaginaria que pasa por medio del eje por el cual pasan los pernos que sujetan el control de vuelo a su estructura de sujeción.

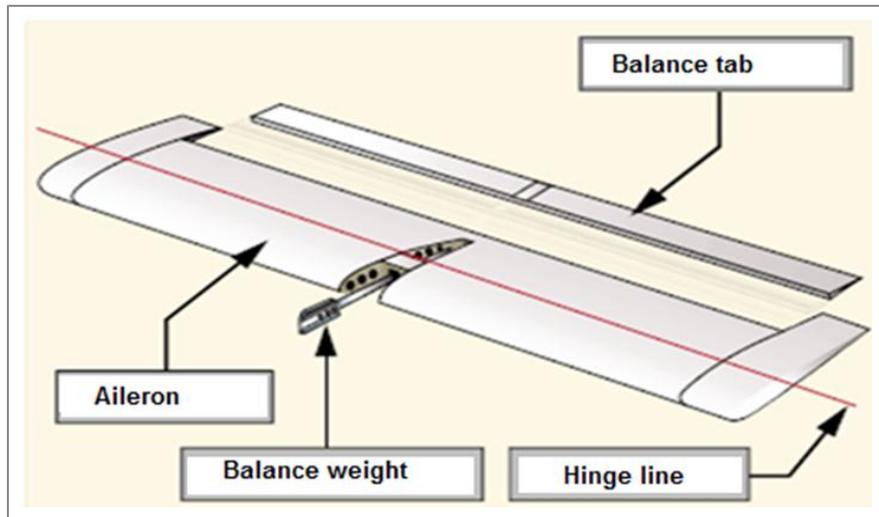


Figura 2.21. Hinge line

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.7.3.3 Chord Line

Es la línea imaginaria que une el borde de ataque (leading edge) con el borde de salida (trailing edge) en un perfil aerodinámico.

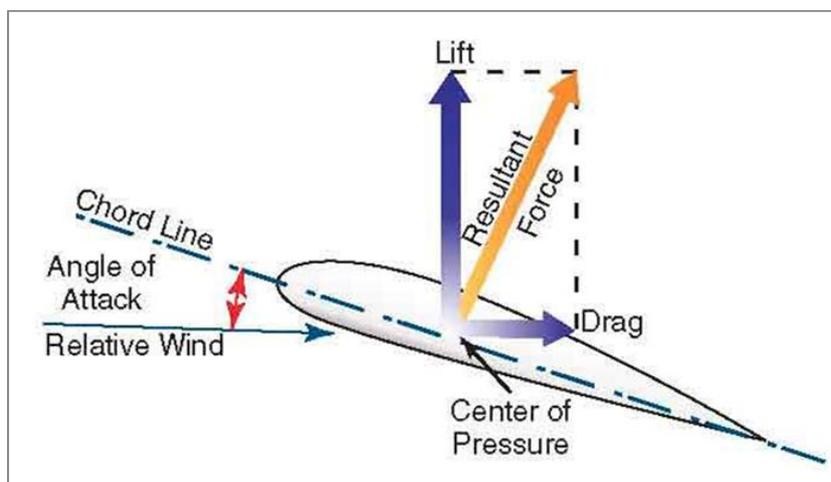


Figura 2.22. Chord line

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

2.7.3.4 Tolerancias⁶

La tolerancia es una definición propia de la metrología industrial, que se aplica a la fabricación de piezas en serie. Dada una magnitud significativa y cuantificable propia de un producto industrial (sea alguna de sus dimensiones, resistencia, peso o cualquier otra) , el margen de tolerancia es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida, lo que determina la aceptación o el rechazo de los componentes fabricados, según sus valores queden dentro o fuera de ese intervalo.

Para el caso del avion fairchild FH-227 tenemos tolerancias dadas por el fabricante y estas estan dentro de su respectivo manual de reparacion estructural. **(Ver Anexo C)**

2.8 Principales consecuencias de un desbalance de los controles de vuelo

2.8.1 Vibración

Las vibraciones son las variaciones periódicas temporales de diferentes magnitudes.

Específicamente, una vibración mecánica es el movimiento de una película o de un cuerpo que oscila alrededor de una posición de equilibrio.

Al intervalo de tiempo necesario para que el sistema efectúe un ciclo completo de movimiento se le llama periodo de la vibración. El número de ciclos por unidad de tiempo define la frecuencia del movimiento y el desplazamiento máximo del sistema desde su posición de equilibrio se llama amplitud de la vibración.

⁶<http://Tolerancia%20deWikipedia,%20la%20enciclopedia%20libre.htm>

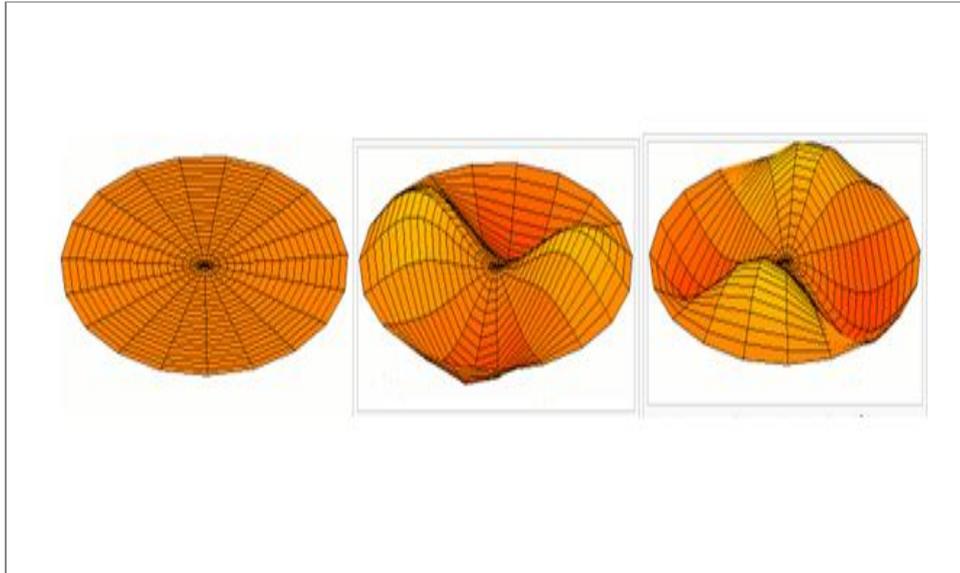


Figura 2.23. Vibración

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/vibracion/jpg>

2.8.1.1 Causas de las vibraciones mecánicas

Son muchas, pero básicamente las vibraciones se encuentran estrechamente relacionadas con tolerancias de mecanización, desajustes, movimientos relativos entre superficies en contacto, desbalances de piezas en rotación u oscilación, etc.

Los fenómenos anteriormente mencionados producen casi siempre un desplazamiento del sistema desde su posición de equilibrio estable originando una vibración mecánica.

2.8.1.2 Consecuencias de las vibraciones

La mayor parte de vibraciones en máquinas y estructuras son indeseables porque aumentan los esfuerzos, las tensiones y las pérdidas de energía que las acompañan. Además, son fuente de desgaste de materiales, de daños por fatiga, de movimientos y ruidos molestos.

2.8.2 Fatiga del Material

La fatiga de material consiste en el desgaste y posterior ruptura de un objeto construido por el ser humano. La fatiga de material, tiene que ver más que nada, con objetos, los cuales, soportan carga. Y nos referimos, a todos los objetos construidos por el hombre, diseñados para soportar peso.

2.8.2.1 Causas de la fatiga

La fatiga del material se produce por las constantes cargas o ciclo de cargas que se aplican sobre un material en una determinada zona. Esta zona despues de un tiempo empieza a presentar microfisuras las cuales no son detectables al ojo humano hasta despues de que estas pasan a ser un problema mayor o causen desprendimientos del material.

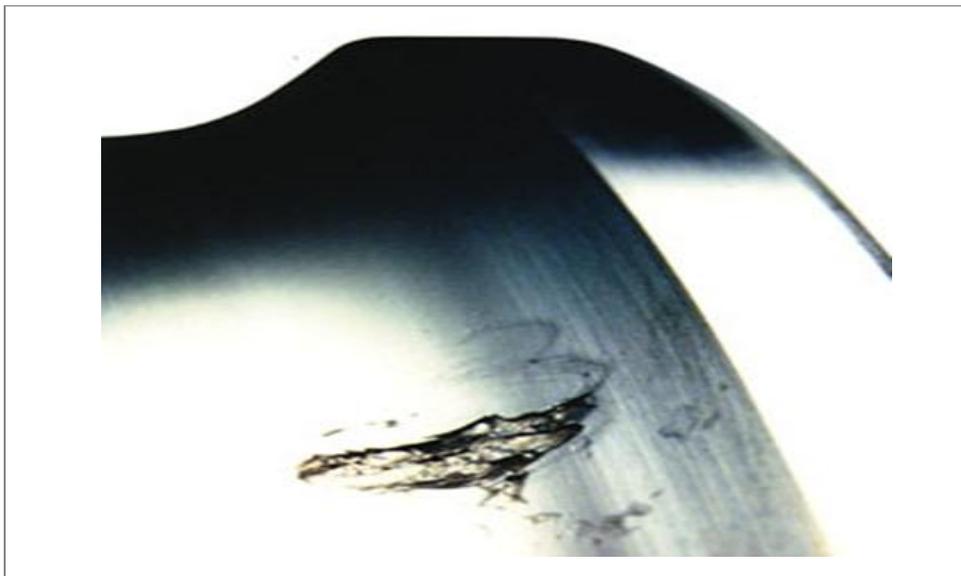


Figura 2.24. Daños por fatiga del material

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/fatige/jpg>

2.8.2.2 Consecuencias de la fatiga

La fatiga de los materiales se da cuando se ejercen fuerzas repetidas aplicadas sobre el material creando pequeñas grietas que pueden llegar a

producir una ruptura del material. Es un fenómeno muy importante, ya que es la primera causa de rotura de los materiales metálicos (aproximadamente el 90%).

2.9 Suelda Eléctrica

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.



Figura 2.25. Suelda eléctrica o por arco eléctrico

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/soldadura/jpg>

En el “punto de unión” las dos piezas forman una junta, la forma y la preparación de ésta junta se rige por:

- El tipo de la unión
- El procedimiento de soldadura con el cual se dará el proceso
- El metal base
- El espesor de la pieza
- Los esfuerzos que tendrán que soportar la pieza a soldarse
- El metal de aportación

2.9.1 Electrodo E-6011

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de soldadura.

2.9.1.1 Nomenclatura

E = Electrodo para soldadura por arco eléctrico.

60 = Que son los primeros números multiplicados por mil indican la resistencia en tracción en miles de libras por pulgada cuadrada.

1 = El número uno indica que este electrodo se puede soldar en toda posición, se usan tres números para este propósito 1, 2 y 3, posibles posiciones de soldar.

1 = Este otro número indica el tipo de revestimiento que tiene el electrodo, en este caso es un celulósico potásico.

2.9.1.2 Principales usos

Este electrodo es apto para utilizarse en todas las aplicaciones de soldadura en Acero Dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración. **(Ver Anexo F)**

- Estructuras Industriales
- Cordón de suelda en tuberías
- Tuberías de oleoductos
- Planchas galvanizadas
- Reparaciones generales

2.9.2 Normas de seguridad durante el proceso de suelda

Mientras se realiza el proceso de suelda se debe tener muy en cuenta estas normas:

- La soldadura sin las precauciones apropiadas puede ser una práctica peligrosa y dañina para la salud. Por eso se debe tener una correcta ventilación en el lugar.
- El riesgo de quemaduras o electrocución es significativo debido a que muchos procedimientos comunes de soldadura implican un arco eléctrico o flama abiertos.
- Se debe tener en cuenta los equipos adecuados mientras se realice el proceso de suelda.
- No se debe llevar objetos metálicos en las manos, ya que estos se convierten en tierra, y estos cerrarían el circuito provocando una electrocución instantánea.
- Llevar puesta la ropa adecuada para el tipo o trabajo de suelda que se vaya a realizar ya que la ropa común es muy inflamable.



Figura 2.26. Equipos de protección para suelda eléctrica

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/soldadura/jpg>

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Análisis de alternativas

Después de la recolección de información técnica pertinente al balance de las superficies de control primarias de vuelo, además de un estudio del material del cual se construirá el banco de pruebas teniendo en cuenta varios de los parámetros que este deberá cumplir junto con un diseño que optimice espacio, material y brinde una fácil maniobrabilidad con el fin de ayudar en la formación teórica-práctica de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para determinar la mejor opción se tomó dos alternativas:

- Construcción del banco de pruebas
- Adquirir el banco de pruebas por compra

3.1.1 Ventajas / Desventajas de la construcción

Ventajas:

- Se puede documentar como se realizó la construcción del banco de pruebas para así en un futuro poderlo optimizar o realizar algún otro modelo en base a este.

Desventajas:

- No poseer las certificaciones del banco de pruebas fabricado en el exterior.

3.1.2 Ventajas / Desventajas de la compra

Ventajas

- Contar con una herramienta propiamente diseñada para aviación.

Desventajas

- La principal desventaja de esta alternativa, sería la importación del banco de pruebas además del elevado precio que este posee.

