



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN DEL TÍTULO DE:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES

TEMA: “REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE TABS DEL AVIÓN
CESSNA A37B DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE
TECNOLOGÍAS”

AUTOR: ROMMEL VINICIO ESPINOSA GALLARDO

DIRECTORA: TLGA. MARITZA NAUÑAY MIRANDA

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Titulación fue realizado en su totalidad por el A/C ROMMEL VINICIO ESPINOSA GALLARDO, como requerimiento parcial para la obtención del grado de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

Tlga. Maritza Nauñay Miranda

Latacunga, Mayo 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, ROMMEL VINICIO ESPINOSA GALLARDO

Declaro que:

El proyecto denominado “REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE TAB’S DEL AVIÓN CESSNA A37B DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas constan al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, declaro que este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Mayo 2015

Rommel Vinicio Espinosa Gallardo

C.I. 0502282056

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORIZACIÓN

Yo, ROMMEL VINICIO ESPINOSA GALLARDO

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la institución, del trabajo “REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE TAB’S DEL AVIÓN CESSNA A37B DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo 2015

Rommel Vinicio Espinosa Gallardo

C.I. 0502282056

DEDICATORIA

“Para tener éxito, tus deseos de triunfar deberían ser más grandes que tu miedo de fracasar”

Bill Cosby.

Este trabajo de rehabilitación del sistema del avión está dedicado a DIOS, por darme la vida, a mi FAMILIA quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme.

A mi MADRE, por ser siempre mi apoyo incondicional, por ser mi ejemplo a seguir y mi ejemplo de superación.

Cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que pueda impedir su logro.

Rommel Vinicio Espinosa Gallardo

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS y a mis profesores quienes con su profesionalismo compartieron todos sus conocimientos que me servirán para poder ejercer una carrera con el respaldo que nos ofrece este prestigioso establecimiento.

A mi Directora Tecnóloga Maritza Nauñay Miranda, quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso para realizar este trabajo de investigación y rehabilitación, brindándome el tiempo necesario así como la orientación, motivación e información para que este trabajo de investigación llegue a su exitosa culminación.

Rommel Vinicio Espinosa Gallardo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENÍDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
1.1 Tema	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Planteamiento del problema	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivo general	4
1.6 Objetivos específicos	4
1.7 Alcance	5
CAPÍTULO II	6
2.1 Marco teórico	6
2.1.1 Superficies de mando y control	7
2.1.2 Ejes del avión	8
2.1.3 Superficies primarias	10
2.1.4 Superficies de control secundarias	12
2.1.5 Modos de accionamiento de las superficies de control	14
2.1.6 Compensadores	17
2.2 Controles de vuelo secundario del avión A37B	19
2.2.1 Sistema TAB TRIM del alerón del avión A37B	20
2.2.2 Sistema TAB TRIM del elevador A37B	22
2.2.3 Sistema TAB TRIM del Ruder A37B	24
CAPÍTULO III	26
3.1 Generalidades de la implementación de los TAB'S del A37B	26
3.2 Estado físico general del sistema de TAB'S del A37B	27

3.3 Programación del mantenimiento y visión de la implementación de los TAB'S.	28
3.4 Herramientas que se utilizaran en la investigación.	31
3.5 Proceso de remoción de los elementos TAB.	34
3.6 Desensamble de los componentes.	34
3.7 Proceso de tratamiento de la piel.	41
3.8 Solución técnica para general el movimiento.	48
3.9 Ensamble de los componentes.	54
3.10 Pruebas operativas.	58
3.11 Pruebas funcionales.	59
3.12 Análisis económico.	60
CAPÍTULO IV	62
4.1 Conclusiones.	62
4.2 Recomendaciones.	63
GLOSARIO DE TÉRMINOS.	64
BIBLIOGRAFÍA.	68
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Movimientos y tolerancias para el sistema de TAB`s.	21
Tabla 2: Estado de los componentes del sistema de TAB'S A37 B de la UGT.....	27
Tabla 3: Tabla de funcionamiento y operatividad de los TAB'S del A37B de la UGT.....	28
Tabla 4: Herramientas utilizadas en el trabajo de campo.	31
Tabla 5: Orden de desensamble TAB TRIM ALERON.....	37
Tabla 6: Orden de desensamble TAB TRIM ELEVADOR.....	40
Tabla 7: Orden de desensamble TAB TRIM RUDER.....	41
Tabla 8: Pruebas operativas.	58
Tabla 9: Pruebas Funcionales.	60
Tabla 10: Análisis económico.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: A37 B Dragonfly.....	7
Figura 2: Ejes del avión.....	9
Figura 3: Superficies de control primarias.....	10
Figura 4: Ala de un avión con Flaps extendidos.....	13
Figura 5: Slats y su efecto aerodinámico en la aeronave.....	14
Figura 6: Mandos de control del T34 C1.....	15
Figura 7: Controles de vuelo hidráulicos.....	16
Figura 8: Esquema del funcionamiento del sistema FLY BY WIRE.....	16
Figura 9: Posición de los TAB`s TRIM en el avión.....	17
Figura 10: Sistema de mando del TRIM.....	18
Figura 11: Sistema de mando del TRIM.....	19
Figura 12: Bastón de mando con sistema de control TRIM.....	20
Figura 13: Ubicación de los elementos en el ala de A 37 B.....	21
Figura 14: Componentes del sistema de ensamble del TAB TRIM del alerón.....	22
Figura 15: Componentes del sistema de ensamble del TAB TRIM del elevador.....	23
Figura 16: Componentes del sistema de ensamble del TAB TRIM del Ruder.....	24
Figura 17: TAB del alerón desprendido y deformado.....	28
Figura 18: Desmonte de los componentes de vuelo.....	29
Figura 19: Diagrama de procesos para la investigación en curso.....	30
Figura 20: TAB`S del Ruder y elevador del A37B de la UGT.....	30
Figura 21: Desmontaje del actuador TAB TRIM.....	35
Figura 22: Imagen del desensamble del alerón.....	36
Figura 23: Imagen del desensamble del alerón.....	37
Figura 24: Imagen del desensamble del TAB TRIM ALERON.....	38
Figura 25: Imagen del desensamble del TAB TRIM ELEVADOR.....	39
Figura 26: Imagen del desensamble del TAB TRIM RUDER.....	40
Figura 27: TAB TRIM ALERON deformado en un extremo.....	42
Figura 28: Limpieza de las superficies de control, jabón desengrasante.....	43
Figura 29: Removedor de pintura.....	44
Figura 30: Piel del TAB.....	45
Figura 31: Enderezado del TAB.....	46
Figura 32: Sistema líquido de protección corrosiva.....	46

Figura 33: Copiado y reproducción de pieles.....	47
Figura 34: Primer para el pintado preliminar.	48
Figura 35: Proceso de pintado final en parte decapada.....	48
Figura 36: Proceso de desmontado del TAB TRIM alerón.....	49
Figura 37: Inspección del componente actuador del TAB TRIM ruder.	50
Figura 38: Diagrama de función del TAB TRIM alerón.....	50
Figura 39: Rotación de un servo motor.....	51
Figura 40: Motor generador para uso lineal.....	52
Figura 41: Control de mando de los TAB TRIM.	53
Figura 42: Instalación del servo actuador del TAB TRIM alerón.	54
Figura 43: Prueba de control para el servo actuador del TAB TRIM.....	55
Figura 44: Referencia técnica de la ubicación del PUSH ROD.	55
Figura 45: Proceso de ensamble.....	56
Figura 46: Acople del actuador del TAB TRIM RUDER.	56
Figura 47: Puesta del arnés eléctrico.....	57
Figura 48: Ensamble del bastón de mando.....	57
Figura 49: Bastón de Mando.....	59

RESUMEN

El presente proyecto tienen como finalidad la rehabilitación del sistema de TAB'S del A37B, en esta investigación se dividió la información en cuatro capítulos, el primero de ellos indica la relevancia de realizar una rehabilitación de los sistemas de TAB'S TRIM en la Unidad De Gestión De Tecnologías, en el segundo capítulo se recopiló la información necesaria para plantear los métodos de rehabilitación, se realizó una transcripción del manual de mantenimiento del avión CESSNA A37B, este proceso permitió aclarar la forma del accionamiento del sistema de TAB'S TRIM, esta información se dividió en dos partes, la primera describe de forma general cuales son los elementos de control de vuelo secundario, y la segunda parte define de forma textual, el manual del avión antes mencionado. En el tercer capítulo se redacta la fase de diseño, construcción, e implementación del sistema de TAB'S, del avión. La fase de definición de la rehabilitación funcional de los TAB'S fue basada en la importancia de poder ver como estos elementos actuaban y de qué manera se podría hacer que los actuadores se activen, este proceso sea lo más real posible, la construcción se realizó en los hangares de la institución, puesto que allí se encontraba la aeronave, el funcionamiento de los TAB'S TRIM del alerón y el elevador fueron resueltos a través de servos actuadores de alto torque controlados por PWM (amplitud de pulsos modulado) y el TAB del ruder fue reparado el actuador original y puesto en condiciones de realizar su función por medio de un sistema inversor de voltajes basado en relay's, todos estos controlados por medio de una placa con CHIP. En el último capítulo se encuentran las conclusiones y las recomendaciones que nacen de este trabajo de titulación.

PALABRAS CLAVES:

- **SISTEMA DE TAB'S.**
- **REHABILITACIÓN.**
- **CHIP.**
- **TAB TRIM RUDER.**
- **AVIÓN CESSNA A37B.**

ABSTRACT

This project is aimed at the rehabilitation of the A37B TAB's system, the information was divided into four chapters, the first one states the importance of restoring the TRIM TAB'S system in the Unidad de Gestión de Tecnologías, the second chapter collected the information needed to consider the restoration methods, the A37B Cessna maintenance manual was transcribed, this process allowed to clarify how the TRIM TAB'S system drives, the information was divided into two parts, the first one describes which are the flight control elements, the second one states in textual form, the above-mentioned aircraft manual. The third chapter defines the design, construction, and implementation stage of aircraft TAB'S system. The final stage of the TAB'S functional restoring was based on the importance of how these elements functioned and what to make so that the actuators are activated, the construction was performed in the institution hangars, since the aircraft was there; the functioning of aileron and elevator TRIM TAB'S was solved through high torque servo actuators controlled by PWM (pulse width modulated) and the ruder TAB was repaired and available to operate by a voltage inverter system based on relay's, all controlled by a CHIP plate. The last chapter has the conclusions and recommendations from this graduation work.

KEY WORDS:

- **TAB'S SYSTEM**
- **REHABILITATION**
- **CHIP**
- **TAB TRIM RUDER**
- **CESSNA A37B AIRCRAFT.**

CAPÍTULO I

1.1 Tema.

“Rehabilitación del sistema de TAB'S del avión CESSNA A37B de la Unidad de Gestión de Tecnologías”.

1.2 Antecedentes.

La innovación tecnológica en el campo aeronáutico avanza a pasos agigantados por ello es necesario estar siempre actualizado a los últimos avances tecnológicos, esto permitirá que los centros de mantenimiento y de adiestramiento cuenten con material de apoyo actual que facilite el desarrollo de actividades.

La Unidad de Gestión de Tecnologías como un centro de estudios de alto prestigio, debe contar con material didáctico funcional para demostrar a sus estudiantes el funcionamiento de una aeronave y así facilitar su entendimiento en las diferentes materias que están estudiando, razón suficiente para que muestre una apertura a los proyectos de investigación. El presente trabajo investigativo se basará en la rehabilitación de sistema de TAB`s del avión Cessna A37B para el aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes, con un dispositivo electro-mecánico que permitirá el movimiento, apreciación del de los ángulos que toma la aeronave; este trabajo beneficiará a los estudiantes y docentes en la explicación de sus materias, con un mayor entendimiento.

1.3 Planteamiento del problema.

Mediante previa investigación de las necesidades y requerimientos de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la ESPE, se pudo determinar que existe una necesidad por rehabilitar la aeronave conocida como A37B que se encuentra en la parte posterior del avión escuela, esto porque, primero es una aeronave que se encuentra en capacidad de ser utilizada para el aprendizaje de ciertos tipos de conocimiento, por otro lado también es necesario recalcar que es una aeronave que fue emblemática en el conflicto del CENEPA, y es importante mantener un grado de memoria colectiva en el sentido de no olvidar que función cumplían las aeronaves del parque aeronáutico que se encuentra en la mencionada Unidad de Tecnologías. Además es indispensable puntualizar que las aeronaves que se dejan a la intemperie, pierden cada día más la capacidad de ser puestas en condiciones que sirvan para la instrucción de materias técnicas.

Al dejar que los componentes móviles se queden en estado “estático” durante estados prolongados de tiempo los sella con oxido, producto de las lluvias, esto hace que queden inservibles para que puedan ser usados en instrucción, por este motivo, es necesario que se tome en cuenta que debe realizarse un proceso en el cual deban rehabilitarse los sistemas TAB TRIM'S, entre otros, pero en especial este que es tan pequeño con respecto a la aeronave, pero de gran importancia en su función, además para una rehabilitación de este tipo no se necesitan sistemas hidráulicos de gran flujo, y espacio.

1.4 Justificación.

Las aeronaves tienen el sistema de TAB'S que son pequeñas superficies conectadas al borde posterior de una mayor superficie de control en una aeronave, que se utiliza para controlar el ajuste de los controles, es decir, para contrarrestar las fuerzas aerodinámicas y estabilizar la aeronave en una particular actitud deseada sin la necesidad de que el operador aplique constantemente una fuerza de control. Esto se realiza ajustando el ángulo de la pestaña en relación con la superficie más grande. Adicional a ello es fundamental que los estudiantes desarrollen aplicaciones prácticas de los conocimientos adquiridos y de este modo la Unidad de Gestión de Tecnologías cumpla con exigencias de organismos reguladores de la educación superior como el CEASES, SENESCYT. El uso de equipos y herramientas aeronáuticas permite realizar un correcto mantenimiento de las aeronaves y de esta manera cumplan con los requisitos de aeronavegabilidad exigidos por la DGAC, al igual que en los talleres de la institución; permitirán adquirir aprendizajes significativos, además permitirá:

- Desarrollar conocimientos técnicos y ver su funcionamiento del TRIM TAB.
- El desarrollo de prácticas tanto a docentes como a estudiantes.
- Despertar el interés para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Adquirir experiencia en su uso y manejo lo cual motivará al estudiante a la investigación.

Los resultados del presente trabajo investigativo facilitarán que los estudiantes adquieran aprendizajes significativos y con lo dicho lograr satisfacer sus necesidades, adicional se beneficiarán los docentes porque les permitirá un mejor desarrollo del proceso de enseñanza, la Unidad de Gestión de Tecnologías porque contará con buenas herramientas pedagógicas que ayudara a la mano de obra calificada.

Por lo expuesto es importante que la Unidad De Gestión De Tecnologías de la ESPE cuente con la implementación de material didáctico demostrativo de Sistema de TAB'S que se encuentra en el empenaje del avión Dragonfly que faciliten el desarrollo de habilidades y destrezas de los estudiantes de la carrera de Mecánica-Aviones con la finalidad de formar técnicos profesionales y capacitados.

