



# 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 MENCIÓN AVIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: " MONTAJE Y REGLAJE DE CONTROLES DE VUELO  
PRIMARIOS DE LA AERONAVE CESSNA 172H DE MATRÍCULA  
HC-BTS PERTENECIENTE A LA EMPRESA AERO SANGAY CÍA.  
LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS, PROVINCIA DE  
MORONA SANTIAGO"**

**AUTOR: BRITO VILLA JOSÉ ALEX**

**DIRECTOR: TLGO. ROLANDO SARMIENTO**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“MONTAJE Y REGLAJE DE CONTROLES DE VUELO PRIMARIOS DE LA AERONAVE CESSNA 172H DE MATRÍCULA HC-BTS PERTENECIENTE A LA EMPRESA AERO SANGAY CÍA. LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”** fue realizado por el señor **BRITO VILLA JOSÉ ALEX**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **BRITO VILLA JOSÉ ALEX** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de Agosto del 2016

Atentamente,

TLGO. ROLANDO SARMIENTO  
Director



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

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **BRITO VILLA JOSÉ ALEX**, con cédula de identidad N°**140093651-2**, declaro que este trabajo de titulación “**MONTAJE Y REGLAJE DE CONTROLES DE VUELO PRIMARIOS DE LA AERONAVE CESSNA 172H DE MATRÍCULA HC-BTS PERTENECIENTE A LA EMPRESA AERO SANGAY CÍA. LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 22 de Agosto del 2016

---

**BRITO VILLA JOSÉ ALEX**  
C.C. 140093651-2



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

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, **BRITO VILLA JOSÉ ALEX**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación “**MONTAJE Y REGLAJE DE CONTROLES DE VUELO PRIMARIOS DE LA AERONAVE CESSNA 172H DE MATRÍCULA HC-BTS PERTENECIENTE A LA EMPRESA AERO SANGAY CÍA. LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 22 de Agosto del 2016

---

BRITO VILLA JOSÉ ALEX

C.C.140093651-2

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar en los momentos de tristeza y alegría, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. Por supuesto a toda mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

**BRITO VILLA JOSÉ ALEX**

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte de mérito en el aporte que has hecho. Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a su feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

En primer lugar doy gracias a Dios, por haberme dado salud, fuerza y valor para culminar mi carrera. Agradezco también el apoyo y confianza brindada por mis padres, que sin duda en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. Al Mecánico Carlos Atencia, director de mantenimiento de la empresa Aerosangay, por haberme impartido todos sus conocimientos y habilidades técnicas para realizar el trabajo práctico de mi tesis. De igual manera al Holding de Aero Sangay Cía. Ltda. La cual puso a disposición su aeronave para poder realizar mi trabajo de graduación. Al Tlgo. Rolando Sarmiento, tutor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma y a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

**BRITO VILLA JOSÉ ALEX**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>TEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contextualización.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Prognosis.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Alcance.....	4

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Aeronave Cessna .....	5
2.1.1 Antecedentes de la Investigación .....	5
2.1.2 Modelos .....	5
2.1.3 Cessna 172.....	6
2.2 Estructura de la aeronave.....	7
2.2.1 Fuselaje .....	7
2.2.2 Alas.....	9
2.2.3 Función .....	9
2.2.4 Posición de las alas .....	10
2.2.5 Soporte del ala.....	10
2.2.6 Empenaje.....	10
2.3 Superficies Aerodinámicas.....	11
2.3.1 Primarias.....	11
2.3.2 Alerones.....	11
2.3.3 Timón de profundidad .....	12
2.3.4 Timón de dirección.....	12
2.3.5 Secundarias .....	13
2.3.6 Flaps .....	13
2.3.7 Slats.....	14
2.3.8 Spoilers.....	15
2.4 Cables.....	15
2.4.1 Componentes de cable .....	16

2.4.2 Cables flexibles.....	16
2.4.3 Cable no flexible .....	18
2.5 Turnbukles .....	20
2.5.1 Instalación de Turnbuckle .....	20
2.5.2 Seguridad para turnbuckles .....	21
2.5.3 Método envoltura doble.....	21
2.5.4 Método envoltura individual .....	23
2.6 Poleas.....	24
2.6.1 Designación y tipos de poleas .....	25
2.7 Tensión .....	26
2.7.1 Tensiómetro .....	26
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>28</b>
<b>DESARROLLO DEL TEMA.....</b>	<b>28</b>
3.1 Preliminares .....	29
3.1.1 Procedimientos a seguir antes de realizar el montaje y reglaje .....	29
3.2 Diagrama de flujo de análisis de tema .....	30
3.3 Diagrama de flujo del proceso de habilitación de controles de vuelo.....	31
3.4 Diagrama de flujo de chequeo de habilitación de los controles de vuelo primarios de la aeronave Cessna 172 H.....	32
3.5 Evaluación de partes y componentes .....	33
3.5.1 Alerones.....	33
3.5.2 Timón de dirección (Rudder).....	35
3.5.3 Elevadores .....	36

3.6 Montaje y reglaje de controles de vuelo primarios .....	39
3.6.1 Montaje de alerones.....	39
3.6.2 Reglaje de alerones .....	41
3.6.3 Montaje de elevadores.....	46
3.6.4 Reglaje de elevadores y Trim Tab .....	48
3.6.5 Montaje de timon de direccion (Rudder) .....	53
3.6.6 Reglaje de Timón de dirección (Rudder).....	56
3.7 Hoja de trabajo para el montaje y reglaje.....	60
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
4.1 Conclusiones .....	61
4.2 Recomendaciones .....	62
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Construcción Cable no flexible y propiedades físicas .....	19
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Truss.....	8
Figura 2 Monocasco .....	8
Figura 3 Semi-monocasco .....	9
Figura 4 Alerones.....	11
Figura 5 Timón de profundidad.....	12
Figura 6 Timón de dirección.....	13
Figura 7 Flaps.....	14
Figura 8 Slats.....	14
Figura 9 Spoilers.....	15
Figura 10 Cables.....	15
Figura 11 Componentes cable de acero .....	16
Figura 12 Cables flexibles.....	17
Figura 13 Construcción de cables flexibles y propiedades físicas .....	18
Figura 14 Cable no flexible .....	19
Figura 15 Turnbuckle .....	20
Figura 16 Instalacion Tunrbukle.....	21
Figura 17 Método envoltura doble .....	22
Figura 18 Método de seguridad envoltura Individual .....	23
Figura 19 Método de seguridad envoltura Individual Simple.....	24
Figura 20 Poleas.....	24
Figura 21 Polea Simple.....	25
Figura 22 Tensión .....	26
Figura 23 Tensiómetro .....	27
Figura 24 Alerones.....	33
Figura 25 Inspección de estructura de alerón.....	34
Figura 26 Bisagra de rudder intermedia.....	35
Figura 27 Bisagra de rudder superior .....	35
Figura 28 Inspección del estabilizador vertical.....	36
Figura 29 Inspección de bisagras de estabilizador horizontal.....	37
Figura 30 Inspección de bellcranck de elevador .....	37
Figura 31 Inspección de elevador y Trim Tab .....	38

Figura 32 Trim Tab .....	39
Figura 33 Unión Alerón – Ala.....	40
Figura 34 Unión Push-Pull rod al Alerón.....	40
Figura 35 Control T .....	41
Figura 36 Control Y.....	42
Figura 37 Bellcrank de alerón .....	43
Figura 38 Turnbuckle Alerón derecho.....	44
Figura 39 Tensión de cables.....	44
Figura 40 Unión push-pull rod al alerón.....	45
Figura 41 Chequeo de movimiento de Alerones.....	45
Figura 42 Instalación de elevador.....	46
Figura 43 Instalación de perno intermedio de elevador .....	46
Figura 44 Instalación de perno derecho de elevador .....	47
Figura 45 Instalación de elevador tube-bellcrank.....	47
Figura 46 Bellcrank.....	48
Figura 47 Sistema de reglaje de elevador.....	49
Figura 48 Ajuste de turnbukles de Elevadores.....	50
Figura 49 Elevador en posición neutral.....	51
Figura 50 Unión push-pull rod elevador al trim tab .....	51
Figura 51 Ajuste de turnbuckles de Elevadores.....	52
Figura 52 Verificación de tensión.....	53
Figura 53 Instalación de Rudder .....	54
Figura 54 Fijación de perno inferior de Rudder.....	54
Figura 55 Fijacion de perno intermedio de Rudder .....	55
Figura 56 Fijación de perno superior de Rudder.....	55
Figura 57 Rudder montado .....	56
Figura 58 Reglaje de Rudder.....	57
Figura 59 Unión de cable al bellcrank del Rudder .....	57
Figura 60 Ajuste de Turnbuckles de Rudder.....	58
Figura 61 Control de tensión de cables .....	59

## RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo habilitar los controles de vuelo primarios de una Aeronave Cessna 172H de matrícula HC-BTS perteneciente a la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. La aeronave brinda servicios de transporte aéreo a las diferentes comunidades de la región amazónica ecuatoriana, por tal razón es indispensable que obtenga el certificado de aeronavegabilidad. Para esto debe contar con sus alerones, rudder y elevadores los cuales cumplen la función de permitir que el piloto pueda dar dirección a la aeronave durante el vuelo. Estas superficies se desmontaron debido a que la aeronave paso por un proceso de pintado, ahora que se culminó este trabajo, se debe montarlas en la aeronave, y de eso es lo que trata esta tesis. Para realizar este trabajo se recopila la información técnica de manuales así como la supervisión y control de técnicos aeronáuticos, que tienen la experiencia y conocimiento necesarios para culminar con el trabajo. Debido a que no se cuenta con la licencia de mecánico aeronáutico, no se podrá certificar el trabajo realizado, pero el personal aeronáutico responsable de la inspección de la misma lo puede hacer y así obtener la certificación de aeronavegabilidad.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **HABILITACIÓN**
- **AERONAVEGABILIDAD**
- **MANUALES TÉCNICOS**
- **APOYO LOGÍSTICO**
- **REGLAJE**

## ABSTRACT

This research work has as a main objective to enable the primary flight controls of Cessna Aircraft 172H with HC-BTS registration owned by the enterprise Aero Sangay Cía. Ltda. The aircraft provides transportation services to the different communities in the Amazon region of Ecuador therefore it is indispensable to get the airworthiness certificate. However, it must have its ailerons, rudder and elevators which fulfill the function the pilot is released for giving direction to the aircraft during the flight. These surfaces were disassembled because this aircraft has gone through a painting process, now with the culmination of this work, these surfaces should be assembled in the aircraft, and in this case this investigation work confirms this process. To develop this work the information of technical manuals has been gathered as well as the aeronautical technicians supervising and monitoring, who have necessary expertise and knowledge to finish this investigation. Because It does not have the aircraft mechanic license, the work finished will not be certified, but the aeronautical staff responsible of the inspection will do it in order to get the certificate of airworthiness.

### **Keywords:**

- **AUTHORIZATION**
- **AIRWORTHINESS**
- **TECHNICAL MANUALS**
- **LOGISTICAL SUPPORT**
- **RIGGING**

-----  
Legalized by: LIC. DIEGO GRANJA

# CAPÍTULO I

## TEMA

Montaje y reglaje de controles de vuelo primarios de la Aeronave Cessna 172H de matrícula HC-BTS perteneciente a la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. Ubicada en la ciudad de Macas, provincia de Morona Santiago.

### 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Encaminada a buscar el desarrollo de los pueblos de la amazonia la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. Brinda sus servicios de transporte aéreo privado y comercial a personas naturales o jurídicas que necesitan transportarse a las diferentes comunidades de la Región Amazónica. Su base se encuentra ubicada en el Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal de la ciudad de Macas. Actualmente cuenta con cuatro aviones de los cuales tres están operativos, los mismos son un Cessna 206H, Cessna 182 y un Cessna 172, todos con certificado de Aeronavegabilidad vigente de acuerdo con la Dirección de Aviación Civil, de acuerdo a las necesidades de las diferentes comunidades se realiza vuelos de carga o pasajeros, dando prioridad a realizar vuelos de víveres que son indispensables para los habitantes.

La empresa opera todos los días, si las condiciones climáticas de la zona lo permiten, ya que es propensa a cambios repentinos de sol y lluvia, debido a que los aviones operan solo con reglas de vuelo visuales. Con estas circunstancias adversas no se realiza vuelos en itinerarios programados. Las instalaciones se adecuaron para ser certificadas por la Aviación Civil según la regulación 121, la cual está siendo aplicada para todas las Empresas de la región.

Gerente, trabajadores y servidumbre aeronáutica se catalogan por brindar el mejor servicio siempre predominando la seguridad y calidad que la lleva a ser una de las mejores empresas además de ser una que tiene la mayor operación de vuelos a nivel amazónico, priorizando emergencias médicas.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Posterior a la investigación realizada en la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. Se determina que la aeronave Cessna 172H con matrícula HC-BTS, que está pasando por un proceso de cambio de motor y proceso de pintado, por lo que sus superficies primarias de vuelo están desmontadas. Por tal motivo esta aeronave necesita que se realice el montaje y reglaje, con el cual se pretende dar paso a ser inspeccionada para recibir su respectivo certificado de aeronavegabilidad.

La aeronave Cessna 172 H es utilizada para dar servicio de transporte a las diferentes comunidades de la zona Oriental, además la empresa cuenta con un contrato con el Distrito de Salud del cantón Taisha. Este contrato se basa en que la empresa pone a disposición las aeronaves para el transporte de medicina y también el transporte de médicos a las diferentes comunidades de la zona de la Provincia de Morona Santiago. Debido a que las pistas de la Región Amazónica son de longitud reducida, como por ejemplo pistas de 300 metros y hasta otras de menor longitud. La aeronave Cessna 172H cumple con los requisitos aeronavegables para aterrizar en aquellas pistas donde otros aviones que operan en la zona no lo pueden hacer.

Considerando que la aeronave tiene la capacidad para transportar tres pasajeros, es la única en su modelo que opera en la Provincia. Además de esto hay que considerar que el costo de operación de esta aeronave es económicamente reducido, por lo que hace crecer su demanda para la contratación de vuelos. Debido a que la mayoría de población de la Región Amazónica es indígena no cuenta con los recursos económicos para contratar vuelos en aeronaves como Cessna 206, Cessna 182, Piper, etc... Los cuales brindan sus servicios en esta zona pero son de costo elevado.