3.2Diseño del banco de pruebas

3.2.1 Programa empleado

Para el diseño de este banco de pruebas se optó por el software AutoCAD por los siguientes motivos:

- Representación del trabajo en varias vistas (**Ver Anexo A**)
- Presentación del trabajo en 3D
- Variedad en materiales de trabajo
- Una excelente maniobrabilidad
- AutoCAD dibuja figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos.
- AutoCAD es uno de los programas más usados, elegido por arquitectos, ingenieros y diseñadores industriales.

3.3 Análisis estructural

Se realizó el análisis estructural del banco de pruebas en el programa Solidworks, basado en el material que se utilizó y el tipo de cargas al que este será sometido.

El material que se estudiará será:

Tabla 3.1. Denominación de las cuchillas

Material	Clase	Tipo	Medidas
Acero ASTM	A36	Perfil en L	700mm x 50mm x 4mm

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.3.1 Diseño estructural y aplicación de fuerzas

Se partió con el diseño de las cuchillas para luego aplicarle una fuerza de $100 \frac{N}{m^2}$ basado en el peso aproximado de las superficies de control que serán montadas en estas cuchillas, además en las cuchillas se concentrará todo el peso de la superficie de vuelo.

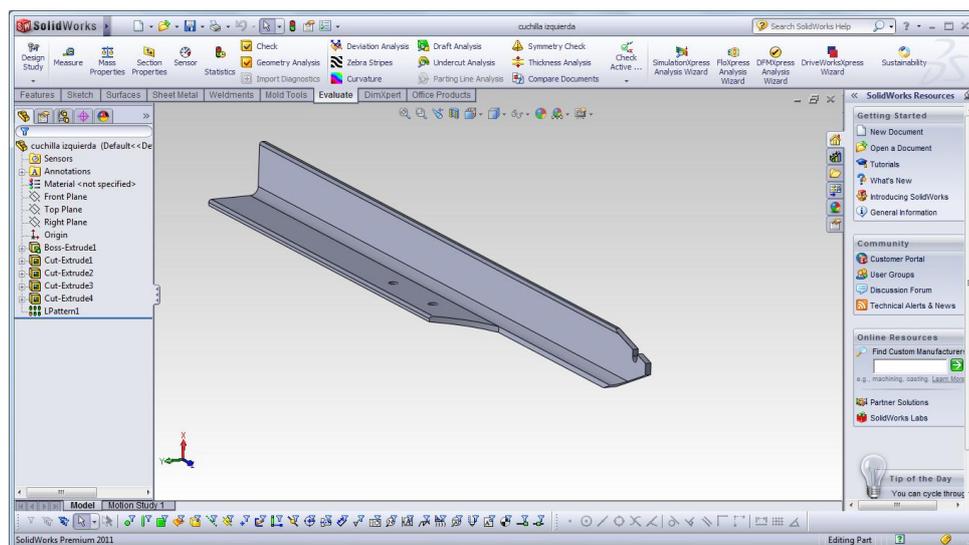


Figura 3.1. Representación de la cuchilla en SolidWorks

Fuente: Trabajo de campo

Una vez diseñada la cuchilla, mediante el uso del programa se calculó el área donde se concentrara el peso para de este modo tener claro donde se situaran las cargas y esfuerzos.

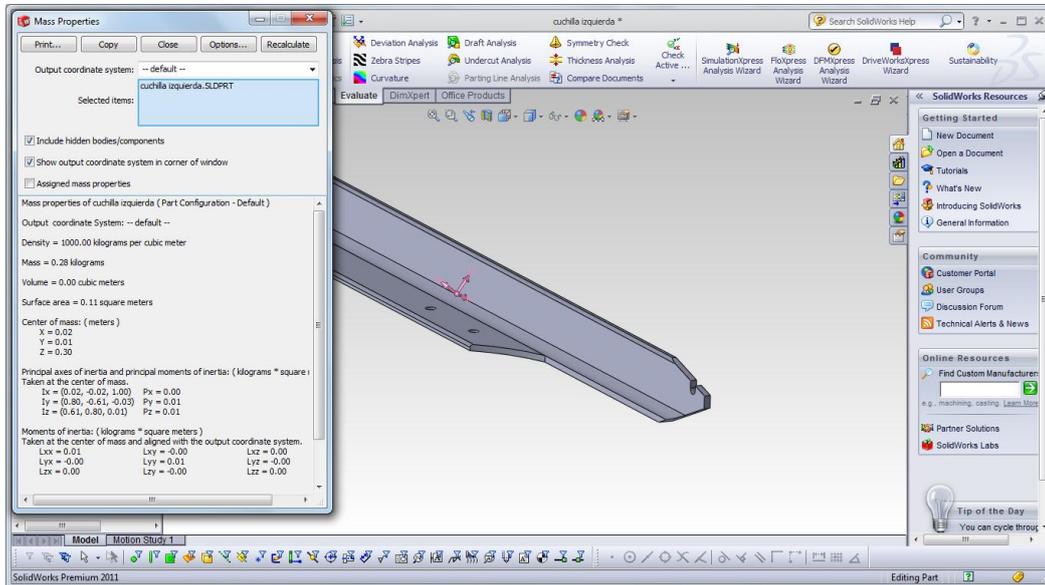


Figura 3.2. Cálculo del área de la cuchilla en SolidWorks

Fuente: Trabajo de campo

Dentro de la ventana de propiedades se observó:

- El área a estudiarse es de $0.11 m^2$
- Su peso es de 0.28 kg
- El material del cual esta echa la cuchilla. (ASTM A36)
- El centro de la masa de la cuchilla en los 3 ejes

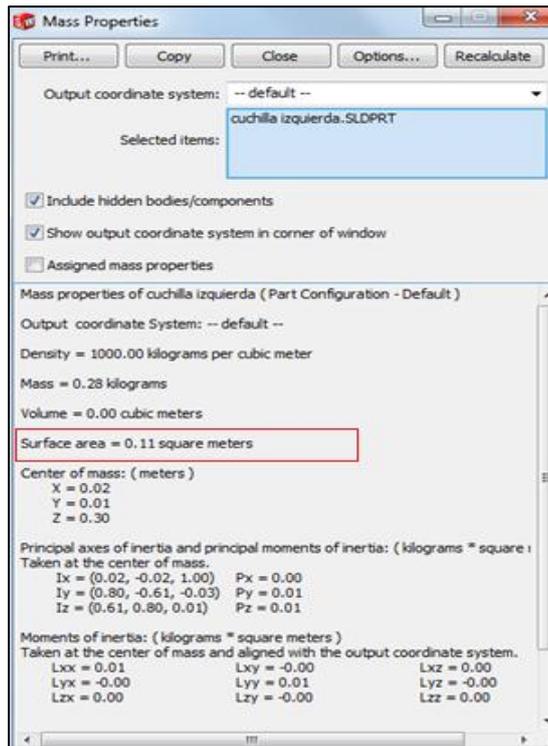


Figura 3.3. Propiedades de la cuchilla en SolidWorks

Fuente: Trabajo de campo

Una vez determinada el área, tipo de acero y las medidas de este. Se aplicó la fuerza por toda el área definida de la cuchilla.

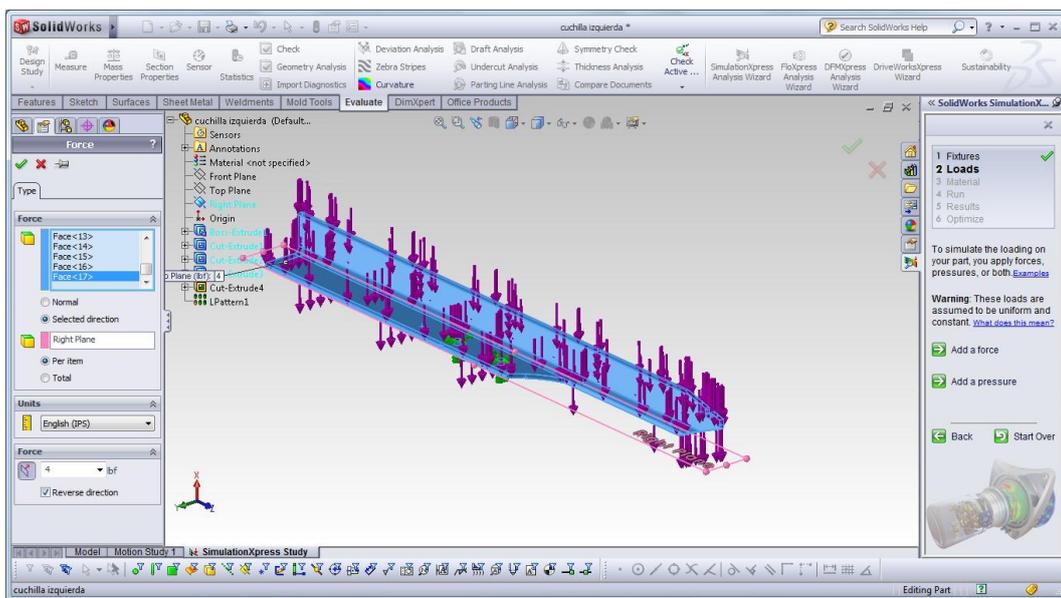


Figura 3.4. Aplicación de fuerza en la cuchilla

Fuente: Trabajo de campo

3.3.2 Resultados

3.3.2.1 Factor de seguridad

Basado en el material de la cuchillas más las medidas que esta posee se determinó que el factor de seguridad es de 3.3 dando a entender que la cuchilla podrá soportar hasta 3 veces la fuerza que se aplicó.

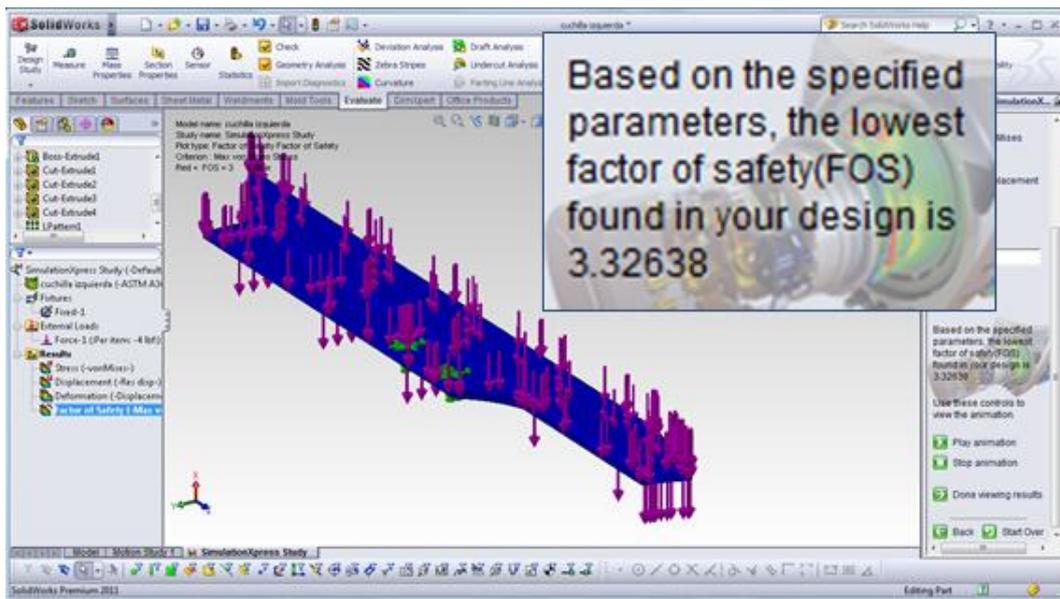


Figura 3.5. Factor de seguridad de la cuchilla

Fuente: Trabajo de campo

3.3.2.2 Estrés del material

La deformación unitaria o módulo de Von Mises se calculó para determinar si existen fallas estructurales al momento de aplicar una fuerza en un diseño determinado.

Dando a conocer de este modo donde se desarrollara la mayor fuerza al momento de utilizar esta cuchilla durante un proceso de balanceo.