1.5 Objetivo general.

Rehabilitar el sistema de TAB'S del avión CESSNA A37B, con un dispositivo electro-mecánico para el aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

1.6 Objetivos específicos.

- Indagar información teórica sobre el funcionamiento del Sistema de TAB'S de la aeronave CESSNA A37B.
- Establecer requerimientos mínimos para la rehabilitación del sistema de TAB`S de la aeronave CESSNA A37B de la Unidad de Gestión de Tecnologías.
- Desarrollar el proyecto practico teórico del sistema de TAB`S y elaborar sus respectivos manuales.

1.7 Alcance.

Este trabajo de investigación una vez culminado tendrá o podrá ser operado por personas que pertenezcan a la carrera de mecánica aeronáutica mención aviones o motores, así como a todo el personal de docentes que de cátedra o se encuentren instruyendo en la Unidad de Gestión de Tecnologías en temas relacionados con los sistemas de control de vuelo y la operación de los TAB's en este caso del avión A37B Dragonfly.

CAPÍTULO II

2.1 Marco teórico.

- **El avión Cessna A37B Dragonfly.**

Es un avión de ataque estadounidense creado a partir del entrenador T37 en la década de los 60 a 70. Una de sus características es el haber sido utilizado en la guerra de Vietnam. Nace de la necesidad de la fuerza aérea estadounidense de tener un entrenador de tipo jet, para lo cual llamo a una licitación, para la construcción de la aeronave en sí, posteriormente Cessna ganaría el contrato y efectuando el primer vuelo luego de varios prototipos, el avión de ataque ligero, de alas rectas para tener buen performance de vuelo a baja altitud, el avión era un birreactor de construcción totalmente metálica, biplaza con asientos lado a lado para el alumno y el instructor, de construcción resistente para poder mantenerse volando en caso de recibir ataques desde tierra, en las misiones de penetración profunda volando a baja altitud sobre territorio enemigo y para el respaldo de tropas desde el aire.

La planta motriz consistía en dos turborreactores Continental instalados en las raíces de las alas a cada lado del fuselaje. Los estabilizadores estaban montados por encima del mismo en una posición de un tercio aproximadamente por encima de la deriva, para evitar que el escape de los reactores perjudique el flujo de aire sobre los mismos. El primer pedido de 11 aviones de serie se efectuó en 1954 denominados T-37A, el primero de los cuales voló el 27 de septiembre de 1955, retrasándose su entrada en servicio por algunas modificaciones que debieron hacerse para ser aceptados como entrenadores, construyéndose 534 unidades. Cuando en 1957 entraron en servicio, los T-37 se utilizaron inicialmente como entrenadores básicos, y los alumnos volaban en ellos sólo después de cumplir su entrenamiento primario en el Beechcraft T-34 Mentor.



Figura1: A37 B Dragonfly.

Fuente:(<http://www.jonbryon.com/a37b.html>)

En noviembre de 1959 entró en servicio el T-37B que contaba con motores más potentes y sistemas mejorados de navegación y comunicaciones, convirtiendo todos los aviones existentes a esta versión. La versión final fue el T-37C previsto para llevar armamento y contaba con depósitos de combustible de punta ala. En 1977, cuando finalizó la producción, se habían construido un total de 1.268 T-37 para la USAF y la exportación.

2.1.1 Superficies de mando y control.

• Superficies de control.

Estos son los modos a través de los cuales el avión se mueve y puede girar entre varios ejes, además de que un avión vuele, es necesario que este vuelo se efectúe bajo control del piloto; que el avión se mueva respondiendo

a sus órdenes. Los primeros pioneros de la aviación estaban tan preocupados por elevar sus artilugios que no prestaban mucha atención a este hecho; por suerte para ellos nunca estuvieron suficientemente altos y rápidos como para provocar o provocarse males mayores. Una de las contribuciones de los hermanos Wright fue el sistema de control del avión sobre sus tres ejes; su Flyer disponía de timón de profundidad, timón de dirección, y de un sistema de torsión de las alas que producía el alabeo. Por otro lado, es de gran interés contar con dispositivos que, a voluntad del piloto, aporten sustentación adicional (o no-sustentación) facilitando la realización de ciertas maniobras. Para lograr una u otra funcionalidad se emplean superficies aerodinámicas, denominándose primarias a las que proporcionan control y secundarias a las que modifican la sustentación.

Las superficies de mando y control modifican la aerodinámica del avión provocando un desequilibrio de fuerzas, una o más de ellas cambian de magnitud. Este desequilibrio, es lo que hace que el avión se mueva sobre uno o más de sus ejes, incremente la sustentación, o aumente la resistencia.

2.1.2 Ejes del avión.

Un avión es libre de girar alrededor de tres ejes que son perpendiculares entre sí y se cortan en su centro de gravedad. Para controlar la posición y la dirección de un piloto debe ser capaz de controlar la rotación alrededor de cada uno de ellos.

- **Eje transversal**

El eje lateral pasa a través de un avión de ala con ala. Rotación alrededor de este eje se denomina campo. Campo cambia la dirección vertical que la nariz de la aeronave está apuntando. Los ascensores son las superficies de control primarios para pitch.

- **Eje longitudinal**

El eje longitudinal pasa a través de la aeronave de la nariz hasta la cola. La rotación alrededor de este eje se llama roll. El movimiento de balanceo cambia la orientación de las alas de la aeronave con respecto a la fuerza de gravedad hacia abajo. El piloto cambia ángulo de inclinación mediante el aumento de la elevación en una de las alas y la disminución en el otro. Esta elevación diferencial provoca la rotación del banco alrededor del eje longitudinal. Los alerones son el control principal del banco. El timón de dirección también tiene un efecto secundario en la orilla.

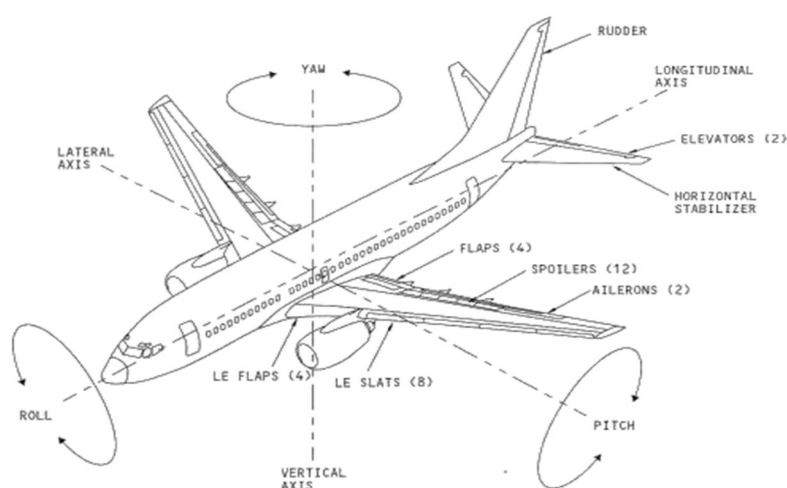


Figura 2: Ejes del avión.

Fuente: (<http://aircraft.blogspot.com/>)

- **Eje vertical**

El eje vertical pasa a través de una aeronave de arriba a abajo. La rotación alrededor de este eje se denomina guiñada. Guiñada cambia la dirección de la nariz del avión apunta, a la izquierda o a la derecha. El control primario de guiñada es con el timón de dirección. Alerones también tienen un efecto secundario en guiñada.

Es importante señalar que estos ejes se mueven con la aeronave, y cambian con respecto a la tierra como los movimientos de aeronaves. Por ejemplo, para una aeronave cuya ala izquierda está apuntando directamente

hacia abajo, su eje "vertical" es paralelo con el suelo, mientras que su eje "lateral" es perpendicular al suelo.

2.1.3 Superficies primarias.

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



Figura 3: Superficies de control primarias.

Fuente: (<http://airecraft.blogspot.com/>)

Las superficies de control son tres: alerones, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas tres superficies. La diferencia entre un piloto y un conductor de aviones es el uso adecuado de los controles para lograr un movimiento coordinado. Veamos cuales son las superficies de control, como funcionan, y como las acciona el piloto. Alerones. Palabra de origen latino que significa "ala pequeña", son unas superficies móviles, situadas en la parte posterior del extremo de cada ala, cuyo accionamiento provoca el movimiento de alabeo del avión sobre su eje longitudinal. Su ubicación en el extremo del ala se debe a que en esta parte es mayor el par de fuerza ejercido. El piloto acciona los alerones girando el volante de control ("cuernos") a la izquierda o la derecha, o en algunos aviones moviendo la palanca de mando a la izquierda o la derecha.

- **Timón de profundidad.**

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

En algunos aviones, el empenaje horizontal de cola es de una pieza haciendo las funciones de estabilizador horizontal y de timón de profundidad. El timón de profundidad es accionado por el piloto empujando o tirando del volante o la palanca de control, y suele tener una deflexión máxima de 40° hacia arriba y 20° hacia abajo.

- **Timón de dirección.**

Es la superficie móvil montada en la parte posterior del empenaje vertical de la cola del avión. Su movimiento provoca el movimiento de guiñada del avión sobre su eje vertical, sin embargo ello no hace virar el aparato, sino que se suele utilizar para equilibrar las fuerzas en los virajes o para centrar el avión en la trayectoria deseada. Suele tener una deflexión máxima de 30° a cada lado. Esta superficie se maneja mediante unos pedales situados en el suelo de la cabina.

- **Alerones.**

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

es mayor el par de fuerza ejercido. El piloto acciona los alerones girando el volante de control a la izquierda o la derecha, o en algunos aviones moviendo la palanca de mando a la izquierda o la derecha.

2.1.4 Superficies de control secundarias.

Es posible disminuir la velocidad mínima que sostiene a un avión en vuelo mediante el control de la capa límite, modificando la curvatura del perfil, o aumentando la superficie alar. Las superficies que realizan una o más de estas funciones se denominan superficies hipersustentadoras.

Las superficies primarias nos permiten mantener el control de la trayectoria del avión, las secundarias se utilizan en general para modificar la sustentación del avión y hacer más fáciles muchas maniobras. Las superficies secundarias son: flaps, slats y spoilers o Aero frenos.

- **Flaps.**

Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es la de aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado el ala. Situados en la parte interior trasera de las alas, se deflacten hacia abajo de forma simétrica (ambos a la vez), en uno o más ángulos, con lo cual cambian la curvatura del perfil del ala (más pronunciada en el extradós y menos pronunciada en el intradós), la superficie alar (en algunos tipos de flaps) y el ángulo de incidencia, todo lo cual aumenta la sustentación (y también la resistencia).

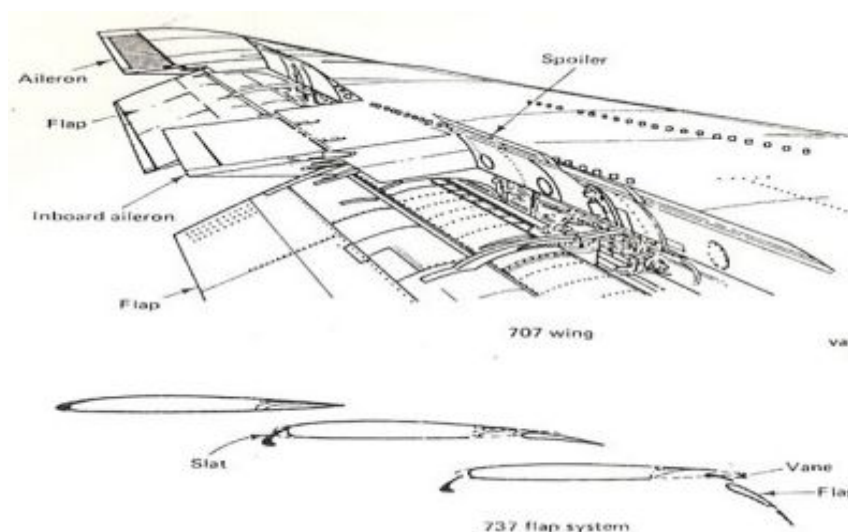


Figura 4: Ala de un avión con Flaps extendidos.

Fuente: (<http://www.alasewm.com.ar/limewm.htm>)

Se accionan desde la cabina, bien por una palanca, por un sistema eléctrico, o cualquier otro sistema, con varios grados de calaje (10° , 15° , etc.) correspondientes a distintas posiciones de la palanca o interruptor eléctrico, y no se bajan o suben en todo su calaje de una vez, sino gradualmente. En general, deflexiones de flaps de hasta unos 15° aumentan la sustentación con poca resistencia adicional, pero deflexiones mayores incrementan la resistencia en mayor proporción que la sustentación. En la figura se representan unas posiciones y grados de calaje de flaps como ejemplo, pues el número de posiciones de flaps así como los grados que corresponden a cada una de ellas varía de un avión a otro.

- **Slats.**

Son superficies hipersustentadoras que actúan de modo similar a los flaps. Situadas en la parte anterior del ala, al deflactarse canalizan hacia el extradós una corriente de aire de alta velocidad que aumenta la sustentación permitiendo alcanzar mayores ángulos de ataque sin entrar en pérdida. Se emplean generalmente en grandes aviones para aumentar la sustentación

en operaciones a baja velocidad (aterrizajes y despegues), aunque también hay modelos de aviones ligeros que disponen de ellos.

En muchos casos su despliegue y repliegue se realiza de forma automática; mientras la presión ejercida sobre ellos es suficiente los slats permanecen retraídos, pero cuando esta presión disminuye hasta un determinado nivel (cerca de la velocidad de pérdida) los slats se despliegan de forma automática. Debido al súbito incremento o disminución (según se extiendan o replieguen) de la sustentación en velocidades cercanas a la pérdida, debemos extremar la atención cuando se vuela a velocidades bajas en aviones con este tipo de dispositivo.

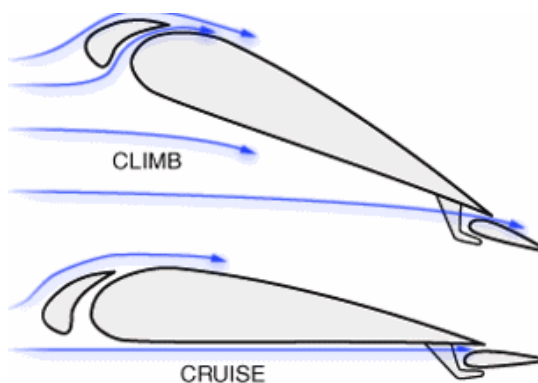


Figura 5: Slats y su efecto aerodinámico en la aeronave.

Fuente: (Oñate, 2007)

2.1.5 Modos de accionamiento de las superficies de control.

Es imprescindible explicarle al lector que las aeronaves con el paso del tiempo han desarrollado diversas formas en las cuales realizan el accionamiento de las superficies de control, sean estas secundarias o primarias, es conocido que existen medios mecánicos, electro mecánicos, electro hidráulico y el FLY BY WIRE para accionar las superficies de control, el primero o sistema de mando manual, utilizaban las primeras aeronaves, y básicamente estaba basado en los primeros diseños de las aeronaves, hace uso de los principios mecánicos de palanca, y polea, un ejemplo de estos sistemas de control es el T 34 Mentor de entrenamiento en la escuela

ESMA, este posee controles de vuelo basado en palancas y cadenas que transmiten el movimiento a las superficies de control .



