



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Implementación del sistema de presurización y aire acondicionado, mediante información técnica del manual de mantenimiento ata 21, en el simulador de la aeronave BOEING 737-500 perteneciente a la Universidad De Las Fuerzas Armadas-ESPE**

Jarrin Campoverde, Daniel Francisco

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación Y Aviónica

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

Latacunga, 20 de agosto del 2021



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### Certificación

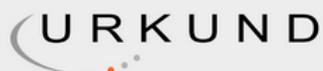
Certifico que la monografía, “**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, MEDIANTE INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO ATA 21, EN EL SIMULADOR DE LA AERONAVE BOEING 737-500 PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE.**”, fue realizada por el señor **JARRIN CAMPOVERDE, DANIEL FRANCISCO** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 20 de agosto del 2021.

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastian

C.C: 1722580329

## Reporte de verificación



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** JARRIN CAMPOVERDE DANIEL FRANCISCO.pdf (D111271537)  
**Submitted:** 8/14/2021 7:10:00 AM  
**Submitted By:** dfjarrin1@espe.edu.ec  
**Significance:** 2 %

#### Sources included in the report:

Monografia-Espin Diego.pdf (D111231890)  
Espin Diego - urkund.pdf (D111265190)  
RUIZ\_CHAUCA\_LESLY\_AMANDA.pdf (D111264975)  
<http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum19/vdm02515.htm>

#### Instances where selected sources appear:

6

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gabriel Inca".

---

**Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastian**

**C.C: 1722580329**



**DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y  
AVIÓNICA**

**Autoría de responsabilidad**

Yo, **JARRIN CAMPOVERDE, DANIEL FRANCISCO**, con cedula de ciudadanía No. **0603960360**, declaro que la monografía: **"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, MEDIANTE INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO ATA 21, EN EL SIMULADOR DE LA AERONAVE BOEING 737-500 PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE"**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 20 de agosto del 2021

**Jarrín Campoverde, Daniel Francisco**

**C.C 0603960360**



**DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y  
AVIÓNICA**

**Autorización**

Yo, **JARRIN CAMPOVERDE DANIEL FRANCISCO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a publicar en la biblioteca virtual de la institución la presente monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, MEDIANTE INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO ATA 21, EN EL SIMULADOR DE LA AERONAVE BOEING 737-500 PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE”**, cuyos contenidos, ideas, criterios y conclusiones son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 20 de agosto del 2021

---

**Jarrin Campoverde, Daniel Francisco**

**C.C 0603960360**

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a Dios por cada día que me dio la vida para seguir adelante, en este rumbo en caminado hacia el futuro, logrando así una de las metas más importantes de mi vida.

A mi hija mi Princesa Victoria, ya que es la niña de mis ojos, es mi motor fundamental, a ella dedico cada triunfo, cada meta lograda todo en mi vida, a Gaby el amor de mi vida la mejor mamá del mundo y la mejor compañera de vida.

A mis padres que han sido unos seres maravillosos al darme la mejor herencia la educación, grandes seres humanos de muchos valores que me han dado todo lo que tengo y lo que soy siendo el pilar de mi vida.

A mis abuelitos, y demás familiares que han estado cerca de mí y conocen el esfuerzo que ha representado llegar hasta este momento.

A mis amigos que han estado en buenos y malos momentos levantándome el ánimo para seguir adelante.

DANIEL FRANCISCO JARRIN CAMPOVERDE

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos van dirigidos a: Dios, por permitirme cumplir con mi objetivo de llegar a ser un profesional.

A mi querida familia que siempre me han apoyado, motivado, para seguir adelante.

A Llimy, Alexander, Jhonathan, Andres, Cristian, Saul, Ariel, Daniel, Michael, los Sebas, Fabian, por darme de su valiosa amistad, al estar en buenos y malos momentos en mi vida.

A todos mis docentes por guiarme de la mejor manera para conseguir el objetivo tan anhelado.

A mi tutor de tesis el Ingeniero Gabriel Inca, por hacer posible esta tesis y por el apoyo brindado.

DANIEL FRANCISCO JARRIN CAMPOVERDE

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación.....</b>	<b>3</b>
<b>Autoría de responsabilidad.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>11</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>13</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>14</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>15</b>
<b>Tema.....</b>	<b>16</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>16</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>17</b>
<b>Justificación e importancia.....</b>	<b>17</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b><i>Objetivo General.....</i></b>	<b>19</b>
<b><i>Objetivos Específicos.....</i></b>	<b>19</b>
<b>Alcance.....</b>	<b>19</b>

<b>Marco Teórico.....</b>	<b>21</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>21</b>
<b>¿Qué es un simulador de vuelo? .....</b>	<b>25</b>
<i><b>Tipos de simuladores de vuelo .....</b></i>	<b>28</b>
<b>Boeing 737- 500.....</b>	<b>29</b>
<b>Sistemas de una aeronave .....</b>	<b>32</b>
<i><b>Sistema de Aire Acondicionado.....</b></i>	<b>33</b>
<b>Tipos de Mantenimiento .....</b>	<b>40</b>
<b>Simuladores De Vuelo Software .....</b>	<b>42</b>
<i><b>X-Plane.....</b></i>	<b>42</b>
<i><b>Flight Simulator.....</b></i>	<b>43</b>
<i><b>Prepard 3D.....</b></i>	<b>44</b>
<b>Interfaz de comunicación RealSimControl.....</b>	<b>45</b>
<b>Desarrollo del tema .....</b>	<b>48</b>
<b>Descripción general.....</b>	<b>48</b>
<b>Acondicionamiento del simulador .....</b>	<b>48</b>
<b>Proceso de rehabilitación estructural .....</b>	<b>53</b>
<b>Desarrollo del panel P5 Sistema de presurización y aire acondicionado .....</b>	<b>56</b>
<b>Configuración general simulador de vuelo Boeing 737-500.....</b>	<b>57</b>
<b>Chequeo Operacional.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla de calificación del simulador .....</b>	<b>73</b>

<b>Análisis de costos .....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>75</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>75</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>80</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>82</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Simulador de vuelo Tonel de Aprendizaje</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> <i>Simulador Link Trainer</i> .....	22
<b>Figura 3.</b> <i>Simulador de vuelo Celestial Navigation Trainer</i> .....	23
<b>Figura 4.</b> <i>Stratocruiser Simulator</i> .....	23
<b>Figura 5.</b> <i>Simulador LINK GAT-1</i> .....	24
<b>Figura 6.</b> <i>FFS BOEING 737 de GTA</i> .....	25
<b>Figura 7.</b> <i>Simulador de vuelo Nivel A</i> .....	26
<b>Figura 8.</b> <i>Simulador de vuelo Nivel B</i> .....	26
<b>Figura 9.</b> <i>Simulador de vuelo Nivel C</i> .....	27
<b>Figura 10.</b> <i>Simulador de vuelo Nivel D</i> .....	28
<b>Figura 11.</b> <i>Simulador de vuelo FFS</i> .....	28
<b>Figura 12.</b> <i>Estructura del Boeing 737-500</i> .....	29
<b>Figura 13.</b> <i>Zona de cabina (estructura)</i> .....	30
<b>Figura 14.</b> <i>Panel de Instrumentos de Vuelo</i> .....	30
<b>Figura 15.</b> <i>Panel Central Y Panel Overhead</i> .....	31
<b>Figura 16.</b> <i>Esquema del sistema de Aire Acondicionado</i> .....	34
<b>Figura 17.</b> <i>Representación de las válvulas de control de flujo en el sangrado de aire</i> ...35	
<b>Figura 18.</b> <i>Válvula de mezcla de aire caliente</i> .....	36
<b>Figura 19.</b> <i>Intercambiador de calor primario</i> .....	36
<b>Figura 20.</b> <i>Válvula mezcladora de aire frío</i> .....	37
<b>Figura 21.</b> <i>Máquina de ciclo de aire (Compresor)</i> .....	37
<b>Figura 22.</b> <i>Intercambiador de calor secundario</i> .....	38
<b>Figura 23.</b> <i>Máquina del ciclo de aire</i> .....	38
<b>Figura 24.</b> <i>Separador de agua</i> .....	39

<b>Figura 25.</b> <i>Sistema de aire acondicionado</i> .....	40
<b>Figura 26.</b> <i>Software XPLANE 11</i> .....	42
<b>Figura 27.</b> <i>Software Microsoft Flight Simulator</i> .....	44
<b>Figura 28.</b> <i>Software PREPAR 3D</i> .....	45
<b>Figura 29.</b> <i>Portada RealSimControl</i> .....	46
<b>Figura 30.</b> <i>Panel OVERHEAD RealSimControl</i> .....	46
<b>Figura 31.</b> <i>Inspección visual del simulador de vuelo</i> .....	53
<b>Figura 32.</b> <i>Proceso de rehabilitación del simulador de vuelo</i> .....	54
<b>Figura 33.</b> <i>Presentación del simulador de vuelo</i> .....	55
<b>Figura 34.</b> <i>Interruptores PACK izquierdo y derecho en OFF</i> .....	63
<b>Figura 35.</b> <i>Interruptores Recirc Fan en OFF</i> .....	63
<b>Figura 36.</b> <i>Selector de modo en AUTO</i> .....	64
<b>Figura 37.</b> <i>Ajuste de selector CAB ALT</i> .....	65
<b>Figura 38.</b> <i>Indicador de altitud y perilla para ajuste barométrico</i> .....	65
<b>Figura 39.</b> <i>Resultados de luces AUTO FAIL y ALTN encendidas</i> .....	66
<b>Figura 40.</b> <i>Indicador de la válvula de salida abierto</i> .....	67
<b>Figura 41.</b> <i>Ajuste de selector CAB ALT modificación 500 ft debajo del nivel de campo</i>	68
<b>Figura 42.</b> <i>Indicador de válvula de salida de popa cierra</i> .....	68
<b>Figura 43.</b> <i>Selector ubicado en MAN (Manual) resultados de luces</i> .....	69
<b>Figura 44.</b> <i>Interruptor en open observar el resultado de la válvula</i> .....	70
<b>Figura 45.</b> <i>Válvula de salida cerrada selector manual en CLOSE</i> .....	70
<b>Figura 46.</b> <i>Selector de modo AUTO</i> .....	71
<b>Figura 47.</b> <i>Observar resultados de luces y válvula abierta</i> .....	72