La aeronave Cessna 172H hace posible que las personas de escasos recursos puedan contratar esta aeronave ya que tiene un bajo costo de operación, dando así la posibilidad que alimentos, medicinas, personal médico, víveres y otras cosas, lleguen a todas las partes de la región Amazónica Ecuatoriana.

### 1.3 PROGNOSIS

El trabajo de habilitación de los controles de vuelo primarios de la aeronave Cessna 172H, perteneciente a la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. Contribuye a que la aeronave esté en condiciones aeronavegables, entonces así poder obtener su certificado de aeronavegabilidad para brindar servicios de transporte aéreo a la región Amazónica Ecuatoriana.

### 1.4 JUSTIFICACIÓN

La Unidad de Gestión de Tecnologías como entidad educativa de muy alto nivel y prestigio, dispone de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones, la misma que cuenta con personal administrativo y docente, capaz como responsable en cada una de sus especialidades. El montaje y reglaje de una aeronave permitirá demostrar, además mejorar los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso académico recibido en la institución.

Debido a que la empresa cuenta con solo dos aviones aeronavegables, es indispensable, necesario que se realice el montaje y reglaje de los controles de vuelo primarios de la aeronave para retornarla a servicio. Tal trabajo consiste en montar los alerones, timón de dirección, timón de profundidad para posteriormente conectar con sus respectivos mandos a través de poleas y cables. Tales cables tendrán su debida tensión, su respectivo entorchado en uniones para evitar que pierdan tensión.

De esta manera se puede poner en práctica en el ámbito laboral el conocimiento adquirido en la institución educativa que impartido en la propia materia de montaje y reglaje, se llevara a cabo este trabajo sin dificultad alguna ya que fuimos capacitados con los mejores instructores. Además se cuenta con los debidos manuales técnicos tanto ilustrativos como funcionales y el apoyo técnico de mecánicos capacitados.

Este trabajo se realiza con la finalidad de complementar el aprendizaje adquirido en la institución educativa y no hay mejor manera que con la práctica. En tal razón se pretende contribuir para que la empresa cuente con una

aeronave certificada para realizar vuelos, con lo consiguiente mejorar sus ingresos económicos y brindar mejores servicios.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Realizar montaje y reglaje del sistema de controles de vuelo primarios de la aeronave Cessna 172 H de matrícula Ecuatoriana HC-BTS mediante la utilización de manuales y la supervisión técnica para aportar a la habilitación de la aeronave, para posterior pueda obtener su certificado de aeronavegabilidad.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Obtener y clasificar la información técnica del proceso de montaje y reglaje de alerones, timón de dirección y timón de profundidad.
- Adquirir herramienta y equipo especial para realizar el trabajo.
- Rehabilitar los controles de vuelo primarios de la aeronave C- 172H
- Realizar las pruebas de funcionamiento de las superficies aerodinámicas en vuelo.

## **1.6 ALCANCE**

El presente trabajo está destinado para la empresa Aero Sangay Cía. Ltda., ubicada en la ciudad de Macas, Provincia de Morona Santiago. El cual comprende el montaje y reglaje de los controles de vuelo primarios de la aeronave Cessna 172H de matrícula Ecuatoriana HC-BTS. Este trabajo pretende contribuir a la obtención del certificado de aeronavegabilidad de la aeronave mencionada. Después del proceso de certificación de aeronavegabilidad la empresa contará con la aeronave 172H para mejorar sus ingresos económicos y brindar servicios aéreos de calidad.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 AERONAVE CESSNA**

##### **2.1.1 Antecedentes de la Investigación**

Cessna Aircraft Company, ubicada en Wichita, Kansas, Estados Unidos, es un constructor de aviones, que van de pequeños modelos de cuatro plazas hasta reactores de negocios. La compañía nació en junio de 1911, cuando un granjero de Rago, Kansas, llamado Clyde Cessna construyó su primer avión, un monoplano tipo Bleriot.

En febrero de 1925 Cessna se asoció con Lloyd Stearman y Walter Beech para formar la compañía Travel Air Manufacturing Company, y allí se mantuvo hasta septiembre de 1927, cuando formó con Victor Roos la Cessna-Roos Aircraft Company, convertida en Cessna dos meses más tarde, tras la marcha de Roos. El primer diseño de Cessna producido en serie fue el Cessna Modelo A, que encabezó una larga e inmensamente popular serie de monoplanos de ala alta que se ha perdurado hasta hace bien poco en la gama de monomotores de Cessna. Tras el final de la segunda Guerra Mundial, Cessna creó el Cessna 170, que, junto con su variante, el Modelo 172, se convirtió en el modelo de avión ligero más producido en la historia de la aviación (El aviador, 2016).

##### **2.1.2 Modelos**

La Cessna Aircraft Company se ha caracterizado por la producción de aviones de negocios y para aviación general. De acuerdo a nuestro país, específicamente en la zona oriental los modelos más utilizados son:

- **Cessna 150.** - El Cessna 150 es un avión biplaza de propósito general equipado con tren de aterrizaje fijo en triciclo y ala alta, diseñado originalmente para labores de entrenamiento, turismo y uso personal.
- **Cessna 172.-** El Cessna 172 Skyhawk es un avión monomotor de ala alta con capacidad para cuatro personas fabricado por la empresa Cessna. El Cessna 172 es el avión más fabricado de la historia y probablemente el avión de entrenamiento más popular del mundo.
- **Cessna 182.-** El Cessna 182 es un avión monomotor de propósito general, equipado con tren de aterrizaje convencional y capacidad para entre 4 y 6 pasajeros; siendo fabricado entre 1953 y 1981. Aunque el modelo ya no se fabrica, muchas de sus unidades aún se emplean en aviación privada o en vuelos a lugares extremos como es el caso de la región Amazónica Ecuatoriana.
- **Cessna 206.-** Los Cessna 205, 206 y 207, conocidos en distintos momentos como Super Skywagon, Stationair o Super Skylane, forman una familia de aviones monomotor de propósito general empleados tanto en servicios comerciales como en la aviación privada. La familia fue desarrollada a partir del popular Cessna 210.

### 2.1.3 Cessna 172

El Cessna 172 es el avión más fabricado de la historia y probablemente el avión de entrenamiento más popular del mundo. Los primeros modelos fabricados fueron entregados en 1956 y se sigue fabricando, los primeros 172 eran prácticamente idénticos a los Cessna 170, con la misma forma de popa y las mismas barras altas del tren de aterrizaje, si bien versiones posteriores incorporaron un tren de aterrizaje revisado, una parte trasera más baja y una ventana de popa. El desarrollo estructural definitivo, alcanzado a mediados de los años sesenta, consistió en la cola aún empleada hoy en día.

El perfil del avión apenas fue modificado desde entonces, sufriendo sobre todo actualizaciones en la aviónica y la motorización incluyendo (sobre todo en 2005) la cabina de cristal Garmin G1000. La producción se detuvo a

mediados de los ochenta, pero fue retomada en 1996 con los modelos Cessna 172R y Cessna 172SP respectivamente (Bonnier Boating, 2016).

Los viejos Skyhawks fueron entregados con un motor Continental O-300 de 110 kW (145 cv), mientras que las versiones posteriores montaron propulsores Lycoming O-360 de 135 kW (180 cv), aunque las versiones O-320 de 110 o 120 kW son más comunes. El modelo propiedad de la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Modelo: Cessna 172H
- N/S : 17255763
- Año : 1967
- Engine: LYCOMING  
O-360 A4M  
S/N: L-37901-36A
- Propeller: SENSENICH  
76EM 8514-0-56  
S/N:37945K
- Fuel capacity : 39 Gallons
- Oil capacity : 8 Quarts

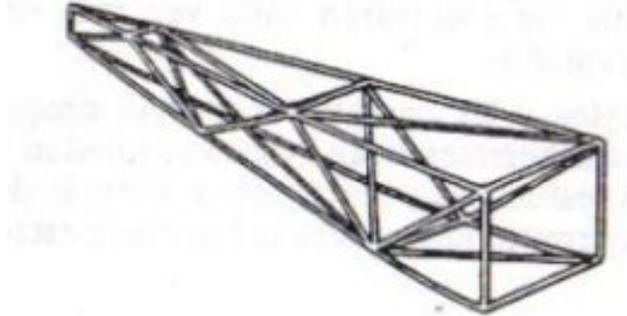
## 2.2 ESTRUCTURA DE LA AERONAVE

### 2.2.1 Fuselaje

Del francés "fuselé" que significa "ahusado", se denomina fuselaje al cuerpo principal de la estructura del avión, cuya función principal es dar cabida a la tripulación, pasajeros y carga, además de servir de soporte principal al resto de los componentes (UNLP, 2016). Según la forma de construcción el fuselaje se divide en tres tipos:

1. **Truss.** - Este tipo de fuselaje es usualmente de forma triangular que es hecho de acero soldado tubular ordenado en forma de triángulos. Con esta construcción, la forma de tubo soporta todo el peso y fuerzas de vuelo. El cubrimiento o piel de la aeronave es hecho de una tela especial estirado

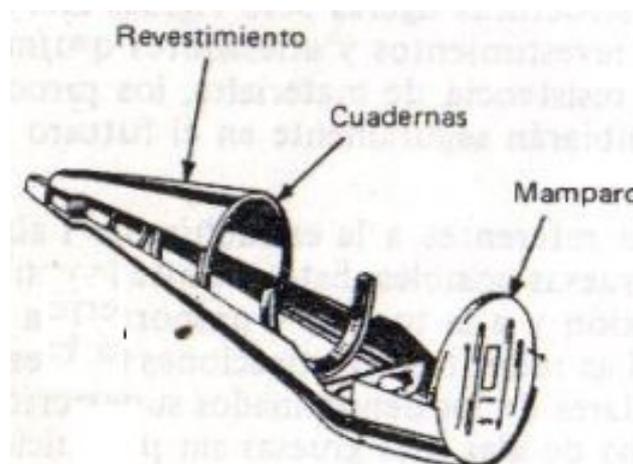
sobre el armazón o esqueleto. Después que la tela esta puesto en su lugar, esta es cubierta con una capa de barniz como reductor térmico, para sellar herméticamente y hacerlo impermeable.



**Figura 1** Truss

**Fuente:** (Mundo aeronáutico EWM, 2016)

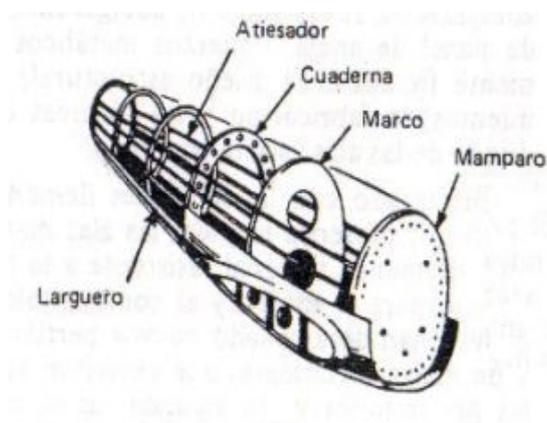
- 2. Construcción monocasco.-** La construcción de fuselaje básico monocasco proporciona el máximo espacio interior. Este tipo de fuselaje consiste en una cubierta de metal, usualmente de aluminio, que lleva o soporta todas las fuerzas y fatigas durante el vuelo. La piel de metal debe ser hecho de un material pesado para mantener la estructura rígida con el uso de refuerzos internos.



**Figura 2** Monocasco

**Fuente:** (Mundo aeronáutico EWM, 2016)

**3. Construcción de Semimonocoque.-** Este tipo de fuselaje es la combinación del fuselaje truss con el fuselaje monocoque. Largueros y larguerillos son los principales miembros longitudinales de la construcción. Los largueros son hechos de un material reforzado y recorren todo el eje longitudinal del fuselaje. Los larguerillos son para dar forma al fuselaje (FAA, 2016).



**Figura 3** Semi-monocasco

**Fuente:** (Mundo aeronáutico EWM, 2016)

### 2.2.2 Alas

Superficie aerodinámica, fuente principal de la sustentación de un avión. La sustentación generada por el movimiento del ala a través del aire es lo que sostiene al avión. Son el elemento primordial de cualquier aeroplano. En ellas es donde se originan las fuerzas que hacen posible el vuelo.

### 2.2.3 Función

El ala cumple varias funciones, además de la de proporcionar sustentación. En los aviones más grandes, los motores se instalan en barquillas sujetas al ala o montadas sobre ella. Las barquillas pueden servir también para alojar el tren de aterrizaje cuando éste se retracta. El espacio vacío dentro del ala generalmente se utiliza para almacenar el combustible.

### 2.2.4 Posición de las alas

- Ala baja.- Fija a la parte baja del fuselaje.
- Ala media.- Fija a la parte media del fuselaje.
- Ala alta.- Fija a la parte alta del fuselaje.

### 2.2.5 Soporte del ala

Para soportarse a sí misma un ala tiene que ser rígida y fuerte, consecuentemente puede ser pesada. Mediante la adición de refuerzos externos, el peso se puede reducir considerablemente.

- **Ala en voladizo:** también llamada cantilever, se aguanta por sí misma. Todos los elementos estructurales están bajo la superficie aerodinámica, dando una apariencia limpia y sin ofrecer resistencia aerodinámica.
- **Ala arriostrada:** las alas tienen elementos estructurales externos que las soportan. Prácticamente todos los diseños multiplano son arriostrados.

### 2.2.6 Empenaje

El modelo normal de empenaje de cola está formado por dos superficies básicas, la horizontal y la vertical. Cada una tiene secciones fijas para suministrar estabilidad, móviles para manejar mejor el vuelo. La sección fija de la superficie horizontal se llama estabilizador horizontal que suele estar en la parte frontal, mientras en el segmento posterior esta la parte móvil denominada timón de profundidad o elevador. Algunas veces toda la superficie se puede mover y el elevador se elimina.