Figura 6: Mandos de control del T34 C1.

Fuente: (http://avionicsservices.net/?page_id=20)

Controles mixtos como los controles hidráulicos actuados por servo cilindros, esta innovación se dio a conocer a inicios de los años 60, con los primeros aviones a reacción, estos necesitaban una fuerza mucho mayor de la que se pudiera generar a través de un conjunto multiplicador mecánico, en cambio se adaptaron servo cilindros hidráulicos, estos permitieron transformar el movimiento den desplazamiento de gran torque.

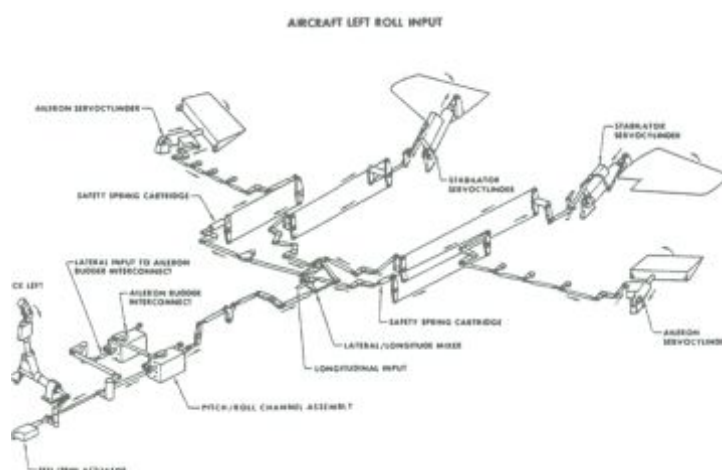


Figura 7: Controles de vuelo hidráulicos.

Fuente: (http://www.f15sim.com/operation/f15_hydro_mech.html)

Por último se puede nombrar el sistema FLY BY WIRE su idea de desarrollo nace a finales de los 80, el primer avión que porto computadoras que median las condiciones externas, realizaba cálculos y le indicaba a las superficies de control en qué posición estar para obtener el máximo de la eficiencia en la aeronave, así como reducir el esfuerzo al manipular la aeronave, la primera empresa civil que hizo uso de este sistema fue la BOEING, y adaptó a sus aeronaves a partir de A 319 el sistema de vuelo basado en cálculos por calculadora.

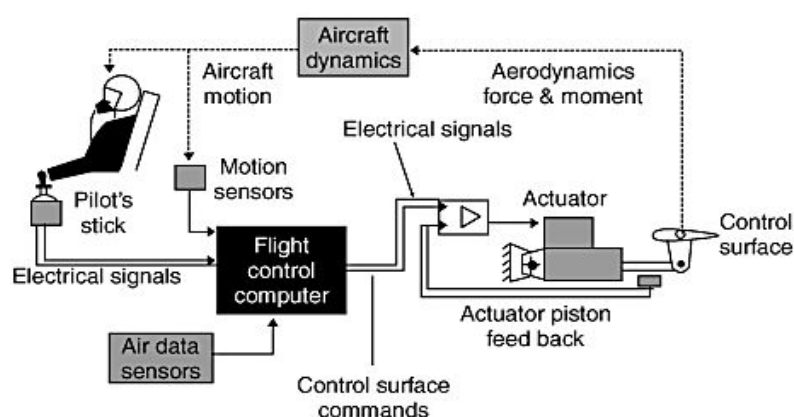


Figura 8: Esquema del funcionamiento del sistema FLY BY WIRE.

Fuente: (http://www.f15sim.com/operation/f15_flybywire_mech.html)

2.1.6 Compensadores.

Los compensadores aerodinámicos o TAB'S TRIM son pequeñas superficies que se encuentran en el borde de salida de la superficie de control, por superficie de control se debe entender el ruder, el elevador y el alerón, estas pequeñas superficies se dedican a compensar los desbalances aerodinámicos producidos por factores externos, estos factores pueden ser, desbalanceado de los tanques de combustible, respecto derecho a izquierdo, en los aviones de combate es muy común que las aeronaves entren en estado de desequilibrio, el uso del TAB TRIM soluciona dentro de ciertos parámetros la condición antes descrita, lo realiza variando el ángulo de posición con respecto a la superficie primaria de control. Esto provoca que el flujo de aire cree un levante positivo o negativo depende sea la necesidad del piloto para operar su aeronave sin el mayor esfuerzo.

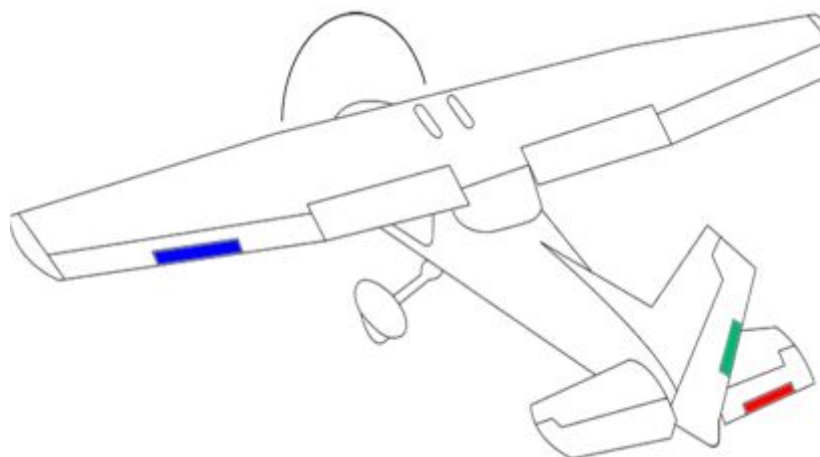


Figura 9: Posición de los TAB`s TRIM en el avión.

Fuente: (<http://avionesanton.blogspot.com/2011/07/aerodinamica.html>)

Como se observa en la figura anterior el sistema de aletas compensadoras del TAB TRIM en la parte de las alas y los elevadores solo se encuentran en una sola ala o se encuentra presente en una sola de las mitades del conjunto de superficies de control, esto es porque si existe una

descompensación en el balance del avión, una sola de estas superficies basta para crear la suficiente sustentación para nivelar a la aeronave.

Su accionar se realiza a través de diversos medios, en aviones, pero el más común es el de control mecánico, este transmite un paso por medio del bastón de mando en la cabina del piloto, esto es porque es él quien hará uso de este sistema de compensación aerodinámica.

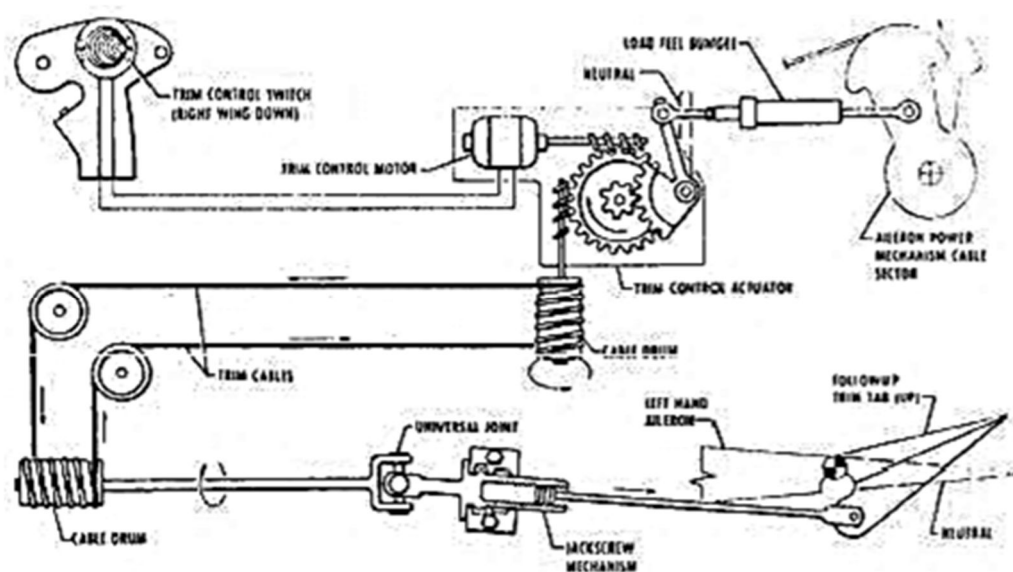


Figura 10: Sistema de mando del TRIM.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

En la imagen anterior se muestra cómo funciona un sistema TRIM por medio de un mando de cuatro vías ubicado en la parte superior del bastón de mando, este realiza pulsos que se generan por las presiones del piloto sobre el control de la cabrilla, estas señales hacen que un STEPPER MOTOR, o motor de giro por pasos de alto torque mueva un conjunto multiplicador que mueve el vástago de conexión de la superficie TRIM.



Figura 11: Sistema de mando del TRIM.

Fuente: (<http://www.airliners.net/photo/Cessna-A-37B-Dragonfly.html>)

2.2 Controles de vuelo secundario del avión A37B.

Quien lee este documento debe centrarse en que esta investigación no se centrará en describir a los controles secundario y no los primarios, por ende no se extenderá más de lo que se ha explicado en las líneas anteriores, todo esto de acuerdo con la focalización del documento y discriminación de información que es irrelevante para el lector, si el individuo desea saber más de los sistemas misceláneos de esta aeronave, debe redirigir sus esfuerzos a documentos enfocados a explicar los sistemas primarios de la aeronave.

El lector debe saber que la información a continuación expuesta es la interpretación del manual T37-MM que es el manual de mantenimiento de los controles de vuelo del avión al que hace referencia esta investigación, esta explicación viene a colación para evitar confusiones de plagio u otro mal entendido. Los controles de vuelo secundario es totalmente controlado electrónicamente, este conjunto de controles secundarios están compuestos por "ALERÓN, ELEVADOR, y RUDER TAB TRIM SYSTEM, cada sistema incluye un TAB que esta mecánicamente conectado a un actuador, cada uno ensamblado por detrás del control de superficie, y estos a su vez conectados a un sistema de control de SWICH montado en la CABRILLA DE MANDO.

2.2.1 Sistema TAB TRIM del alerón del avión A37B.

Descripción.- El sistema comprende un tablero largo ubicado en el alerón izquierdo, el actuador que genera el movimiento se encuentra empotrado en la parte opuesta del TAB y comunica el movimiento a través de una barra de acción mecánica y un conjunto mezclado de SWICH`S que accionan el mecanismo por medio del bastón de mando.

Operación.- Si el avión se encuentra energizado y se presiona el SWICH a la izquierda, mueve al TAB izquierdo hacia abajo teniendo como efecto que el ala izquierda se mueva hacia abajo, si presiona el SWICH a la derecha manda la información para mover el TAB hacia arriba y el alerón abajo tiene como efecto que el ala derecha se desplace hacia abajo. Cuando deja de presionar el botón los controles regresan a la posición neutral, realizando un parado al TAB donde quiera que esté en posición, el sistema de actuador es el mismo que el usado en el estabilizador lateral.

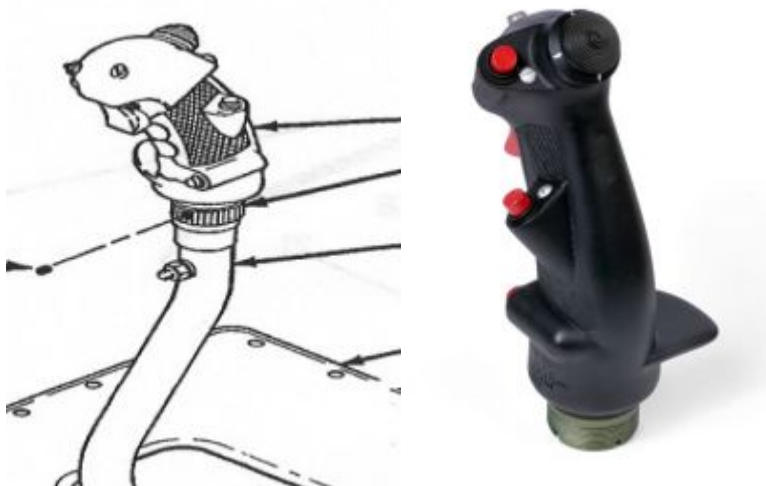
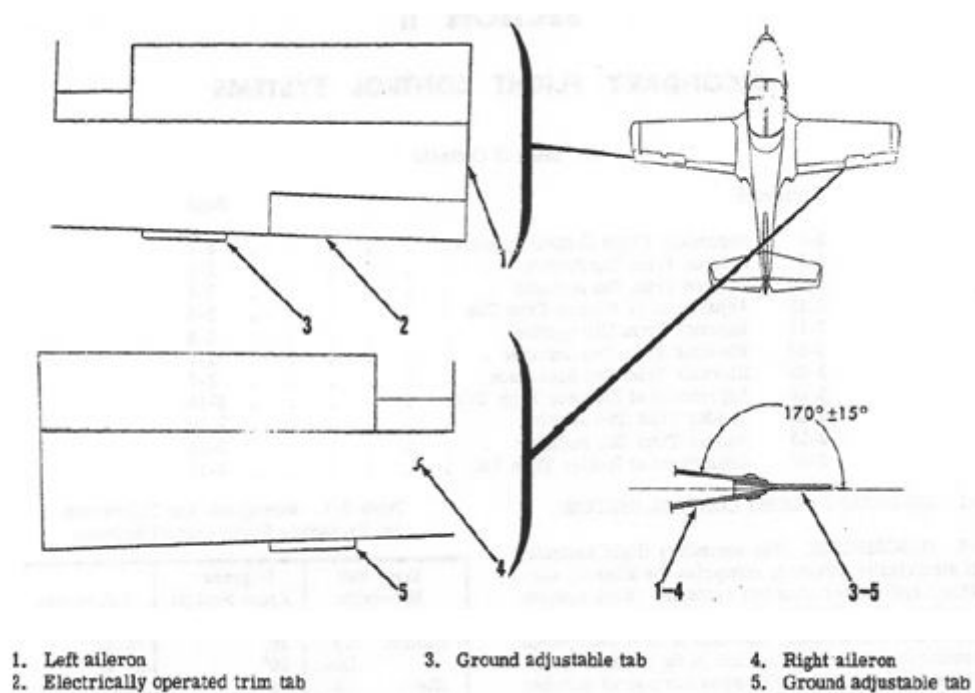


Figura 12: Bastón de mando con sistema de control TRIM

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Tabla 1: Movimientos y tolerancias para el sistema de TAB`s.