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Dimensiones de la aeronave Boeing 737-500</i> .....	32
<b>Tabla 2.</b> <i>Tabla de valores de presión atmosférica</i> .....	34
<b>Tabla 3.</b> <i>Requisitos aprobados por el software XPLANE11</i> .....	43
<b>Tabla 4.</b> <i>Requisitos aprobados por el software Microsoft Flight Simulator</i> .....	44
<b>Tabla 5.</b> <i>Requisitos aprobados por el software PREPAR3D</i> .....	45
<b>Tabla 6.</b> <i>Código de comunicación RealSimControl</i> .....	47
<b>Tabla 7.</b> <i>Herramientas equipos y materiales</i> .....	49
<b>Tabla 8.</b> <i>Estándares de calificación</i> .....	73
<b>Tabla 9.</b> <i>Costos primarios</i> .....	74
<b>Tabla 10.</b> <i>Costo total</i> .....	74

## Resumen

Los simuladores de vuelo en la actualidad han venido desarrollándose de forma gradual el cual ha permitido que tanto la industria aeronáutica, como instituciones de educación superior puedan desenvolverse de una forma más adecuada, esto no solo para probar su competencia y la de los pilotos o para mantener su pericia, sino porque también se ha convertido en norma por parte de las autoridades de regulación aeronáutica. El proyecto de implementación del sistema de presurización y aire acondicionado se realizó según la Regulación de Aviación Civil (RDAC) parte 060 Apéndice 1, instalando paneles a escala real para un Boeing 737, a partir de información técnica ATA 21, interruptores, pulsadores, encoders, servomotores, arduinos, luces led, LCD, displays de 7 segmentos, fueron instalados para simular el funcionamiento del sistema. Para la configuración de arduinos y microcontroladores se utilizó el Software online HCSCI (RealSimControl) este permite la comunicación de las placas arduino y el software XPLANE-11, para comprobar el funcionamiento del sistema de presurización se logró identificar 3 modos automático, alterno y manual, el resultado se observa en el encendido de luces led, indicadores de válvula de salida, indicadores visuales (display de 7 segmentos), este a su vez permite el control de temperatura en cabina y el resto de la aeronave.

Palabras Claves:

- **CHEQUEO OPERACIONAL**
- **PRESURIZACIÓN**
- **SIMULADOR BOEING 737**
- **HCSCI**
- **DATA**

## **Abstract**

Flight simulators have been developing gradually, which has allowed both the aviation industry and higher education institutions to develop in a more appropriate way, not only to test their competence and that of pilots or to maintain their expertise, but also because it has become a standard by the aeronautical regulatory authorities. The implementation project of the pressurization and air conditioning system was performed according to the Civil Aviation Regulation (RDAC) part 060 Appendix 1, installing full scale panels for a Boeing 737, from ATA 21 technical information, switches, push buttons, encoders, servomotors, arduinos, led lights, LCD, 7 segment displays, were installed to simulate the operation of the system. For the configuration of arduinos and microcontrollers the online software HCSCI (RealSimControl) was used, this allows the communication of the arduino boards and the XPLANE-11 software, to check the operation of the pressurization system it was possible to identify 3 automatic, alternate and manual modes, the result is observed in the lighting of LED lights, output valve indicators, visual indicators (7 segment display), this in turn allows the temperature control in the cabin and the rest of the aircraft.

Keywords:

- **OPERATIONAL TEST**
- **PRESSURIZATION**
- **BOEING 737 SIMULATOR**
- **HCSCI**
- **DATA**

## Capítulo I

### 1. Tema

“Implementación del sistema de presurización y aire acondicionado, mediante información técnica del manual de mantenimiento ata 21, en el simulador de la aeronave Boeing 737-500 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.”

#### 1.1. Antecedentes

Un simulador de vuelo es aquel que facilita las tareas en aviones simples, complejos o bimotores, permitiendo alcanzar excelentes acabados y garantizar una amplia vida útil del entrenador estático o FTD (Flight Training Device) “Dispositivo de entrenamiento de vuelo”, el mismo que abarca todas las exigencias de vuelo para estudio y práctica.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE cuenta con el simulador de vuelo del Boeing 737-500 en el cual se procederá a realizar un análisis de funcionamiento para los sistemas de control de presurización y prácticas de mantenimiento, es fundamental controlar todos los parámetros obtenidos en la simulación de vuelo ya que este permitirá tener una correcta aeronavegabilidad.

La presurización es provista por un flujo controlado del aire sangrado de los motores, que pasa a través del sistema de aire acondicionado y luego es conducido a las áreas presurizadas. afirma en su proyecto “Dimensionado y proyecto básico de sistema de presurización y aire acondicionado de avión”, los niveles deseados de presurización son mantenidos regulando el escape del aire comprimido a través de la válvula de salida.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En la actualidad se ve reducido el campo de entrenamiento virtual para aquellos que necesitan especializarse en la rama de aviación. La Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE cuenta con un simulador de vuelo el mismo que permitirá a través de ciertas modificaciones representar a la aeronave de una manera virtual.

Un acontecimiento que surgió a medida que el piloto no presurizo de manera correcta la aeronave. La inspección fue realizada por un ingeniero de tierra que luego realizó una verificación de fugas por presurización. Para llevar a cabo esta verificación sin requerir los motores de la aeronave, el sistema de presurización se configuró en "manual". Sin embargo, el sistema no se restableció a "automático" al terminar la prueba. Todas las personas fallecieron incluidos los de tripulación. (Ranter, s. f.)

El mencionado simulador al no tener operativos estos sistemas los estudiantes e instructores no tendrán la correcta sensación de pilotar una aeronave de esta magnitud ya que al no existir una presurización adecuada en cabina y en el resto de la aeronave las personas están en peligro es necesario disponer de un chequeo operacional que permita realizar ésta tarea y sirva de ayuda complementaria para mantener la operatividad de los sistemas.

## **1.3. Justificación e importancia**

Gracias al avance de la tecnología en todos los ámbitos, principalmente en el campo aeronáutico e informático ha permitido mejorar las capacidades y destrezas del personal técnico mediante capacitaciones y auto preparación que han permitido desarrollar habilidades e incrementar los conocimientos los cuales no solo sirven en el ámbito laboral sino en la vida personal de cada individuo.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) estipula dentro de su articulado 142.005(a)(7)(i) lo siguiente:

*“Un simulador de vuelo es un dispositivo de entrenamiento, donde se asume el papel del piloto dentro de la aeronave para llegar a las funciones de mando en los componentes electrónicos, mecánicos y eléctricos, etc. Un ambiente recreativo para toda la tripulación, la performance y las características de vuelo de ese tipo de aeronave”.*

La presente implementación permitirá a los estudiantes y a todo el personal comprobar la validez de los equipos que conforman el sistema de presurización del FTD de tal manera que estos sistemas sean capaces de entregar una representación realista en lo que conlleva la aeronave.

Este tipo de chequeo es de gran importancia ya que permitirá observar, verificar y reconocer cada uno de los datos obtenidos en el simulador, la presurización en cabina está basado en el funcionamiento del sistema con el cual las personas mantienen un oxígeno estable para poder respirar.

Cada uno de los sistemas deben ir de acuerdo a normativas los cuales establezcan el funcionamiento de dicho equipo, se deberá realizar un chequeo de software y de hardware del sistema de presurización, es por ello que se requiere realizar las tareas de chequeo en los sistemas de presurización del simulador de vuelo Boeing 737-500 y así mantener los equipos en perfectas condiciones para su utilización en la formación de los estudiantes.

Este proyecto se lo realiza con la finalidad de que la institución cuente con instrumentos y equipos que sirvan para el estudio de las aeronaves que en un futuro los profesionales que se forman en la institución cuenten con bases para un ambiente laboral.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Implementar los sistemas de presurización que se encuentra en el simulador de vuelo Boeing 737-500 para comprobar el funcionamiento mediante la utilización de los procedimientos recomendados por el Manual de mantenimiento ata 21 “aire acondicionado”, para la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la información acerca de los elementos y dispositivos a utilizarse en el sistema de presurización y aire acondicionado, basándose en los manuales de mantenimiento.
- Implementar los sistemas de presurización de tal manera que permita un correcto manejo de esta área en específico.
- Realizar un chequeo operacional para verificar el funcionamiento del equipo mediante los manuales de mantenimiento.

## **1.5. Alcance**

Este proyecto tiene como finalidad identificar el funcionamiento del sistema de presurización y aire acondicionado de forma específica, para determinar la simulación correcta.

El chequeo operacional del sistema de presurización del Boeing 737-500 de la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE deberá estar operativo para que los estudiantes e instructores puedan ejecutarlo de una manera teórica y práctica asegurando la correcta operatividad del simulador de vuelo.

En función al propósito debe cumplir tomando en cuenta la utilidad que tiene en base a una instrucción inicial o avanzada

- Clasifica el Hardware.
- Clasifica el Software.
- Clasifica la Eficacia del dispositivo
- Clasifica el Equipo que tiene
- Clasifica el Movimiento.

## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Introducción

Los simuladores de vuelo permiten realizar maniobras de aprendizaje que una aeronave real no se podría, los simuladores de vuelo son usados para la capacitación de los pilotos, desarrollando en ellos habilidades de navegación, maniobras y mantenimiento de los sistemas de las aeronaves, debido a que las aeronaves son máquinas propulsadas a miles de pies en la ionosfera, un vuelo es el resultado de años de experiencia para un piloto, se crearon herramientas que permitan al piloto de desarrollar una serie de pruebas que pudiesen ocurrir en la vida real sin correr riesgo alguno. (Martín, s. f.)