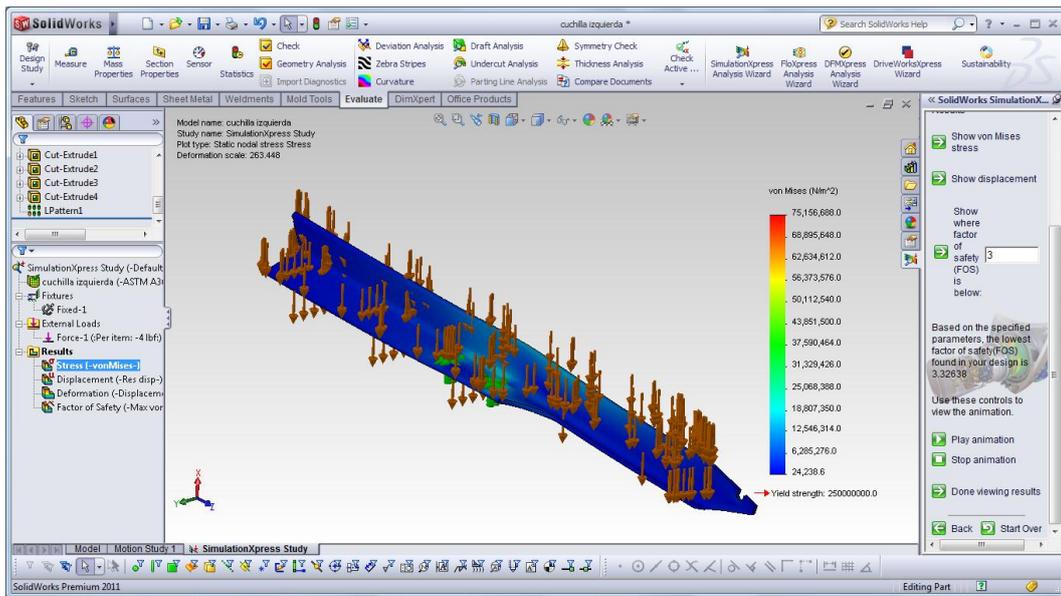
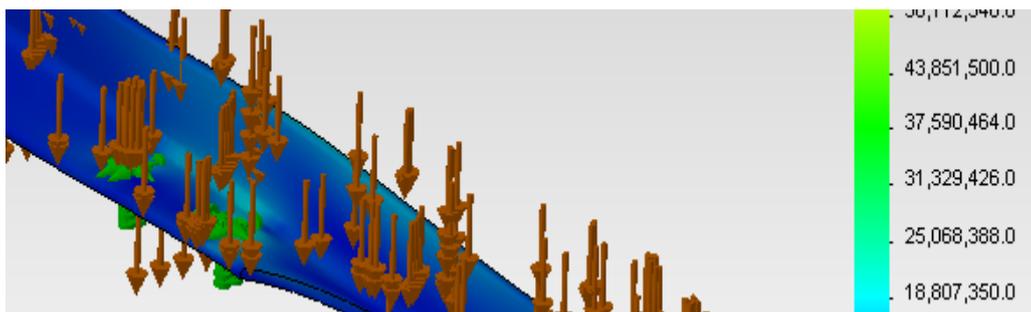


Figura 3.6. Estrés del material

Fuente: Trabajo de campo



3.3.2.3 Posible deformación

Este parámetro muestra como los ciclos repetitivos en una estructura pueden deformarla con el paso del tiempo, para este cálculo se tomó un número determinado de ciclos.

- Numero de Ciclos: 400 ciclos

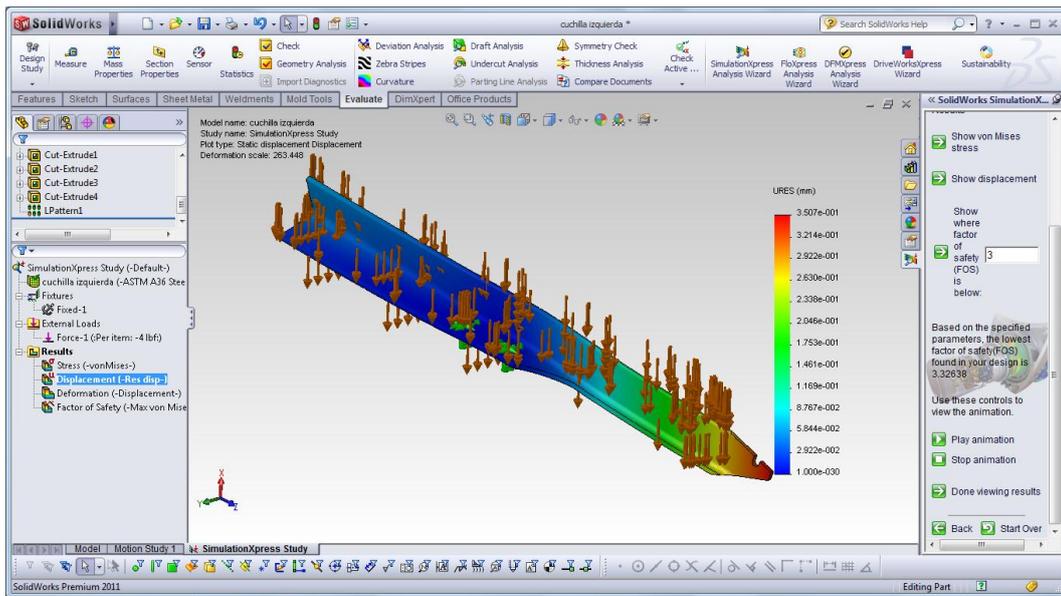


Figura 3.7. Desplazamiento del material

Fuente: Trabajo de campo

En base al análisis se muestra o se puede observar que la deformación que se tendrá en la cuchilla será de 3.214×10^1 en la punta de la cuchilla después de haberse sometido el material a 400 ciclos.

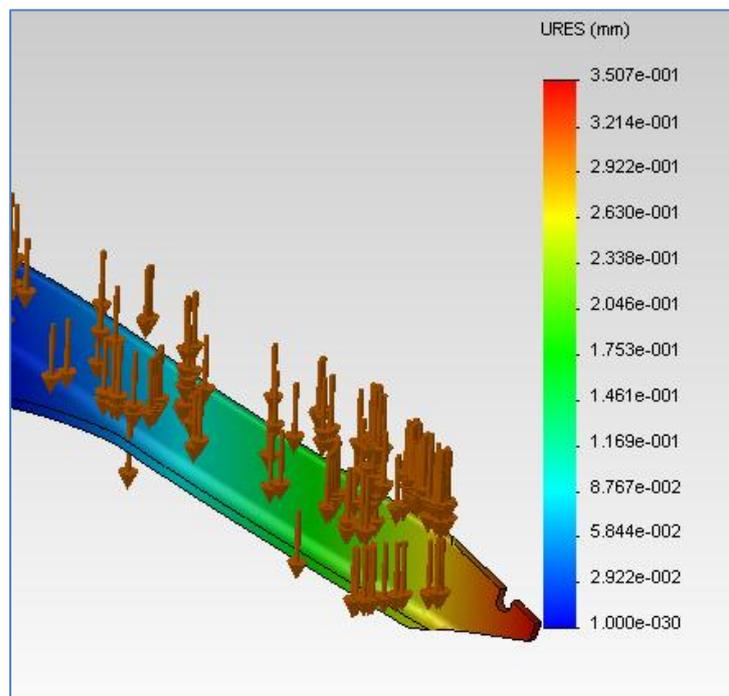


Figura 3.8. Desplazamiento de la punta de la cuchilla

Fuente: Trabajo de campo

3.4 Listado del material

Para la construcción del banco de pruebas se empleó el siguiente material:

Tabla 3.2. Listado del material utilizado

N	Materiales	Medidas
1	Tubo cuadrado estructural de hierro	2" x 3/16" (pulg)
2	Perfil en C de hierro	150 x 50 x 3 (mm)
3	Angulo en L de hierro	2" x 3/16" (pulg)
4	Eje roscado de acero de transmisión	Ø 3/4" (pulg)
5	Tuercas	Ø 3/4" (pulg)
6	Pernos	1(1/2)" x 5/16" (pulg)
7	Arandelas de presión	Ø 5/4"(pulg)
8	Ruedas móviles	Ø 3" (pulg)

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.5 Construcción del banco de pruebas

3.5.1 Medición y cortado del material

Primero se midió el material para posteriormente cortarlo en las medidas establecidas, para esto se empleó un marcador y un flexómetro, las medidas para los primeros soportes son:

Después de medir y el trazar, se procedió a cortar el material con una cortadora industrial para así evitar errores durante el trabajo, se utilizó todas las medidas de seguridad y las herramientas necesarias para este tipo de trabajo. **(Ver Anexo D)**



Figura 3.9. Cortado del material

Fuente: Investigación de Campo

3.5.2 Fijación de los perfiles a escuadra

Después del cortado del material se procedió a unirlos de forma simple sin soldarlos, de esta manera se podría medir nuevamente y unir con una escuadra para que se pueda verificar sus ángulos y rectitud, mediante esto se evitaría problemas futuros al momento de poner la estructura a nivel, el ángulo que la cuchilla debe formar con el plano vertical no debe ser mayor a 10 grados para que tenga una tolerancia de oscilación acorde a las superficies que se colocarán en las cuchillas.

Se realizó este proceso con la ayuda de instrumentos precisos de medición como son:

- Flexómetro
- Niveles
- Calibrador pie de rey
- Escuadra



Figura 3.10. Fijación de la estructura a escuadra

Fuente: Investigación de Campo

3.5.3 Proceso de suelda de los soportes principales

Después de comprobar las medidas se realizó el proceso de suelda de los soportes principales, uniendo primero los perfiles que serían la base del banco de pruebas ya que en estos se distribuirá el peso de la superficie que se desea balancear ayudando así a reducir los esfuerzos provocados por dichas superficies de vuelo.

Para la suelda se empleó los electrodos E6011 los mismos que se utilizó a lo largo de todo el trabajo en la suelda de los soportes principales, medios y bancada. Ya que estos electrodos se ajustan al tipo de material y propiedades que posee la estructura.

Se construyeron:

- 2 soportes de 1m c/u en forma de triángulo.



Figura 3.11. Proceso de suelda de la estructura

Fuente: Investigación de Campo

3.5.4 Construcción de la bancada del banco de pruebas

Para la construcción de la bancada se empleó el perfil estructural en C el cual sirve de apoyo para las cuchillas las cuales realizan el balance de las superficies de vuelo, este perfil se selló de ambos lados para así tener el lugar adecuado donde se pueda soldarlos soportes principales.

La función principal de la bancada es ser un soporte para las dos cuchillas además de poder dar movimiento longitudinal a una de ellas. Para que de este modo se pueda regular la distancia entre cuchillas siendo así una ventaja al momento de colocar superficies de vuelo de otras aeronaves con diferentes medidas sean estas en el alerón, rudder o elevador. Siempre y cuando estén estas superficies dentro de los parámetros del balanceador.

- Las medidas de la bancada son:3000mm x 50mm x 150mm



Figura 3.12. Construcción de la bancada

Fuente: Investigación de Campo

Luego de haber soldado, fijando la bancada a la estructura se procedió a realizar los rieles en la bancada por medio de una moladora con un disco de corte de 1/16 x Ø 7" con el fin de que una de las cuchillas se convierta en móvil.

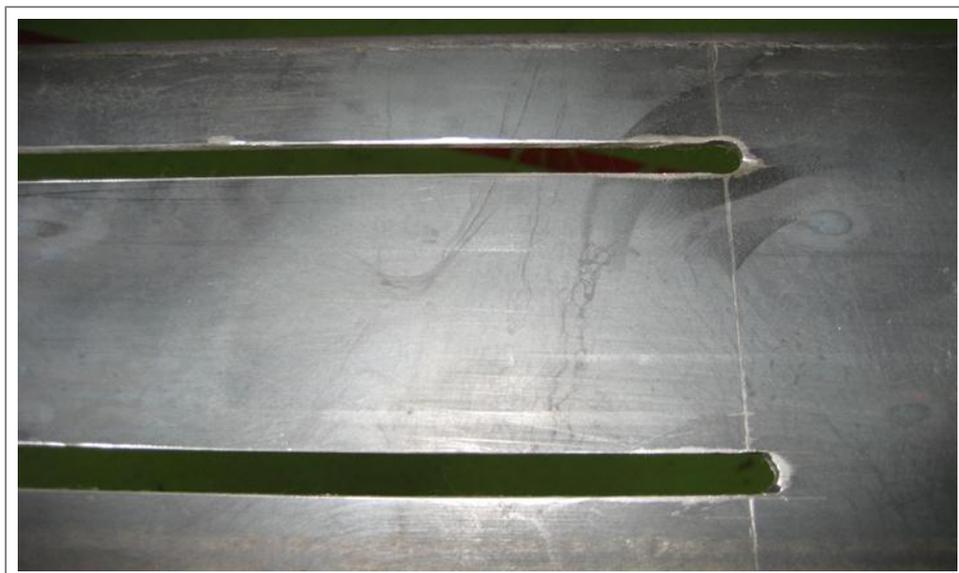


Figura 3.13. Perforación de los rieles de la bancada

Fuente: Investigación de Campo

3.5.5 Proceso de suelda de los soportes medios

Una vez realizado el proceso de suelda de los soportes principales con la bancada, se procedió a realizar la suelda de los soportes medios los cuales evitaran el pandeo de la estructura.



Figura 3.14. Proceso de suelda de los soportes medios

Fuente: Investigación de Campo

3.5.6 Construcción de las cuchillas del banco de pruebas

Para la construcción de las cuchillas se empleó perfil en L de 1.40m de largo el cual fue cortado en 2 partes iguales obteniendo así 2 perfiles de 0.7m de largo c/u.

Los perfiles fueron cortados y desbastados una distancia de 6cm en su cara inferior, para así tener un lado plano en el eje vertical, el cual será la cuchilla interna que ingresará dentro de la superficie de vuelo, sujetándose de los pernos que forman la hinge line.