MOVIMIENTO DE TAB TRIM		GRADOS DESDE LA POSICIÓN NEUTRAL	TOLERANCIAS
ALERÓN	ARRIBA	20 °	+/- 2.30 °
ALERÓN	ABAJO	20 °	+/- 2.30 °
ELEVADOR	ARRIBA	8 °	+/- 1 °
ELEVADOR	ABAJO	25 °	+/- 1 °
RUDER	DERECHA	20 °	+/- 2 °
RUDER	IZQUIERDA	20 °	+/- 2 °

**Figura 13:** Ubicación de los elementos en el ala de A37B.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

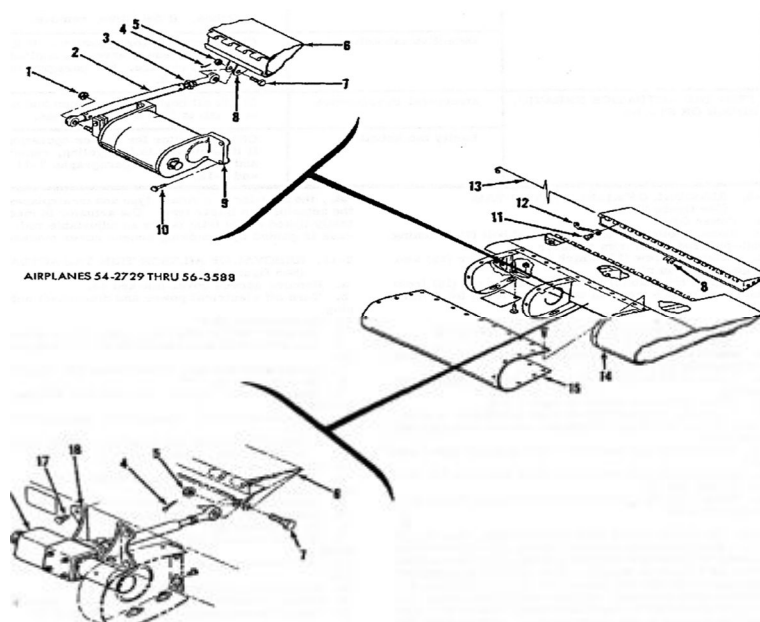


Figura 14: Componentes del sistema de ensamble del TAB TRIM del alerón.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

2.2.2 Sistema TAB TRIM del elevador A37B.

Descripción.- El sistema comprende un TAB TRIM con bisagras en el elevador izquierdo del avión este se empotra al eje de la superficie de control por medio de un eje flexible, a más del actuador empotrado sobre el elevador. La combinación del ALERÓN ELEVADOR SYSTEM es también parte del sistema y como se explicó en la parte anterior se encuentra en el tope de la cabrilla de mando del avión.

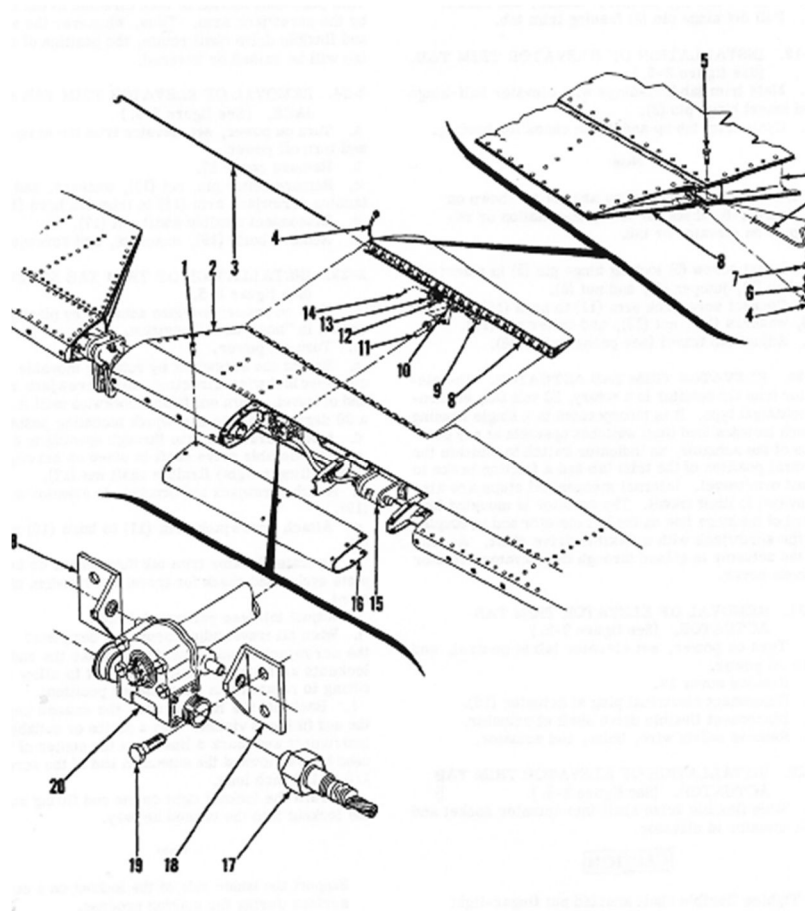


Figura 15: Componentes del sistema de ensamble del TAB TRIM del elevador.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Operación.- Presionando los switch's conectados en paralelo hacia adelante crea un efecto de movimiento en el TAB hacia arriba, obligando a mover el elevador y la nariz hacia abajo, presionando el SWICH hacia la posición abajo, el TAB baja obligando a mover el elevador y la nariz hacia arriba, cuando se deja de presionar y el swich retorna a la posición neutral, para al TAB en la posición en la que se encuentra.

2.2.3 Sistema TAB TRIM del Ruder A37B.

Descripción.- El sistema comprende un TAB TRIM con bisagra y un vástago de conexión flexible, este a su vez se encuentra conectado a un sistema de transmisión de movimiento mecánico que recibe el desplazamiento de un actuador longitudinal que es controlado por un sistema de CONTROL TRIM SWICH que se ubica en el panel del cuadrante izquierdo.

Operación.- Si la aeronave esta energizada, y se mueve el SWICH a la posición izquierda, este mueve al TAB a la izquierda moviendo el ruder y la nariz de la aeronave a la izquierda, y si se mueve el SWICH a la derecha crea un movimiento en el TAB hacia la izquierda, teniendo como efecto que la nariz del avión se mueva a la derecha. Cuando el swich regresa a la posición de neutro el TAB se queda en la posición en la que se quedó.

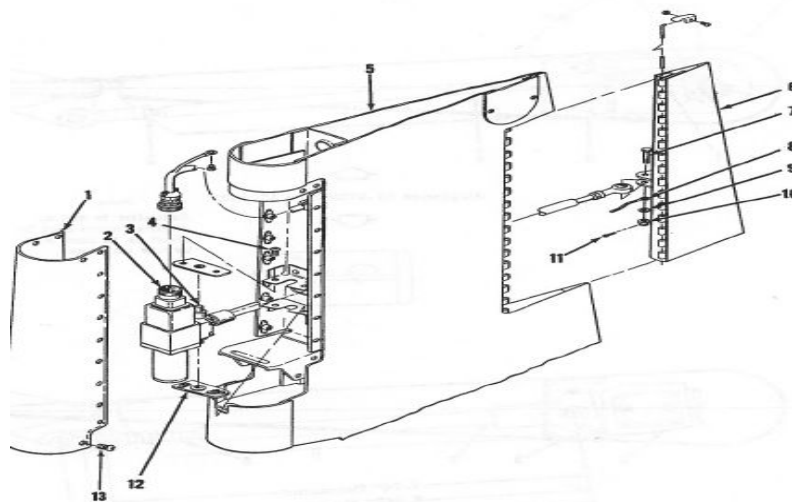


Figura 16: Componentes del sistema de ensamblaje del TAB TRIM del Ruder.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

El lector debe entender que la interpretación del texto aquí expuesto, es la representación global del manual T.O.1T-37B-2-4, con referencia al uso, descripción y operación de los TAB TRIM, y puesto que esta investigación no busca describir o traducir el manual, si no dar una referencia para que el lector tenga una percepción de lo expuesto en el manual, por cualquier duda estará adjunto en la respectiva sección de ANEXOS.

CAPÍTULO III

3.1 Generalidades de la implementación de los TAB'S del A37B.

A continuación se describe de forma general las actividades que se realizaron para obtener la funcionalidad de los TAB`s del avión A37B Dragonfly de la Unidad de Gestión de Tecnologías, primero fue necesario realizar varias visitas observarías, para determinar el estado actual de los controles de vuelo secundarios, en estas se pudo apreciar múltiples falencias en la estructura externa así como el estado de las mismas superficies de los TAB`s.

Posterior a las visitas, se procedió a recopilar información concerniente al avión A37B que está en la unidad, a partir de aquí se prosiguió al desmontaje de los equipos, acción que estuvo acompañada de limpieza, lubricación, acto seguido se procedió a dar el tratamiento de piel a las superficies, y pintura, mientras tanto se realizó los estudios necesarios para determinar cuál sería la forma más eficiente de implementar un sistema de control que permita tener el control total de las superficies desde un mismo punto y con un idéntico elemento.

Gracias al uso de tecnologías de innovación se pudo adaptar un sistema electrónico que funciona con la misma lógica de función que en el avión original. Lo anterior tuvo que pasar por pruebas en protoboard para garantizar la fiabilidad del sistema, este necesitaba ser controlado por medio de un control de bastón de mando del mismo avión, y trabajar dentro de lo posible inmerso en los parámetros de funcionamiento de las tablas. Finalizado esto se pudo montar el sistema por dentro de la misma aeronave intentando no agredir al fuselaje y tomando las medidas de precaución necesarias, cuando esto tuvo su final, se realizaron las pruebas operativas dando por finalizado la implementación.

3.2 Estado físico general del sistema de TAB'S del A37B.

La condición en la que se encuentran las superficies de los TAB's es deplorable, se evidencia que al ensamblar los componentes se lo realizó de forma que no presenta ningún cuidado, las partes, y componentes internos del sistema que acciona, manipula, y transmite el movimiento a los TAB'S es prácticamente inexistente, al observar los puntos de pivote del alerón, elevador, y ruder, se observó que no existían. Los puntos de soporte eran alambres y pernos que no poseían las características físicas necesarias para realizar su función.

La condición externa de las pieles de los TAB'S es deplorable, al realizar una prueba práctica de la condición se pudo descubrir que poseían 4, o 5 capas de pintura por sobre el "PRIMER", el TAB, que pertenece al alerón se encuentra deformado en su totalidad y necesita ser restituido a su forma original, los actuadores son inexistentes, en todas las superficies de control, y no existen las tapas posteriores que se necesitan para acceder al actuador, y proteger al mismo de la intemperie, el poste de control de mando y CONTROL GRIP no existe, este elemento es clave para poder actuar los sistemas de forma efectiva.

Tabla 2: Estado de los componentes del sistema de TAB'S A37 B de la UGT.

ELEMENTO	ESTADO
TAB ALERÓN	DERRUIDO / DEFORMADO
TAB ELEVADOR	DERRUIDO
TAB RUDER	DERRUIDO
ACTUADORES (todos)	INEXISTENTES
TAPAS DE LOS ACTUADORES (todos)	INEXISTENTES
SISTEMA CONTROL GRIP	INEXISTENTE
ELEMENTOS FUNGIBLES (todos)	INEXISTENTES

Tabla 3: Tabla de funcionamiento y operatividad de los TAB'S del A37B de la UGT.

ELEMENTO	FUNCIONABILIDAD	OPERATIVIDAD
TAB ELEVADOR	NINGUNA	NINGUNA
TAB ALERÓN	NINGUNA	NINGUNA
TAB RUDER	NINGUNA	NINGUNA

3.3 Programación del mantenimiento y visión de la implementación de los TAB'S.

El mantenimiento, y la implementación debe estar sujeta a una muy planificada tarea de reparación, en esta parte del documento se explicará de forma breve los pasos a seguir para realizar un mantenimiento que dé resultados efectivos en el equipo que se desea reparar, es importante aclararle al lector que estas tareas tienen como objetivo dar mantenimiento a los componentes y subcomponentes integrados en los TAB'S del avión A37B de la Unidad de Gestión de Tecnologías, y por lo cual no es necesario prestar este tipo de tratamiento a cualquier componente que esté relacionado con este, para señalar un ejemplo se puede citar al alerón como componente primario, y los TAB'S el secundario.



Figura 17: TAB del alerón desprendido y deformado.

Si bien es cierto el TAB pertenece al alerón, y no el alerón al TAB, esto deja al alerón por fuera de cualquier tipo de tratamiento o reparación, esto, se realiza con el fin de dejar a otros investigadores que puedan desarrollar sus propios perfeccionamientos e investigaciones, para así de forma ordenada y eficiente continuar con la restauración del avión al que se hace referencia en este documento.

Por lo anterior expuesto es imperativo organizar de forma eficaz las operaciones a realizar para la implementación funcional de los elementos de control de vuelo secundario TAB'S.



Figura 18: Desmante de los componentes de vuelo.

Es necesario explicar que el actuador del TAB TRIM ubicado en la parte del estabilizador vertical RUDER se encuentra extremadamente derruido y en mal estado, esta investigación buscará la forma de volver a operarlo y si es posible realizarlo con los voltajes de operación normal.

A continuación se presenta un diagrama de flujo que servirá para guiar al lector a través de los diferentes procesos que se realizaron para llevar a cabo la rehabilitación de los componentes llamados TAB'S TRIM, estas, también fueron la guía del investigador y para poder tener un progreso ordenado e inteligente, esto evita problemas al momento de la construcción de equipos e implementación de los componentes, haciendo por si más rentable económicamente al momento de construirlo.

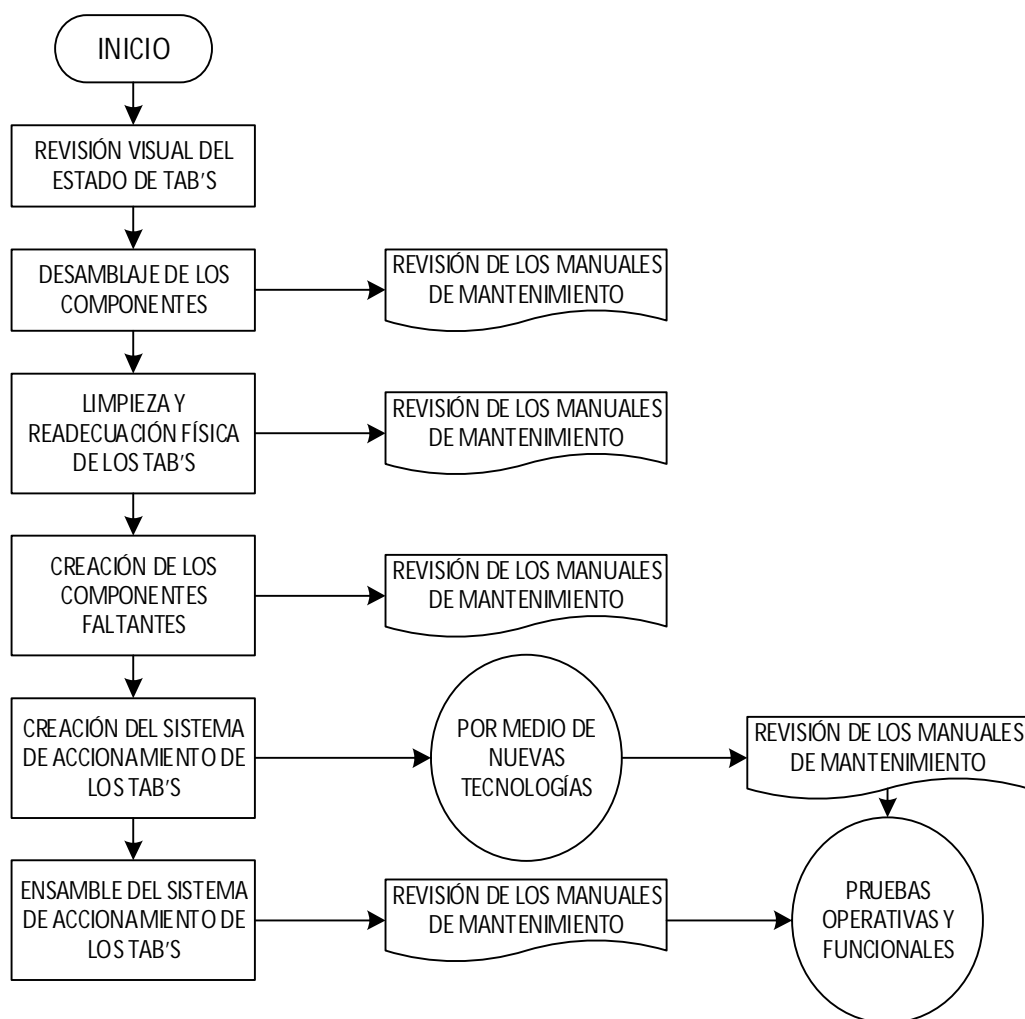


Figura 19: Diagrama de procesos para la investigación en curso



Figura 20: TAB'S del Ruder y elevador del A37B de la UGT.