#### Figura 1

*Simulador de vuelo Tonel de Aprendizaje*



*Nota.* En la imagen se observa el primer prototipo de un simulador de vuelo creado por Antoniette inventado en 1910. Tomado de Simuladores de vuelo, Hispaviacion 2007 galería del Airbus Trainig Centre en Toulouse

Entre los primeros simuladores están el “Tonneau d’apprentissage” (Tonel de aprendizaje) creado por Antoniette en la escuela de vuelo en Mourmelon-le-Grand, fue un aeroplano completo montado en un barril de madera cortado a la mitad que simulaba una cabina de pilotaje, sus movimientos eran rudimentarios fue estructurado entre el 5

de julio de 1910 y 1911, era operado por un par de ayudantes dirigidos por un piloto experimentado que era el instructor.

Durante la primera guerra mundial fueron desarrollando nuevos sistemas los cuales perfeccionaron su técnica ya en 1930 fue elaborado el "Link Trainer", también conocido como caja azul en Estados Unidos de América, fue inventado por Edwin Albert Link sus características: de largo hay 2.54m, una envergadura de 3.09m, de altura 2.43m y peso de 176,3 kg y sus conexiones eléctricas eran de 110v. (*Link Trainer | Flight Simulator*, s. f.)

## Figura 2

*Simulador Link Trainer*



*Nota.* La imagen representa el simulador de vuelo Link Trainer o también conocido como caja azul Freeman Field, Seymour, Ind 1943. Tomado de Britannica por JMSchneid (*Link Trainer | Flight Simulator*, s. f.)

En 1941 se desarrolla el "Celestial Navigation Trainer" una estructura de 13,7m donde cabía toda la tripulación de un bombardero para desempeñarse en misiones nocturnas, a partir de ese año con la ayuda de nuevos dispositivos electrónicos se resuelven las fallos que los simuladores de vuelo electrónicos presentaban. (*Learning the Celestial Navigation Trainer | National Air and Space Museum*, s. f.)

**Figura 3***Simulador de vuelo Celestial Navigation Trainer*

*Nota.* El simulador de Celestial Navigation Trainer creado en 1941. Tomada en 1944 Elionor Johnson en la Estación Aérea Naval de Seattle

Pan America en 1948 fue la primera aerolínea en utilizar un simulador del Stratocruiser fabricado por Curtiss-Wright, este sistema era efectivo ya que tenía la cabina completa y sus instrumentos, pese a que no se acoplo movimiento y vistas exteriores fue un buen instrumento de simulación.(«Boeing 377 Stratocruiser», 2012)

**Figura 4***Stratocruiser Simulator*

*Nota.* El simulador de vuelo Stratocruiser era una cabina vuelo en el cual se desarrollaba tareas que exigía una aeronave en escala real. Tomada en 1948 Galería de Boeing 377 Stratocruiser

El LINK GAT-1 fue el único simulador de vuelo equipado con tres movimientos para una mejor sensación del piloto en entrenamiento, creado por General Precision Inc. En el año de 1954, proporcionando este los primales movimientos conocidos en la aviación que son; cabeceo, balanceo y alabeo. («SIMULACIÓN DE VUELO», 2012)

### **Figura 5**

*Simulador LINK GAT-1*



*Nota.* La figura presentada en el simulador de link que era uno de los primeros simuladores acoplados con los tres ejes cabeceo, alabeo, y balanceo de una aeronave en vuelo. Tomada en 1954 en Tarrytown, New York.

En la actualidad existen simuladores de vuelo o dispositivos de entrenamiento de vuelo considerados como sistemas complejos lo cual permite al usuario estar en una aeronave en tiempo real en condiciones que el instructor de vuelo disponga para su vuelo. El FFs (Full Flight Simulator) de Boeing 737 de Global Training Aviation es uno de los equipos más modernos que existen en el mercado.(Defensa.com, 2019)

## Figura 6

*FFS BOEING 737 de GTA*



*Nota.* El simulador FFS de Boeing 737 ha recibido la máxima certificación de nivel D de EASA a prueba de cualquier mantenimiento.

### 2.2. ¿Qué es un simulador de vuelo?

Los simuladores de vuelo son dispositivos que recrean ambientes de vuelo, ya sean con movimiento o no. Generalmente son diseñados a partir de aeronaves que repiten acciones como los sonidos, movimientos, controles de vuelo y reacciones de factores externos (turbulencia, vientos, tormentas, nubosidades entre otros), estos son usados para formación, diseños u otras aplicaciones.

Clasificación de los simuladores de vuelo está dada por la FAA según niveles de mejoramiento que tenga cada uno de estos:

- **Nivel A**

Son sistemas de movimiento, se requiere con al menos tres grados de libertad (aviones solamente), los simuladores deben estar bajo la LAR 121 y 135.

Representación de sistemas, interruptores y controles, los cuales son requeridos por el diseño tipo de la aeronave y por el programa de instrucción y por el programa de instrucción aprobado por el explotador.

## Figura 7

*Simulador de vuelo Nivel A*



*Nota.* En la imagen se observa un simulador de vuelo nivel A de un centro de entrenamiento Flying Pro. Tomado por Nicolas Larenas Quito Ecuador

- **Nivel B**

Requiere de tres ejes de movimiento y un modelo aerodinámico de mayor fidelidad que hace nivel A (avión y helicóptero).

Los controles mejoran, debe tener un sistema visual nocturno con un campo de visión mínimo de 45° horizontal por 30° vertical para cada estación de piloto

## Figura 8

*Simulador de vuelo Nivel B*



*Nota.* En la imagen se observa un simulador de nivel B el modelo AW-139. Tomado del simulador FFS Nivel B en Qatar.

- **Nivel C**

Requiere una plataforma de movimiento con los seis grados de libertad, retardo de transporte inferior (latencia) sobre los niveles A y B, su sistema visual debe tener un campo horizontal fuera de la vista de al menos 75 grados para cada piloto.

Responden apropiadamente y con precisión a los interruptores, las características aerodinámicas, incluyendo el efecto tierra, y de las características dinámicas en tierra de la aeronave.

**Figura 9**

*Simulador de vuelo Nivel C*



*Nota.* En la imagen se observa un simulador de vuelo nivel C el modelo Cessna Citation CJ1 525A. Tomada de Cessna en Estados Unidos.

- **Nivel D**

Es el nivel más alto de cualificación, los requisitos son los mismos que el nivel C, con adiciones, el sistema visual debe tener un campo horizontal fuera del mundo de vista de por lo menos 150 grados, se requieren sonidos realistas en la cabina del piloto, así como un número de movimiento especial y efectos visuales.

Controles y asiento para el instructor, un sistema visual diurno, vespertino y nocturno con un campo mínimo de visión de 75° horizontal por 30° vertical para cada estación de piloto, sistema abierto con al menos seis grados de libertad.

**Figura 10**

*Simulador de vuelo Nivel D*



*Nota.* En la imagen se observa un simulador de vuelo de nivel D FFS (Full Flight Simulator). Tomado de SimAero de Egipto.

**2.2.1. Tipos de simuladores de vuelo**

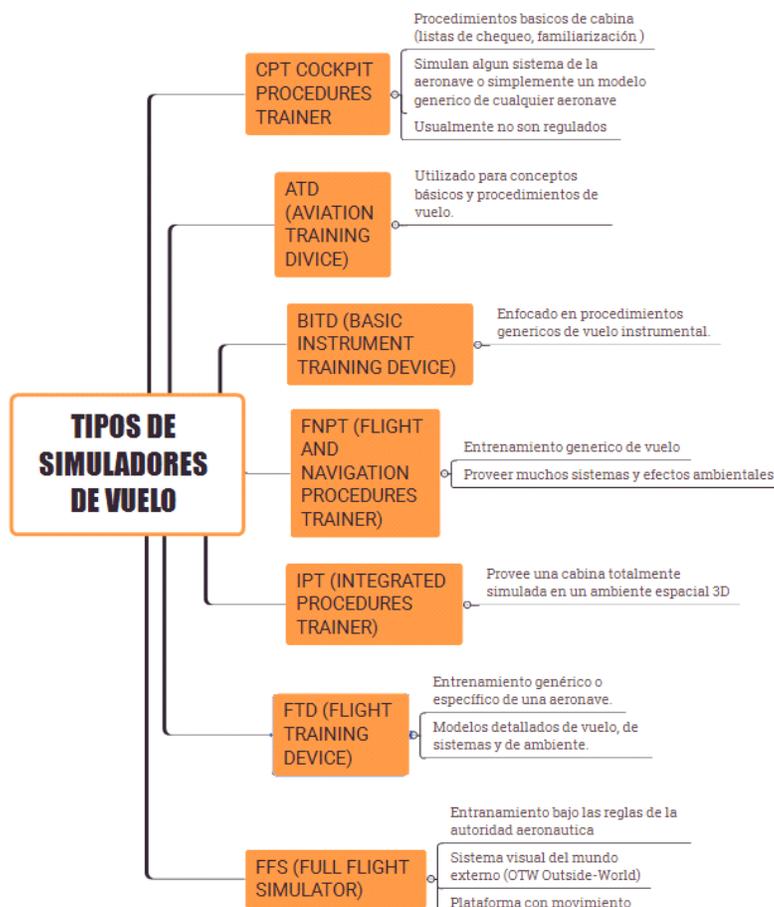
Para la clasificación en los simuladores de vuelo existen varios tipos los cuales van desde muy básicos de apenas movimientos y otros muy sofisticados de una recreación virtual con movimiento.

**Figura 11**

*Simulador de vuelo FFS*



*Nota.* En la imagen se observa una cabina de un simulador de vuelo FFS (Full Flight Simulator) Simulador de vuelo completo. Tomada de One Air (Snapshot, s. f.)