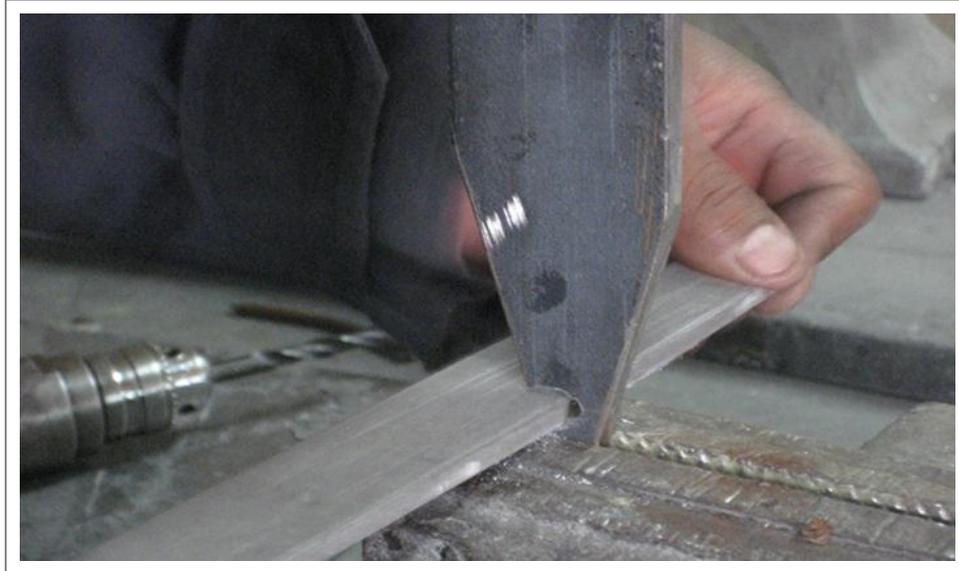


Figura 3.15. Cortado y limado de las cuchillas

Fuente: Investigación de Campo

Luego de haber perforado en el extremo exactamente 5mm de su punta se procedió a limarlo, eliminando así discontinuidades del perforado, después de su limado se realizó un lijado utilizando una lija 220 ya que da un acabado cercano al pulido.

Medidas:

- 0.6m de largo
- Abertura para pernos de 8mm de diámetro
- Punta de cuchillas de 1 cm
- Largo de la cuchilla interna de 6cm
- Espesor de la cuchilla de 6mm



Figura 3.16. Acabado de las cuchillas

Fuente: Investigación de Campo

3.5.7 Construcción de las alzas del banco de pruebas

Para realizar un correcto balance de las superficies de vuelo de acuerdo con el manual el banco de pruebas debe estar correctamente balanceado en todo su estructura para que de este modo el nivel que tenga el suelo no interfiera con el proceso y lectura del balance hecho. Así de este modo se construyeron alzas para el banco de pruebas una en cada lado.

A través de los niveles se podrá conseguir un nivel de cero para poder comenzar con el proceso de balance de dichas superficies.

Para la construcción de estas alzas se utilizó un eje roscado de acero de transmisión de $\varnothing 3/4"$ x 1m de largo, el cual es recomendado para absorber cargas y esfuerzos.

Las medidas de las alzas son:

- 25cm de alto
- $3/4"$ de diámetro
- 13mm de alto de la base
- 15cm de largo (brazo del alza)



Figura 3.17. Alzas del banco de pruebas

Fuente: Investigación de Campo

Se cortó el material (acero de transmisión) en 4 partes iguales de 0.25m c/u estos fueron soldados dentro de la estructura para así no tener problemas de daños externos al dejar descubiertos estos ejes.

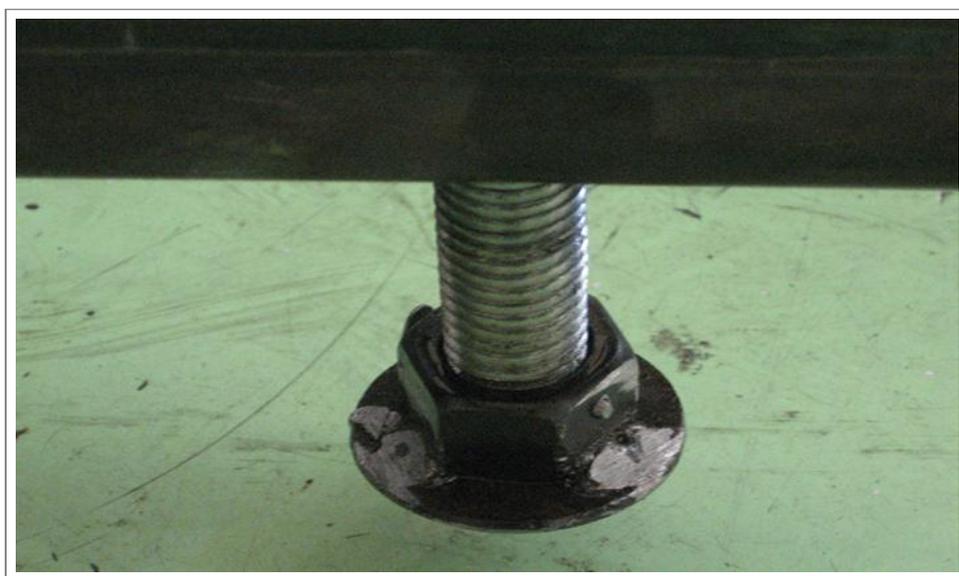


Figura 3.18. Bases de las alzas del banco de pruebas

Fuente: Investigación de Campo

3.5.8 Pintado del banco de pruebas

El proceso de pintura fue llevado a cabo después de haber realizado una minuciosa inspección de todos los componentes del banco de pruebas, revisando que estos no presenten problemas en sus puntos de suelda. Una vez hecho esto, se procedió a pintar la estructura con una base verde de pintura poliuretano, esta pintura es la que se utiliza en aviación por sus características anticorrosivas.



Figura 3.19. Pintado de base verde Uniprimer

Fuente: Investigación de Campo

Se empleó todas las medidas de seguridad para el empleo de esta pintura:

- Una ventilación adecuada al trabajar con pinturas de poliuretano, dado que los vapores del disolvente son muy fuertes.
- Se recurrió a una mascarilla con filtro, ya que los otros tipos de mascarillas (tela, papel, etc) no funcionan con esta pintura.
- Se utilizó un traje especial de protección para el resto del cuerpo.



Figura 3.20. Pintado final amarillo Caterpillar

Fuente: Investigación de Campo

3.6 Pruebas y análisis de resultados

En base a una prueba se demostrará que el balanceador de superficies de vuelo cumple con su objetivo:

“Encontrar el momento estático de la superficie de vuelo que en este caso es un alerón izquierdo del avión Fairchild FH-227, basándose en las tolerancias dadas por el fabricante en el manual de reparación estructural”. **(Ver Anexo C)**

Empleando el manual de reparación estructural se tomó 3 estaciones, utilizando plomadas (pesos hechos de plomo) se demostrará que el alerón está o no dentro de las tolerancias. **(Ver Anexo B)**

Estaciones del alerón utilizadas para el balance:

- 110.39
- 129.724
- 69.409

Proceso de balance del alerón izquierdo:

Tabla 3.3. Tolerancias para el balanceo del alerón

Superficie	Nose heavy	Tail heavy
Alerón	0 + 20 in.lbs	0

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

Pesos:

- 1lb
- 0.7 lb
- 0.3 lb

Distancias a las cuales se tuvo el cero entre la línea horizontal y la línea de cuerda:

Para 1lb = 4cm

Para 0.7 lb = 9cm

Para 0.3 lb = 12cm

- 1) Transformamos las distancias obtenidas en centímetros (cm) a pulgadas (in).
- 2) Luego esta distancia se multiplica por el peso añadido y este viene a ser el momento estático del control de vuelo.

Resultado:

$$4\text{cm} = 1.574 \text{ pulg} \times 1\text{lb} = 1.574 \text{ in.lbs}$$

$$9\text{cm} = 3.543 \text{ pulg} \times 0.7 \text{ lb} = 2.48 \text{ in.lbs}$$

$$12\text{cm} = 4.724 \text{ pug} \times 0.3 \text{ lb} = 1.417 \text{ in.lbs}$$

Análisis del resultado:

Las medidas obtenidas en base al cálculo del momento estático están dentro de las tolerancias dadas por el manual de reparación estructural del avión Fairchild FH-227. En base a esto se puede decir que el alerón izquierdo esta en balance estático.

3.7 Codificación de máquinas, herramientas y materiales:

Tabla 3.4. Codificación de Máquinas.

N°	MÁQUINA	CARACTERÍSTICAS	CODIGO
1	Cortadora Eléctrica	110v	M1
2	Compresor	110v	M2
3	Esmeril	110v	M3
4	Moladora Eléctrica	110v	M4
5	Suelda Eléctrica	110v – 220v	M5
6	Taladro de Mano	110v	M6
7	Torno	110v – 220v	M7

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

Tabla 3.5. Codificación de Herramientas.

N°	HERRAMIENTA	CÓDIGO
1	Brocas	H1
2	Calibrador Pie de Rey	H2
3	Escuadra	H3
4	Flexómetro	H4
5	Lima - Lija	H5

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

Tabla 3.6.Codificación de materiales

N°	MATERIAL	CÓDIGO
1	Arandelas de Presión	MM1
2	Electrodos 6011	MM2
3	Eje Roscado de Acero de Trasmisión	MM3
4	Niveles	MM4
5	Pernos	MM5
6	Perfiles en L y C	MM6
7	Pintura	MM7
8	Ruedas	MM8
9	Tubo Cuadrado Estructural	MM9
10	Tuercas	MM10
11	Tiñer Poliuretano	MM11

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

Tabla 3.7. Especificaciones de construcción

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MÁQUINA	HERRAMIENTA	MATERIAL
1	Medición del material		2 - 3 - 4	3 - 6 - 9
2	Trazado		2	3 - 6 - 9
3	Corte	1		3 - 6 - 9
4	Inspección de dimensiones		2 - 3 - 4	
5	Proceso de soldadura	5		2
6	Perforaciones	4 - 6	1	3 - 6 - 9
7	Pintura	2		7 - 11
8	Acabados	4	5	1 - 4 - 5 - 8 - 10

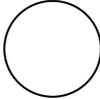
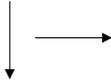
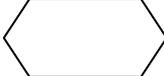
Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.8 Diagramas de proceso

Para la elaboración de los diagramas de proceso se tomó los siguientes símbolos que servirán para explicar de una forma más simple aquellas fases y procesos por los cuales tuvo que pasar el banco de pruebas.

Tabla N° 3.8. Simbología de los Diagramas de Proceso.

N°	SIGNIFICADO	SIMBOLOGÍA
1	Operación	
2	Inspección o comprobación	
3	Líneas de procesos	
4	Producto terminado	

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.8.1 Diagrama del proceso de construcción de los soportes principales