3.4 Herramientas que se utilizaran en la investigación.

Como es conocido, esta investigación está destinada a describir los procesos necesarios para realizar la implementación del sistema funcional de los TAB'S del A37B y no explicar puntualmente las herramientas que se utilizaran, en su mayoría son estándar y de conocimiento general del público común, por ello solo se describirán de forma enumerada en el cuadro a continuación, aun así es necesario que los lectores tengan una perspectiva del tipo de implementos que se utilizarían en este tipo de incursiones.

Tabla 4: Herramientas utilizadas en el trabajo de campo.

HERRAMIENTA	FUNCIÓN
Berbiquí 	Es un destornillador de alto torque
Desarmadores 	Su función es la de sacar tornillos
Llaves de varias medidas en pulgadas 	Para retirar pernos de cabeza hexagonal
Martillo de cabeza de goma 	Generar vibración de baja frecuencia para aflojar pernos fijos.
Sierra común 	Para cortar superficies rígidas metálicas

Continua →

Moladora neumática (RÁPIDA)

Para cortar con un grado mayor de rapidez.

Tijera para metales

Para cortar aluminio de baja densidad.

Removedor de pintura

Para remover las capas de pintura de las superficies de control.

Thinner

Para limpiar las superficies de la aeronave.

Brochas y trapo industrial

Elementos aplicadores y removedores de líquidos solventes

Compresor

Para utilizar la Rápida, y la pistola de pintura.

Entenalla

Para sujetar y asegurar las superficies antes de realizar los procesos de re formado estructural.

Continua →

CHIP ATMEGA 168

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADCC/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT5/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Para controlar los TAB'S.

Servo motores de alto torque



Para general el movimiento del TAB.

Cable



Para unir eléctricamente los componentes a un solo mando.

Overol, guantes, gafas, equipos de protección personal



Todo el equipo obligatorio para trabajar en equipos aeronáuticos.

Ferretería



Para ensamblar todos los componentes

Computadora

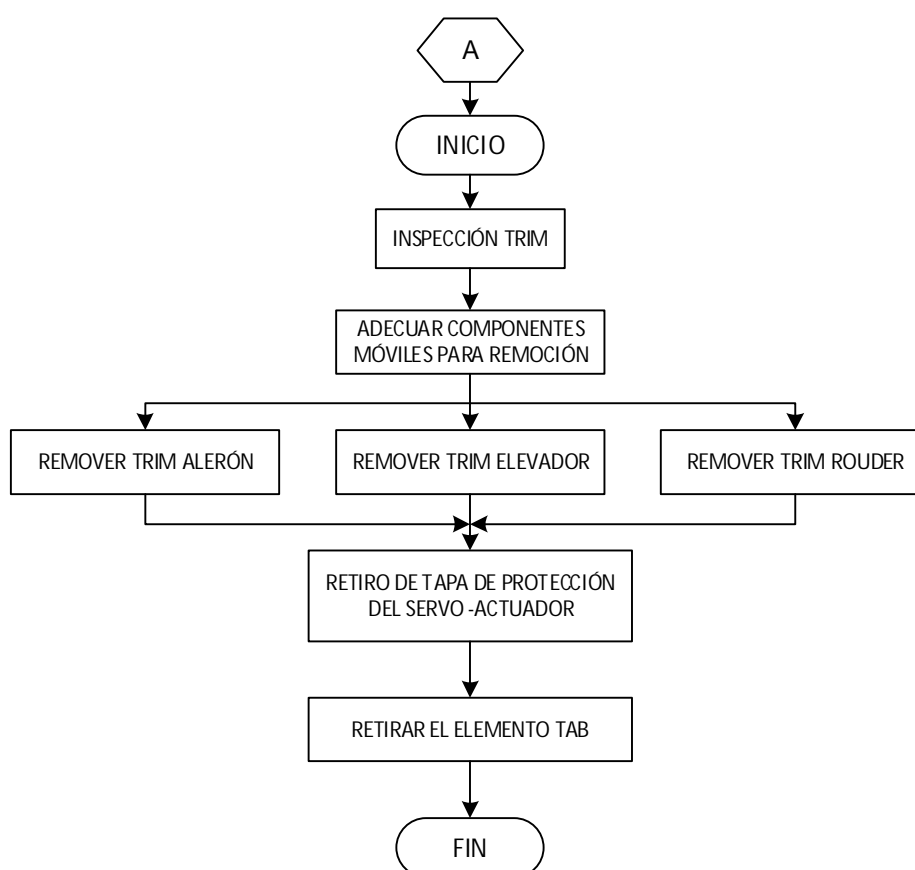


Para realizar diseños estructurales, y probar las placas de control.

3.5 Proceso de remoción de los elementos TAB.

El proceso de remoción del sistema TAB'S para todo el conjunto de TRIM'S debe seguir el proceso en el diagrama de flujo descrito como A. El mismo refiere la secuencia lógica para realizar la acción requerida. Es necesario puntualizar que esta acción denoto mucho tiempo por el estado de las superficies de vuelo, estas se encontraban totalmente derruidas.

Flujograma de proceso de remoción del sistema TAB'S para todo el conjunto de TRIM'S



3.6 Desensamble de los componentes.

Como se explicó al inicio de este capítulo, el estado inicial de las superficies de control secundario del avión A37B de la Unidad de Gestión de Tecnologías, ubicado en la parte posterior del mismo, es deplorable. Para realizar el desmontaje de los mismos fue necesario hacer uso de

herramientas de aviación y en la mayoría de casos del ingenio y visión del investigador, la primera evidencia fue el que la ferretería, se encontraba frenada con la superficie de control, esto significa que los elementos destinados a ser ejes de los pivotes de movimiento se encontraban soldados por la corrosión existentes en los mismos, producto de meses a la intemperie sin un mínimo de cuidado.



Figura 21: Desmontaje del actuador TAB TRIM.

Para realizar el desmontaje, se estudió el manual MM A37B CONTROL FLIGH en la sección II, esta describe cuales son los componentes de los que está formado el sistema de TAB'S, esto se realizó con el fin de no derruir el sistema que ya estaba en muy mal estado, al realizar el trabajo al que se refiere el tema en la parte del alerón fue necesario primero lubricar las juntas del alerón, pues este no poseía ningún tipo de movilidad, posterior a esperar un par de minutos, se procedió a retirar el pin conector del BRACKET (parte 31 en la figura 21) y posterior el gemelo, (parte18 en la figura 21), esto con el fin de tener un mejor acceso al compartimiento donde se asila el sistema de movimiento del TAB, acto seguido se procedió a retirar el TAB, es notable citar que el control del servo original estaba alimentado por un cable descrito en la (parte 30 en la figura 21), mismo que también era inexistente. El Tab estaba compuesto por la superficie de control TAB, el COVER, el

ACTUADOR, el SCREW JACK, el HORN, y la VARILLA FLEXIBLE DE PIVOTE, todos estos componentes están descritos en la Figura 22.

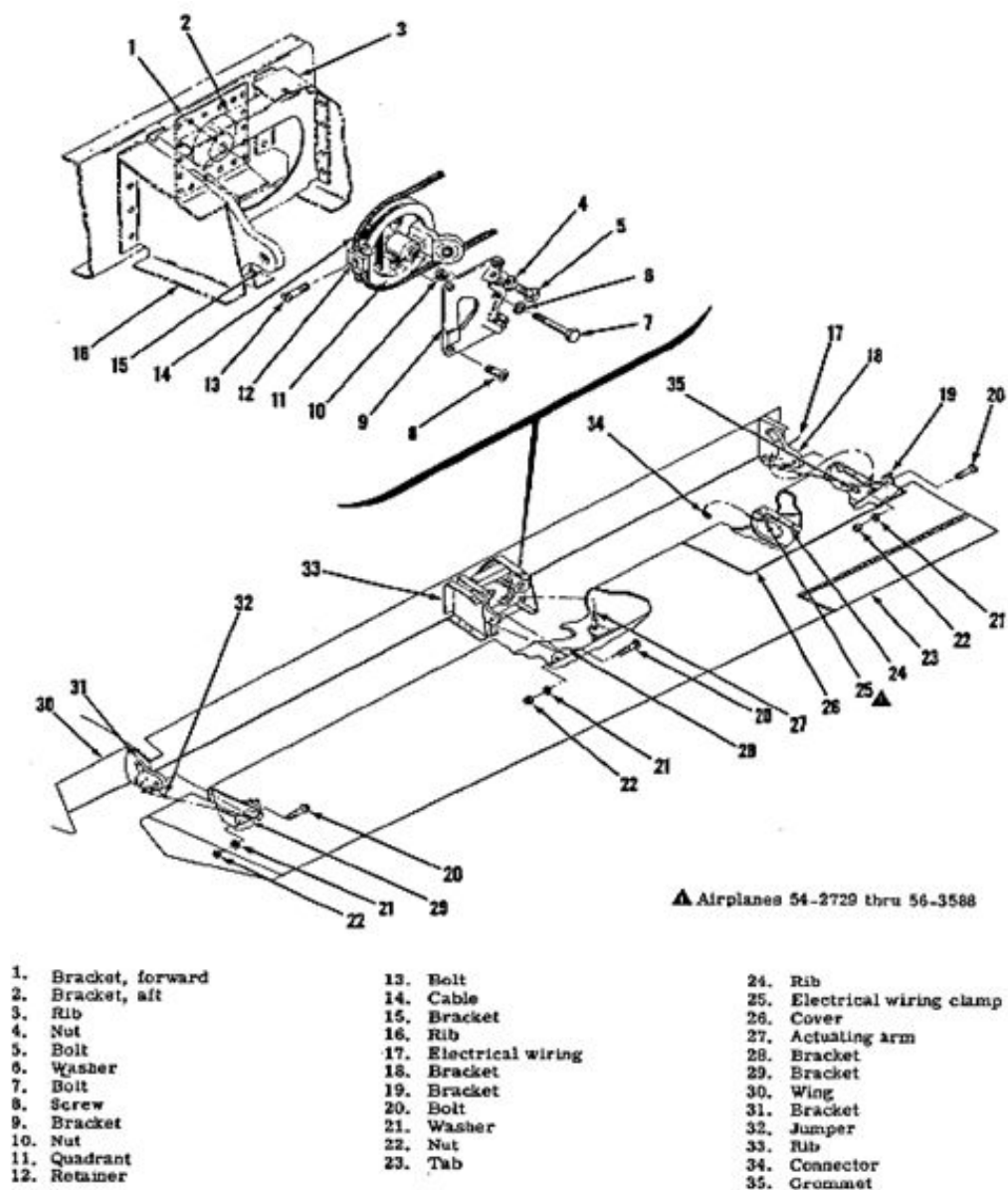


Figura 22: Imagen del desensamble del alerón.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Para separar el cuerpo del TAB TRIM del alerón, se esperaba en gran parte realizar el trabajo en base al manual de mantenimiento, pero el deplorable estado de la parte estructural, sumado al mal ensamblado del

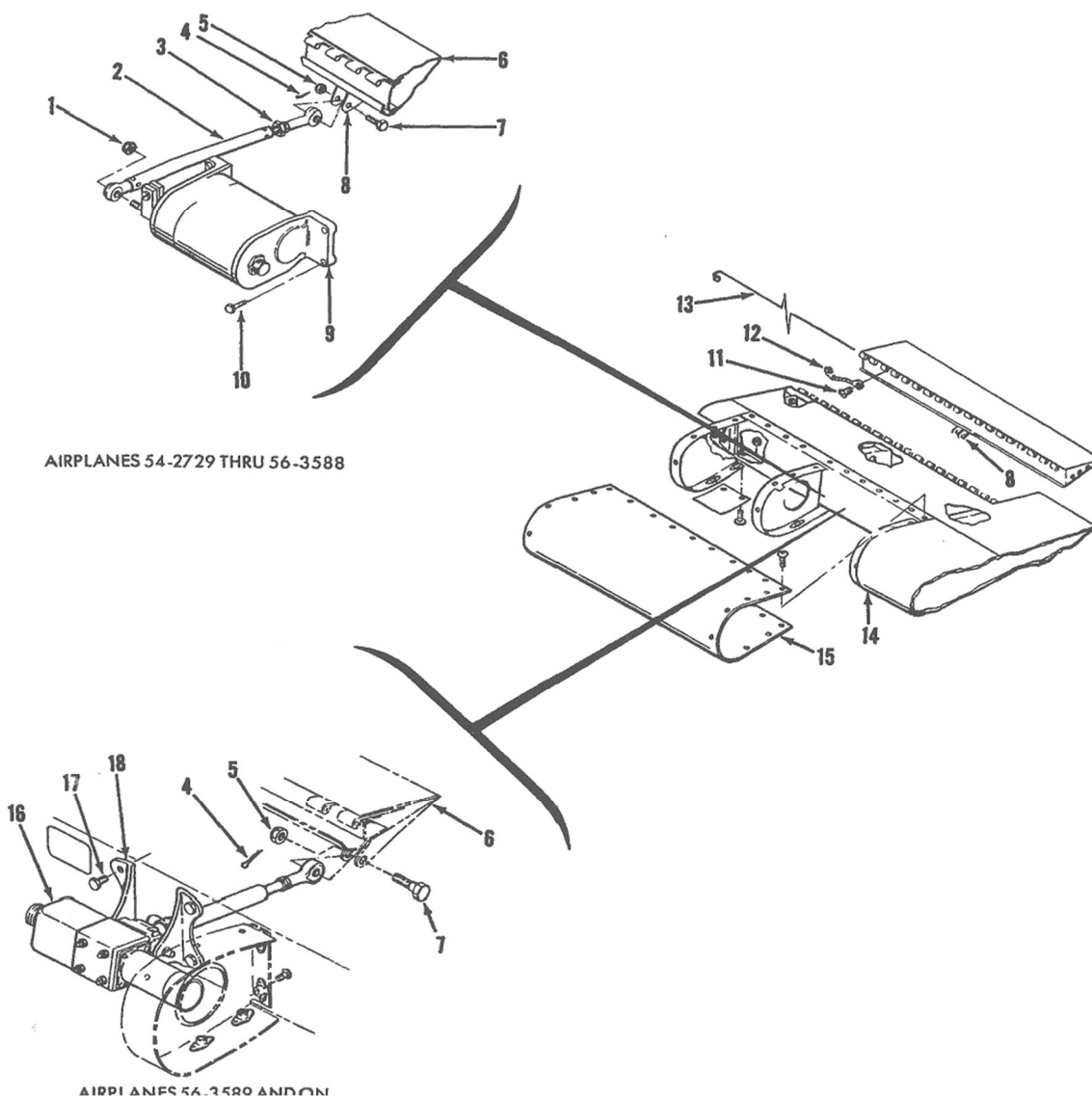
mismo en tiempos anteriores de forma libre, hace muy difícil que se pueda seguir el manual al pie de la letra, aun así es importante recalcar que se hizo el trabajo lo más apegado al manual, y lo realizado fue lo descrito a continuación en forma cronológica.