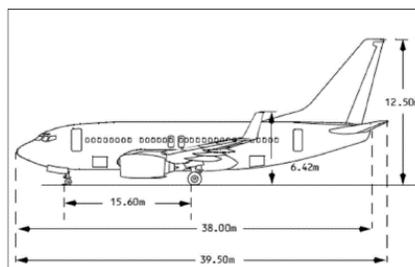


### 2.3. Boeing 737- 500

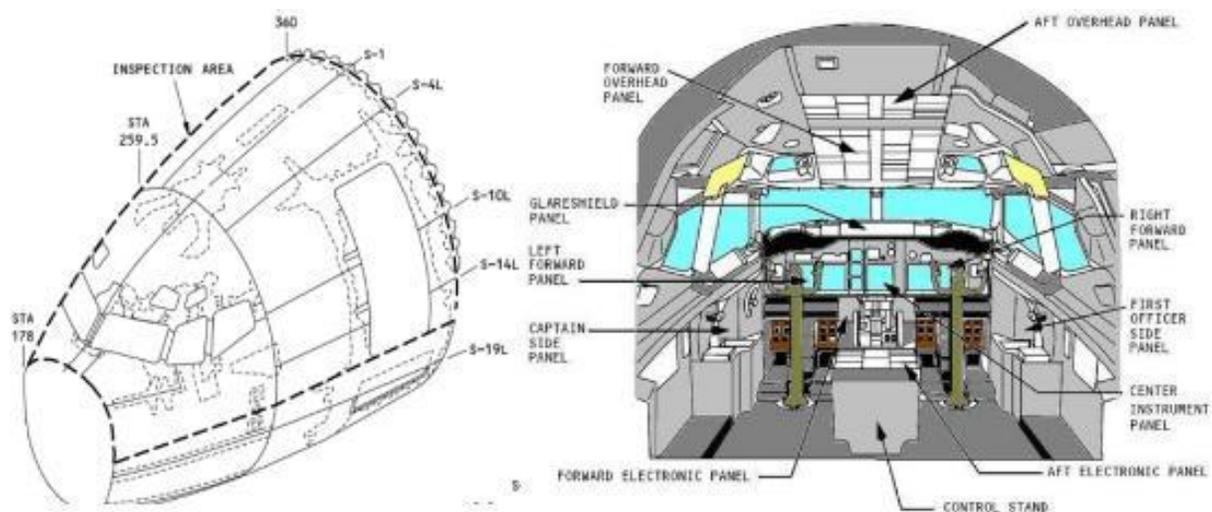
El Boeing 737-500 es una aeronave que forma parte de los 737 classic. Es una versión netamente económica para la compañía para transportar personas en rutas cortas.

#### Figura 12

*Estructura del Boeing 737-500*



*Nota.* El Boeing 737 es una aeronave de gran envergadura se detallan sus medidas en la figura. Tomada de Boeing 737 Measurements Home Flight Simulator Flight Deck Building

**Figura 13***Zona de cabina (estructura)*

*Nota.* En la imagen se observa el interior de cabina el cual representa los paneles de la parte del capitán y del primer oficial. Tomada de Boeing 737 Measurements Home Flight Simulator Flight Deck Building.

**Figura 14***Panel de Instrumentos de Vuelo*

*Nota.* Este panel muestra todos los instrumentos de vuelo en cabina para el capitán y para el primer oficial. Tomada de AVSOFT B737-300/500

**Figura 15**

*Panel Central Y Panel Overhead*



*Nota.* En la imagen se observa el panel central y overhead sucesivamente en los cuales se encuentran palancas y botones para activar baterías generadores, encender motores, activar la potencia en motores comunicación aire acondicionado y presurización.

**Tabla 1***Dimensiones de la aeronave Boeing 737-500*

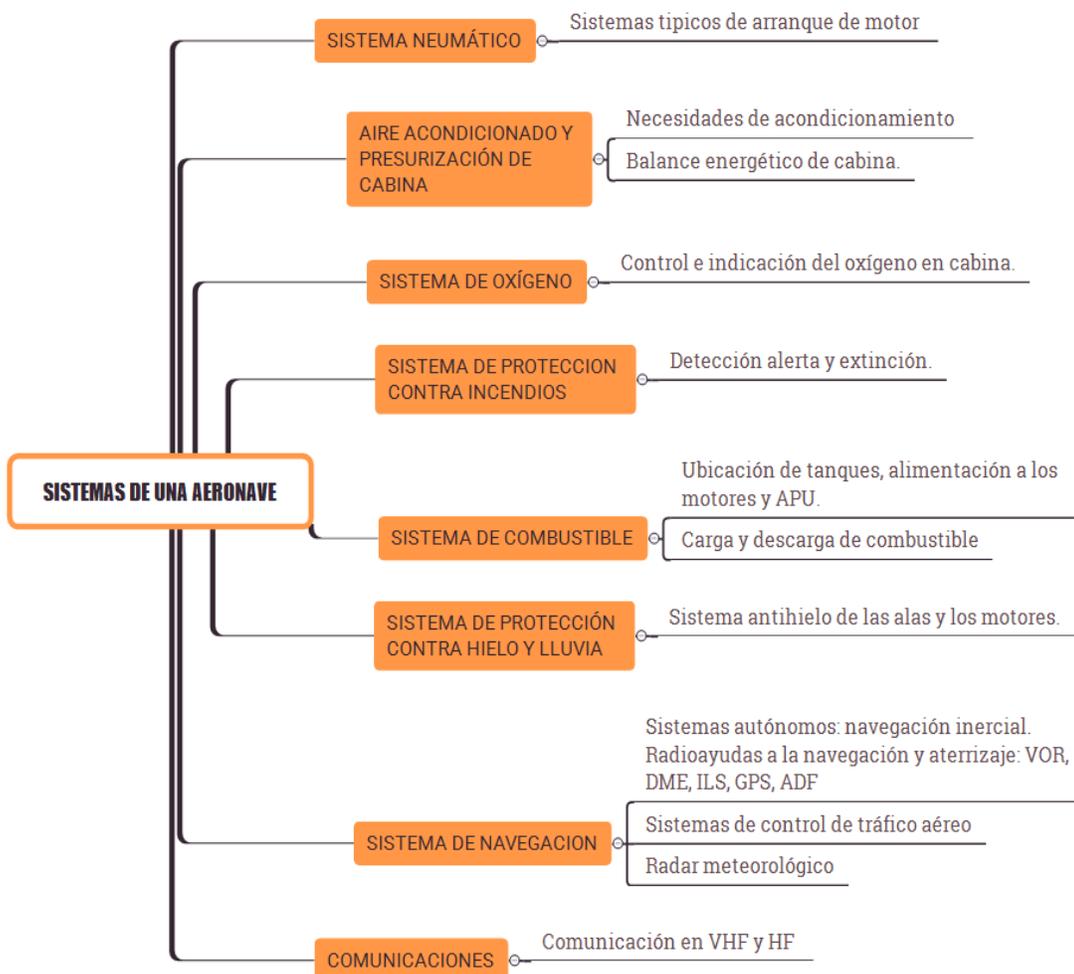
<b>ESPECIFICACIONES DEL AVIÓN BOEING 737-500</b>	
<b>Vuelo Inaugural</b>	30 de Junio de 1989
<b>Años de producción</b>	1989 - 1999
<b>Longitud</b>	31,01m
<b>Altura</b>	11,13m.
<b>Envergadura</b>	28,88m
<b>Fuselaje ancho</b>	3,76m
<b>Peso en vacío</b>	31310 kg
<b>Superficie de las alas</b>	105,40 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad de crucero</b>	813km/h
<b>Velocidad máxima</b>	912km/h
<b>Techo</b>	11300m
<b>Rango</b>	5200km
<b>Motores</b>	2x Turborreactores CFM International CFM56-3B1
<b>Longitud de despegue</b>	1860 m.
<b>Longitud de la trayectoria</b>	1360 m.
<b>Número de asientos</b>	Asientos clase económica 132

*Nota.* Esta tabla muestra las dimensiones del Boeing 737-500 sus características centradas a su fabricación.

#### **2.4. Sistemas de una aeronave**

Estructura del avión. Introducción a los sistemas. Aire acondicionado y presurización. Piloto automático. Unidad de potencia auxiliar. Comunicaciones. Eléctrico. Motores. Protección y alerta de incendios. Controles para el vuelo del avión.

Combustible. Hidráulico. Neumático. Protección contra hielo y lluvia. Instrumentación y navegación. Tren de aterrizaje.(Saavedra et al., s. f.)



#### 2.4.1. Sistema de Aire Acondicionado

La atmósfera rodea a la tierra en forma de un manto gaseoso, que se conserva gracias a la gravedad. La altitud de la atmósfera es variable siendo mayor durante el verano que durante el invierno, y mayor en las bajas latitudes que en las grandes latitudes. El calor causa la expansión de los gases atmosféricos hacia el espacio, y es la interacción de esta fuerza y la gravitacional terrestre.

La presión atmosférica es el peso de los gases que rodean la tierra, esta es una función de altitud, densidad y fuerza de gravedad.

Tabla 2

Tabla de valores de presión atmosférica

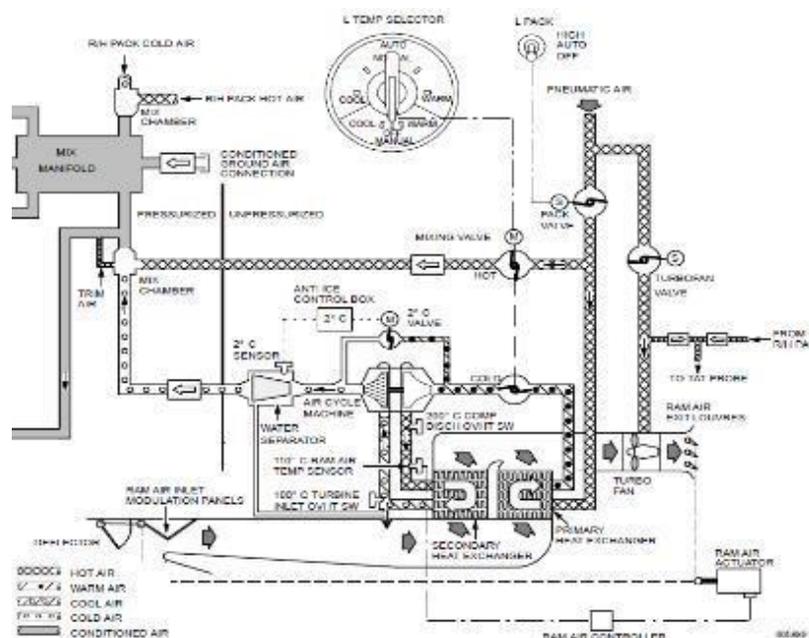
<b>Kilopascales (kPa)</b>	<b>101.32</b>
<b>Milímetros de Mercurio (mmHg)</b>	760
<b>Libras por pulgada cuadrada (lb/plg<sup>2</sup>)</b>	14.59
<b>Pulgadas de Mercurio (plgHg)</b>	29.92
<b>Milibarios (mb)</b>	1013.2

Nota. Estos valores son registrados a nivel del mar por los meteorólogos. Tomado de Ambiente atmosférico y de cabina.