La parte fija de la superficie vertical es el estabilizador vertical, la móvil es el timón de dirección. Hay diseños que tienen dos superficies verticales, por consiguiente, dos timones de dirección. Los empenajes de cola inclinados combinan las funciones de dirección y profundidad en un solo mecanismo.

## 2.3 SUPERFICIES AERODINÁMICAS

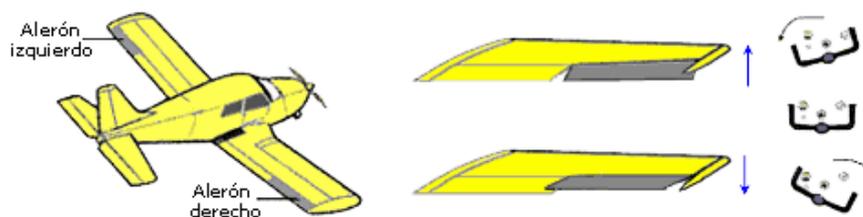
Además de que un avión vuele, es necesario que este vuelo se efectúe bajo control del piloto, que el avión se mueva respondiendo a sus órdenes. Los pioneros de la aviación estaban tan preocupados por elevar sus artilugios que no prestaban mucha atención a este hecho, por suerte para ellos nunca estuvieron suficientemente alto y rápido como para provocar o provocarse males mayores.

### 2.3.1 Primarias

Son superficies aerodinámicas móviles 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.

### 2.3.2 Alerones

Son 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.



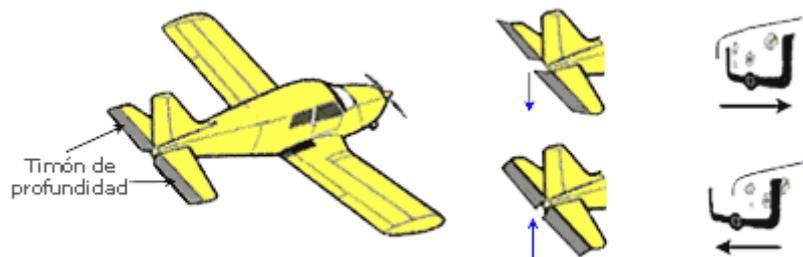
**Figura 4** Alerones

**Fuente:** (Muñoz Miguel Angel, 2016)

### 2.3.3 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 elevar 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.

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

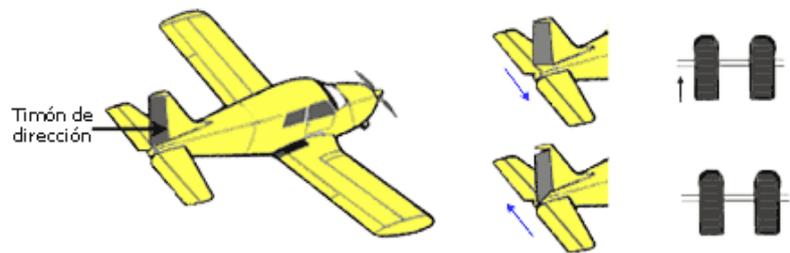


**Figura 5** Timón de profundidad

**Fuente:** (Muñoz Miguel Angel, 2016)

### 2.3.4 Timón de dirección

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



**Figura 6** Timón de dirección

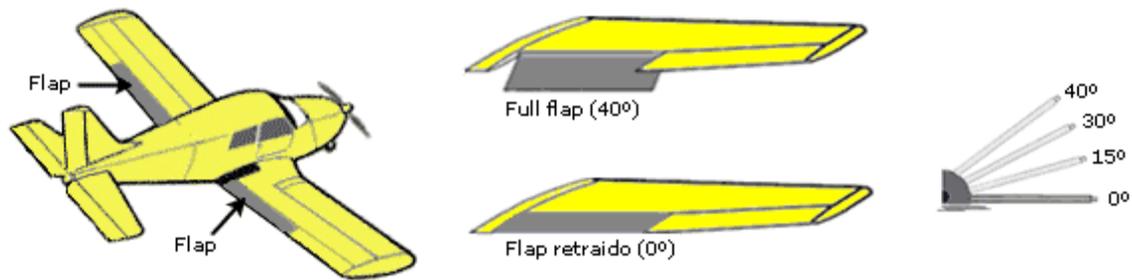
**Fuente:** (Muñoz Miguel Angel, 2016)

### 2.3.5 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.

### 2.3.6 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 deflecan 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, menos pronunciada en el intradós), la superficie alar (en algunos tipos de flap) y el ángulo de incidencia, todo lo cual aumenta la sustentación (también la resistencia).

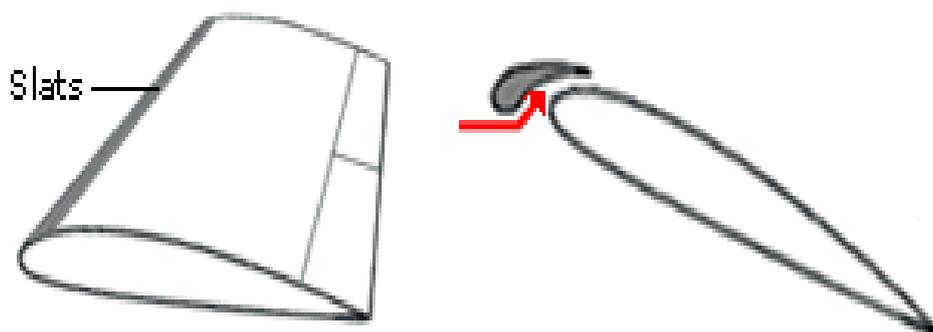


**Figura 7 Flaps**

**Fuente:** (Muñoz Miguel Angel, 2016)

### 2.3.7 Slats

Son superficies hipersustentadoras que actúan de modo similar a los flaps. Situadas en la parte anterior del ala, al deflectarse canalizan hacia los extrados 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 aeroplanos ligeros que disponen de ellos.

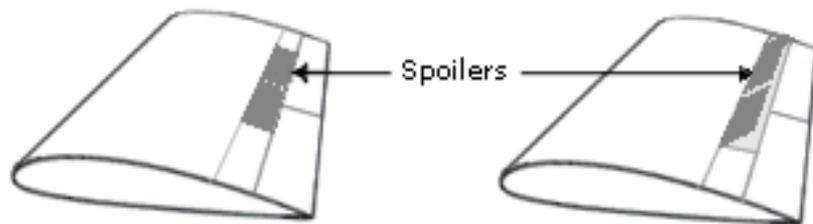


**Figura 8 Slats**

**Fuente:** (UNET, 2016)

### 2.3.8 Spoilers

Al contrario que los anteriores, el objetivo de esta superficie es disminuir la sustentación del avión. Se emplean sobre todo en reactores que desarrollan altas velocidades y sirven para frenar el avión en vuelo, perder velocidad para facilitar el aterrizaje, ayudar a frenar en tierra, también en algunos aviones como complemento de los alerones para el control lateral y los virajes en vuelo.



**Figura 9 Spoilers**

**Fuente:** (UNET, 2016)

### 2.4 CABLES

Los cables de control de los aviones están generalmente fabricados a partir de acero al carbono o acero resistente a la corrosión, ya sea de tipo de construcción flexible o no flexible.



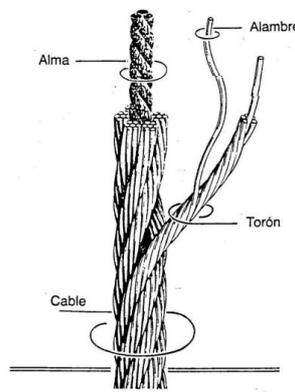
**Figura 10 Cables**

**Fuente:** (UNET, 2016)

### 2.4.1 Componentes de cable

Los siguientes componentes del cable se definen con conformidad con Military Specifications MIL-W-83420, MIL-C-18375, y MIL-W-87161.

- **Alambre central.-** El centro de todos los filamentos será un cable individual y será designado como centro del cableado.
- **Hebra central o núcleo.-** Una hebra central o núcleo es una sola cadena recta de cables preformados, similar a los otros filamentos que comprenden el cable, en disposición y número de cables.
- **Cuerda de cable de centro independiente (IWRC) 7X7.-** Un 7 por 7 de centro independiente de cuerda de alambre como se especifica constará de una cuerda o cable de alambre de seis hebras de siete hilos cada uno, trenzados o establecido alrededor de un centro o núcleo de filamento formado por siete hilos.



**Figura 11** Componentes cable de acero

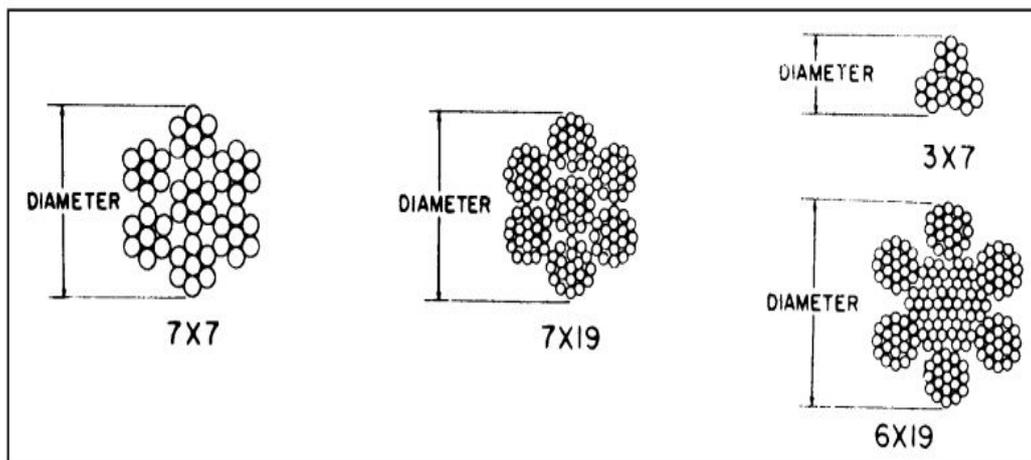
**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

### 2.4.2 Cables flexibles

Cable flexible, preformado, de acero al carbono, Tipo I, composición de los cables A, MIL-W-83420, se fabrican a partir de acero hecho por solera de ácido abierta, solera básico abierto, o el proceso de horno eléctrico. El alambre

utilizado es revestido con estaño puro o de zinc. Cable flexible, preformado, resistente a la corrosión, tipo I, la composición cables B, MIL-W-87161, MIL-W-83420 y MIL-C 18375, están fabricados en acero por el procedimiento de horno eléctrico.

Estos cables son de 3x7, 7x7, 7x19, o 6x19 según construcción IWRC, de acuerdo con el diámetro. El cable de 3x7 consta de tres hebras de siete alambres cada uno. No hay núcleo en esta construcción. El cable 3x7 tiene una longitud de paso de no más de ocho veces o menos de cinco veces el diámetro del cable nominal. El cable 7x7 consta de seis hebras, de siete alambres cada uno, dispuestos alrededor de una hebra central de siete hilos. Los cables se colocan a fin de desarrollar un cable que tiene la mayor flexión y propiedades de resistencia al desgaste.



**Figura 12** Cables flexibles

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

El cable 7x7 tiene una longitud de paso de no más de ocho veces o menos de seis veces el diámetro del cable. El cable 7x19 consta de seis cordones establecidos alrededor de un hilo central en una dirección hacia la derecha. Los alambres que componen las siete hebras individuales se colocan alrededor de un alambre central en dos capas. El núcleo central consiste de seis alambres fijados alrededor del alambre central en una dirección hacia la derecha y una capa de hilos 12 fijados alrededor de este en una dirección hacia la derecha.

Los seis filamentos exteriores del cable consisten en una capa de seis alambres fijados alrededor del hilo central en una dirección hacia la izquierda y una capa de 12 hilos fijados alrededor de este en un sentido anti horario. 40 El cable 6x19 consta de seis hebras de 19 hilos cada uno, dispuestos en torno a un 7 por 7. El cable MIL-C-18375, aunque no tan fuerte como MIL-W-83420, es igual en resistencia a la corrosión y superior en no magnético al coeficiente de propiedades de expansión térmica.

NOMINAL DIAMETER OF WIRE ROPE CABLE	CONSTRUCTION	TOLERANCE ON DIAMETER (PLUS ONLY)	ALLOWABLE INCREASE OF DIAMETER AT CUT END	MINIMUM BREAKING STRENGTH (Pounds)		
				MIL-W-83420 COMP A	MIL-W-83420 COMP B (CRES)	MIL-C-18375 (CRES)
INCHES		INCHES	INCHES	LBS	LBS	LBS
1/32	3 x 7	0.006	0.006	110	110	
3/64	7 x 7	0.008	0.008	270	270	
1/16	7 x 7	0.010	0.009	480	480	360
1/16	7 x 19	0.010	0.009	480	480	
3/32	7 x 7	0.012	0.010	920	920	700
3/32	7 x 19	0.012	0.010	1,000	920	
1/8	7 x 19	0.014	0.011	2,000	1,760	1,300
5/32	7 x 19	0.016	0.017	2,800	2,400	2,000
3/16	7 x 19	0.018	0.019	4,200	3,700	2,900
7/32	7 x 19	0.018	0.020	5,600	5,000	3,800
1/4	7 x 19	0.018	0.021	7,000	6,400	4,900
9/32	7 x 19	0.020	0.023	8,000	7,800	6,100
5/16	7 x 19	0.022	0.024	9,800	9,000	7,600
11/32	7 x 19	0.024	0.025	12,500		
3/8	7 x 19	0.026	0.027	14,400	12,000	11,000
7/16	6 x 19 IWRC	0.030	0.030	17,600	16,300	14,900
1/2	6 x 19 IWRC	0.033	0.033	22,800	22,800	19,300
9/16	6 x 19 IWRC	0.036	0.036	28,500	28,500	24,300
5/8	6 x 19 IWRC	0.039	0.039	35,000	35,000	30,100
3/4	6 x 19 IWRC	0.045	0.045	49,600	49,600	42,900
7/8	6 x 19 IWRC	0.048	0.048	66,500	66,500	58,000
1	6 x 19 IWRC	0.050	0.050	85,400	85,400	75,200
1 - 1/8	6 x 19 IWRC	0.054	0.054	106,400	106,400	
1 - 1/4	6 x 19 IWRC	0.057	0.057	129,400	129,400	
1 - 3/8	6 x 19 IWRC	0.060	0.060	153,600	153,600	
1 - 1/2	6 x 19 IWRC	0.062	0.062	180,500	180,500	

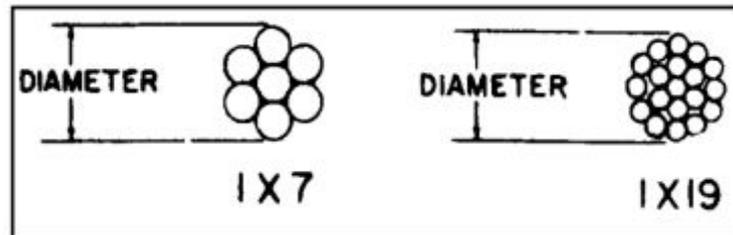
**Figura 13** Construcción de cables flexibles y propiedades físicas

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

### 2.4.3 Cable no flexible

No flexible, preformado, cables de acero al carbono, MIL-W-87161, composición A, son fabricados por los mismos procesos que MIL-W-83420, composición B, flexibles resistentes a la corrosión cables de acero. Los cables de acero no flexible son del 1 x 7 (Tipo I) o 1 x 19 (Tipo II) construcción de

acuerdo con el diámetro. El cable 1x7 consta de seis alambres fijados alrededor de un hilo central en una dirección hacia la izquierda. El cable 1x19 consiste en una capa de seis alambres fijados alrededor de un hilo central en una dirección hacia la derecha, más doce alambres fijados alrededor de la hebra interior en una dirección en sentido anti horario.