Figura 23: Imagen del desensamble del alerón.

Tabla 5: Orden de desensamble TAB TRIM ALERÓN.

ACCIÓN	OBSERVACIONES
REMUEVA EL COTER PIN	EN BASE A LA IMAGEN 25
REMUEVA EL NUT/BOLT	EN BASE A LA IMAGEN 25
REMUEVA SCREW	EN BASE A LA IMAGEN 25
REMUEVA JUMPER	EN BASE A LA IMAGEN 25
REMUEVA HINGE PIN	EN BASE A LA IMAGEN 25
REMUEVA TAB TRIM	EN BASE A LA IMAGEN 25

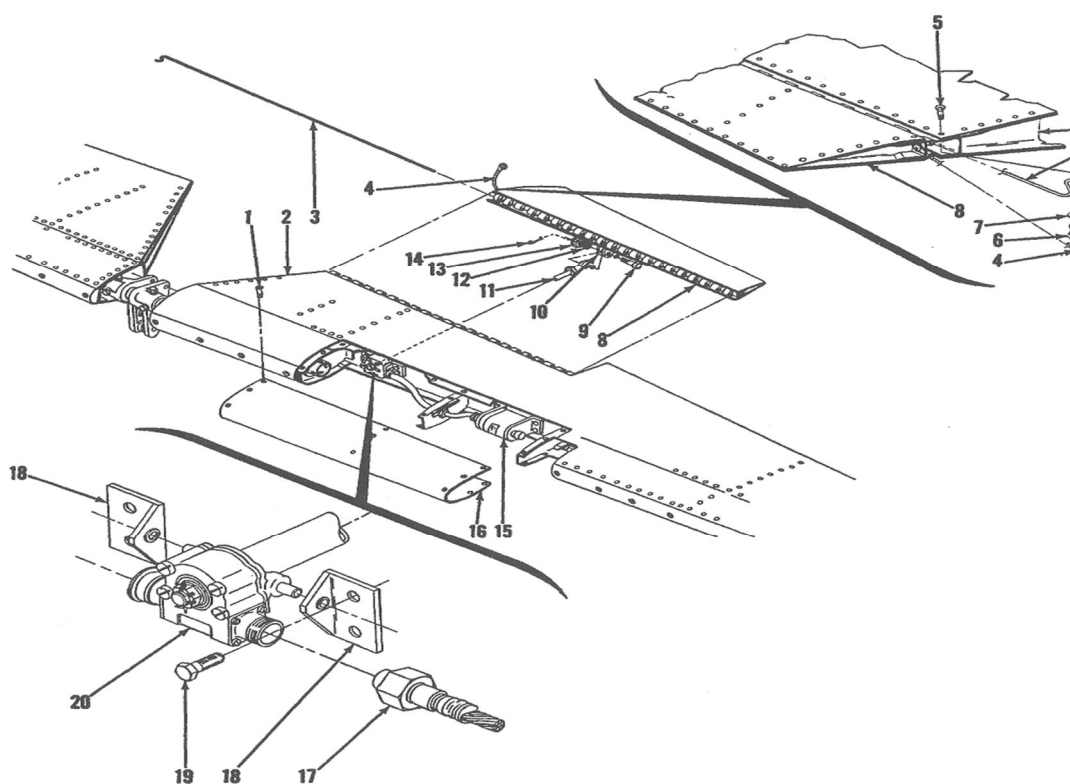


- | | | |
|---------------|-------------|---------------|
| 1. Nut | 7. Bolt | 13. Hinge pin |
| 2. Push rod | 8. Horn | 14. Aileron |
| 3. Locknut | 9. Actuator | 15. Panel 45 |
| 4. Cotter pin | 10. Bolt | 16. Actuator |
| 5. Nut | 11. Screw | 17. Bolt |
| 6. Trim tab | 12. Jumper | 18. Bracket |

Figura 24: Imagen del desensamble del TAB TRIM ALERÓN.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Para el desensamble del TRIM ELEVADOR también se tenía la expectativa de realizar en base al manual, lamentablemente se repitieron las condiciones del caso expuesto en el párrafo anterior, y por ende debió hacerse de forma a típica y más bien apegada a poder cumplir con el objetivo de remover el TAB TRIM DEL ELEVADOR, una de las complicaciones más relevantes a recalcar fue el gran grado de corrosión en el cuerpo en general.



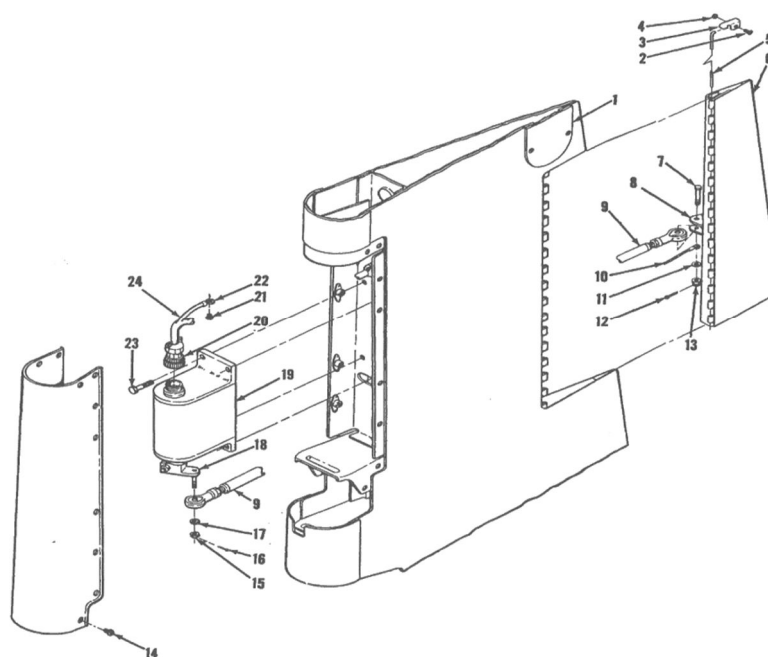
- | | | | |
|-------------|-------------|-------------------|---------------|
| 1. Screw | 6. Nut | 11. Screwjack arm | 16. Cover |
| 2. Elevator | 7. Washer | 12. Washer | 17. Nut |
| 3. Pin | 8. Trim tab | 13. Nut | 18. Bracket |
| 4. Jumper | 9. Bolt | 14. Cotter pin | 19. Bolt |
| 5. Screw | 10. Horn | 15. Actuator | 20. Screwjack |

Figura 25: Imagen del desensamble del TAB TRIM ELEVADOR.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Tabla 6: Orden de desensamble TAB TRIM ELEVADOR.

ACCIÓN	OBSERVACIONES
DESCONECTE EL SCREW JAK ARM	EN BASE A LA IMAGEN 26
REMUEVA EL NUT/BOLT	EN BASE A LA IMAGEN 26
REMUEVA JUMPER/WASHER/SCREW	EN BASE A LA IMAGEN 26
REMUEVA EL NUT	EN BASE A LA IMAGEN 26
HALE EL HINGE PIN	EN BASE A LA IMAGEN 26
LIBERE EL TAB TRIM	EN BASE A LA IMAGEN 26



- | | | | |
|----------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 1. Access door | 7. Bolt | 13. Nut | 19. Actuator, rotary |
| 2. Screw | 8. Horn | 14. Screw | 20. Connector |
| 3. Pin stop | 9. Push-pull rod | 15. Nut | 21. Screw |
| 4. Nut | 10. Jumper | 16. Cotter pin | 22. Ground wire |
| 5. Hinge pin | 11. Washer | 17. Washer | 23. Bolt |
| 6. Trim tab | 12. Cotter pin | 18. Actuator arm | 24. Electrical wiring |

Figura 26: Imagen del desensamble del TAB TRIM RUDER.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Tabla 7: Orden de desensamble TAB TRIM RUDER.

ACCIÓN	OBSERVACIONES
REMUEVA LA PUERTA 13	EN BASE A LA IMAGEN 27
DESCONECTE EL JUMPER	EN BASE A LA IMAGEN 27
REMUEVA EL NUT	EN BASE A LA IMAGEN 27
REMUEVA EL NUT	EN BASE A LA IMAGEN 27
JALE EL HINGE PIN	EN BASE A LA IMAGEN 27
LIBERE EL TAB TRIM RUDER	EN BASE A LA IMAGEN 27

Para la sustracción del TAB TRIM RUDER, se debió realizar la remoción del RUDER, que se encontraba mal montado, es decir no se encontraba en los sócalos de rodamiento por ende incurría en un estado inseguro. Las superficies de sujeción entre el la estructura del fuselaje y la superficie de control se encontraban frenados por presencia de corrosión.

Los pasos descritos en el Tabla 7 son los que se pudieron realizar de forma aplicable al manual, también es recalable que en los controles de servos de control de los TAB'S TRIM'S no existía ningún equipo, y en la mayoría de la estructura no existía ferretería alguna, esto fue descrito también en las primeras páginas de este capítulo.

3.7 Proceso de tratamiento de la piel.

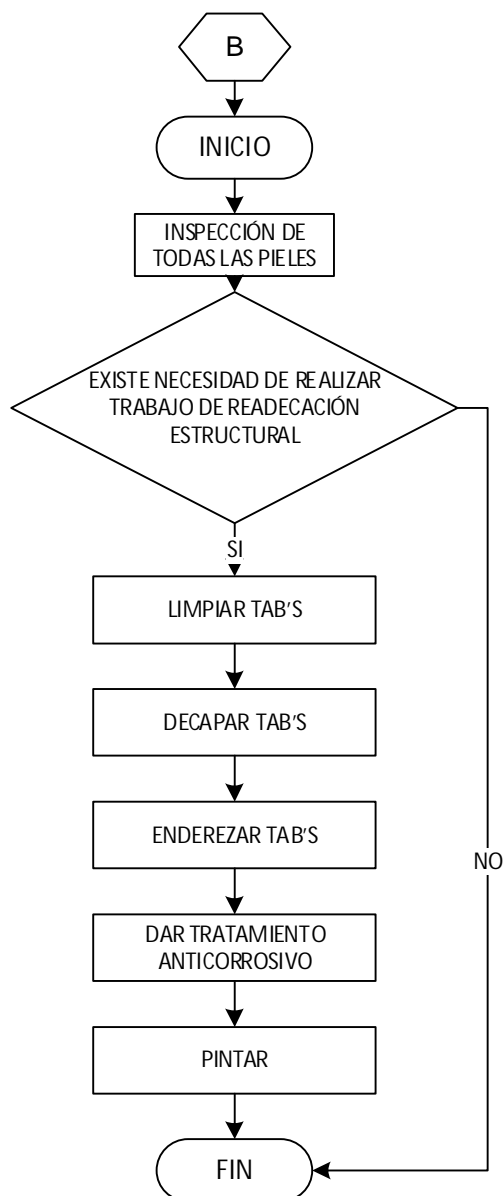
- **Inspección.**

Posterior a la remoción de los componentes de los TAB'S TRIM'S de todos los ejes de control se procedió a la inspección de los mismos a primera vista se nota el deplorable estado de los mismos, producto de extenso tiempo en el que ha pasado sin ningún tipo de tratamiento.



Figura 27: TAB TRIM ALERÓN deformado en un extremo.

Flujo grama del proceso de estabilización estructural externa.



- **Limpieza.**

La limpieza en general de todas las superficies se la realizo utilizando el proceso de desengrasante, esto para poder liberar la superficie de cualquier tipo de sobrecarga de material viscoso, todo esto se realiza con el fin de preparar la piel para colocar el removedor de pintura, este actúa solo si se encuentra directamente en contacto con la pintura de la superficie a la que se desea “decarpar” las herramientas que se utilizaron fueron brochas de aplicación, trapo industrial, lustre, y un jabón líquido con propiedades desengrasantes de nivel mecánico “ORANGE”, además se tomaron en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias para poder realizar trabajos con químicos que emanan vapores, fue mandatorio el uso de overol, guante de protección química, gafas de seguridad, y mascarilla.



Figura 28: Limpieza de las superficies de control, jabón desengrasante.

Fuente: (<http://www.fcservicios.com.ar/iframe1.html>)

El proceso fue bastante tardado, pues en la estructura de la aeronave se había convertido en hogar de aves mismas que habían realizado sus nidos dentro de las cavidades de las alas, generando así que la materia natural como fibras y pajas se mezclara con la grasa de mantenimientos antiguos, teniendo como resultado una masa densa de grasa y materia natural, muy

pegada y difícil de sacar sin acrecentar la integridad de la piel de las superficies de control.

- **Remoción de la pintura.**

Para la remoción de la pintura se hizo uso de varios métodos, en primer lugar porque después de una pequeña revisión de identifioco que los TAB'S TRIM'S habían sido pintados repetidas veces, sin decapar las anteriores capas de pintura, al tener las superficies limpias y desengrasadas se procedió a identificar un lugar ventilado y lo suficientemente seguro para poder utilizar un ácido removedor de pintura, esto aceleraría el tiempo de remoción de la capa pintada.



Figura 29: Removedor de pintura.

Fuente: (http://mail.mundialresources.com.pintuco_23022011.html)

El removedor fue un producto que permite quitar pinturas, barnices, lacas y poliuretanos aplicados sobre superficies metálicas, de madera o concreto, listo y fácil para usar. Su aplicación fue realizada con brochas de media pulgada y se siguió las instrucciones de uso, posterior a su aplicación se esperó un aproximado de 20 minutos, en los que se activa la acción del decapante. Los removedores de pintura por excelencia son la sosa y potasa cáustica (hidróxido de sodio y potasio) concentradas y calientes, pero debido

a su peligrosidad (producen graves quemaduras) no se comercializan para uso doméstico y solo se usan en aplicaciones industriales. En su lugar se usan mezclas de varios disolventes de gran potencia cuya combinación ablanda cualquier pintura, no importa la base, porque la capacidad de disolución es aportada por uno de los dos componentes o la combinación de varios. Estas mezclas son muy tóxicas y deben ser manipuladas con cuidado evitando la respiración prolongada o en locales cerrados, así como el contacto con la piel ya que algunos de los componentes se absorben a través de ella.