El sistema de aire acondicionado proporciona aire que de tal manera en cabina se pueda respirar un entorno para los pasajeros y la tripulación, garantizando el confort y la seguridad.

Figura 16

Esquema del sistema de Aire Acondicionado



Nota. El gráfico representa el esquemático del sistema de presurización de la aeronave Boeing 737-500. Tomado de (ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf, s. f.), pág. 3.

### ➤ Paquete de Aire Acondicionado

Las válvulas de control de flujo (válvulas de paquete) proporcionan un control de encendido/apagado del paquete, y uno de tres programas de flujo diferentes en respuesta al interruptor del paquete y a la selección del interruptor de purga de la APU en el panel P5.

#### Figura 17

*Representación de las válvulas de control de flujo en el sangrado de aire.*



*Nota.* El gráfico representa el interruptor en cabina en el panel 5, controla el flujo del aire neumático. Tomado de (ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf, s. f.)

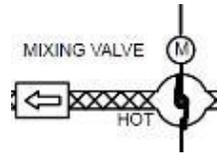
### ➤ Válvula de Mezclas de Aire Caliente

La válvula de mezcla de aire, situada después de la válvula de empaquetamiento, regula la temperatura de la cabina permitiendo que una cantidad controlada de aire caliente pase por el sistema de ciclo de aire.

La válvula es un conjunto de doble carcasa con dos placas de disco montadas en un eje común 90 opuesto. Cuando un disco se mueve de abierto a cerrado, el otro se mueve de cerrado a abierto. Una parte del aire se dirige a la placa de aire caliente de la válvula de mezcla, pasa por alto el paquete de refrigeración y se dirige a través de la cámara de mezcla.

## Figura 18

*Válvula de mezcla de aire caliente*



*Nota.* El gráfico representa la mezcla de aire situada después del aire de empaquetamiento, regulando así la temperatura que pasan al intercambiador de calor primario. Tomado de (*ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf*, s. f.)

### ➤ Intercambiador de Calor Primario

El intercambiador de calor primario es del tipo aire-aire. El sistema de aire acondicionado emplea aire exterior como medio de refrigeración a través del intercambiador de calor. La cantidad de aire exterior que se permite que fluya a través de los intercambiadores de calor está determinada por los paneles de entrada y las válvulas de salida de aire del ariete. Durante los periodos de bajo suministro de aire de ariete, como el avión en tierra, el ascenso o el descenso, un turboventilador operado neumáticamente induce el flujo de aire exterior a través de los intercambiadores de calor. La cantidad de apertura se controla automáticamente para mantener una temperatura de 110°C (230°F) en la descarga del compresor.

## Figura 19

*Intercambiador de calor primario*



*Nota.* EL gráfico representa el primer intercambiador de calor primario, por el cual pasa la purga del aire del motor. Tomado de (*ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf*, s. f.)

➤ **Válvula mezcladora de aire frío**

El disco de aire frío regula la cantidad de aire que pasa por el paquete de refrigeración. La válvula se controla en modo automático y manual. Cuando la válvula del pack está cerrada, la válvula de mezcla conduce a pleno frío.

**Figura 20**

*Válvula mezcladora de aire frío.*



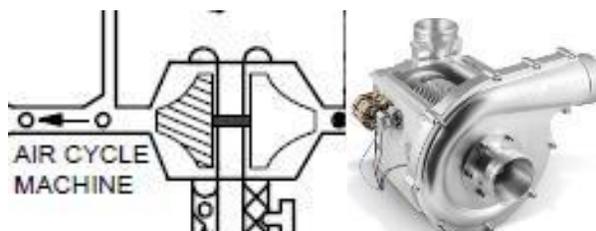
*Nota.* El gráfico representa el control del aire frío que va a pasar directo ya que se puede controlar en modo manual y automático. Tomado de (ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf, s. f.)

➤ **Máquina de ciclo de aire (compresor)**

La máquina de ciclo de aire es una unidad de refrigeración que consta de un compresor y una turbina en un eje común. El aire entra en el compresor, donde se aumenta la presión y la temperatura del aire.

**Figura 21**

*Máquina de ciclo de aire (Compresor)*



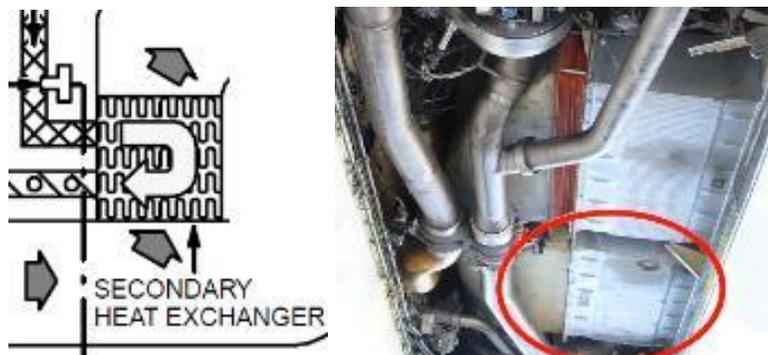
*Nota.* En la imagen está el compresor de aire el mismo que aumenta la presión y la temperatura del aire. Tomado de (ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf, s. f.)

➤ **Intercambiador de calor secundario,**

El aire entra en el intercambiador de calor secundario, donde la energía térmica es extraída por el aire de carnero que pasa alrededor del intercambiador de calor.

**Figura 22**

*Intercambiador de calor secundario.*



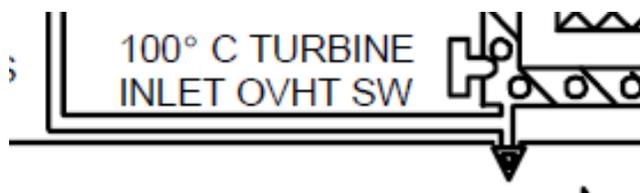
*Nota.* El gráfico representa el intercambiador de aire secundario donde la energía térmica es extraída por el aire de carnero. Tomado de (ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf, s. f.)

➤ **Máquina de ciclo de aire (turbina),**

El aire se expande en la turbina disminuyendo su temperatura y presión. Esta expansión a través de la turbina acciona el compresor.

**Figura 23**

*Máquina del ciclo de aire*



*Nota.* En la imagen se observa la máquina de ciclo de aire el mismo que se activa a través de la expansión del aire accionando el compresor. Tomado de (ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf, s. f.)

### ➤ Separador de agua

A medida que el aire se enfría, su contenido de humedad se condensa. El separador de agua recoge esta humedad atomizada y la retira del sistema del ciclo de aire. Esta agua se pulveriza en el conducto de entrada de aire del ariete, antes del intercambiador de calor del paquete, a través de una boquilla de pulverización de agua. El sistema de control del separador de agua 2C desvía el aire caliente alrededor de la máquina de ciclo de aire, si es necesario, para evitar la congelación del agua en el separador.

**Figura 24**

*Separador de agua*



*Nota.* El gráfico representa la máquina del separador de agua el mismo que retira del sistema todo tipo de agua y humedad. Tomado de (*ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf*, s. f.)

### ➤ Protección de la mochila

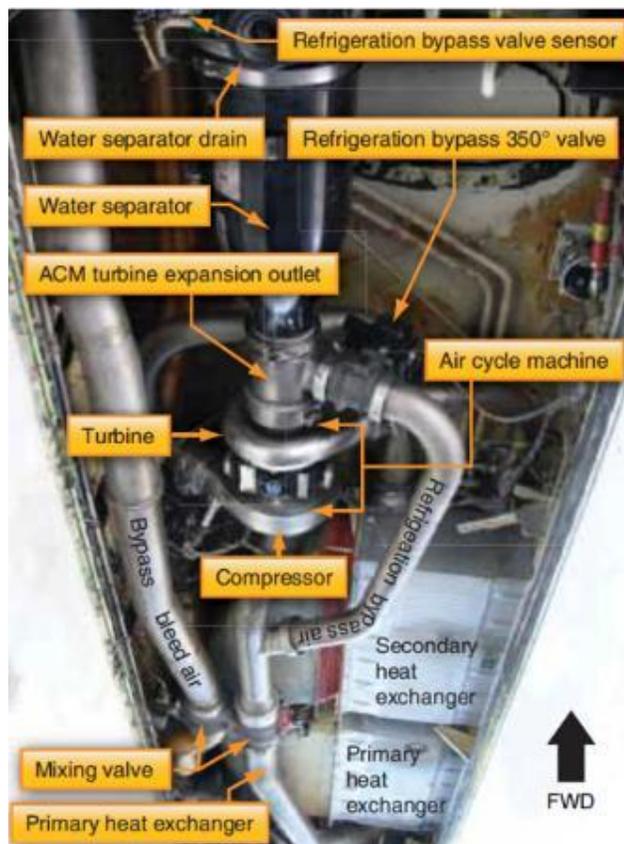
La protección del paquete se realiza mediante cuatro interruptores térmicos.

- 90 C (Conducto de suministro) ..... la válvula mezcladora se pone a tope de frío.
- 100C (Entrada de la turbina) ..... la válvula del pack se cierra.
- 120C (Colector de distribución) ..... la válvula de paquete se cierra.
- 200C (Salida del Compresor) ..... la válvula de paquete se cierra.