**Figura 14** Cable no flexible

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

**Tabla 1**

Construcción Cable no flexible y propiedades físicas

STRAND TYPE	NOMINAL DIAMETER OF WIRE STRAND In.	TOLERANCE ON DIAMETER (Plus Only) In.	ALLOWABLE INCREASE IN DIAMETER AT THE END In.	CONSTRUCTION	MIL-W-87161 MINIMUM BREAK STRENGTH COMP A & B Lbs.
I	1/32	0.003	0.006	1 x 7	185
I	3/64	0.005	0.008	1 x 7	375
II	3/64	0.005	0.008	1 x 19	375
I	1/16	0.006	0.009	1 x 7	500
II	1/16	0.006	0.009	1 x 19	500
II	5/64	0.008	0.009	1 x 19	800
II	3/32	0.009	0.010	1 x 19	1,200
II	7/64	0.009	0.010	1 x 19	1,600
II	1/8	0.013	0.011	1 x 19	2,100
II	5/32	0.013	0.016	1 x 19	3,300
II	3/16	0.013	0.019	1 x 19	4,700
II	7/32	0.015	0.020	1 x 19	6,300
II	1/4	0.018	0.021	1 x 19	8,200
II	5/16	0.022	0.024	1 x 19	12,500
II	3/8	0.026	0.027	1 x 19	17,500

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

## 2.5 TURNBUKLES

Un Turnbuckle o tensor es un dispositivo que se utiliza en sistemas de cable para proporcionar un medio de ajuste de la tensión. Tensores tienen forma de barril con hilos internos de izquierda y derecha en los extremos opuestos. Los cables, con terminales unidos, se hacen a una longitud tal que, cuando el tensor se ajusta para dar la tensión del cable especificado, un número suficiente de roscas en los extremos terminales se atornillan en el barril para sostener la carga. Tensores que muestran signos de distorsión/flexión en el hilo debe ser reemplazado. Terminales de tensor están diseñados para proporcionar la tensión 14 del cable especificado en un sistema de cable, y un tensor de tornillo doblado crearía una tensión indeseable en el cable que afecte a la función del tensor.

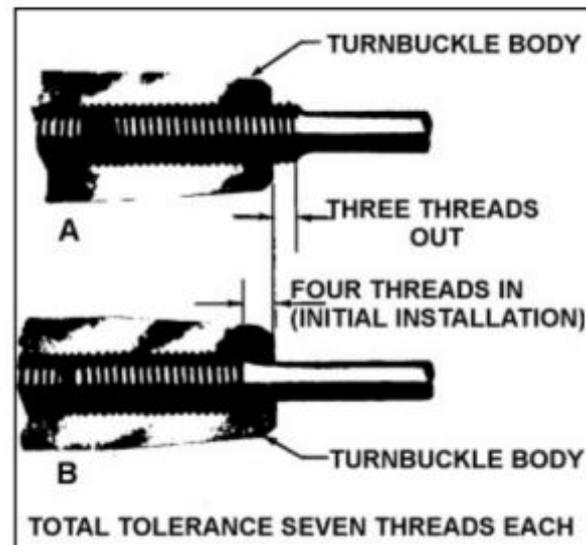


**Figura 15** Turnbuckle

**Fuente:** (AERONAUTICOS, 2016)

### 2.5.1 Instalación de Turnbuckle

Al instalar tensores en un sistema de cable, es necesario atornillar ambos terminales roscados en el cilindro tensor una cantidad igual. Es esencial que los terminales de tensores a ser atornillados en el cilindro de modo que no más de tres hilos de rosca en el terminal estén expuestos. En la instalación inicial, los terminales del tensor no deben ser atornillados en el interior del barril tensor más de cuatro hilos.



**Figura 16** Instalacion Tunrbukle

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

### 2.5.2 Seguridad para turnbuckles

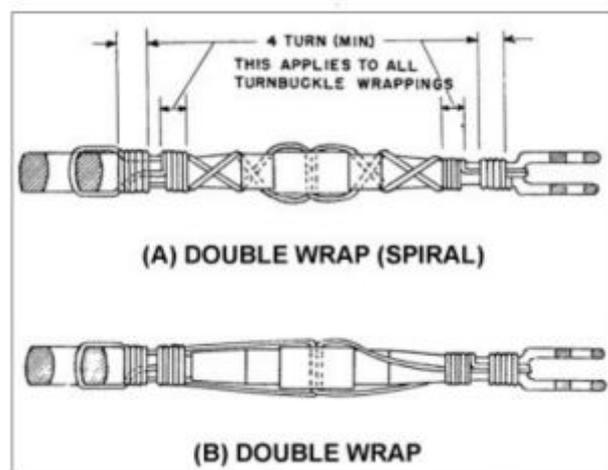
La seguridad en todos los tensores con alambre de seguridad usando ya sea el método de envoltura doble o individual, o con cualquier dispositivo especial debidamente aprobado para cumplir con los requisitos de la FAA Norma Técnica TSO-C21. No vuelva a usar cable de seguridad. Ajustar el tensor para la tensión del cable correcto de modo que no más de tres hilos de cable están expuestos a ambos lados del cilindro tensor.

### 2.5.3 Método envoltura doble

De los métodos que utilizan alambre de seguridad para seguridad de tensores, el método descrito aquí se prefiere, aunque cualquiera de los otros métodos descritos es satisfactoria.

- a) Utilice dos trozos separados de alambre. Ejecutar un extremo del alambre a través del agujero en el barril del tensor y doblar los extremos del alambre hacia los extremos opuestos del tensor.

- b) Pasar el segundo hilo en el agujero del barril y doblar los extremos a lo largo del barril en el lado opuesto a la primera. Espiral los dos alambres en direcciones opuestas alrededor del barril para cruzar entre sí dos veces entre el agujero central y los extremos.
- c) Luego pasan los cables en el extremo del tensor en direcciones opuestas a través del orificio en los ojos tensores o entre las mordazas del tenedor enganche de remolque, según sea aplicable, por el que uno de los cables a lo largo del barril y envolver los otros al menos cuatro veces alrededor del vástago el tensor y la unión de los cables tendidos en el lugar antes de cortar el alambre envuelto.
- d) Envuelva la longitud restante del alambre de seguridad al menos cuatro vueltas alrededor del cuerpo y lo corta. Repetir el procedimiento en el extremo opuesto del tensor.
- e) Cuando un terminal estampado está siendo asegurado, se pasa los extremos de ambos cables a través del orificio previsto en el terminal para este propósito y envolver ambos extremos alrededor de la espiga como se ha descrito previamente. Si el agujero no es lo suficientemente grande para permitir el paso de los dos cables, pasar el alambre a través del agujero y el bucle sobre el extremo libre del otro cable, y luego envolver ambos extremos alrededor de la espiga.



**Figura 17** Método envoltura doble

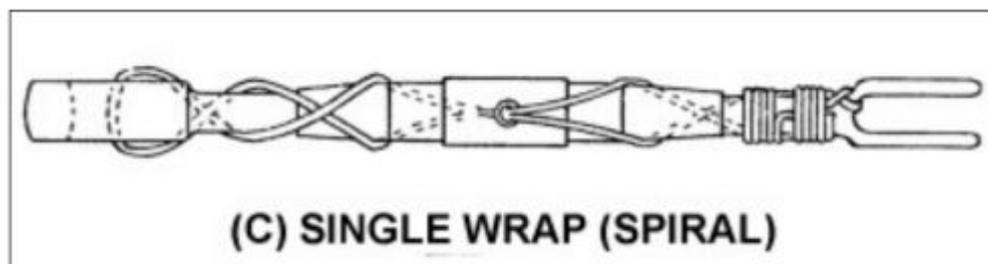
**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

### 2.5.4 Método envoltura individual

El método de envoltura individual al igual que el método doble son aceptables para asegura tensores, pero no son iguales.

- a) Pasar una sola longitud de alambre a través del ojo de cable u horquilla, o a través del orificio en el terminal en cada extremo del conjunto tensor. Envolver cada uno de los extremos del cable en direcciones opuestas alrededor de la primera mitad del cilindro tensor de tornillo, de modo que se cruzan entre sí dos veces.

El hilo ambos extremos del alambre a través del agujero en el medio del cilindro de modo que el tercer cruce de los extremos del cable está en el agujero, de nuevo, en espiral los dos extremos de hilo en direcciones opuestas alrededor de la mitad restante de los tensores, cruzando dos veces. A continuación, pasar un extremo de alambre a través del ojo de cable u horquilla, o a través del agujero en los terminales estampados, en la forma descrita anteriormente. Envolver tantos extremos de cable alrededor de la espiga durante al menos cuatro vueltas cada uno, cortar el exceso de cable.

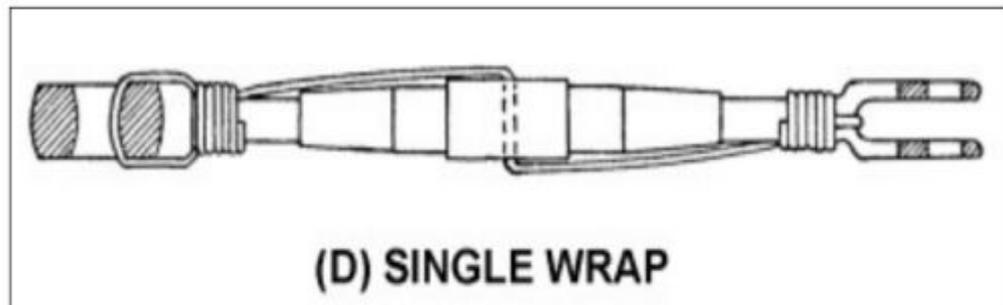


**Figura 18** Método de seguridad envoltura Individual

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

- b) Otro método es pasar una longitud de alambre a través del agujero central del tensor y doblar los extremos de cable hacia los extremos opuestos del tensor. Luego pasar cada extremo de cable a través del ojo de cable o un tenedor, o a través del orificio en el terminal de estampado, y envolver cada alambre alrededor de la espiga durante al

menos cuatro vueltas, cortar el exceso de cable. Después de seguridad, no más de tres hilos de la terminal de tensor roscado deben ser expuestos.



**Figura 19** Método de seguridad envoltura Individual Simple

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2016)

## 2.6 POLEAS

Una polea, es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, roldana o disco, generalmente maciza y rallada en su borde, que con el concurso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos (SISTEMA DE POLEAS, 2016).



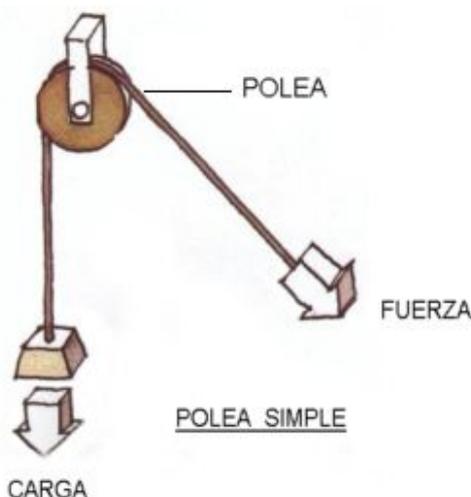
**Figura 20** Poleas

**Fuente:** (AERONAUTICOS, 2016)

### 2.6.1 Designación y tipos de poleas

Los elementos constitutivos de una polea son la rueda o polea propiamente dicha, en cuya circunferencia (llanta) suele haber una acanaladura denominada "garganta" o "cajera" cuya forma se ajusta a la de la cuerda a fin de guiarla; las "armas", armadura en forma de U invertida o rectangular que la rodea completamente y en cuyo extremo superior monta un gancho por el que se suspende el conjunto, y el "eje", que puede ser fijo si está unido a las armas estando la polea atravesada por él, o móvil si es solidario a la polea. Cuando, formando parte de un sistema de transmisión, la polea gira libremente sobre su eje, se denomina "loca".

Según su desplazamiento las poleas se clasifican en "fijas", aquellas cuyas armas se suspenden de un punto fijo (la estructura del edificio), por lo tanto, no sufren movimiento de traslación alguno cuando se emplean, y "móviles", que son aquellas en las que un extremo de la cuerda se suspende de un punto fijo que durante su funcionamiento se desplazan, en general, verticalmente. Cuando la polea obra independientemente se denomina "simple", mientras que cuando se encuentra reunida con otras formando un sistema recibe la denominación de "combinada" o "compuesta".