Material: Acero estructural

Cantidad: 2 unidades

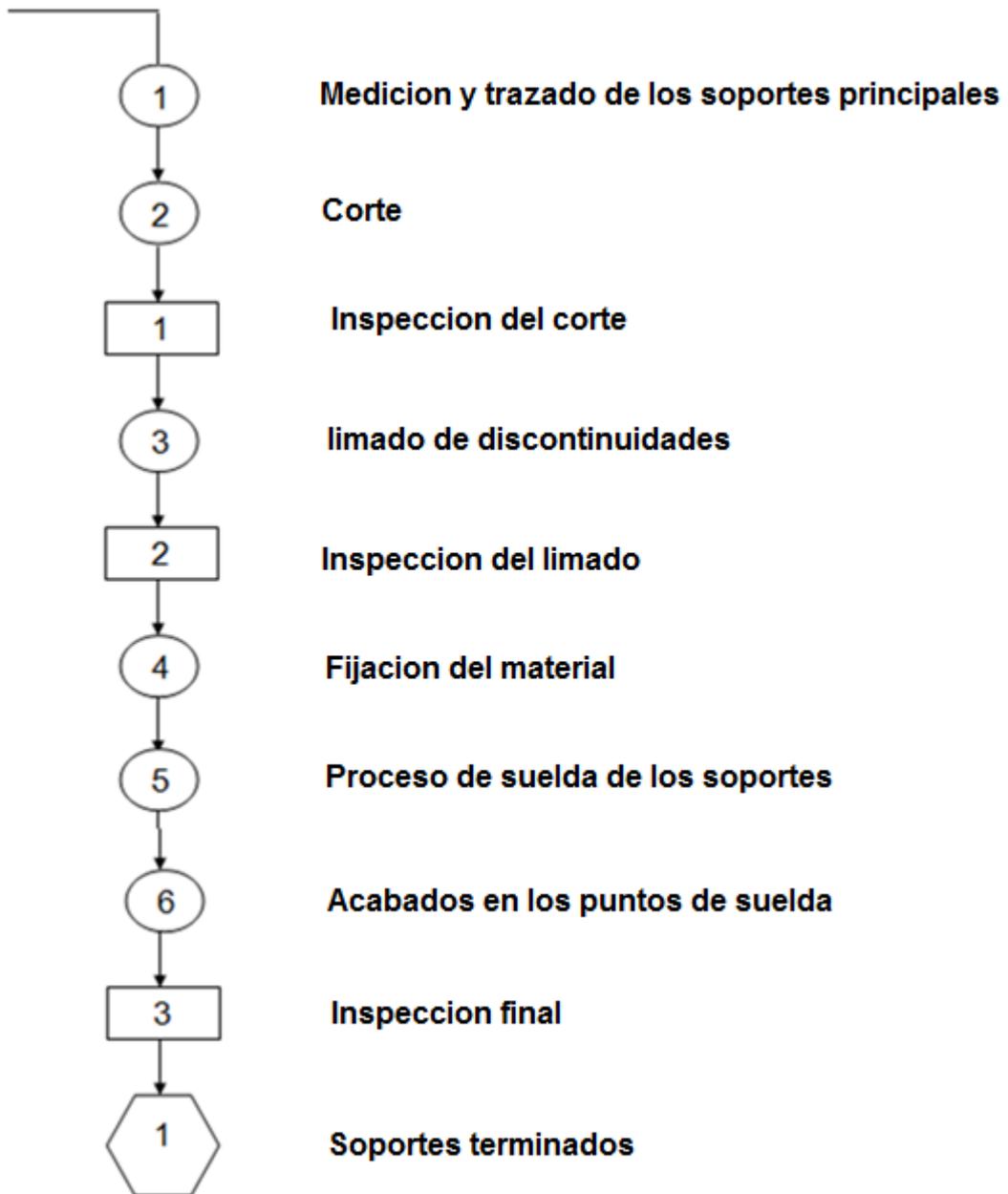


Figura 3.21. Diagrama del proceso de construcción de los soportes principales

Fuente: Investigación de Campo

3.8.2 Diagrama de construcción de la bancada del banco de pruebas

Material: Acero estructural

Cantidad: 1 unidad

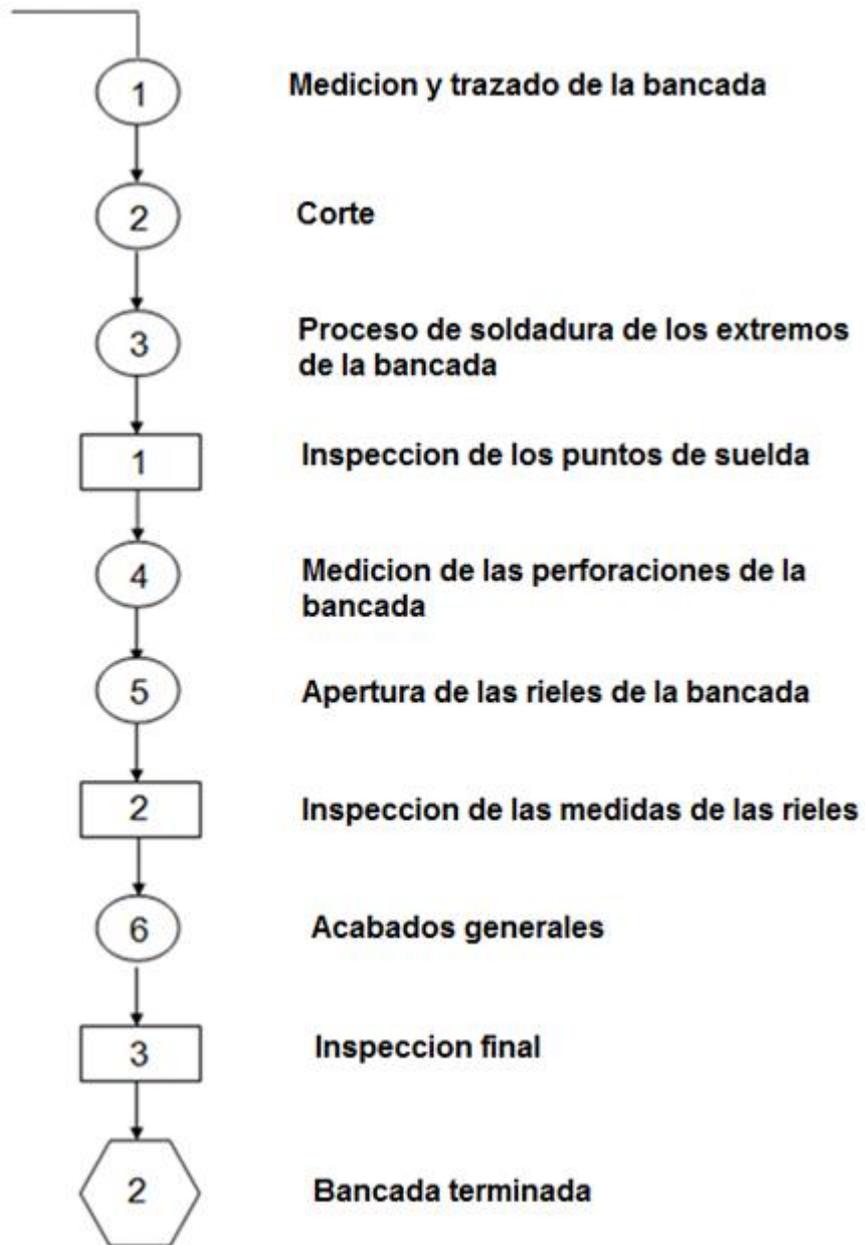


Figura 3.22. Diagrama de construcción de la bancada del banco de pruebas

Fuente: Investigación de Campo

3.8.3 Diagrama de construcción de los soportes medios

Material: Acero estructural

Cantidad: 2 unidades

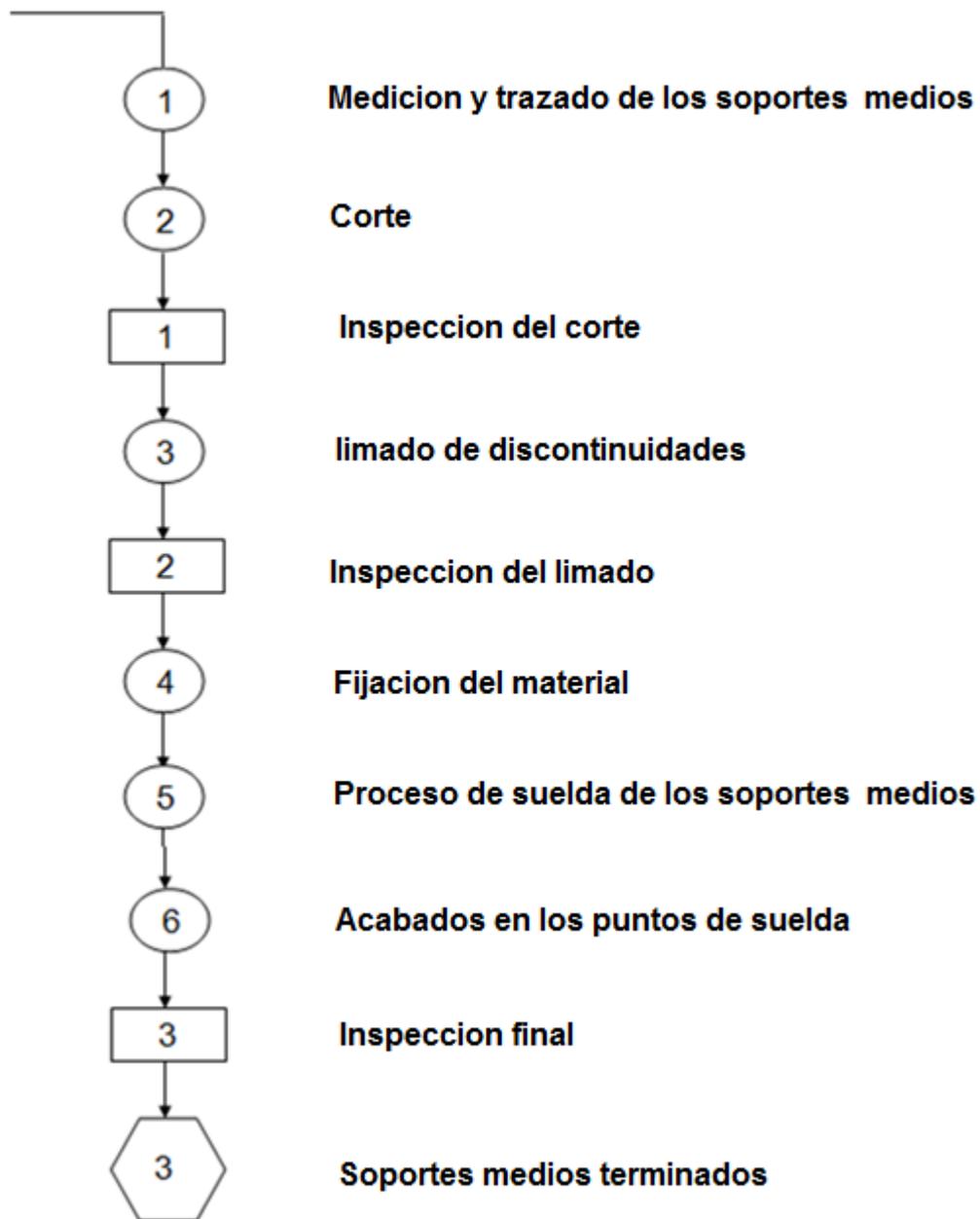


Figura 3.23. Diagrama de construcción de los soportes medios

Fuente: Investigación de Campo

3.8.4 Diagrama de construcción de las cuchillas (fija y móvil)

Material: Acero estructural

Cantidad: 2 unidades

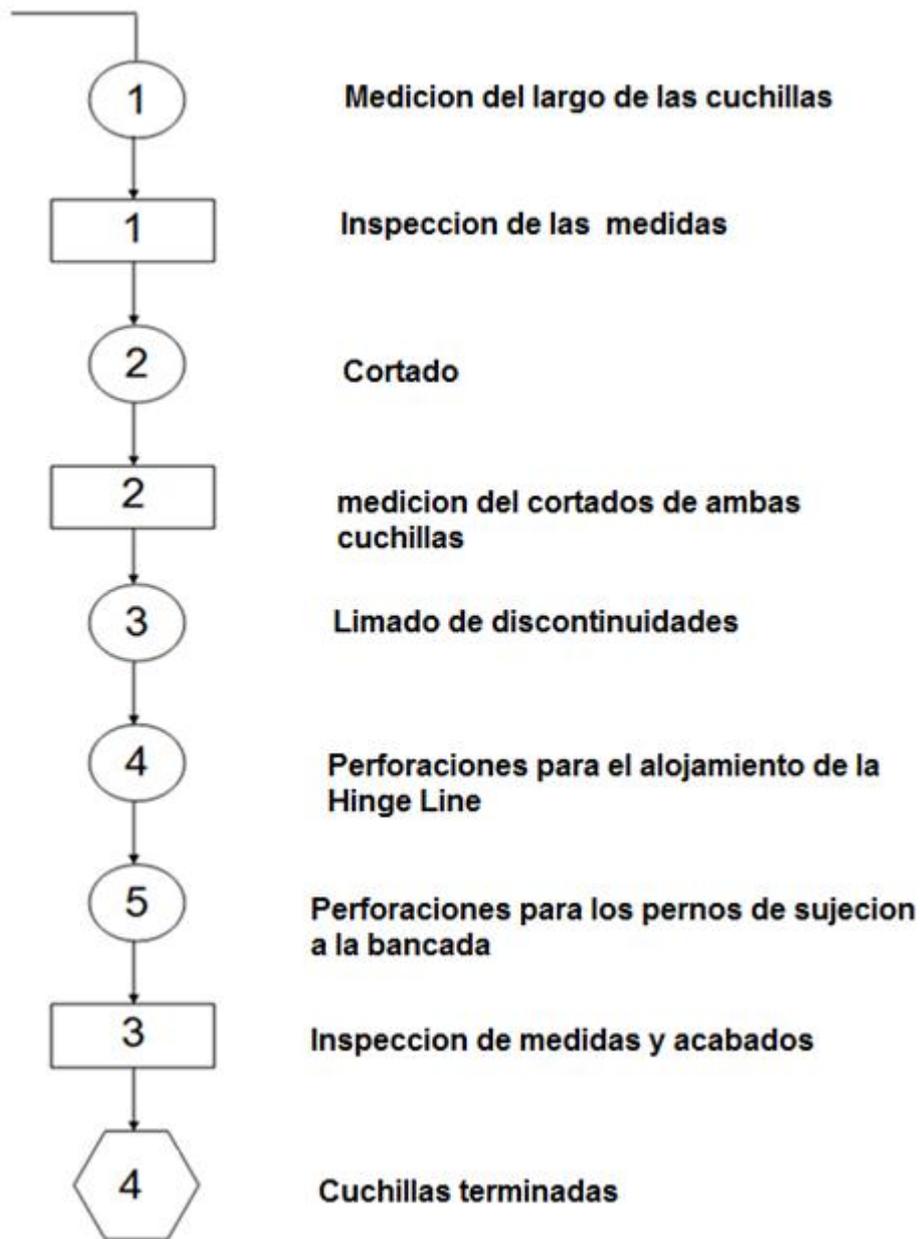


Figura 3.24. Diagrama de construcción de las cuchillas (fija y móvil)