Si la válvula de empaque está cerrada, la válvula de mezcla pasa a FULL COLD(*ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf*, s. f.)

**Figura 25**

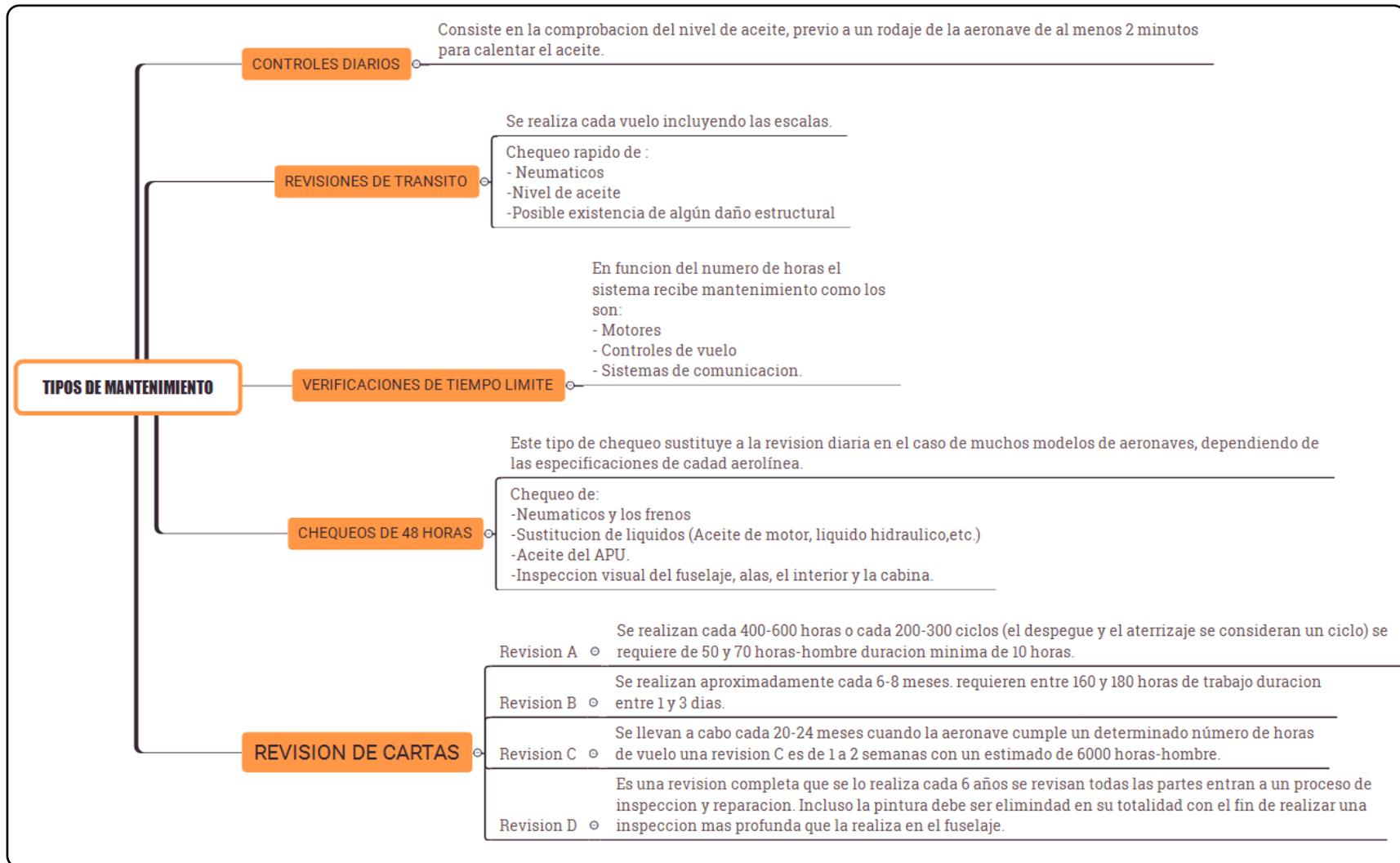
*Sistema de aire acondicionado.*



*Nota.* En la imagen se observa todo el equipo que necesita el sistema de aire acondicionado para su funcionamiento. Tomado de *Aeronautics Guide (Aircraft Air Conditioning Systems | Aircraft Systems, s. f.)*

## 2.5. Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento aeronáutico es el proceso de reparaciones a las aeronaves en el cual influye el tiempo que esto conlleva para cada aeronave comercial /civil transcurrido un tiempo específico o después de un uso específico. La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) en Europa, y por la Administración Federal de Aviación (FAA) en los Estados Unidos, son quienes se encargan de las inspecciones otorgadas para sus debidos operadores.(Mariné, s. f.)



## 2.6. Simuladores De Vuelo Software

### 2.6.1. X-Plane

X-Plane es el simulador de vuelo más completo y potente del mundo para ordenadores personales, y ofrece el modelo de vuelo más realista disponible, producido por Laminar Research y creado por Austin Meyer. entre las versiones de escritorio está disponible para macOS, Microsoft Windows y Linux, el 25 de noviembre de 2016 lanzo la primera versión publica de X-Plane 11, mientras que el 6 de diciembre de 2016 se lanzó la segunda versión beta en la cual se corrigieron varios errores de la primera versión. el lanzamiento oficial completo de X-Plane 11 se lanzó el 30 de marzo de 2017.

X-Plane predice el rendimiento y el manejo de casi cualquier aeronave, es una gran herramienta para que los pilotos se mantengan al día en un simulador que vuela como el avión real, para que los ingenieros predigan cómo volará un nuevo avión y para que los entusiastas de la aviación exploren el mundo de la dinámica de vuelo de las aeronaves. (*X-Plane 11 Flight Simulator | More Powerful. Made Usable.*, s. f.)

### Figura 26

*Software XPLANE 11*



*Nota.* En la imagen se observa la portada del software del XPLANE 11 creado por Laminar Research. Tomado de la página web de XPLANE.COM

**Tabla 3**

*Requisitos aprobados por el software XPLANE11*

<b>X-PLANE 11 REQUISITOS</b>	
<b>CPU:</b>	Intel Core i5 6600K at 3.5ghz or faster
<b>RAM:</b>	16GB
<b>OS:</b>	Windows7, 8, or 10, 64bit
<b>VIDEO CARD:</b>	DirectX 12- capable video card from NVIDIA, AMD w/4GB VRAM
<b>PIXEL SHADER:</b>	5.1
<b>VERTEX SHADER:</b>	5.1
<b>SOUND CARD:</b>	DEFAULT
<b>FREE DISK SPACE</b>	20GB
<b>DEDICATED VIDEO RAM:</b>	4GB

*Nota.* Esta tabla muestra el requisito básico de un computador lo aconsejable es tener un ordenador igual o superior para que nuestro simulador desarrolle de lo mejor.

### **2.6.2. Flight Simulator**

Microsoft Flight Simulator es un simulador de vuelo desarrollado por Asobo Studio, distribuido por Xbox Game Studio, su fecha de lanzamiento fue el 18 de agosto de 2020, desde aeronaves ligeros has aeronaves de fuselaje ancho en este juego se pone habilidades de aficionados al mundo de la aviación. (*Microsoft Flight Simulator para Windows 10 | Xbox, s. f.*)

## Figura 27

Software Microsoft Flight Simulator



*Nota.* En la imagen el software MFS creado por Asobo Studio. Tomado de la pagina web de XBOX.COM

## Tabla 4

*Requisitos aprobados por el software Microsoft Flight Simulator*

<b>MICROSOFT FLIGHT SIMULATOR REQUISITOS</b>	
<b>SOFTWARE</b>	Windows 10 (versión 1909)
<b>Procesador</b>	Intel i5-4460,Ryzen 3 1200
<b>GPU</b>	NVIDIA GTX770, Radeon RX 570
<b>Memoria</b>	8GB RAM, 2GB VRAM
<b>Almacenamiento</b>	150GB
<b>Directx</b>	DirectX 11

*Nota.* Esta tabla muestra el requisito básico de un computador lo aconsejable es tener un ordenador igual o superior para que nuestro simulador desarrolle de lo mejor.

### 2.6.3. Prepar3D

Prepar3D (pronunciado "preparado") es una plataforma de simulación visual que permite a los usuarios crear escenarios de entrenamiento en los dominios de aviación, marítimos y terrestres. Prepar3D involucra a los usuarios en un entrenamiento inmersivo a través de entornos realistas. Ideal para instrucción comercial, académica, profesional o militar. Prepar3D se puede utilizar para crear rápidamente escenarios de aprendizaje en

cualquier lugar del mundo virtual, desde debajo del agua hasta el espacio suborbital. (*Prepar3D*, s. f.)

## Figura 28

*Software PREPAR 3D*



*Nota.* En la imagen la portada del software PREPAR 3D. Tomado de prepar3d.com

## Tabla 5

*Requisitos aprobados por el software PREPAR3D.*

PREPAR3D REQUISITOS	
<b>SOFTWARE</b>	Windows 10 (versión 1909)
<b>Procesador</b>	Octa Core @ 3.7GHZ Intel core i7
<b>GPU</b>	4GB / NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti
<b>Memoria</b>	16GB DDR4/2666MHZ
<b>Almacenamiento</b>	100GB
<b>Directx</b>	DirectX 12

*Nota.* Esta tabla muestra el requisito básico de un computador lo aconsejable es tener un ordenador igual o superior para que nuestro simulador desarrolle de lo mejor.

### 2.7. Interfaz de comunicación RealSimControl

RealSimControl es una plataforma de hardware para constructores de cabinas no profesionales, que incluye código de firmware para la placa maestra (Arduino Mega560), firmware para placas “esclavas” adicionales y una herramienta de configuración de entradas y salidas E/S fácil de usar. Esta plataforma tiene como

objetivo ahorrarle mucho tiempo (y dinero) al permitirle concentrarse en el proceso de construcción de la cabina. Es una herramienta flexible, fácil de usar muy útil para constructores de simuladores de vuelo.