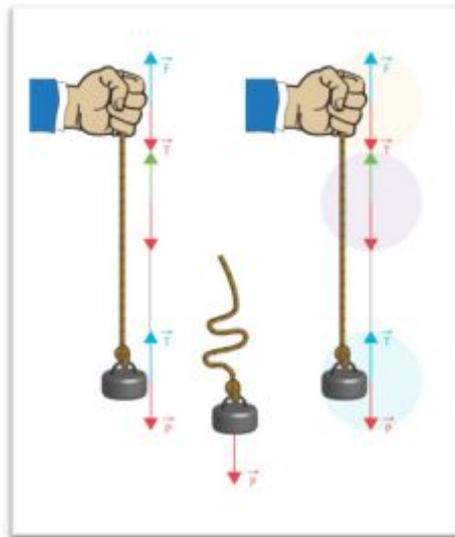


**Figura 21** Polea Simple

**Fuente:** (Enciclopedia de Clasificaciones, 2016)

## 2.7 TENSIÓN

Se denomina tensión mecánica a la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real o imaginaria de un medio continuo. La definición anterior se aplica tanto a fuerzas localizadas como fuerzas distribuidas, uniformemente o no, que actúan sobre una superficie.



**Figura 22** Tensión

**Fuente:** (Enciclopedia de Clasificaciones, 2016)

### 2.7.1 Tensiómetro

Comúnmente se denomina tensiómetro aquel equipo actuado mediante fuerza mecánica para ejercer tensión o compresión. Dependiendo de la dirección ejercida, este cuenta con celdas de carga que envían una señal eléctrica y un software de adquisición de datos que convierte esta señal en valores numéricos, los cuales se podrán leer comúnmente en unidades de fuerza tales como Newton (Nw) o Libras (Lb) (PACIFIC SCIENTIFIC COMPANY).



**Figura 23** Tensiómetro

**Fuente:** (Aviones-Herramientas, 2016)

## CAPITULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

El presente argumento se detalla los procedimientos realizados para el desarrollo de tema, el cual es de gran beneficio para habilitar la aeronave perteneciente a la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. Para posterior pueda obtener el certificado de aeronavegabilidad otorgado por la Dirección de Aviación Civil, luego de su respectiva inspección de funcionamiento. El apoyo logístico brindado por la empresa es de vital importancia para desarrollar este trabajo.

**CAMPO:** Mecánica Aeronáutica

**ÁREA:** Aviones

**TEMA:** Montaje y reglaje de controles de vuelo primarios de la aeronave Cessna 172H de matrícula HC-BTS perteneciente a la empresa Aero Sangay Cía. Ltda. Ubicada en la ciudad de Macas, provincia de Morona Santiago.

**BENEFICIARIOS:** Empresa Aero Sangay Cía. Ltda.

**INSTITUCIÓN EJECUTORA:** Unidad de Gestión de Tecnologías

**COSTO:** \$ 990

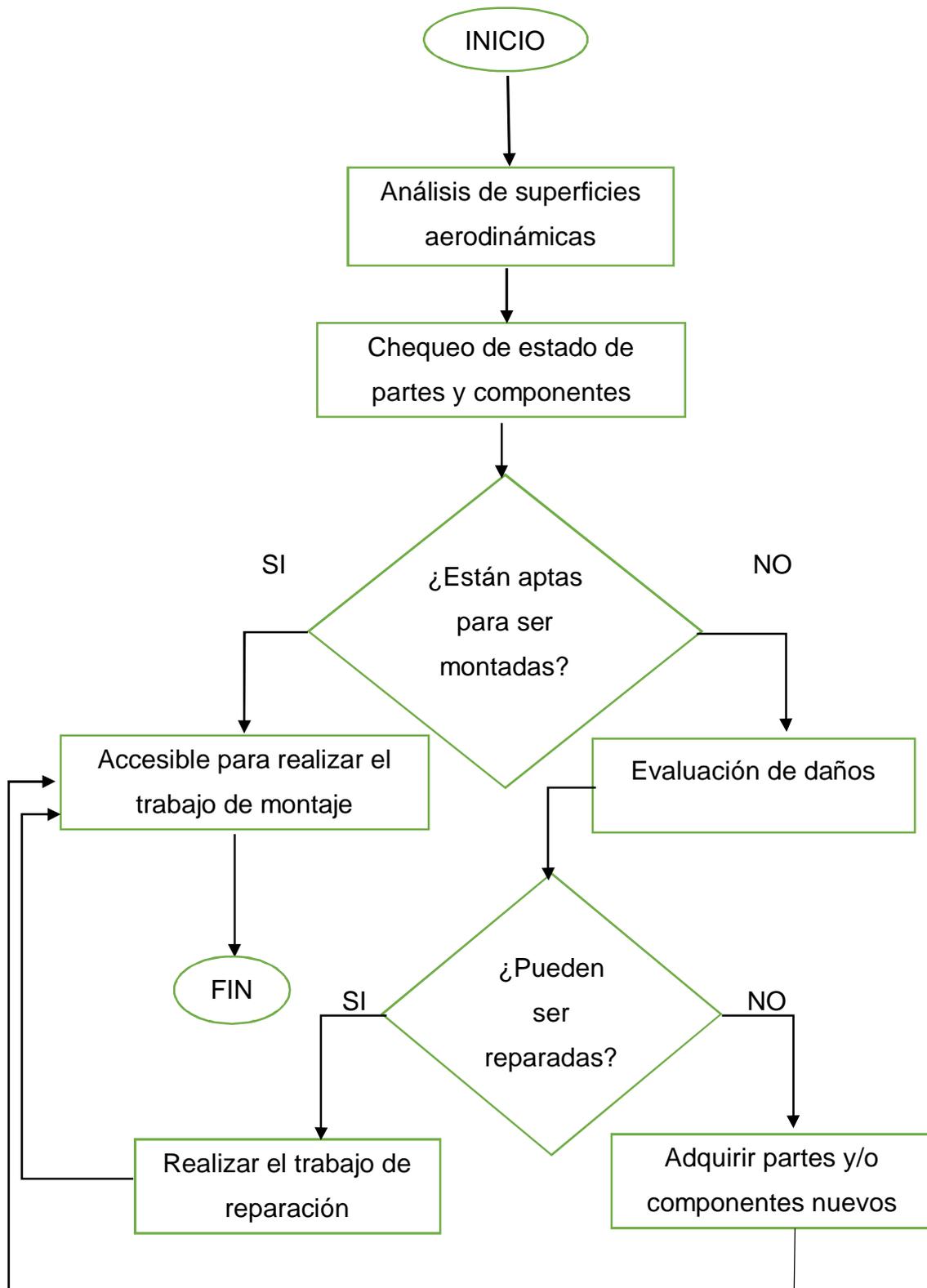
### **3.1 PRELIMINARES**

Este presente capítulo contiene toda la información referente al progreso del montaje y reglaje de los controles de vuelo primarios, indicando paso a paso como fue realizando el proceso. Tener a la aeronave Cessna 172H de Matrícula HC-BTS Aeronevegable para brindar servicios de transporte comercial aéreo, es indispensable la cual beneficia a toda la población que hace uso de este transporte, además de forma económica a la propietaria que es la empresa Aero Sangay Cía. Ltda.

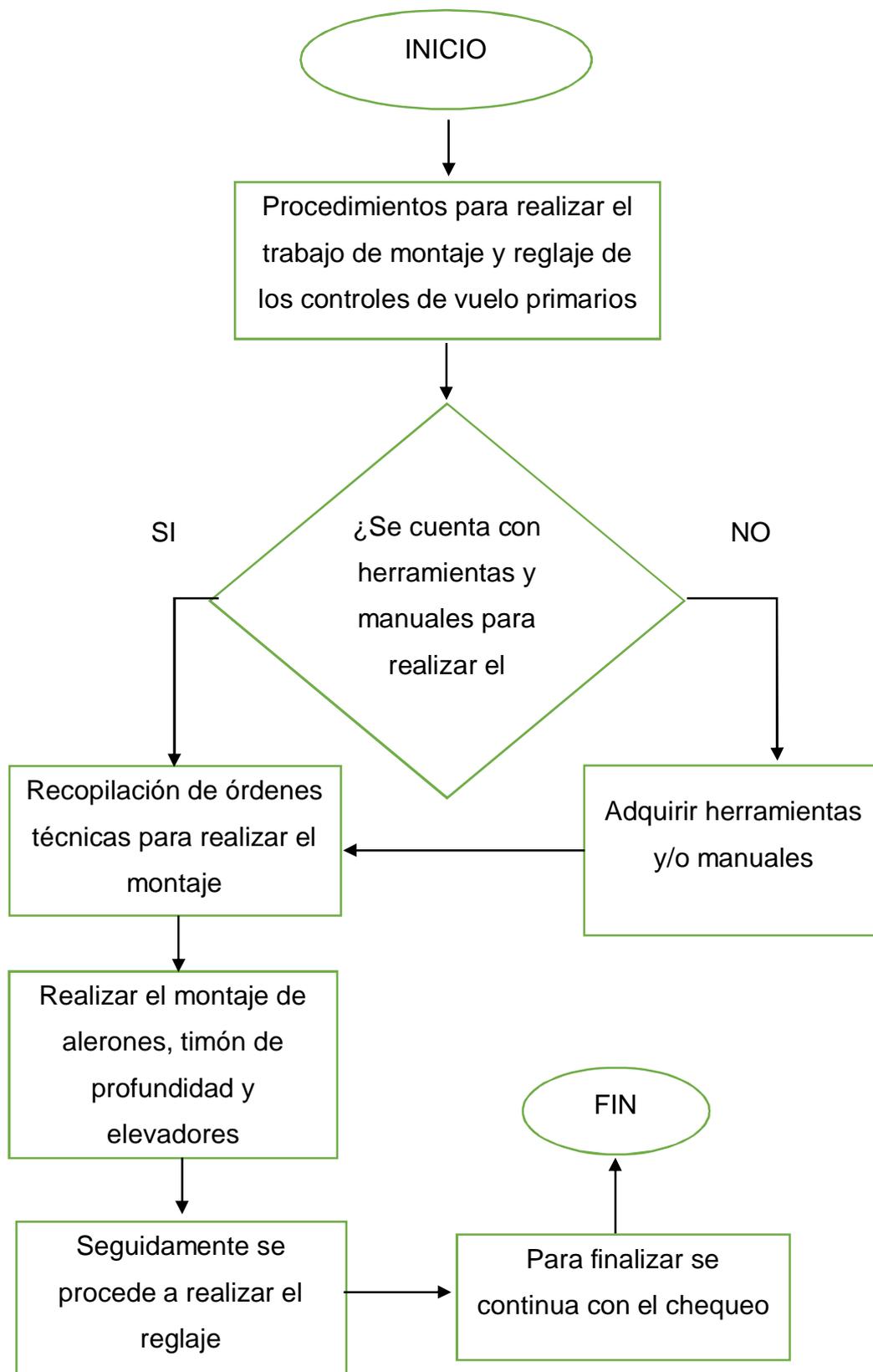
#### **3.1.1 Procedimientos a seguir antes de realizar el montaje y reglaje**

- Para empezar a realizar el trabajo debemos asegurarnos de contar con todo el equipo de protección necesario para no tener ningún inconveniente, como por ejemplo overol, guantes, zapatos de protección, protector de ojos y oídos.
- Se debe conseguir todo el material adecuado para realizar de una manera cómoda y eficiente el montaje y reglaje. Entre las herramientas a utilizar tenemos llave, copas, desarmadores, playos, pinzas, puntas, martillo neumático, taladro, brocas, WD-40 y huaípe, alambre de freno.
- Obtener y utilizar siempre los manuales de mantenimiento del avión para que el trabajo sea efectuado de una manera correcta.
- Analizar toda situación incoherente que se presente en el trabajo, de acuerdo a los manuales de instalación y servicio propios de la aeronave.
- El desarrollo del trabajo se lo debe hacer con la supervisión de personal técnico de mantenimiento, para que se pueda certificar el correcto uso de normas de seguridad de aviación.

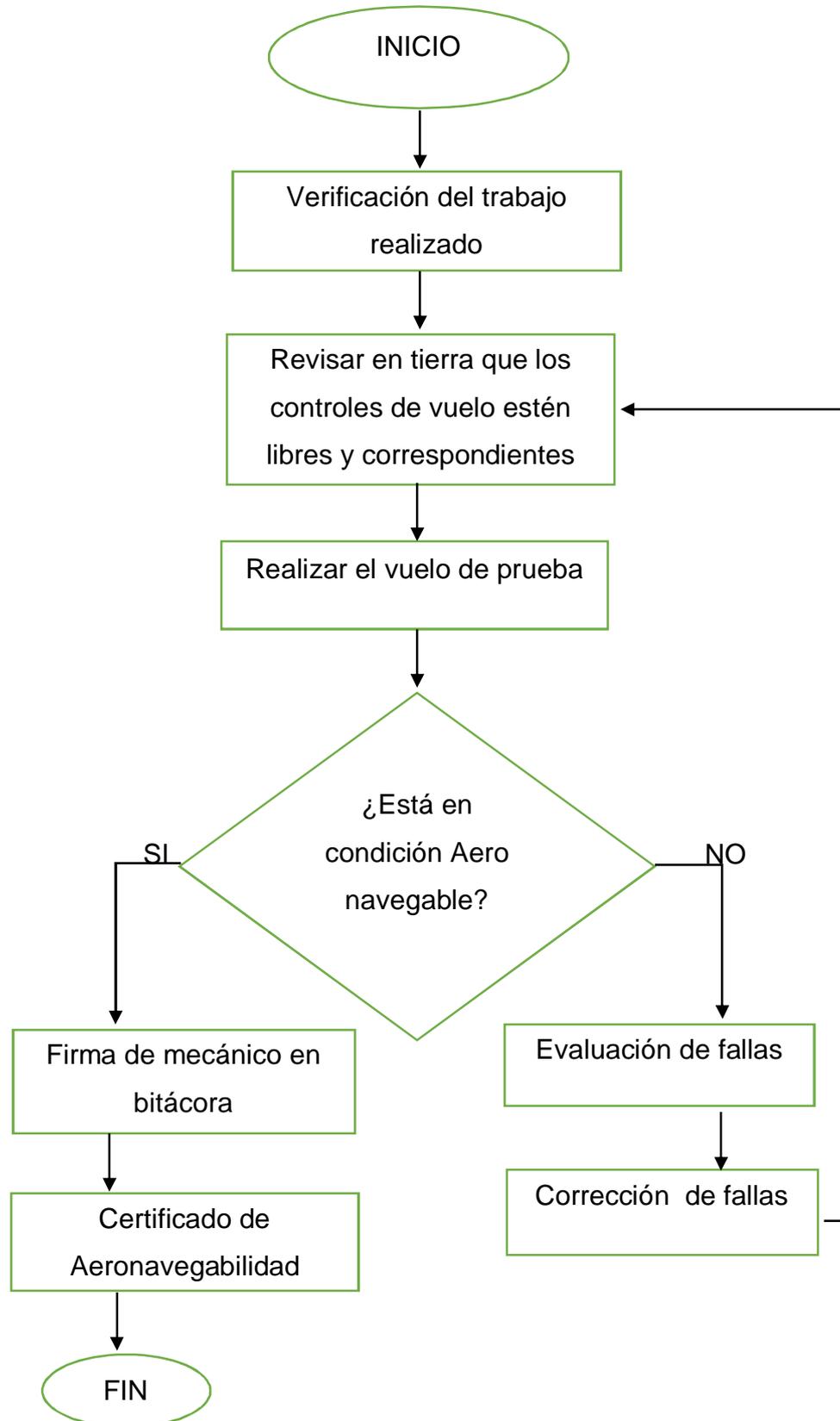
## 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DE TEMA



### 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE HABILITACIÓN DE CONTROLES DE VUELO



### 3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE CHEQUEO DE HABILITACIÓN DE LOS CONTROLES DE VUELO PRIMARIOS DE LA AERONAVE CESSNA 172 H



### 3.5 EVALUACIÓN DE PARTES Y COMPONENTES

Para empezar el trabajo de montaje de los controles de vuelo primarios se hizo una inspección visual de su estado antes y posterior a ser pintado. Para esto la inspección visual manda analizar tanto externa como internamente las partes y componentes. Toda suciedad y acumulación de tierra se la remueve con la herramienta de limpieza.