Fuente: Investigación de Campo

3.8.5 Diagrama de construcción de las alzas para el banco de pruebas

Material: Acero de transmisión

Cantidad: 4 unidades

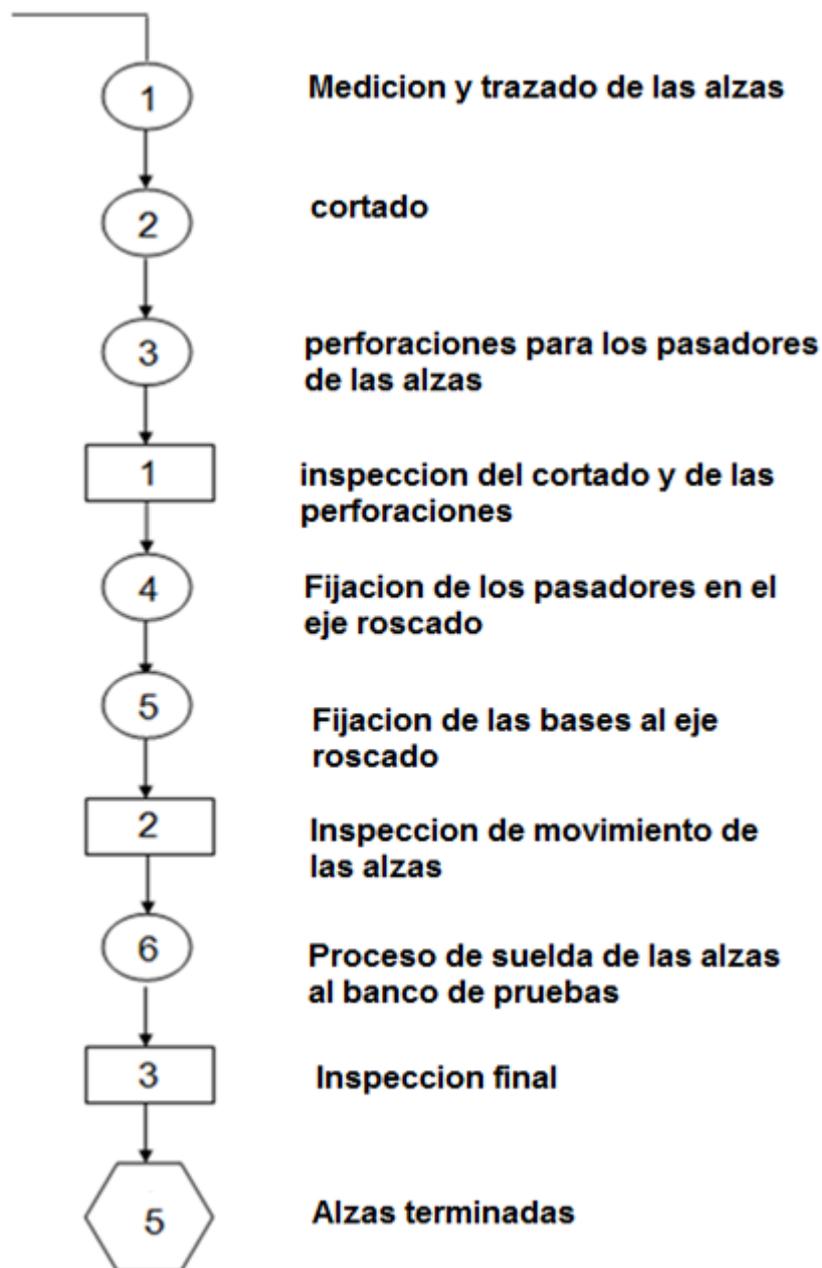


Figura 3.25. Diagrama de construcción de las alzas para el banco de pruebas

Fuente: Investigación de Campo

3.8.6 Diagrama del pintado del banco de pruebas

Material: Pintura amarilla Caterpillar (poliuretano)

Cantidad: 2 lt

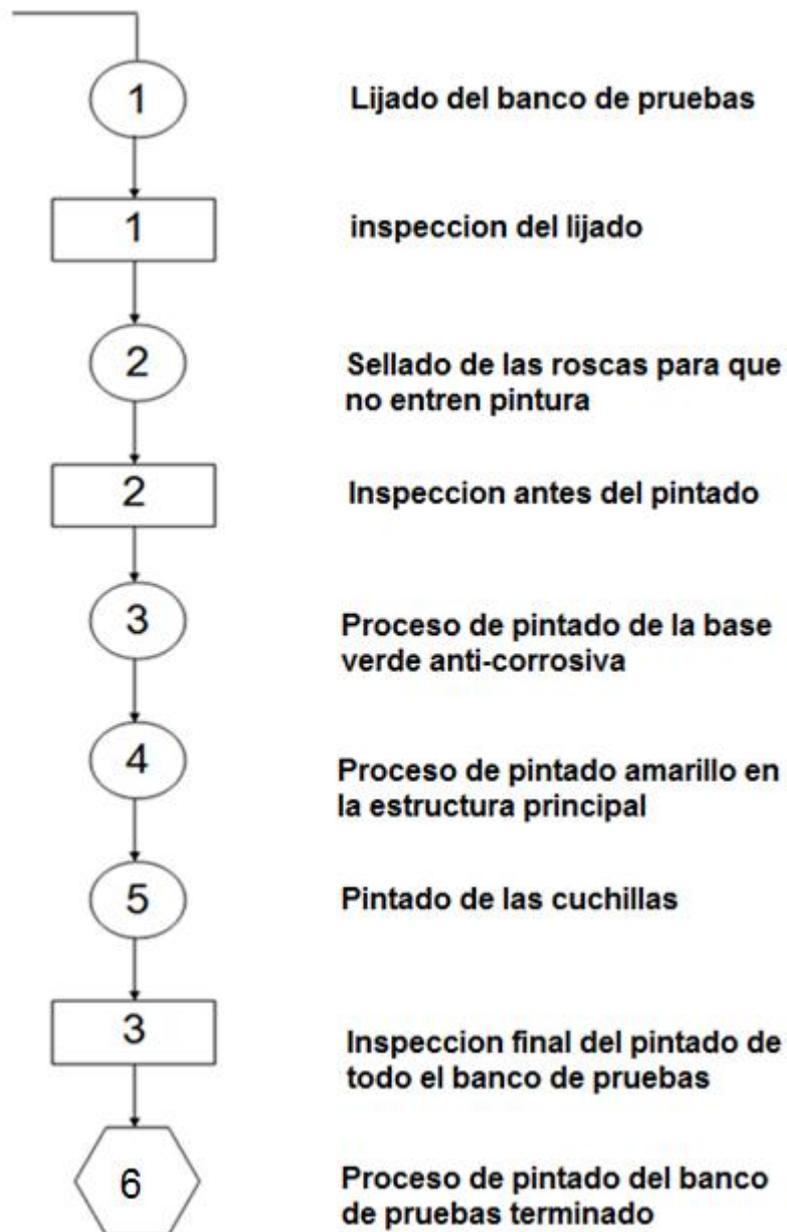


Figura 3.26. Diagrama del pintado del banco de pruebas

Fuente: Investigación de Campo

3.8.7 Diagrama de proceso de ensamblaje del banco de pruebas

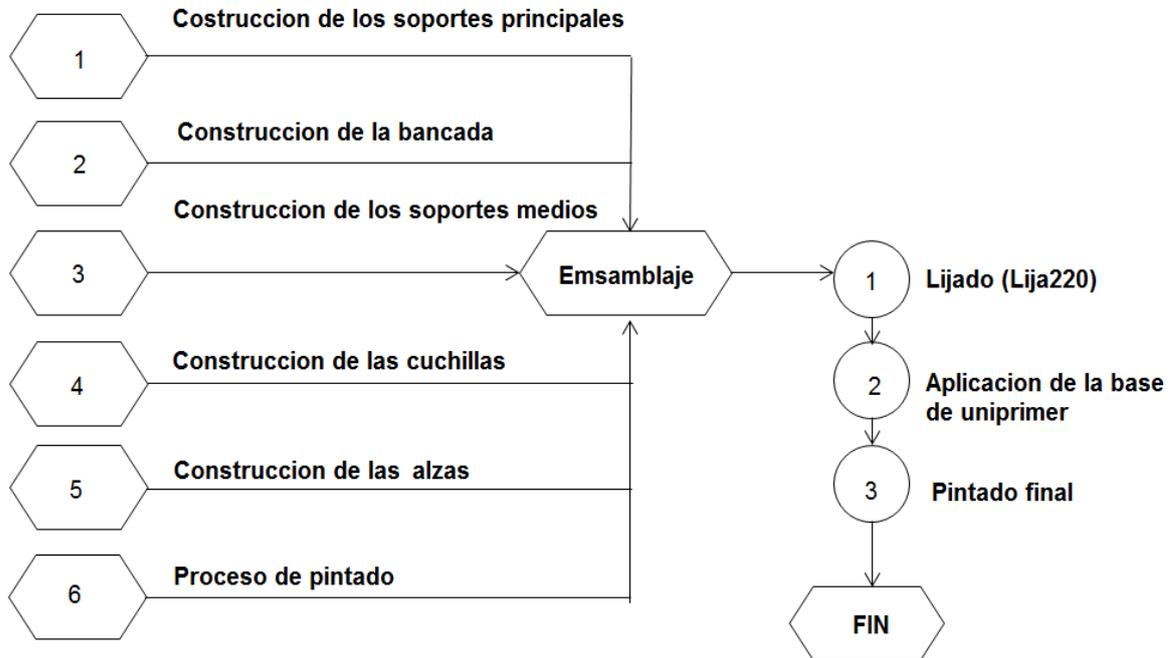


Figura 3.27. Diagrama de proceso de ensamblaje del banco de pruebas

Fuente: Investigación de Campo

3.9 Manuales de uso, Operación y mantenimiento

Para la correcta manipulación del balanceador se han creado los manuales de previo uso (para antes de la operación o funcionamiento), el manual de operación el cual servirá para realizar el proceso de balanceo y el manual de mantenimiento el cual informara al operador los cuidados que debe tener hacia el banco de prueba para así poder preservar su vida útil.

<p align="center">ITSA</p> 	MANUALES	Pág. :
	MANUAL DE PREVIO FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE BALANCE DE LAS SUPERFICIES PRIMARIAS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO	1 de 1
	Elaborado por: Sr. Diego Alexander Lozano	Revisión Nº:
Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha : 27/08/13	

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos de uso del banco de pruebas de balance de las superficies primarias del sistema de controles de vuelo.

2. ALCANCE

Dar a conocer al operador los pasos que debe seguir para utilizar el banco de pruebas.

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Alto 1m 10cm
- Longitud 3m
- Peso máx. 136 kg - 300 lb

4. ANTES DEL USO

- Verificar que el control de vuelo primario este dentro de las características técnicas del balanceador.
- Levantar el balanceador del piso por medio de las alzas que se encuentran en los extremos del balanceador máx. 10cm.
- Inspeccionar que el balanceador este a nivel, de no ser el caso, revise los niveles que se encuentran en toda la estructura, elevando o bajando el balanceador hasta que este esté a nivel.
- Verificar que las 2 cuchillas estén en su respectivo lugar, revisar que estas estén con sus respectivos pernos, arandelas de presión y tuercas mariposa.
- Revisar que la balanza este con batería, luego de encenderla ponerla en cero y calibrarla en libras.

<p style="text-align: center;">ITSA</p> 	MANUALES	Pág. :
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE BALANCE DE LAS SUPERFICIES PRIMARIAS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO	1 de 2
	Elaborado por: Sr. Diego Alexander Lozano	Revisión N°:
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha :27/08/13

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos de operación del banco de pruebas de balance de las superficies primarias del sistema de controles de vuelo.

2. ALCANCE

Dar a conocer al operador los pasos que debe seguir para utilizar el banco de pruebas.

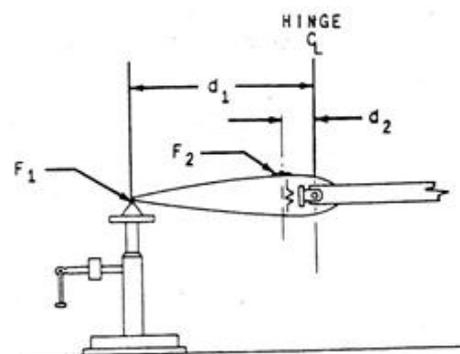
3. OPERACIÓN DE BALANCEO

El procedimiento para realizar el balance es el siguiente:

Existen 2 métodos para determinar el balance de los controles de vuelo y esto depende de en qué condición se encuentren:

- Peso de nariz (Nose Heavy)
- Peso de cola (Tail Heavy)

F_1 CONTACT POINT OF BALANCE SCALES, READ WEIGHT INDICATION ON BALANCE SCALES.
 F_2 CENTER POINT OF BALANCE WEIGHT.
 d_1 DISTANCE FROM CONTACT POINT OF BALANCE SCALES TO CENTER LINE OF HINGES.
 d_2 DISTANCE FROM CENTER POINT OF BALANCE WEIGHT TO CENTER LINE OF HINGES.
 WHEN BALANCING RUDDER, PLACE CONTACT POINT OF BALANCE SCALES AT REAR MOST POINT OF FIXED SURFACE:
 FORMULA FOR BALANCING CONTROL SURFACE:
 $F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$



- Colocar la superficie en el balanceador para permitir un movimiento libre en los puntos de bisagra. La superficie normalmente debe estar en nose down (nariz abajo).