El proyecto nace a principios de los (2000) con la llegada del internet al domicilio, con lo que despertó la curiosidad de crear una cabina en escala real, mediante la interfaz de entradas y salidas. (*RealSimControl - Intro*, s. f.)

### Figura 29

*Portada RealSimControl*



*Nota.* En la imagen se observa la portada de la página de inicio del configurador de RealSimControl la interfaz de comunicación que se emplea para Arduino, Tomada de la página principal de HCSCI.

### Figura 30

*Panel OVERHEAD RealSimControl*



Nota. En la imagen se observa el panel de overhead el mismo que servirá para asignar los parámetros de cada elemento, al activar el componente deseado ubicar correctamente en la placa. Tomada de la página principal de HCSCI

**Tabla 6**

*Código de comunicación RealSimControl*

CÓDIGOS DE COMUNICACIÓN SIMULADOR DE VUELO		
<b>Código de E/S de Baron 58</b>	2012-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primer código de prueba para analizar paquetes UDP.</li> <li>• Programa inicial Baron 58.</li> <li>• Desarrollo de código Arduino.</li> </ul>
<b>Biblioteca de E/S XPData</b>	2014-2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolo de comunicación X-Plane UDP integrado para intercambiar datos de entrada/ salida con X-Plane.</li> </ul>
<b>Biblioteca ARDref</b>	2015-2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biblioteca Transicional, que trabajaba con Ethernet UDP,</li> <li>• Plugin de Roman “ARDref” con archivos de configuración sin la programación de Arduino.</li> </ul>
<b>Biblioteca ArdSim</b>	2016-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta biblioteca se creó para el “complemento ArdSim” de Roman y tiene un conjunto de funciones que usa el código Arduino.</li> <li>• Controladores de entrada y asignar una acción específica (interruptor, codificador, LED, etc.)</li> </ul>
<b>Firmware de ArdSimx</b>	2017-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un Firmware para multiples placas Arduino, funcionaba con el complemento “ArdSimx” de Roman.</li> <li>• Entradas / salidas configurables (botones, interruptores, codificadores ejes analógicos, interruptores giratorios, LED, pantallas de 7 segmentos, motores paso a paso.)</li> <li>• Sin programación Arduino utilizando configurador en línea.</li> </ul>
<b>RealSimControl</b>	2018-2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El firmware RealSimControl (SimVimCockpit) ha reemplazado por completo a ArdSimx.</li> <li>• Configuración de entradas y salidas muy flexible.</li> </ul>

*Nota.* Esta tabla muestra el avance que ha tenido la comunicación en Arduino utilizando hoy en día la configuración en línea, para la entrada y salida de componentes electrónicos para su correcta visualización.

### **Capítulo III**

#### **3. Desarrollo del tema**

##### **3.1. Descripción general**

El simulador de vuelo Boeing 737-500 perteneciente a la universidad es una herramienta de estudio para los estudiantes en el cual podrán desarrollar tareas de tripulación y podrán realizar chequeos operacionales de diferentes sistemas que se encuentran dentro de la cabina de tal manera se realizaran tareas en tiempo real con la simulación de fallos que contemple el simulador XPLANE-11.

En la implementación de los sistemas de cada uno de los integrantes se analiza la funcionalidad de los sistemas, en el cual se efectuará el correspondiente chequeo operacional del sistema de presurización y aire acondicionado en cabina, se observará el funcionamiento del mismo mediante el manual de mantenimiento ata 21, para finalizar con este procedimiento, se determinarán y describirán los procedimientos de dicho chequeo, cumpliendo con los objetivos planteados previamente.

##### **3.2. Acondicionamiento del simulador**

Para el proceso de rehabilitación del simulador de vuelo ha pasado varios procesos en el cual se basa en los parámetros de:

- Proceso de corte y enderezado
- Proceso de lijado
- Proceso de pintura
- Proceso de ploteo



Tabla 7

Herramientas equipos y materiales

Equipos o herramientas			
Etapa 1	Nombre	Cantidad	Descripción
Acondicionamiento externo de la cabina	Taladro	1	Uso para perforación de superficies
	EPP	1	Protección personal
	Moladora	1	Uso de corte de superficies
	Cierra de corte	1	Herramienta de corte manual
	Pistola de pintura	1	Utiliza presión para el acabado de pintura
	Martillo	1	Herramienta de golpe
	Desarmadores	na	Herramienta de ajuste
Materiales			
Etapa 1	Nombre	Cantidad	Descripción
Acondicionamiento externo de la cabina	Lijas 80,240 y 400	Na	Papel abrasivo
	Disco de corte	6	Facilita el corte de superficies.
	Thinner	1	Diluyente químico
	Planchas de aluminio	1	Material de acondicionamiento superficial en la cabina de simulación de vuelo
	Remaches 1/8, 5/32.	Na	Material de fijación en superficies planas
	Brocas 1/8, 5/32	15	Material metálico para perforación de superficies
Materiales			
Etapa 2	Nombre	Cantidad	Descripción
Instalación de fuente de energía eléctrica en la cabina de simulación	Cable eléctrico 110v	10 mts	Cable altamente resistente a cargas eléctricas para instalaciones en edificaciones.
	Tubos de pvc	6	Material resistente para uso en conexiones eléctricas y protección bajo agentes corrosivos atmosféricos

	Caja térmica	1	Elemento de protección indispensable en el cableado eléctrico
	Caja de enchufes	3	Permite obtener energía de diferentes puertos con el mismo voltaje 110v

### Equipos o herramientas

Etapa 2	Nombre	Cantidad	Descripción
Instalación de fuente de energía eléctrica en la cabina de simulación	Desarmadores	Na	Herramienta de ajuste
	Multímetro	1	Permite conocer el voltaje y continuidad dentro de las conexiones eléctricas
	EPP	1	Elementos indispensables para la protección del individuo en el trabajo

### Equipos o herramientas

Etapa 3	Nombre	Cantidad	Descripción
Acabado y pintura en la cabina de simulación de vuelo	Pistola de pintura	1	Herramienta importante para la dispersión de pintura sobre superficies
	Masilla de filtro de partículas	1	Equipo de protección facial
	Lijadora eléctrica	1	Herramienta de lijado y acabado para procesos de pintura
	Telas de limpieza	4	Ayuda a la limpieza de la superficie sin dejar residuos
	Overol	1	Protege a la persona de material química irritante a la piel

### Materiales

Etapa 3	Nombre	Cantidad	Descripción
Acabado y pintura en la cabina de simulación de vuelo	Fondo gris de acabado	2 gal	Protege a las superficies de corrosión
	Fondo verde	2 gal	Protege a las superficies de corrosión
	Lijas 80,120	10 und	Material abrasivo para tratamiento de superficies planas
	Thinner	2 lts	Compuesto químico para limpieza o diluyente químico
	Pintura blanca	2 gal	Pigmento orgánico para recubrir y proteger la superficies
	Bate piedra mate	1 gal	Material de protección contra humedad y agentes atmosféricos

### Equipos o herramientas

Etapa 4	Nombre	Cantidad	Descripción
Instalación de equipos, configuración y programación	Cautín para soldar	1	Herramienta electrónica que une circuitos electrónicos mediante una suelda
	Pinzas de corte	2	Herramienta manual para cortar materiales delgados

Pinza de punta o playo de sujeción	1cd/und	Herramienta manual para sujetar piezas pequeñas en sus puntas alargadas
Taladro	1	Herramienta manual para hacer agujeros en superficies.
Multímetro	1	Equipo de medición de magnitudes eléctricas
Desarmadores	Na	Herramienta manual de ajuste o desajuste de tornillos
Llaves hexagonales 5/32, 1/8.	2 cda /und	Herramienta para ajustar o aflojar tornillos que contengan ese tipo de ranura
Pantallas planas o tv	6	Equipo que permite visualizar imágenes en tiempo real
Computadora o pc	1	Dispositivo electrónico o informático que sirve para procesar o almacenar información.
Mouse o ratón	1	Dispositivo que facilita el manejo de un pc
Teclado	1	Equipo que facilita la escritura y control en el pc.

#### Materiales

Etapa 4	Nombre	Cantidad	Descripción
Instalación de equipos, configuración y programación de paneles en la cabina de simulación de vuelo	Estaño de soldar	5 m	Material usado para unir piezas con estaño fundido
	Pasta de soldar	2	Material de apoyo en proceso de soldadura eléctrica
	Brocas 1/8, 5/32	10 cda/und	Material indispensable para realizar agujeros en superficies duras
	Cable flexible UTP	30 m	Material conductor eléctrico para circuitos electrónicos
	Pegamento epóxico	4 u	Pegamento fortalecido para ajuste y sujeción de piezas.
	Arduino mega	-	Componente electrónico o microcontrolador
	Potenciómetros 5k	-	Componente electrónico con resistencia variable
	Pulsadores	-	Componente electrónico de dos posiciones on/off
	Multiplexores lógicos	-	Circuito combi nacional de una o varias señales de entrada
	Luces leds	-	Led o diodo conductor que emite luminosidad
	Switch de doble y triple posición	-	Circuito que permite y cierra el paso de la señal.

*Nota.* Esta tabla muestra las herramientas, equipos y materiales utilizados en el proceso de rehabilitación del simulador de vuelo.

# REHABILITACIÓN DE LA CABINA DE VUELO

*SIMULADOR BOEING 737-500*



### 3.3. Proceso de rehabilitación estructural

#### 3.3.1. Verificación de estructuras

En el proceso de verificación de estructuras se encuentra el inicio de la rehabilitación de todo el proceso de reconocimiento de cabina del simulador Boeing 737-500, en el cual se observó que la estructura necesitaba de un proceso de rehabilitación integral.

#### Figura 31

*Inspección visual del simulador de vuelo*



*Nota.* En las imágenes se observa el inicio del proceso de rehabilitación a la cual va a ser sometido el simulador de vuelo, se observa una estructura en deterioro con un poco de corrosión. Tomadas en la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, noviembre 2020.