Debido a que en la región amazónica la mayor parte de pistas son de tierra, las aeronaves tienden a acumular suciedad en todo el fuselaje, alas y controles de vuelo. Por tal motivo la inspección anterior al montaje es indispensable para evitar futuras posibles anomalías en los controles de vuelo y en toda la aeronave en general.

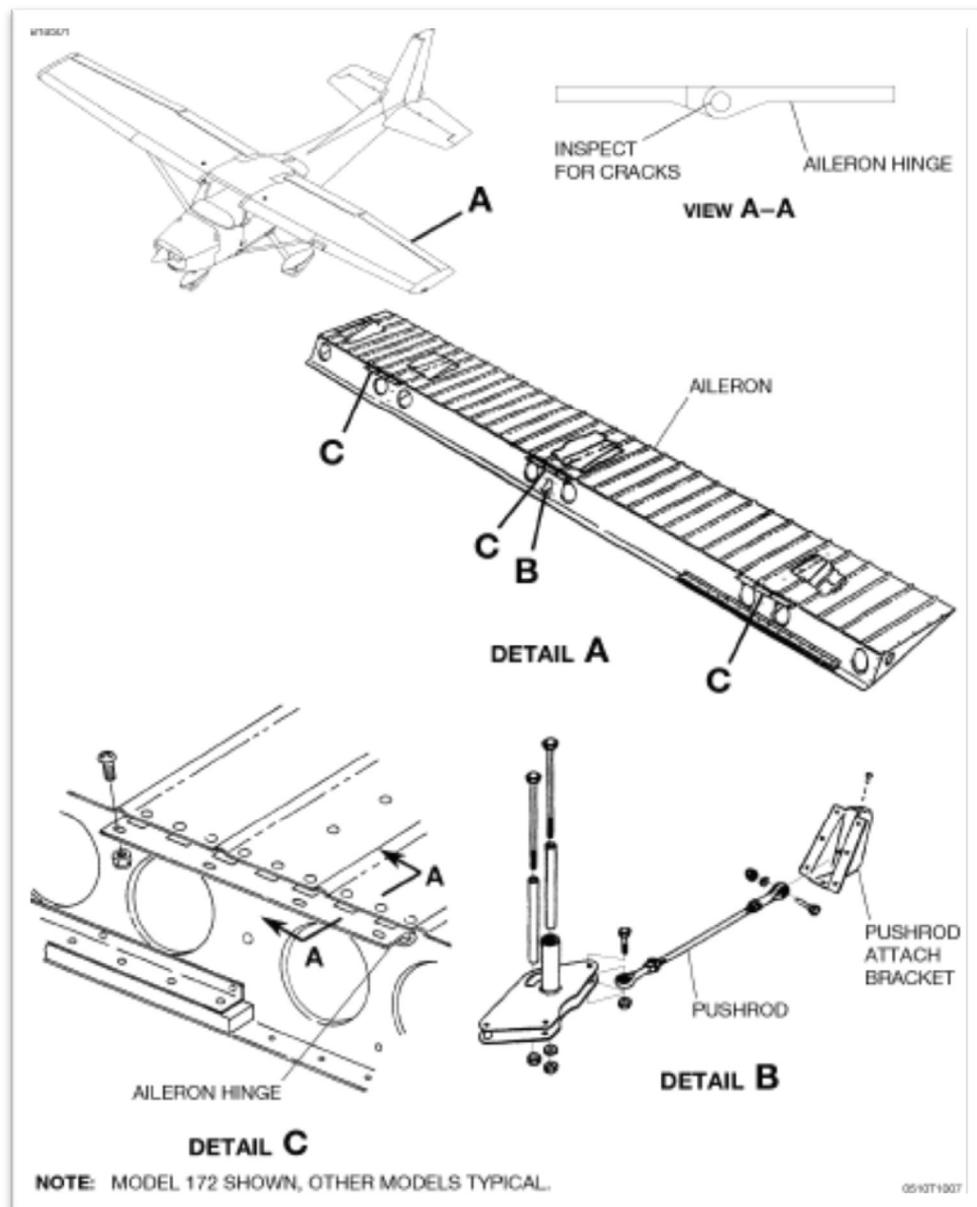
#### 3.5.1 Alerones

De acuerdo a manual de servicio se inspeccionó visualmente las bisagras (hinges) para ver que no tenga fisuras. En especial en la sección del nudillo donde atraviesa el pasador como se muestra en la figura 24.



**Figura 24** Alerones

Además se debe hacer una inspección de la varilla (pushrod) de empuje y los accesorios del sistema de movimiento del alerón para detectar daños, desgaste, fallos en elementos de fijación (fasteners) y de seguridad. La varilla de empuje permite transmitir el movimiento del Bell Crank hacia el alerón para subir o bajar.



**Figura 25** Inspección de estructura de alerón

**Fuente:** (CESSNA, 2016)

### 3.5.2 Timón de dirección (Rudder)

El manual de servicio manda hacer una inspección visual del rudder para determinar que no haya corrosión o rajaduras. Se debe poner especial atención en las bisagras, donde atraviesan los pernos, como también en los rodillos que estén libres y puedan girar con facilidad.

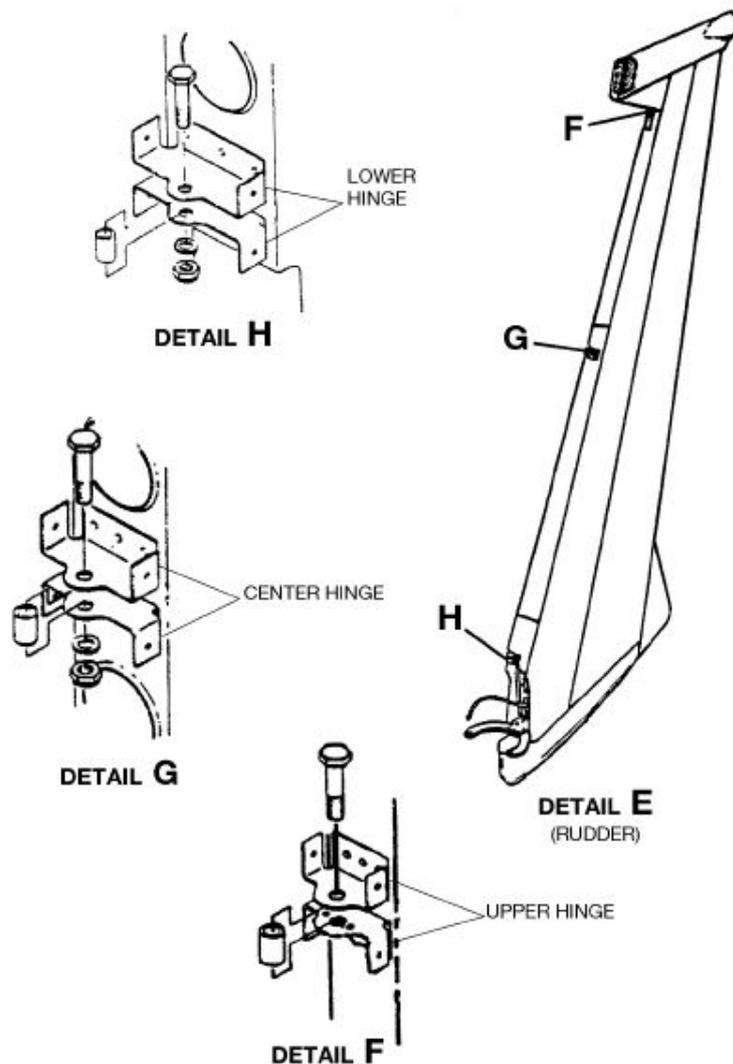


**Figura 26** Bisagra de rudder intermedia



**Figura 27** Bisagra de Rudder superior

Además se debe ver la condición de los elementos de fijación y seguridad. Para finalizar se debe ver que el rudder que no tenga fatiga, desgaste, daños por el viento o sobrecarga para que no haya futuras posibles vibraciones en la aeronave y movimientos extraños en los bujes.



**Figura 28** Inspección del estabilizador vertical

**Fuente:** (CESSNA, 2016)

### 3.5.3 Elevadores

Se procede a inspeccionar visualmente la condición del elevador para ver que no tenga rajaduras. Se pone especial atención en las bisagras, en donde

atraviesan los pernos como también en los rodillos los cuales deben rotar con libertad.



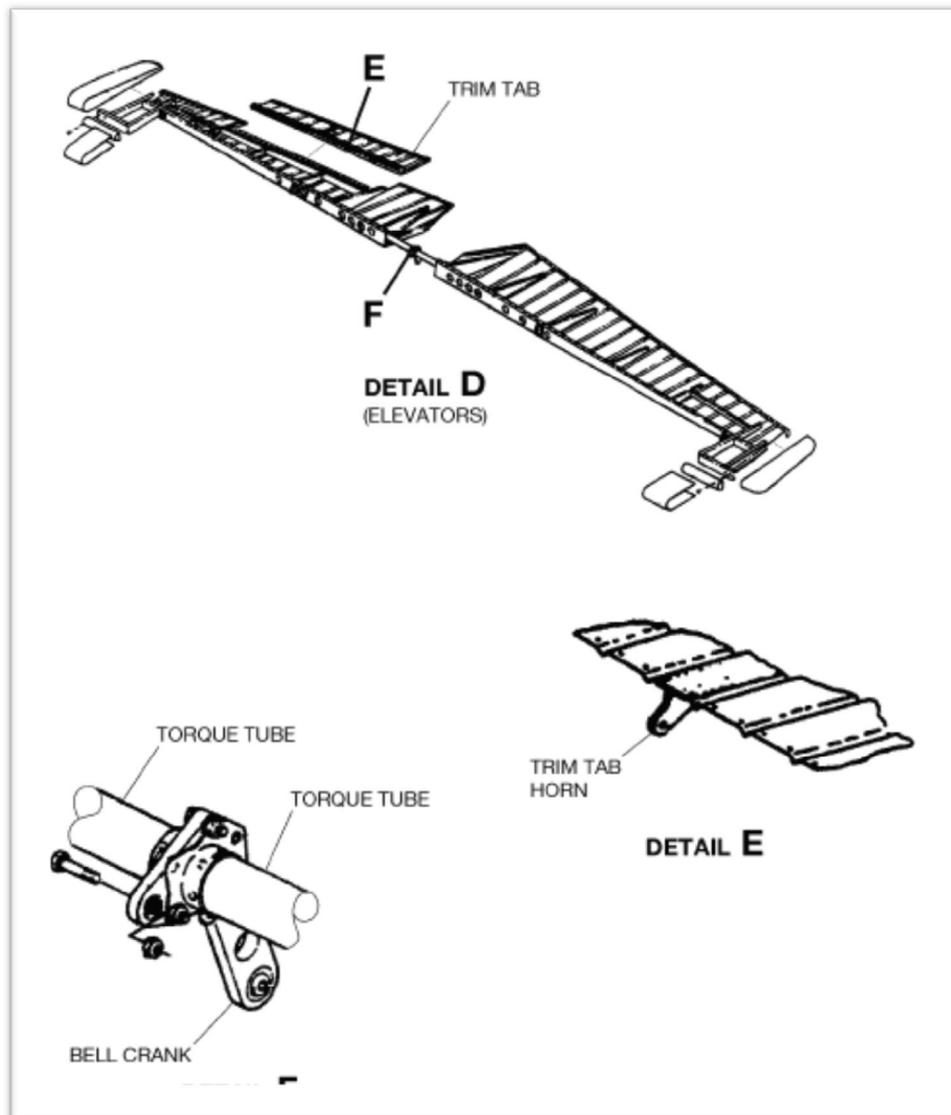
**Figura 29** Inspección de bisagras de estabilizador horizontal

Se inspecciona visualmente el tubo de torsión (torque tube) que esté libre de corrosión y rajaduras. Además se verifica que los remaches estén en condición buena. Posterior se inspeccionó el estado de los pernos de sujeción, dando como resultado en óptimas condiciones.