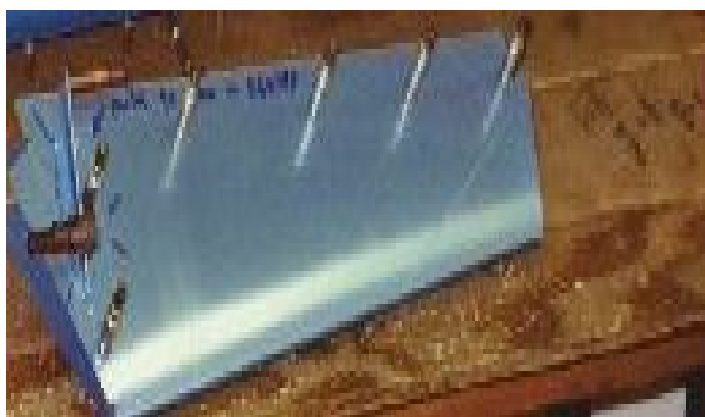


Figura 30: Piel del TAB.

- **Enderezar las partes deformadas.**

El proceso de la enderezada se realizó a partir de los procesos estándar de erguido para materiales aeronáuticos, es decir como el TAB TRIM se consideraba una parte aeronáutica que volará más, se hizo uso de un elemento contundente de cabeza amortiguarse, (MARTILLO DE CABEZA DE GOMA), este elemento permitió generar algunos golpes que regresaron la parte a su forma original, esta acción solo se realizó para el TAB que se encontraba ubicado en la ala izquierda.



Figura 31: Enderezado del TAB.

- **Proceso anti corrosivo.**

Este proceso es el que se da a las partes aeronáuticas para protegerlas de la intemperie, esto es la lluvia el sol y demás factores externos que mellan la capacidad y las propiedades físicas de la piel del TAB TRIM, además fue necesario realizar el mismo trabajo con las superficies contenedoras de los elementos en cuestión, como son el alerón, el elevador, y el ruder, que estaban en mal estado, se intuía que se desprenderían en poco tiempo, por la acción del viento que corre en la zona en la que se encuentra.



Figura 32: Sistema líquido de protección corrosiva.

Como se explicó en otros párrafos, este proceso conto con la de capacitación y limpieza de las partes para, para ayudar a proteger las pieles se aplicó el ALO DINE y el ALO CRED, que son componentes que contienen

DICROMATO DE SODIO, y POTASIO, altamente toxico para el humano, pero que con las precauciones necesarias fue bastante sencillo de colocar.



Figura 33: Copiado y reproducción de pieles.

Esto busca sobre poner a la piel aeronáutica de un fluido que elimina gran cantidad de hongos en la piel del avión, estos se alojan en las partes coyunturales de los remaches, generando, a largo plazo, un concomimientto del aluminio muy grave si se desea conservar el avión en las mejores condiciones que se pueda para que sirva de apoyo didáctico.

- **Proceso de pintado.**

Para este proceso se hizo uso de la teoría de protección de partes aeronáuticas, esto es, que posterior al proceso de protección de la se continuo con la limpieza con un diluyente de alto rango para posterior imprimir sobre ella el WASH PRIMER, este permite que las superficies no ferrosas como el aluminio, del que está hecho los TAB`s, posean la protección necesaria para que los elementos no sean víctimas del ataque químico.



Figura 34: Primer para el pintado preliminar.
Fuente: (<http://www.fc.servicios.com.ar/iframe1.html>)

Luego de haber pintado los TAB'S y los soportes con primer se procedió a darles el color respectivo que será el negro puro esto con el objetivo de ser pintados y adecuarlos a las superficies de vuelo. Este proceso se da para proteger de forma final al elemento en sí.



Figura 35: Proceso de pintado final en parte decapada.

3.8 Solución técnica para general el movimiento.

En primer lugar es imperativo hacerle hincapié en el lector que, como ya se había explicado antes el estado de los TAB'S era totalmente deplorable, los mismos se encontraban frenados con respecto a la estructura que servía

de pivote, no poseían en gran mayoría sus partes, este último inconveniente en particular, generó grandes dificultades, pues el TAB TRIM de cada superficie de vuelo fue diseñado por el fabricante para ser actuado por medio de servos, de posición controlados eléctricamente, y en esta aeronave subsistían dos de tres elementos actuadores, y el que existía se encontraba condenado y además derruido, otro gran inconveniente fue que por razones que no están claras los TAB'S se encontraban flexionados, es decir deformados en sus extremidades, esto retrasó el proceso de acople entre el TAB y la superficie de vuelo, entendiéndose posteriormente que si los TAB'S no estaban casi en su totalidad creados o aproximados a su forma de fabricación, estos no se moverían de su posición por más que se le aplique fuerza.



Figura 36: Proceso de desmontado del TAB TRIM alerón.

Cuando se encontró el actuador original desde el primer momento se planteó que se debería hacer todo lo posible para realizar el accionamiento de los TAB'S con este tipo de elementos, se realizó el proceso de búsqueda de los actuadores, pero no se pudo dar con más de estos elementos por que el parque de partes de esta aeronave en particular fueron donadas al gobierno de Uruguay en el marco de apoyo bilateral entre los dos países, en este acuerdo se entrega los tres últimos aviones A37B que el Ecuador

poseía, incluido un parque de repuestos para suplir las necesidades de los mismos.



Figura 37: Inspección del componente actuador del TAB TRIM ruder.

Al no encontrar las partes necesarias para accionarlo se hizo un estudio más cauteloso de los métodos que se podrían utilizar para mover las superficies deseadas, en el manual de mantenimiento, fue evidente asimilar que el movimiento se generaba a partir de la rotación de un brazo de palanca de gran torque, este transmite su movimiento al brazo de palanca que está ligado al TAB TRIM por medio de una coyuntura.

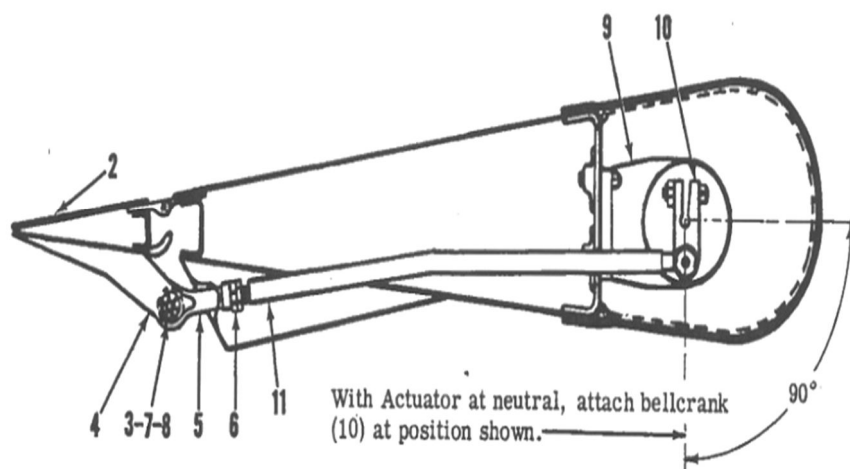


Figura 38: Diagrama de función del TAB TRIM alerón.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

Para la solución sistemática del movimiento de las superficies de vuelo se tuvo en cuenta que debían realizarse movimientos cíclicos circulares de 90° como se muestra en la figura anterior, además es destacable, y como se explicó en párrafos anteriores, se encontraba presente el actuador del TAB TRIM RUDER, mismo que estaba totalmente derruido, los controles no se encontraban, y no existía ningún tipo de documento que explique cómo era que funcionaba realmente.

Aunque los TAB TRIM del alerón y del elevador eran de cierta manera diferentes se optó por utilizar los medios tecnológicos de los cuales se poseía para realizar o intentar lograr el movimiento que se deseaba que era el de 90° grados rotativo en el eje principal de la biga de movimiento, para ello se hizo uso de servo motores circulares, estos debían cumplir con algunas expectativas básicas, como son la de no solo realizar el movimiento, sino también de lograr levantar el peso proveniente de los TAB'S mismos y su resistencia al movimiento, hecho que quedo evidente al volver a montar los actuadores.

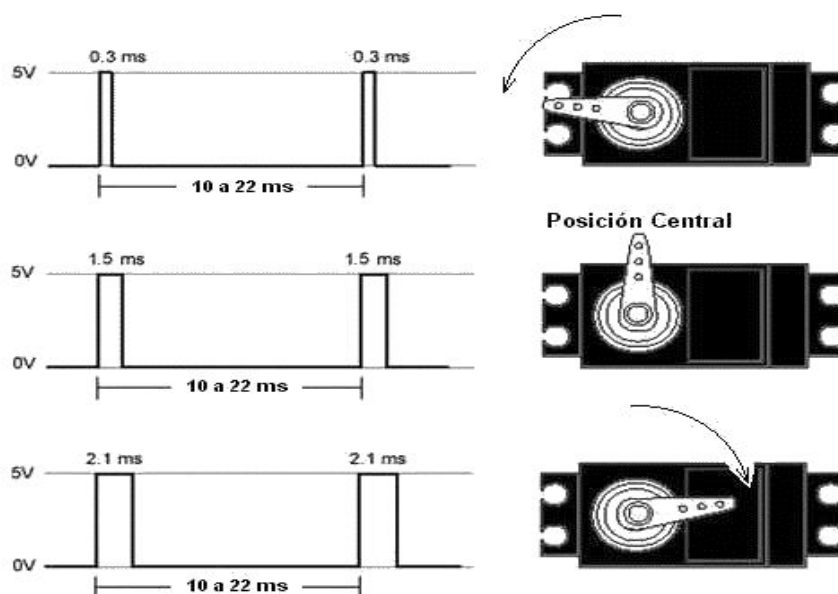


Figura 39: Rotación de un servo motor.

Fuente: (http://electronica.com.ve/new/catalog/product_info.html)

Estos componentes electrónicos debían cumplir con las condiciones que se especifica en el párrafo anterior, características que fueron sobrellevadas por servos tipo FUTABA de alta calidad y que poseían características impermeables, que serán de gran ayuda porque el clima de la ciudad es muy agresivo y posee gran cantidad de precipitaciones al año, posterior a ello se procedió a colocar los servos en la posición de accionamiento, por medio de las mismas abrazaderas metálicas de los componentes originales, para la transmisión de movimiento se hizo uso de barras transmisoras de movimiento de longitud variable, estas ayudaron a que el pasador de pivote llegue hasta el conector que transmite el movimiento al TAB TRIM.



Figura 40: Motor generador para uso lineal.

Fuente: (http://electronica.com.ve/new/catalog/product_info.html)

Para el TAB TRIM del ruder se hizo uso de su mismo componente, este debió ser desensamblado, limpiado y posteriormente determinar cuál es la deficiencia o por qué no funcionaba, dentro de él, poseía una pequeña GEAR BOX misma que multiplicaba la fuerza del servomecanismo electrónico que la hacía funcionar, además de reducirle la velocidad y aumentar sustancialmente la fuerza que era producida por el antes mencionado mecanismo, posterior a un exhaustivo estudio de la condición del actuador servo mecánico se determinó que el MOTOR GENERADOR se había quemado, por ende no funcionaba, sin contar que la GEAR BOX estaba bastante oxidada, para solucionar este inconveniente se procedió a adquirir un motor nuevo por el valor que se especificara en el gasto

económico del proyecto, además de darle lubricación al conjunto de engranajes.

Cuando el motor llegó al país se realizó el cambio de los componentes derruidos y se volvió a conectar la parte del cableado, posteriormente a ajustar todo con la misma ferretería del componente para no modificar, o cambiar en lo mínimo su estructura, así podría ser utilizado en clases de familiarización de cómo eran los componentes de esa aeronave, y cómo funcionaban, cuando este proceso terminó se dio paso a un par de pruebas funcionales, estas dieron resultados afirmativos en su funcionalidad y con esto se tenía listo el componente para ser ensamblado en el TAB TRIM, este proceso se realizó en lo posible con la misma ferretería.



Figura 41: Control de mando de los TAB TRIM.

Solucionado el tema de cómo se debía realizar el montaje de los TRIM'S y estos estando ya en estado óptimo para el ensamblaje se procedió a lo propio. Como se explica en el capítulo II se siguió el proceso descrito en el manual para su ensamblaje, además de ello es necesario explicar que este sistema es electrónicamente actuado esto quiere decir que debe poseer componentes que debían ser conectados, para citar un ejemplo se puede decir que los servos deben ser controlados mediante PWM o también llamado pulsos de onda modulados, en su defecto para el control del actuador de TAB TRIM del ruder se hizo uso de un conjunto de relés de bajo voltaje para así generar el cambio de sentido de giro del motor que controla el TAB del ruder, por obvias razones es necesario el uso de micro

controladores dado que es muy complejo generar los pulsos de control para los accionados de funcionamiento, para ello se utilizó la plataforma abierta ARDUINO que posee el CHIP ATMEGA 16U2, así como el ATMEGA 328, esta plataforma electrónica permitirá cargar el pequeño programa que controlara el sistema de movimiento.

3.9 Ensamble de los componentes.

Primero se montaron los componentes de actuación al conjunto de las superficies de control, como se explicó antes, esto se realizó tratando de utilizar en su mayor parte, la misma ferretería que poseía la aeronave, y así malograr en la menor medida en la forma en la cual funcionan los componentes de la aeronave, la colocación de los servos fue la más compleja de realizar, que no eran componentes diseñados para realizar esta acción, así que fue necesario determinar el ángulo más efectivo para que realice la acción, es destacable explicar que una de las preocupaciones que planteaba este método era el que en su gran mayoría las personas gustan de mover las superficies de control, esto podría dañar el mecanismo de engranajes del servo dejándolo inservible.



Figura 42: Instalación del servo actuador del TAB TRIM alerón.

Para solucionar lo anterior expuesto se procedió a verificar, en qué posición el servo quedaba si el TAB estaba arriba o abajo, que de ese rango

no debería desplazarse más, para ello se montó el servo con cintas TIRE UP y se simuló el movimiento del TAB, posterior a ello se calibro la posición de desplazamiento máximo y luego el mínimo.



Figura 43: Prueba de control para el servo actuador del TAB TRIM.

Como se observa en la imagen anterior el servo transmite el movimiento por medio de una barra de transmisión de movimiento o PUSH ROD.