- Si la superficie está en posición nose down (peso de nariz) deslice un peso (pesaje opcional) delante o atrás a lo largo de la superficie (en la parte superior), este peso debe estar siempre atrás de la línea de bisagra, hasta que la línea de cuerda de la superficie llegue a un plano horizontal (cero).
- Multiplicar la distancia **d2** en pulgadas, desde la línea de bisagra hacia el centro del peso **F2** por el pesaje del peso colocado. Esto indicara en pulgadas-libras el momento estático de la superficie cuando este está con peso de nariz.
- Una vez determinado el momento estático compare el resultado con las tolerancias dadas por el manual de reparación estructural.

(Ver Anexo B)

- Si la superficie presenta peso de cola (nariz arriba) se debe colocar una escala debajo de la superficie en un punto cercano al borde de salida.
- Multiplicamos la distancia **d1**, en pulgadas, desde el centro de contacto de la línea de la escala, **F1**, hacia el centro de la línea de la escala en libras. Esto indicara el momento estático en pulgadas-libras cuando la superficie se encuentra con peso de cola.
- Si las superficie no está dentro de las tolerancias enlistadas, realice un rebalanceo por remoción o adición de pesos en la cara delantera del larguero principal tanto como se requiera hasta que la superficie este balanceada estáticamente.

<p style="text-align: center;">ITSA</p> 	MANUALES	Pág. :
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE BALANCE DE LAS SUPERFICIES PRIMARIAS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO	1 de 1
	Elaborado por: Sr. Diego Alexander Lozano	Revisión N°:
Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha :27/08/13	

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos de mantenimiento del banco de pruebas de balance de las superficies primarias del sistema de controles de vuelo.

2. ALCANCE

Dar a conocer al operador los pasos que debe seguir para dar un correcto mantenimiento al banco de pruebas.

3. CICLO DE MANTENIMIENTO

- La batería de la balanza se debe cargar por lo menos una hora y media antes de su uso. Si la balanza no se va a utilizar por un periodo largo se recomienda cargarla al menos 24hr para así de esta forma evitar daños a la batería.
- Mensualmente se debe limpiar y aceitar (WD-40) las alzas (ejes roscados) del balanceador para de esta forma evitar la corrosión en estos.
- Semestralmente inspeccionar el estado de las llantas, realizar una limpieza y lubricación en estas para evitar la corrosión.
- Semestralmente chequear el estado de los niveles, que estos estén marcando el nivel o desnivel del balanceador.
- Anualmente verificar el estado de los pernos, las bases de las alzas en busca de fisuras o daños que podrían ser ocasionados por los esfuerzos y cargas.
- Anualmente, realizar una prueba de calibración para confirmar que la balanza indique los parámetros normales de peso.

3.10 Análisis económico

Se realizó un presupuesto general para la elaboración de este proyecto que tenía como finalidad elaborar un banco de pruebas para el balance de los controles de vuelo primarios. A continuación se presentará detalladamente los costos reales que se invirtieron en su elaboración.

- Talento humano
- Costos

3.10.1 Talento humano:

Se contará con el talento humano al director del proyecto y el autor del mismo.

Tabla 3.9. Talento humano

Talento Humano	Denominación
Ing. Rodrigo Bautista	Director del proyecto
Sr. Diego Lozano	Autor del proyecto

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.10.2 Costos

Se detalla los costos que fueron necesarios para la elaboración del proyecto subdividiéndolos en dos costos, los mismos que fueron solventados por el autor del proyecto.

3.9.2.1 Costo primario

Tabla 3.10 Costo primario

N°	Material	Cantidad	P. Total
1	Ángulo de hierro en L 2"x3/16 (5m)	1	\$ 40.50
2	Perfil de hierro en U 150x50x3 (6m)	1	\$ 50.00
3	Tubo cuadrado estructural de hierro 2" x 3/16" (15m)	1	\$ 110.00
4	Eje roscado de acero de transmisión (1m)	1	\$ 12.00
5	Tiñer	3lt	\$ 8.00
6	Pintura base Uniprimer	2lt	\$ 9.00
7	Pintura Amarilla Caterpillar	2lt	\$ 10.00
8	tuercas de hierro 5/4	8	\$ 0.65
9	Arandelas de presión	8	\$ 0.40
10	Pernos de 1/2"	4	\$ 5,00
11	Removedor de corrosión	1	\$ 8.50
12	Plomo	2lb	\$ 60.00
13	Balanza Eléctrica ACS-30	1	\$ 120.00
14	Niveles	8	\$ 24.00
15	Suministros de papelería		\$ 20,00
16	Ferretería varia (lijas, pegametos, etc)		\$ 30,00
Total	\$ 508.50		

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.9.2.2 Costo secundario

Tabla 3.11 Costos secundarios

N°	Materiales	Costos
1	Pago aranceles de Graduación	\$ 300,00
2	Alimentación	\$ 180,00
3	Hospedaje	\$ 720,00
4	Transporte	\$ 140,00
5	Impresiones	\$ 50,00
6	Empastados, anillados y CD	\$ 50,00
Total		\$ 1440

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

3.9.2.3 Costo Total

Es la suma total de ambos costos; el costo primario más el costo secundario.

Tabla 3.12 Costo Total

Costo primario	\$ 508.50
Costo secundario	\$ 1440
Total	\$ 1.948,50

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Sr. Diego Lozano

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La información técnica recopilada por medio de manuales además del internet permitió comprender el funcionamiento del balanceador y de los componentes que intervienen en este.
- La información obtenida fue clasificada para la creación de los manuales de uso, operación y mantenimiento.
- El banco de pruebas está al mismo nivel que los bancos de pruebas que se encuentra en el exterior, bancos de pruebas hechos por fábricas que se dedican exclusivamente a elaborar este tipo de herramientas para aviación, por lo tanto los parámetros que este presenta son los aptos que el fabricante autoriza.
- Se comprobó por medio de un análisis que el acero estructural ASTM A36 fue el más adecuado para la elaboración de esta estructura debido a sus propiedades.
- El banco de pruebas de balance de controles de vuelo; en base a los resultados obtenidos en las pruebas operacionales se encuentra en condiciones óptimas de operación y cumple satisfactoriamente los objetivos planteados hacia el presente proyecto.

4.2 Recomendaciones

- Para el uso correcto del balanceador se deberá respetar los manuales y las indicaciones del instructor a cargo para que de este modo evitemos inconvenientes.
- El balanceador deberá ser utilizado con fines prácticos en la instrucción a estudiantes mecánicos en el tema de balance de controles de vuelo de un avión.
- Respetar la señalética puesta en el banco de pruebas, para así evitar accidentes dentro de los laboratorios.
- Se recomienda no sacar el banco de pruebas al exterior para realizar un balance ya que el viento será un factor de error en el momento de realizar el cálculo del momento estático.
- No se deberá forzar a la balanza eléctrica más allá de los parámetros para los cuales esta fue diseñada (30kg-66lb) ya que esta presentara una lectura errónea al momento de realizar un pesaje.
- Realizar las tareas respectivas de mantenimiento preventivo para así evitar el deterior del balanceador.
- Se recomienda el cambio de las cuchillas y los pernos al haberse cumplido los 400 ciclos de uso del banco de pruebas.

GLOSARIO

A

Aerodinámico: dicho de un cuerpo móvil: Que tiene forma adecuada para disminuir la resistencia del aire.

Aeronave: Vehículo que se emplea para la navegación aérea

Alabeo: Movimiento del avión respecto del eje longitudinal.

Aviación Menor: Nombre que se da para aeronaves pequeñas como son avionetas, helicópteros.

A.D.S.: Alas de socorro del Ecuador – La Shell

B

Beneficios: Son pagos financieros no monetarios ofrecidos por la organización a sus empleados.

Bibliografía: descripción, conocimiento de libros, de sus ediciones.

C

C.E.M.A: Centro Ecuatoriano de mantenimiento aeronáutico.

Cabeceo: Movimiento que hace una aeronave al subir y bajar alternativamente la parte delantera y trasera.

Cabrilla: también llamada mando de vuelo, incluso hoy en día se utiliza un joystick similar al mando de vuelo de los aviones de combate.

Cabina: Cuarto o recinto pequeño y cerrado donde se encuentran los mandos de un aparato o máquina y tiene un espacio reservado para el conductor, el piloto u otro personal encargado de su control.

D

Distancia: Medida de longitud calculada en diferentes unidades.

E

Entrevista: Reunión mantenida por dos o más personas para tratar de un asunto, generalmente profesional o de negocios.

Estructura: Conjunto de relaciones que mantienen entre sí las partes de un todo

F

Factible: que se puede hacer

Fuselaje: cuerpo del avión donde van los pasajeros y las mercancías

G

Guiñada: Desvío de la proa hacia un lado u otro del rumbo a que se navega.

H

Habilidades: Existen diferentes definiciones que intentan englobar el concepto de habilidad. Es el grado de competencia de un sujeto concreto frente a un objetivo.

I

Implementación: Poner en funcionamiento, aplicar los métodos y medidas necesarios para llevar algo a cabo.

L

Larguerillos: son pequeñas vigas (más pequeñas que los largueros) que se sitúan entre costillas para evitar el pandeo local del revestimiento

Larguero: cada uno de los dos palos o barrotes que se ponen a lo largo de una obra de carpintería, ya sea unido con los demás de la pieza, ya separados, p. ej., los de las camas, ventanas, bastidores, etc.

M

Mantenimiento: Conservación, mantener en buen estado o en situación óptima de un objeto.

Movimiento: Cambio de posición de un cuerpo respecto de un sistema de referencia.

Momento estático: Se denomina momento estático o de primer orden de una superficie respecto a un eje, al producto del valor de la superficie dada por la distancia del centro de gravedad de dicha superficie al eje.

N

Nivel: Herramienta pequeño el cual posee una burbuja de aire dentro de un tubo lleno de acrílico el cual sirve para hacer una referencia de plano horizontal en una superficie.

O

Objetivo: Relativo al objeto en sí, independientemente de juicios personales.

Observación: Acción y resultado de observar.

P

Piloto: Persona que dirige un buque, un avión u otro vehículo

Primordial: Muy importante, fundamental o necesario.

R

Revestimiento: Es la parte externa del ala, esta ha venido evolucionando por muchos años ya que la misión del revestimiento es resistir esfuerzos cortantes y aislar el combustible del medio ambiente.

Resinas epoxicas: Una resina epoxi o poliepóxido es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor. Las resinas epoxi más frecuentes son producto de una reacción entre epiclorohidrina y bisfenol A.

T

Turbohélice.- Motor de aviación en que una turbina mueve la hélice.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de reparación estructural avión FAIRCHILD FH-227
- Manual de mantenimiento avión FAIRCHILD FH-227
- Medición en aeronáutica (edición en inglés) – Frank Solivan. Edición 2010 EEUU.
- Ferretería estructural para aviones, Manual de Ingeniería para la reparación de aviones
- RDAC 147 - apendix b - literal c

NETGRAFÍA

- <http://www.apuca.com.ar/Aerodinamica-Fig3.jpg>
- <http://www2.uca.es/grup-invest/Fatiga.pdf>
- <http://www.analisisdefractura.com/fatiga/vibracion/259755.pdf>
- <http://ivaomx.wordpress.com/2010/10/19/ejesdelavion.html>
- http://www.sye.com.es/pdf_informacion/SYE_indust_05.pdf
- <http://www.EMMARES/tecnologics/testingtools.com/5462.html>
- <http://www.AISI%208630,%20AISI%204340,%20AISI%204130,%20AISI%206150.htm>
- <http://www.skytechnologies.net/controlplane/index.html>
- <http://www.aircraft%20primary%20controls.%20Elevator,%20aileron%20rudder.html>