**Figura 30** Inspección de bellcranck de elevador

Como adicional se inspecciona el trim tab, la varilla de movimiento, las bisagras y sus elementos de sujeción y seguridad para ver que no tengan rajaduras y estén libres de corrosión, además se debe poner especial atención donde atraviesan los pernos para evitar que se den posteriores daños a la estructura de la aeronave.



**Figura 31** Inspección de elevador y Trim Tab

**FUENTE:** (CESSNA, 2016)

Se inspecciona la piel, las costillas y los largueros para ver que no esté doblado, que no tenga corrosión o rajaduras.



**Figura 32** Trim Tab

### **3.6 MONTAJE Y REGLAJE DE CONTROLES DE VUELO PRIMARIOS**

Para desarrollar este trabajo no basamos en el manual servicio Cessna\_100\_Series\_1962-1968\_MM\_D637-1-13 i.

#### **3.6.1 Montaje de alerones**

Antes de realizar el trabajo se debe contar con la herramienta, protección personal y con la información técnica necesaria para una feliz culminación de la misma. Según el manual de servicio modelo 100 series sección 6-19 se procede al montaje:

- Se pone en posición al alerón y se procede a poner los tornillos y tuercas uniendo las bisagras con el borde de salida del ala.



**Figura 33** Unión Alerón – Ala

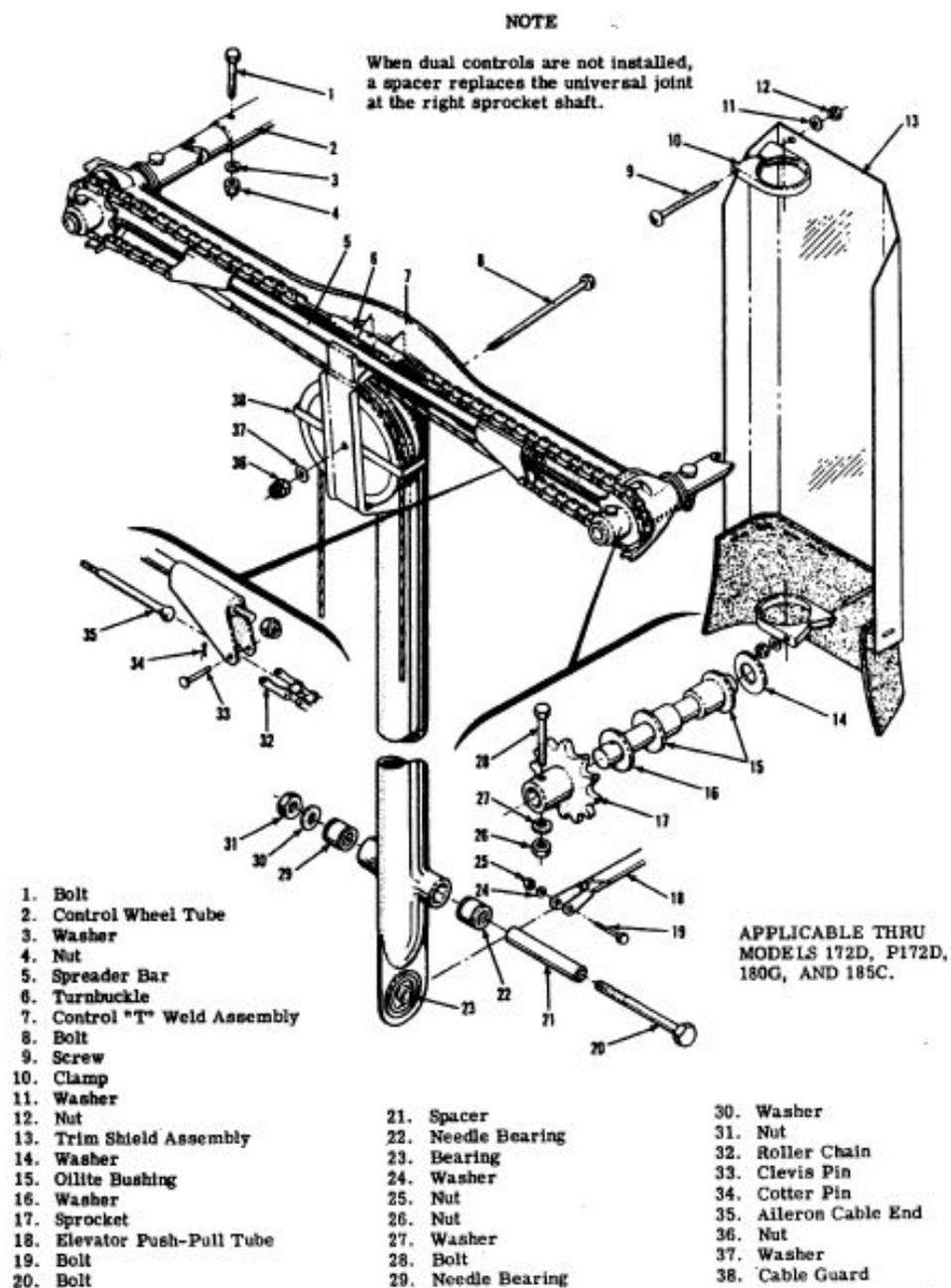
- Posterior se procede a unir el push-pull rod al alerón.



**Figura 34** Unión Push-Pull rod al Alerón

### 3.6.2 Reglaje de alerones

- En el control T se ajusta la longitud total del spreader bar (5) y turnbuckle (6) de manera que ambos controles estén a nivel en una posición neutral.



**Figura 35** Control T

**Fuente:** (CESSNA INSTALACIÓN, 2016)

- En el control “Y” se procede a ajustar los tunrbuckles manteniendo la cablilla centrada.



**Figura 36 Control Y**

- Ajustar los turbuckles en el bellcranks del alerón de manera que el bellcrank stop bushing este centrado en ambos bellcrank slots.



**Figura 37** Bellcrank de alerón

- Ajustar los turbuckles en la parte superior de la cabina, con una tensión de  $40 \pm 10$  libras (Ver Anexo B, Figura 6-5).



**Figura 38** Turnbuckle Alerón derecho

- Verificación de tensión



**Figura 39** Tensión de cables

- Colocar el push-pull rod del del bellcranks hacia el alerón.



**Figura 40** Unión push-pull rod al alerón

- Todos los turnbuckles deben estar asegurados con alambre de freno número 0.032.
- Chequear el correcto movimiento de los alerones moviendo la cablilla de izquierda a derecha.

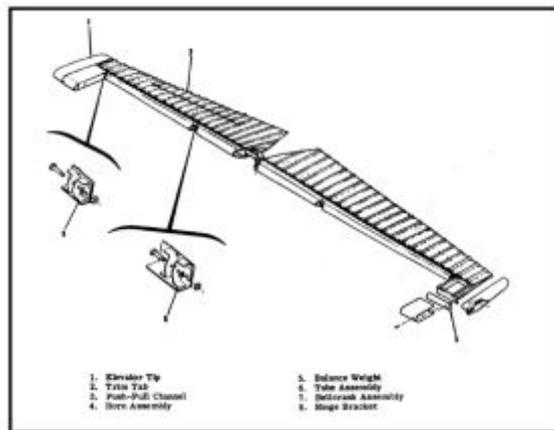


**Figura 41** Chequeo de movimiento de Alerones

### 3.6.3 Montaje de elevadores

Según el manual de servicio modelo 100 series sección 8-19 se procede al montaje:

- Se pone en posición al elevador y se procede a poner los tornillos y tuercas.



**Figura 42** Instalación de elevador

**Fuente:** (CESSNA INSTALACIÓN, 2016)

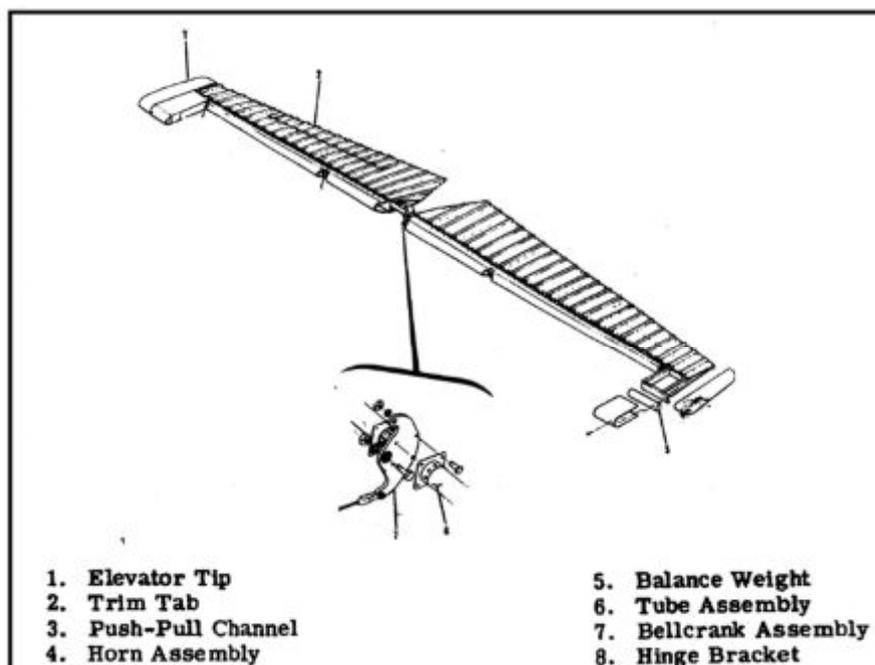


**Figura 43** Instalación de perno intermedio de elevador



**Figura 44** Instalación de perno derecho de elevador

- Se procede a colocar los pernos para sujetar el tubo del elevador al bellcrank de la cola.



**Figura 45** Instalación de elevador tube-bellcrank

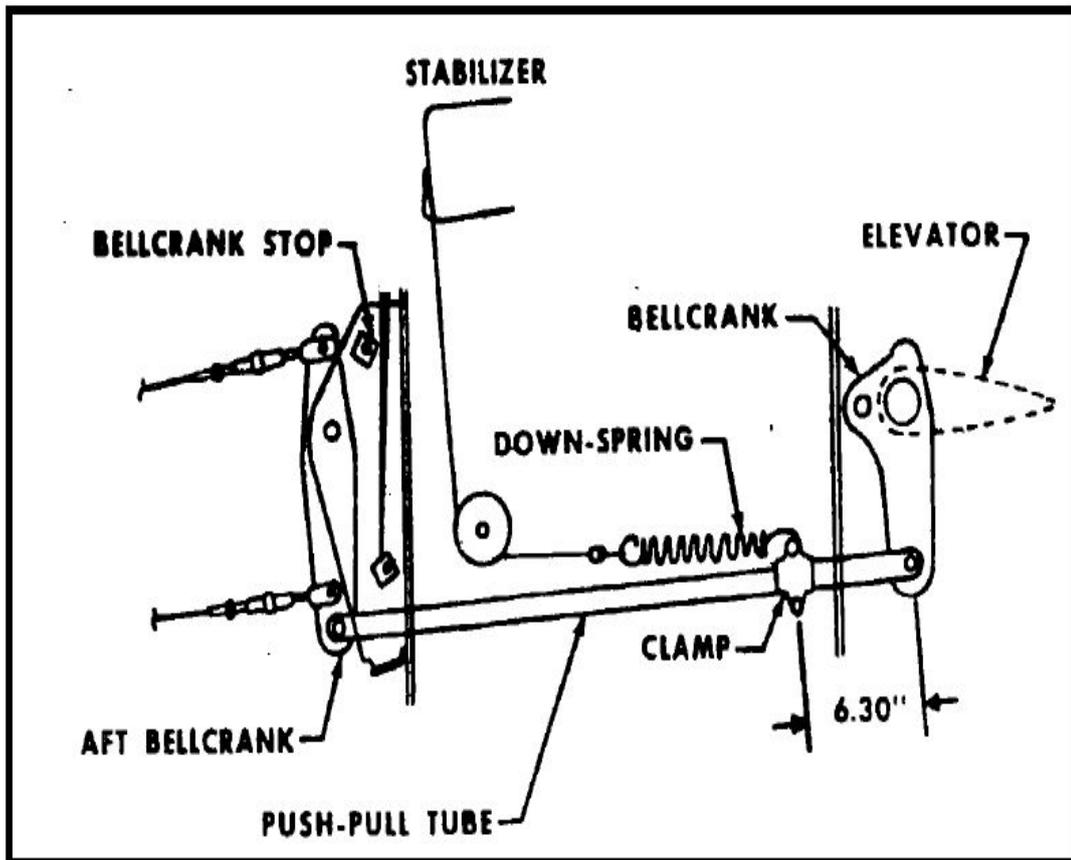
**Fuente:** (CESSNA INSTALACIÓN, 2016)



**Figura 46** Bellcrank

#### **3.6.4** Reglaje de elevadores y Trim Tab

- La posición neutral de los elevadores es cuando están en línea paralela al estabilizador.
- Se procede a unir el push pull tube del bellcrank del elevador con el bellcrank posterior el cual está unido a los cables de mando.



**Figura 47** Sistema de reglaje de elevador

**Fuente:** (CESSNA INSTALACIÓN, 2016)

- Seguidamente se procede a ajustar los turnbukles de los elevadores que se encuentran en parte del fuselaje de la cola.
- Considerando la posición en necesario contar con el apoyo de personal técnico y con la herramienta necesaria.



**Figura 48** Ajuste de turnbuckles de Elevadores

- Para comprobar que el elevador este correctamente tensionado, cuando el plano este en posición neutral, la cablilla de mando también deberá estar en posición neutral, los dos deben estar centrados.



**Figura 49** Elevador en posición neutral

- Para el trim tab según sección 9-7 B del Manual de servicio modelo 100 se ajustan los turnbukles la cual debe tener una posición neutral con su respectivo mando y con el estabilizador horizontal.
- Pero antes el trim tab debe estar unido al alerón atreves del brazo (push-pull rod) como se muestra en la figura 49.



**Figura 50** Unión push-pull rod elevador al trim tab

- Se procede a ajustar los turbuckles del trim tab ubicados en la parte interior de la cola.



**Figura 51** Ajuste de turnbuckles de Elevadores

- Se comprueba la tensión 15 to 20 LBS de los cables (Ver Anexo D, Figura 9-1). Además de esto tiene dos topes los cuales no deben juntan cuando el trim tab está en posición neutral, junto con su mando de control.