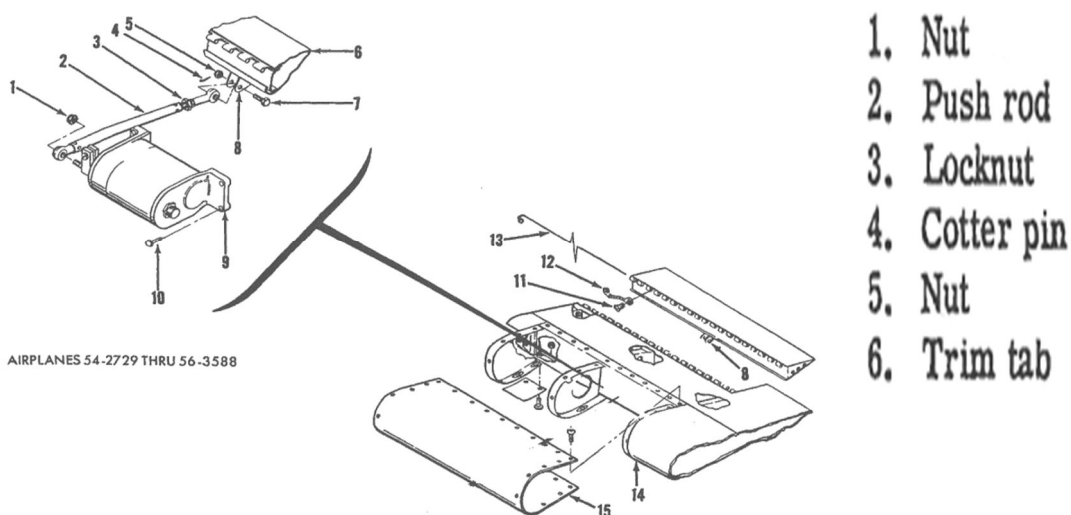


Figura 44: Referencia técnica de la ubicación del PUSH ROD.

Fuente: (Technical Manual T.O.1T-37B-2-4)

La misma labor fue realizada para el otro conjunto de elementos que conformaban el TAB TRIM ALERÓN, de forma básica se puede decir que el

ensamblaje de las partes relacionadas en esta fase de la investigación, corresponden de forma paralela a las expuestas en el manual de mantenimiento de la aeronave que aquí se refiere.

Posterior a la colocación de los servos se procedió a colocar las tapas de los paneles, además de pasar el pin de pivote o HINGE PIN, junto a pequeñas pruebas funcionales que se dieron lugar en el lugar del ensamblaje, previo al montado del avión.

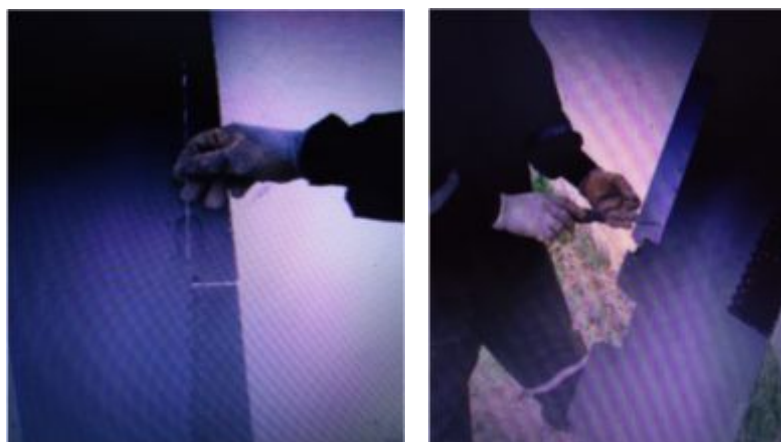


Figura 45: Proceso de ensamble.

Para el ensamble del TAB TRIM del ruder, que poseía el actuador original, mismo que se lo armo y acondicionó, para que trabaje en condiciones de tierra, como se había explicado en los párrafos anteriores, se siguió el proceso descrito en el manual original de mantenimiento T.O.1T-37B-2-4, mismo que esta como archivo adjunto de esta investigación.



Figura 46: Acople del actuador del TAB TRIM RUDER.

Posterior a las tareas de colocación de los actuadores, se procedió al montaje en las respectivas anclas de la aeronave, en su gran mayoría estas se encontraban en buen estado, o lo suficiente como para ser montadas sin que se produjera algún perjuicio a persona alguna. Además de ello se realizó el proceso de colocación del arnés eléctrico, que es el encargado de llevar las órdenes del control de mando hacia las superficies de accionamiento.



Figura 47: Puesta del arnés eléctrico.

Por último se procedió a realizar el nuevo cableado del bastón de mando así como un HOT SWICH o swich de cuatro vías, esto fue realizado tratando de no malograr el control de mando, puesto que se busca mostrar al estudiante desde donde se realizaba este proceso, y colaborar por si en algún momento se desee completar la cabina este trabajo se realice y se pueda utilizar en su gran mayoría los componentes de la aeronave.



Figura 48: Ensamble del bastón de mando.

Para terminar el bastón se conectó a la placa el módulo de control electrónico que posee los CHIP'S que portarían el programa y harían la función de mover los componentes, en este punto es fundamental explicar que los actuadores buscan ser una herramienta didáctica, y que en ningún caso tratan de remplazar a los originales, al contrario se espera que por medio de esta maqueta en tamaño real el docente pueda despejar las dudas con respecto a cómo funcionaban estos componentes, y trastocar la información respecto a cómo funcionan hoy en día estos elementos.

3.10 Pruebas operativas.

Las pruebas que se consideran operativas son aquellas que van destinadas a recoger datos de si los elementos se encuentran funcionando, no se espera en esta prueba que los componentes estén calibrados o que funcionen bien, lo único que se espera es que exista respuesta de ellos a las órdenes que se les envía, sin importar si estas órdenes están acorde a lo esperado.

Tabla 8: Pruebas operativas.

PRUEBAS OPERATIVAS		
DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO A MEDIR	RESULTADO
Movimiento del TAB TRIM ALERÓN	Se espera que se mueva, esto significa que le llega el voltaje, y la señal de forma correcta, así como la polaridad del movimiento	OK Tiene locomoción
Movimiento del TAB TRIM ELEVADOR	Se espera que se mueva, esto significa que le llega el voltaje, y la señal de forma correcta, así como la polaridad del movimiento	OK Tiene locomoción
Movimiento del TAB TRIM RUDER	Se espera que se mueva, esto significa que le llega el voltaje, y la señal de forma correcta, así como la polaridad del movimiento	ON Tiene locomoción

3.11 Pruebas funcionales.

Estas pruebas fueron diseñadas para medir la respuesta de los TAB TRIM en velocidad y posición en consecuencia estos deben responder a las órdenes que se envía desde la cabrilla de mando, esto mostraría que la placa que contiene los CHIP'S funciona de forma correcta y además, los cableados se encuentran bien, de la misma forma indica que los trabajos realizados en cuestión de empate y suelda de cables están correctos, y sobre todo que el programa funciona de forma correcta.



Figura 49: Bastón de Mando

Tabla 9: Pruebas Funcionales.

PRUEBAS FUNCIONALES		
DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO A MEDIR	RESULTADO
Movimiento del TAB TRIM ALERÓN	Se espera que se mueva, UN MÁXIMO DE 30° EN CUALQUIER DIRECCIÓN	OK tiene locomoción
Movimiento del TAB TRIM ELEVADOR	Se espera que se mueva, UN MÁXIMO DE 30° EN CUALQUIER DIRECCIÓN	OK Tiene locomoción
Movimiento del TAB TRIM RUDER	Se espera que se mueva, UN MÁXIMO DE 30° EN CUALQUIER DIRECCIÓN	OK Tiene locomoción

3.12 Análisis económico.

El análisis económico de la relación costo-beneficio al implementar este equipo es rentable para los docentes y estudiantes de la unidad para su uso didáctico. En este proyecto al haber invertido recursos económicos, mano de obra, y el tiempo, se realiza el trabajo de recolectar partes aeronáuticas como el motor de rango específico, y la cabrilla de mando, ayudará al entendimiento a los estudiantes del funcionamiento de las superficies de vuelo. En la siguiente tabla se detallan los valores correspondientes a la fase de aplicación práctica.

Tabla 10: Análisis económico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO USD	VALOR TOTAL USD
Brocha de mano	2	1.5	3
Scraper	2	3	6
Aceite tres en uno	1	3	3
Jabón desengrasante	2	3	10
Alodine	0.25	5	5
Lijas de desbaste alto	10	0.3	3
Lijas de desbaste corto	30	0.6	18
Decapador	1	8	8
Guantes	2	2	2
Mascarilla	1	30	30
Thinner lts.	8	0.9	7.2
Pintura anticorrosiva para aluminio gal.	1	65	65
Pintura de base color gris gal.	1	12	12
Arduino R3	1	32	32
Servos FUTABA 15 LB	2	15	30
Motor generador TAB TRIM	1	120	120
Cable	30	0.6	18
Estaño	1	12	12
Bastón de mando	1	80	80
Papel para impresión	2	8	16
Horas hombre	350	4.5	1575
Traslado	1	200	200
Internet y gastos varios	1	200	200
		TOTAL	2455.2 USD

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones.

- El aprendizaje de cómo se utilizan los TAB'S de la aeronave que se estudió aquí, se puede discernir que es eléctrico, poseía controles de vuelo accionados por poleas y cables, pero para la estabilización de cualquier eje del avión se lo realiza por medio de ordenes eléctricas, esto indica la fiabilidad de la posición de una superficie de control, es superior al de una accionada de forma convencional, o de primera generación.
- Para determinar los materiales adecuados para la rehabilitación de los TAB'S, se dedujo que las pieles pesarían, por el proceso estándar para rehabilitar una parte aeronáutica de ese tipo, esto era, removerla, limpiarla, decaparla, darle tratamiento anticorrosivo, y por ultimo protegerla con las capas de pintura, para la habilitación del movimiento, sea obvio que se debería optar por un conjunto de placas electrónicas, eso facilitaría el accionamiento del mismo.
- La identificación de los ángulos de movimiento de los TAB se extrajo del manual de mantenimiento, estos oscilan entre los +20/-20 para el alerón TAB TRIM, y +8/-20 para el elevador TAB TRIM, estos valores están expuestos en T.O.1T-37B-2-4.
- La recuperación visual de la imagen externa de los TAB TRIM fue realizada de forma correcta, se puede discernir a partir del trabajo ejecutado que los procesos previos a la pintura en una parte aeronáutica, que se expondrá a la intemperie, es fundamental, para la conservación de la misma.
- La aplicación de los conocimientos, adquiridos en las clases de digitales y electrónica, fueron la base del proceso evolutivo, para la

implementación de la electrónica en el avión A37B. Se realizó tomando en cuenta los conceptos vertidos en el manual de mantenimiento.

- La adquisición de los insumos y material, como el manual y los motores de funcionamiento se adquirieron por medio del internet, en los que tenían que ver con la reparación estructural se hizo uso de los proveedores de la zona.

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda seguir el manual de mantenimiento, y el de operación para un correcto funcionamiento del equipo.
- Cualquier usuario del equipo debe recordar que tiene el objetivo de ser una plataforma didáctica, y en ningún caso intenta remplazar a los componentes de vuelo, por ello no se recomienda que se mueva o se fuerce al movimiento si los componentes están conectados al equipo de control y este se encuentre alimentado de energía eléctrica.
- Al usar el equipo de forma responsable y apagar siempre el switch después de haber utilizado.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

A

Análisis.- Separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios y elementos.

Asimilar.- Comprender una persona lo que está aprendiendo e incorporar los conocimientos nuevos a los que ya tenía.

C

Concerniente.- Tocante.

Contemporáneo.- Que existe en la época actual, que pertenece al presente.

Contraste.- Diferencia notable u oposición que presentan dos cosas cuando se comparan entre sí.

Contexto.- Conjunto de circunstancias que condicionan un hecho.

Contextualizar.- Poner en un determinado contexto.

Cualidad.- Cada uno de los caracteres que distinguen a las personas o cosas.

Cualitativo.- Que denota cualidad.

Currículum.- Plan de estudios.

D

Deducción.- Método de razonamiento que consiste en ir de lo general a lo particular.

Deducir.- Sacar una conclusión por medio de un razonamiento a partir de una situación anterior o de un principio general.

DGAC.- Dirección General de Aviación Civil (Ecuador).

Directriz.- Norma o conjunto de normas e instrucciones que dirigen, guían u orientan una acción, una cosa o a una persona.

E

Entorpecer.- Poner los medios o proporcionar las causas que impiden el desarrollo normal de una actividad o proceso.

F

Fomentar.- Hacer que una actividad u otra cosa se desarrolle o aumente su intensidad.

H

Habilitación.- 1 Adaptación o adecuación de una cosa para que desempeñe una función que no es la que tiene habitualmente 2 Autorización legal que se da a una persona para hacer una cosa.

Hardware.- Conjunto de unidades físicas, circuitos y dispositivos que componen un sistema informático.

I

Innovador.- Que cambia las cosas introduciendo novedades.

Improvisar.- Hacer una cosa que no estaba prevista o preparada, llevado de la intuición del momento.

L

Lapso.- Periodo de tiempo transcurrido.

M

Mediador.- Persona u organismo encargado de intervenir en una discusión o en un enfrentamiento entre dos partes para encontrar una solución.

Metodología.- Ciencia del método y la sistematización científica. Tratado de los métodos de enseñanza.

P

Pedagógica.- Que enseña las cosas con mucha claridad y es útil para aprender.

Pragmático.- Relativo a la práctica.

Pragmatismo.- Doctrina filosófica que considera que el único medio de juzgar la verdad de una doctrina moral, social, religiosa o científica consiste en considerar sus efectos prácticos.

Prolongada.- Hacer que una cosa dure más tiempo de lo normal.

R

Recopilar.- Juntar o reunir varias cosas dispersas, especialmente escritas, bajo un criterio que dé unidad al conjunto.

S

Software.- Conjunto de programas, lenguajes de programación y datos que controlan que el ordenador funcione y realice determinadas tareas.

T

TAB TRIM.- elemento que permite tabular la desviación que posee cada superficie de control de vuelo, también permite estabilizar la aeronave, efecto del desbalance por pérdida de peso.

Tabular.- Expresar [valores, magnitudes, conceptos, etc.] por medio de tablas.

Tangible.- Que se puede tocar o percibir por medio del tacto.

Tipología.- Clasificación y estudio en tipos o clases de un conjunto de elementos.

Tópico.- Tema.

Turbo reactor.- Motor a reacción formado por una turbina de gas, cuya expansión produce una reacción propulsora. Es el motor a reacción más complicado.

V

Variable.- Factor o característica que puede variar en un determinado grupo de individuos o hechos, especialmente cuando se analizan para una investigación o un experimento.

BIBLIOGRAFÍA.**Páginas Web.**

- <http://www.itsafae.edu.ec>
- <http://es.thesimcockpit.com>
- <http://www.dgac.gov.ec/Espa%C3%B1ol/Paginas/Historia.aspx>
- <http://www.arduino.com>

Textos.

- Air Force. (1963). *TECHNICAL MANUAL ORGANIZATIONAL MAINTENANCE FLIGHT CONTROL SYSTEMS T-37B*. Buair or USAF.
- Oñate, A. E. (2007). *Conocimientos del avión*. Madrid: Thompson-Paraninfo.

ANEXOS