ANEXOS

ANEXO A

Planos del balanceador

ANEXO B

**Manual de reparación
estructural del avión Fairchild
FH-227
Estaciones del estabilizador y
las alas**

FAIRCHILD F-27 SERIES STRUCTURAL REPAIR MANUAL

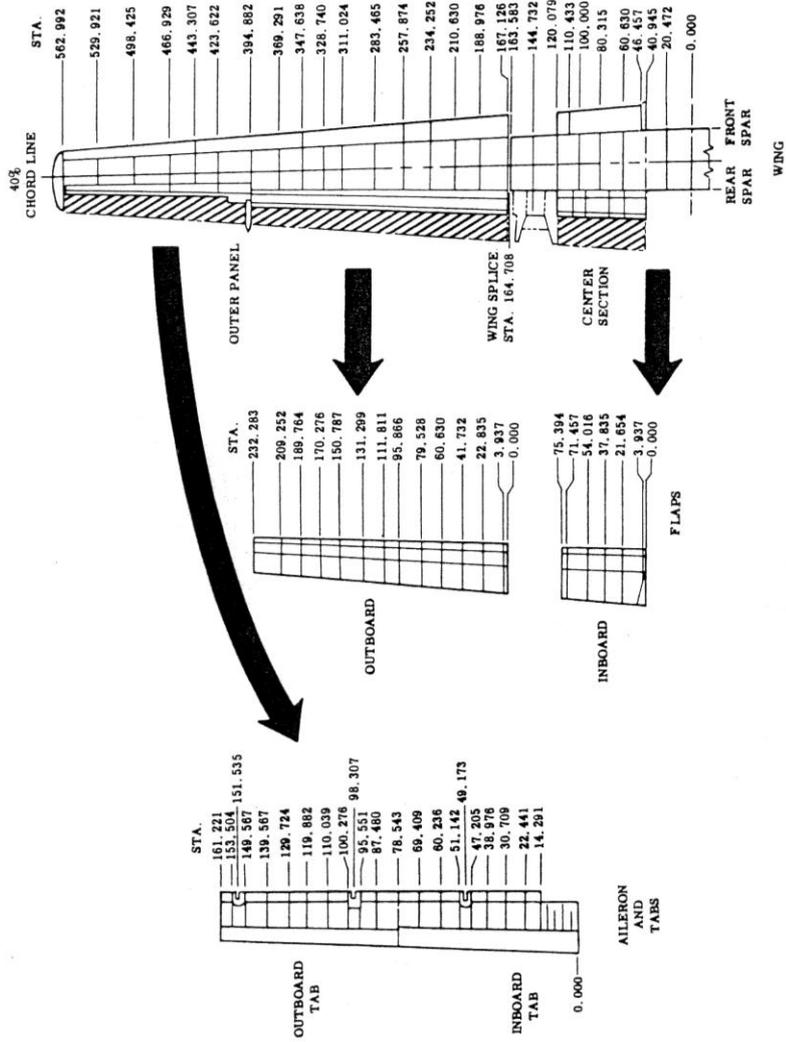


Figure 4. Wing Stations

6002

Introduction
Page 5

Apr 1/74

FAIRCHILD F-27 SERIES STRUCTURAL REPAIR MANUAL

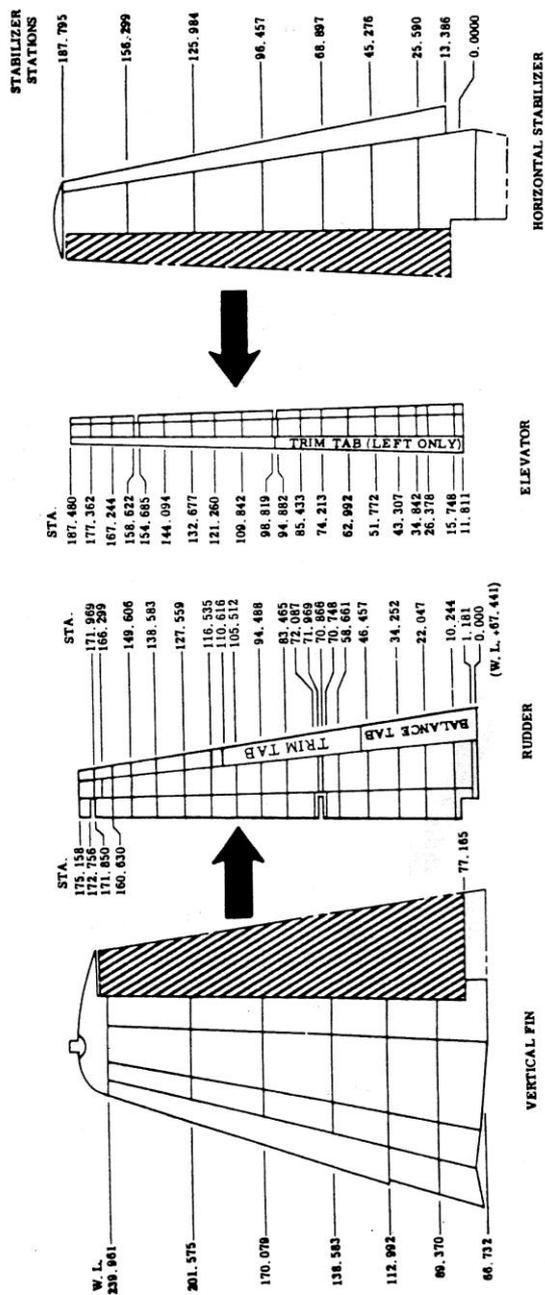


Figure 5. Stabilizer Stations

6003

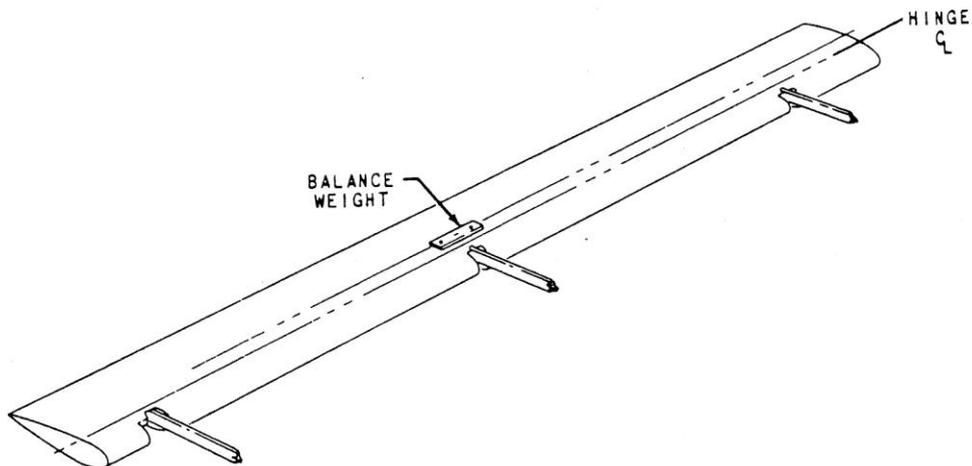
ANEXO C

Manual de reparación estructural del avión Fairchild FH-227

Procedimiento de balance de los controles de vuelo

**FAIRCHILD
F-27 SERIES
STRUCTURAL REPAIR MANUAL**

balanced when any weight change which unbalances the surface to a point outside allowable tolerances occurs. The rudder, elevators, ailerons and aileron spring tabs are balanced by weights, composed of chrome molybdenum (4130 steel) strips, attached along the entire length of the forward surface of the front spar. All surfaces are balanced with the hinge line and trailing edge in the same horizontal plane with all tabs installed and all components of the assembly in place. The aileron spring tabs are the only tabs statically balanced prior to installing on the surface control. There are several methods of obtaining the static balance of control surfaces, any of which are acceptable. Figure 5, demonstrates one of these methods. Weight added to obtain balance should be placed directly aft or forward of the repair of the leading or trailing edges respectively.



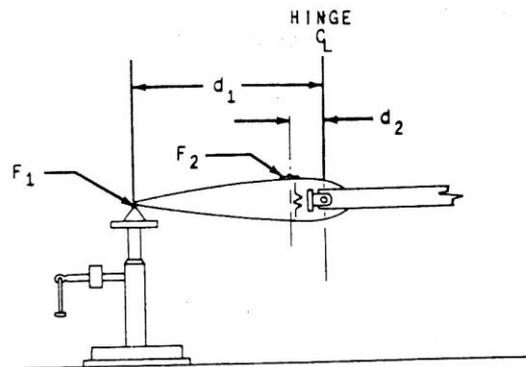
NOTE

- F_1 CONTACT POINT OF BALANCE SCALES, READ WEIGHT INDICATION ON BALANCE SCALES.
- F_2 CENTER POINT OF BALANCE WEIGHT.
- d_1 DISTANCE FROM CONTACT POINT OF BALANCE SCALES TO CENTER LINE OF HINGES.
- d_2 DISTANCE FROM CENTER POINT OF BALANCE WEIGHT TO CENTER LINE OF HINGES.

WHEN BALANCING RUDDER, PLACE CONTACT POINT OF BALANCE SCALES AT REARMOST POINT OF FIXED SURFACE:

FORMULA FOR BALANCING CONTROL SURFACE:

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$



51006

**FAIRCHILD
F-27 SERIES
STRUCTURAL REPAIR MANUAL**

The field balancing tolerances of the various balanced surfaces are as follows:

Surface	Optimum	Tolerance
	Nose Heavy	Tail Heavy
Aileron Spring Tab	0 in. lbs. + 1 in. lbs.	0 in. lbs.
Aileron	0 in. lbs. + 20 in. lbs.	0 in. lbs.
Elevator	0 in. lbs. + 20 in. lbs.	0 in. lbs.
Rudder	0 in. lbs. + 20 in. lbs.	0 in. lbs.

The prescribed balancing procedure is as follows:

Place surface in suitable stand to allow free movement about the hinge points. The surface normally should nose down.

If the surface noses down (nose heavy) slide a weight (heaviness optional) forward and aft along the upper surface, aft of the hinge line, until the surface chord line is in a horizontal plane.

Multiply the distance d_2 in inches, from the hinge line to the center of the weight F_2 by the heaviness of the weight. This indicates in inch-pounds the nose heavy moment of the surface.

If the surface noses up (tail heavy) place scale under the surface at a point nearest the trailing edge as convenient.

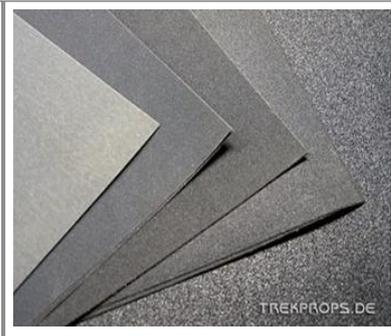
Multiply the distance d_1 , in inches, from center line of contact point of scales, F_1 , to hinge center line by the scale reading in pounds. This indicates in inch-pounds the tail heavy moment of the surface.

If surfaces are beyond the tolerances listed, rebalance by removing or adding weights to the forward face of the front spar as required until surface is statically balanced.

To determine the amount of weight required, measure from forward face of present weights to center line of hinge, divide this measurement into the inch-pounds tail heavy or nose heavy moment as the case may be. The figure obtained is the weight in pounds required to obtain static balance of the surface.

ANEXO D

Máquinas y herramientas utilizadas



ANEXO E

Señalética del balanceador



Peligro Superficie Movil



Peligro Aplastamiento de Manos



Uso Obligatorio



Aviso Solo Personal Autorizado



Equipo Movil



Señalética Colocada en el balanceador

ANEXO F

Tabla del electrodo E6011

INDURA 6011

Clasificación AWS: E-6011 / E-4311

- Electrodo para acero al carbono
- Revestimiento celulósico potásico. Color canela
- Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna
- Toda posición
- **Certificado por Canadian Welding Bureau** y anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd's Register of Shipping

Descripción

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración.

Aplicaciones típicas

- Cordón de raíz en cañerías
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras
- Planchas galvanizadas

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,41%; Si 0,23%; P 0,010%; S 0,017%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 495 MPa	430 MPa	34J a -30°C	27J a -30°C
Límite de fluencia : 424 MPa	330 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 27%	22%		

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	50	90	74
3,2	350	80	120	34
4,0	350	120	160	24
4,8	350	160	220	17

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Diego Alexander Lozano Zhingre

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 20 de Julio de 1990

CEDULA DE CIUDADANÍA: 172193321- 4

TELÉFONOS: 0998807251 / 022291639

CORREO ELECTRÓNICO: diego_stormandfire@hotmail.com

DIRECCIÓN: Calle Ramón Valarezo N 57- 160 y Pedro Freile (La Prensa)



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA:

Escuela General Juan Lavalle 1996 - 2002

SECUNDARIA:

Colegio Experimental FAE No1 2002 - 2008

SUPERIOR

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico 2009– 2012

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller Técnico Industrial Especialización “Electromecánica”.

Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Especialización “Motores”

Suficiencia en el Idioma Inglés ITSA.

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

Empresa: ALA DE TRANSPORTE N° 11 FAE - QUITO

Cargo: Practicante sección Hélices (200 H)

Desde/Hasta: 14 DE FEBRERO DEL 2011 / 18 DE MARZO DEL 2011

Empresa: ALA DE TRANSPORTE N° 11 FAE - QUITO

Cargo: Practicante sección Hidráulica (200 H)

Desde/Hasta: 08 DE AGOSTO DEL 2011 / 02 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

Empresa: SERVICIO AEROPOLICIAL - QUITO

Cargo: Practicante sección de Mantenimiento (160 H)

Desde/Hasta: 30 DE ENERO DEL 2012 / 09 DE MARZO DEL 2012

Empresa: T.A.M.E Línea Aérea Ecuatoriana - QUITO

Cargo: Practicante sección de Mantenimiento (200 H)

Desde/Hasta: 30 DE JULIO DEL 2012 / 31 DE AGOSTO DEL 2012

CURSOS Y SEMINARIOS

Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA 2010 (12h)

Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA 2011 (12h)

Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA 2012 (12h)

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA
EL AUTOR**

LOZANO ZHINGRE DIEGO ALEXANDER

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. HEBERT ATENCIO

Latacunga, Septiembre 30 del 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **LOZANO ZHINGRE DIEGO ALEXANDER**, Egresado de la carrera de **MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**, en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía N°172193321-4, autor del Trabajo de Graduación **“ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL BALANCE DE LAS SUPERFICIES PRIMARIAS DEL SISTEMA DE CONTROLES DE VUELO, ENCAMINADO A LA FORMACIÓN TEÓRICO-PRÁCTICA DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”** cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

LOZANO ZHINGRE DIEGO ALEXANDER

Latacunga, Septiembre 30 del 2013