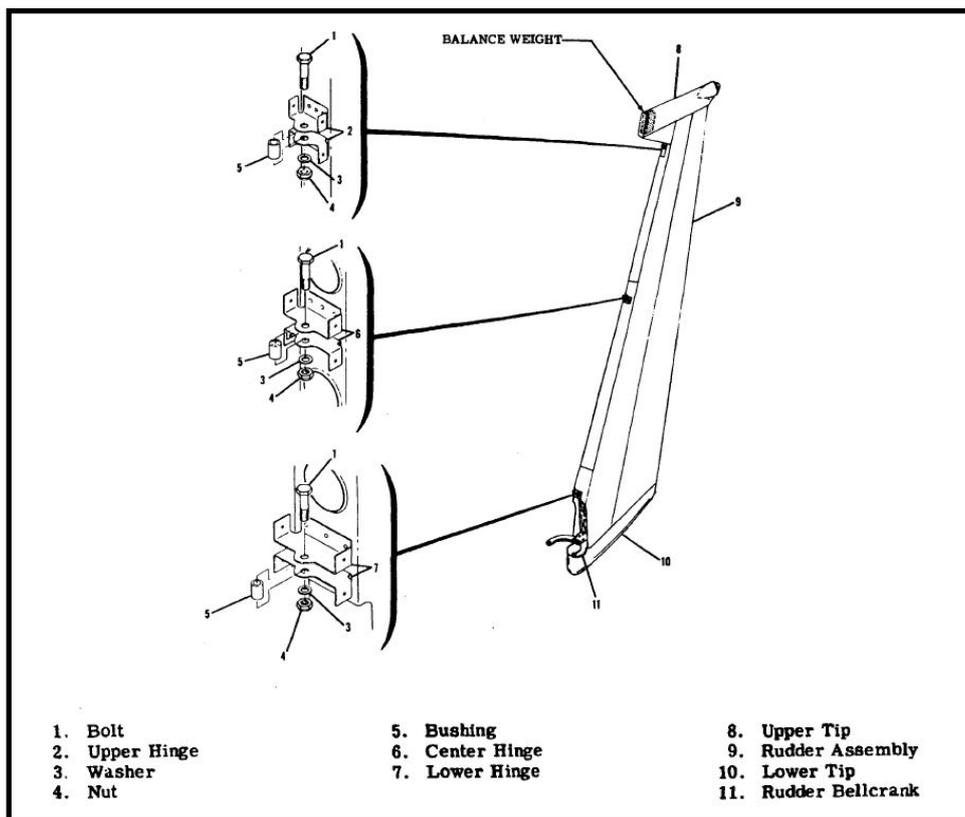


**Figura 52** Verificación de tensión

### **3.6.5 Montaje de timón de dirección (Rudder)**

Según el manual de servicio modelo 100 series sección 10-4 se procede al montaje:

- Cuando el rudder está en posición se procede a colocar todos los pernos de la barra al estabilizador vertical. Se debe dar el suficiente ajuste a los pernos para evitar que estos se desajusten en el movimiento, tanto como en la vibración de la aeronave.



**Figura 53** Instalación de Rudder

Fuente: (CESSNA INSTALACIÓN, 2016)



**Figura 54** Fijación de perno inferior de Rudder



**Figura 55** Fijación de perno intermedio de Rudder



**Figura 56** Fijación de perno superior de Rudder

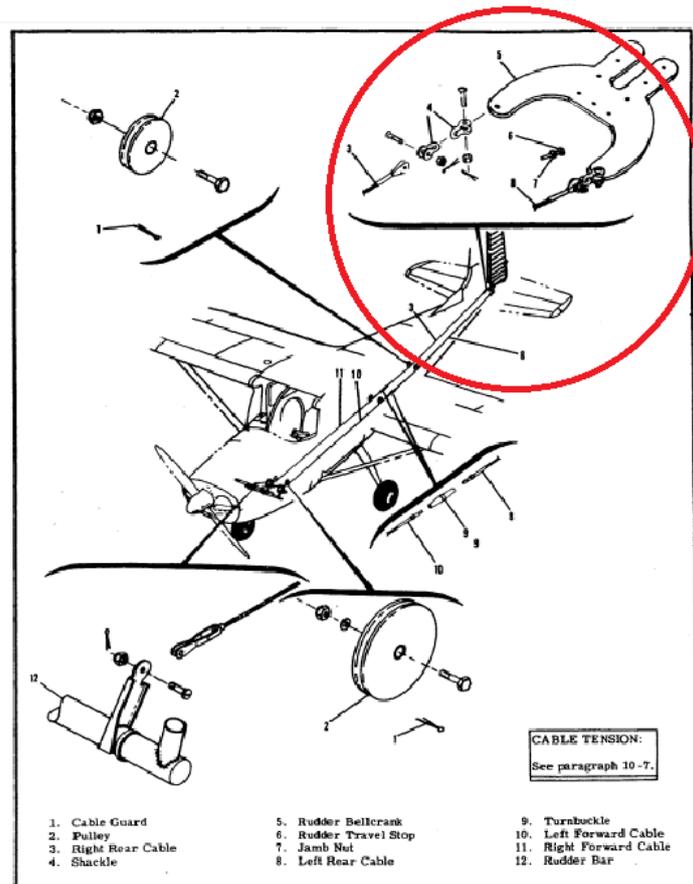


**Figura 57** Rudder montado

### **3.6.6** Reglaje de Timón de dirección (Rudder)

Según el manual de servicio modelo 100 series sección 10-8 se procede al reglaje:

- Se conecta los cables al bellcrank del rudder.



**Figura 58** Reglaje de Rudder

Fuente: (CESSNA INSTALACIÓN, 2016)



**Figura 59** Unión de cable al bellcrank del Rudder

- Una vez conectados los cables, seguidamente se centra a los pedales y al rudder al mismo tiempo. Una vez hecho esto se da tensión a los cables a través de los turnbuckles que están en la parte interior del fuselaje de cola.



**Figura 60** Ajuste de Turnbuckles de Rudder

- Se procede a la verificación de la tensión de cables (Ver Anexo E, Figura10-3).



**Figura 61** Control de tensión de cables

## 3.7 HOJA DE TRABAJO PARA EL MONTAJE Y REGLAJE

 <p><b>UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS</b></p>	<p><b>PROCEDIMIENTOS PARA EL MONTAJE Y REGLAJE DE LOS CONTROLES DE VUELO PRIMARIOS DE LA AERONAVE CESSNA 172H</b></p>	<p><b>ELABORADO POR: JOSÉ BRITO</b></p>	
<p>Los siguientes procedimientos puntualizan los pasos a seguir para realizar el montaje y posteriormente el reglaje de los controles de vuelo primarios, de la aeronave CESSNA 172 H, utilizando los debidos manuales de servicio.</p>			
<p><b>PROCEDIMIENTOS</b></p>		<p><b>SI</b></p>	<p><b>NO</b></p>
<p>1. Inspección visual de estado de: alerones. Timón de dirección, elevadores y seguidamente de las bases donde se sujetan los pernos.</p>			
<p>2. Montaje de controles de vuelo primarios en la aeronave, de acuerdo al Manual CESSNA 100-Series-1962-1968 MM-D637-1-13 intallation.</p>			
<p>3. Inspección de condición de cables y turnbuckles.</p>			
<p>4. Reglaje de los controles de vuelo primarios de acuerdo al Manual CESSNA 100-Series-1962-1968 MM-D637-1-13 intallation.</p>			
<p>5. Chequeo de correcto funcionamiento de los controles a través del vuelo de prueba.</p>			
<p><b>ENCARGADO</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>	<p><b>FIRMA</b></p>	<p><b>CI</b></p>

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Mediante el montaje y reglaje de los controles de vuelo primarios en la aeronave Cessna 172H de matrícula HC-BTS se aportó a la habilitación de la misma, la cual posterior al trabajo realizado pudo obtener su certificado de aeronavegabilidad.
- Todo trabajo aeronáutico se lo debe hacer bajo la supervisión de técnicos aeronáuticos, ya que la aviación no es susceptible a cometer fallas; todo mantenimiento preventivo o correctivo se lo debe realizar tal y como mandan los manuales de mantenimiento o servicio, es indispensable saber que en la aviación todo está escrito y no se debe inventar nada.
- Posterior a realizar el trabajo, siempre contando con la herramienta necesaria; se debe comprobar que el trabajo realizado este correctamente para así garantizar y poder certificar la aeronavegabilidad de la aeronave.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Para realizar este tipo de trabajo se debe contar con toda la información técnica que se la encuentra en manuales propios de la aeronave y también en publicaciones de la AAC (Autoridad de la Aviación Civil), debido a que cada avión cuenta con manuales customizados y no customizados.
- Contar con la herramienta necesaria para realizar cada trabajo es indispensable, ya que la herramienta hace al mecánico.
- Todos los trabajos aeronáuticos que hacemos, se los debe verificar una, dos veces hasta asegurarse que estén en condiciones que no afecten a la operación segura de la aeronave.

## GLOSARIO

**Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

**Avión (Aeroplano):** Aerodino propulsado por motor que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanece

**Aeronavegabilidad:** Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura, de tal manera que: cumpla con su certificado tipo.

**Aviación general:** Operaciones de Aviación civil que no sean los servicios aéreos regulares, ni operaciones no regulares de transporte aéreo por remuneración o arrendamiento.

**Alerones:** en el campo de la aeronáutica, son unas superficies de mando y control que se encuentran en los extremos de las alas de los aviones y su misión es llevar a cabo los virajes del avión a ambos lados a través de un movimiento de alabeo.

**Certificar la Aeronavegabilidad:** Significa que una aeronave o parte de la misma se ajustan a los requisitos de Aeronavegabilidad vigentes, después de haberse efectuado una inspección, revisión general, reparación, modificación o instalación, otorgándole posteriormente el Certificado de Aeronavegabilidad.

**Condiciones IFR:** Condiciones por debajo del mínimo de las reglas para vuelos visuales.

**Cola o empenaje:** a la parte posterior de un avión donde suelen estar situados el estabilizador vertical y estabilizador horizontal.

**DGAC (Dirección General de Aviación Civil):** Dependencia adscrita al Ministerio de Defensa Nacional, de la República del Ecuador, la cual para los efectos de las Regulaciones de Aviación Civil (RDAC), ejercerá la autoridad aeronáutica en la República del Ecuador.

**Estabilizadores:** son elementos, generalmente ubicados en la parte trasera del avión, que aseguran la estabilidad y el confort del vuelo, permitiendo además el control.

**Extrados:** Parte superior del ala comprendida entre los bordes de ataque y salida. En esta zona se forman bajas presiones.

**Habilitación:** Autorización inscrita en una licencia o asociada con ella, y de la cual forma parte, en la que se especifican condiciones especiales, atribuciones o restricciones referentes a dicha licencia.

**Intrados:** Parte inferior del ala comprendida entre los bordes de ataque y salida. En esta zona se forman sobrepresiones.

**Reparación:** Restitución a las condiciones iniciales de una aeronave o producto según su Certificado Tipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AERONAUTICOS, C. (26 de 16 de 2016). *ALAS*. Obtenido de <http://www.alasewm.com.ar/fuselajewm.htm>
- Aviones-Herramientas. (25 de 06 de 2016). *Pacific-Scientific*. Obtenido de [https://www.google.com.ec/search?q=TURNBUCKLE&biw=1366&bih=667&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK7rHNspbOAhWKqh4KHSaeDNwQ\\_AUIBigB#tbm=isch&q=tensiometro+aviones&imgrc=x-aiw1K9nyOpuM%3A](https://www.google.com.ec/search?q=TURNBUCKLE&biw=1366&bih=667&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK7rHNspbOAhWKqh4KHSaeDNwQ_AUIBigB#tbm=isch&q=tensiometro+aviones&imgrc=x-aiw1K9nyOpuM%3A)
- Bonnier Boating. (03 de 04 de 2016). *Flyingmag*. Obtenido de <http://www.flyingmag.com/aircraft/pistons/cessna-172-still-relevant>
- CESSNA. (2016). Manual de Servicio. En CESSNA, *Manual de Servicio* (pág. 223).
- CESSNA. (2016). Manual de Servicio. En CESSNA, *Manual de Servicio* (pág. 227).
- CESSNA. (2016). *Manual de Servicio*.
- CESSNA INSTALACIÓN. (2016). *Istalacion Cessna 172*.
- El aviador. (04 de 03 de 2016). *El aviador*. Obtenido de [http://elaviador.mex.tl/362088\\_Cessna.html](http://elaviador.mex.tl/362088_Cessna.html)
- Enciclopedia de Clasificaciones. (29 de 05 de 2016). *Ciencias exactas*. Obtenido de <http://www.tiposde.org/ciencias-exactas/438-tipos-de-poleas/>
- FAA. (2016). HANDBOOK. En FAA, *HANDBOOK* (págs. 60-56). FAA.
- Federal Aviation Administration. (20 de 06 de 2016). *FAA*. Obtenido de [http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/Chapter\\_07.pdf](http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/Chapter_07.pdf)
- Mundo aeronáutico EWM. (02 de 07 de 2016). *Fuselaje*. Obtenido de <http://www.alasewm.com.ar/fuselajewm.htm>

Muñoz Miguel Angel. (06 de 04 de 2016). *Manual de vuelo*. Obtenido de <http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV14.html>

PACIFIC SCIENTIFIC COMPANY. (s.f.). TENSIOMETRO. *U.S.A.F.*

SISTEMA DE POLEAS. (25 de 06 de 2016). *TECNOLOGÍA*. Obtenido de <https://aprendemostecnologia.org/2008/08/18/sistemas-de-poleas/>

UNET. (29 de 04 de 2016). *Conocimientos aeronauticos*. Obtenido de [http://aeronautica.conocimientos.com.ve/2009/12/superficies-de-mando-y-control\\_11.html](http://aeronautica.conocimientos.com.ve/2009/12/superficies-de-mando-y-control_11.html)

UNLP. (25 de 04 de 2016). *AERO*. Obtenido de <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Estructuras%20Aeronauticas%20Rev%20001.pdf>

# ANEXOS