### 3.3.2. Proceso de reparación estructural

En este proceso se observa el avance que ha tenido el simulador con respecto a su estructura con el cual se observa el proceso de rehabilitación de partes cortas de láminas para su base estructural, proceso de pintura anticorrosiva para evitar deterioro de la superficie como corrosión y oxidación se procede a realizar las instalaciones eléctricas para el funcionamiento de la parte electrónica del simulador de vuelo.

**Figura 32**

*Proceso de rehabilitación del simulador de vuelo*



*Nota.* En las imágenes se observan el proceso de rehabilitación a la cual es sometido el simulador de vuelo para recuperar su estructura, en la cual se impermeabiliza, se suelda, se pinta, se masilla el chasis del simulador. Tomadas en la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, febrero 2021.

### 3.3.3. Presentación del simulador de vuelo

Presentación de la estructura del simulador de vuelo Boeing 737-500 que servirá para las futuras generaciones, tanto para estudio como para entretenimiento de estudiantes de las carreras de la institución el simulador está basado en una aeronave Boeing 737, posee el software XPLANE-11 el mismo que tiene la última actualización de dicho programa, es una cabina en el cual puede ingresar, capitán, primer oficial e instructor de vuelo.

**Figura 33**

*Presentación del simulador de vuelo*



*Nota.* En las imágenes se observa el proceso de rehabilitación del simulador de vuelo Boeing 737-500 culminado. Tomadas en la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, julio 2021.

### **3.4. Desarrollo del panel P5 Sistema de presurización y aire acondicionado**

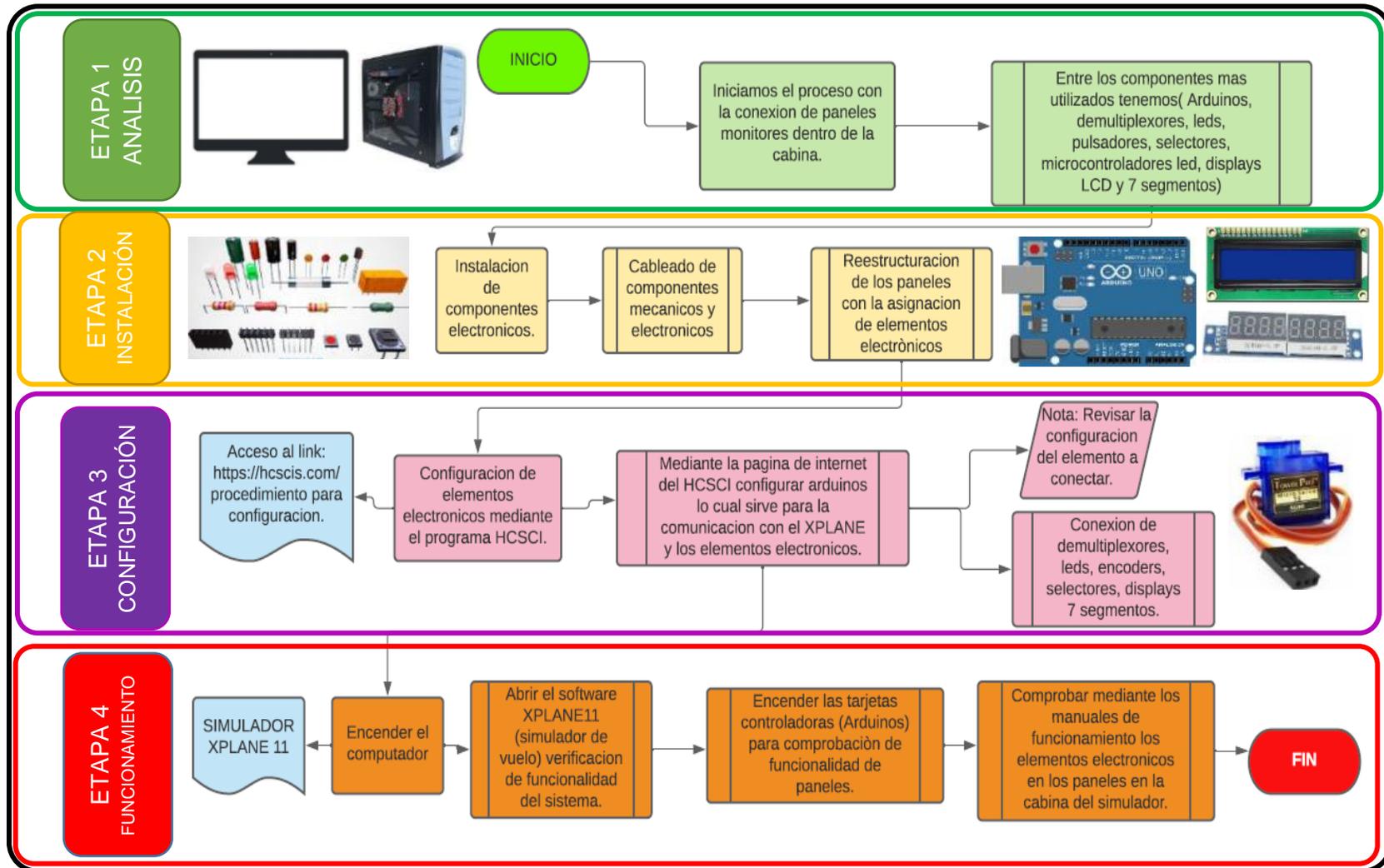
El simulador de vuelo XPLANE-11 ha sido creado bajo la interfaz SimVimCockpit / HCSCIS ha sustituido completamente a ArdSimX y a todos los proyectos anteriores, proporciona muchas más capacidades y ofrece más opciones de control y salida, requiriendo significativamente menos esfuerzo y coste de uso con una configuración de E/S muy flexible.

Es la sexta generación de la interfaz de entrada y salida para X-Plane 11.

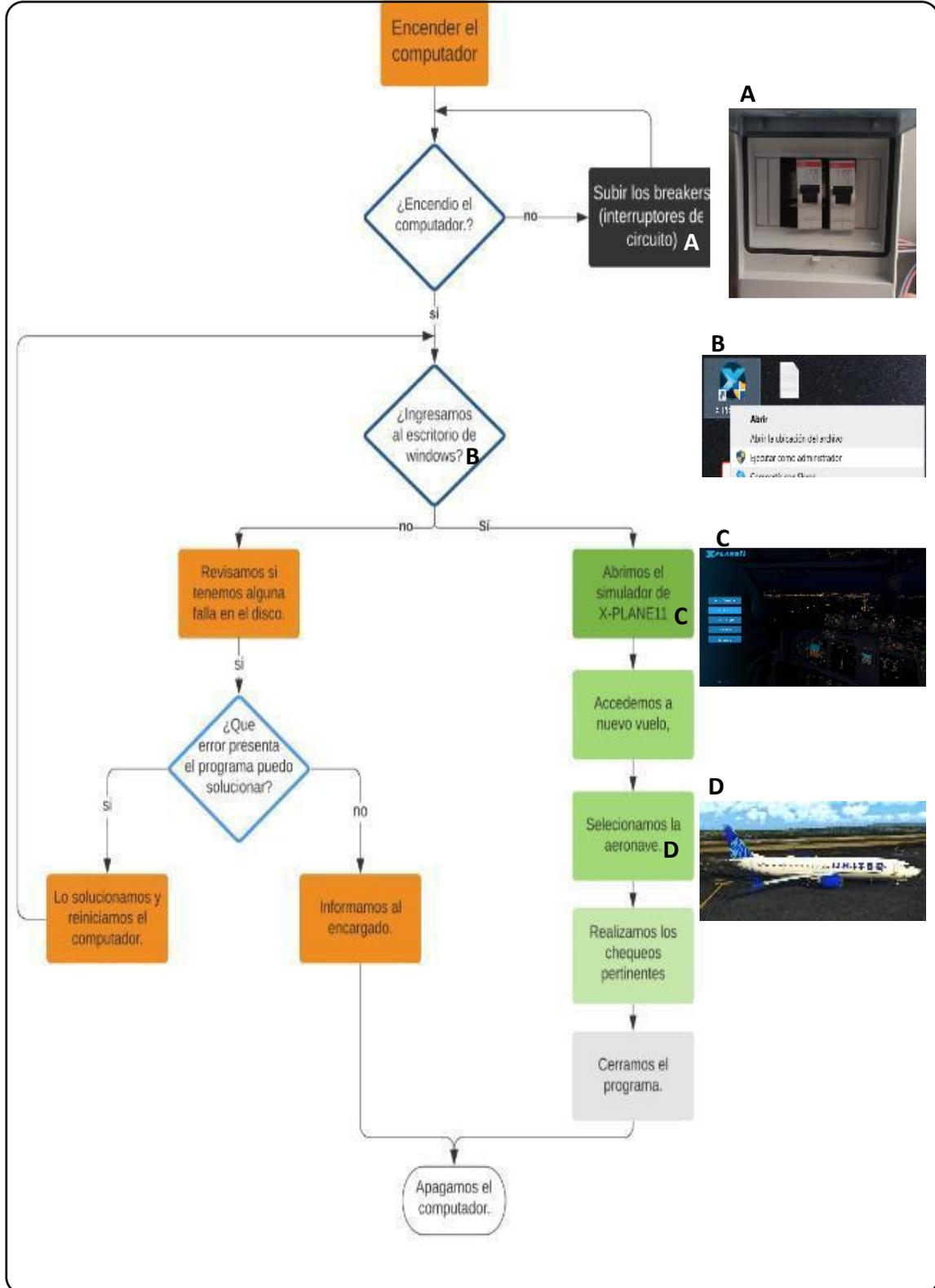
Para su desarrollo se necesita:

- Habilidades básicas de cableado y soldadura, conocimientos básicos de electrónica.
- No hay necesidad de utilizar componentes costosos, solo interruptores comunes, LED, módulos de visualización.
- El panel de instrumentos se muestra en múltiples pantallas LCD, displays de 7 segmentos, con la utilización de Arduinos y módulos acoplados a su necesidad.

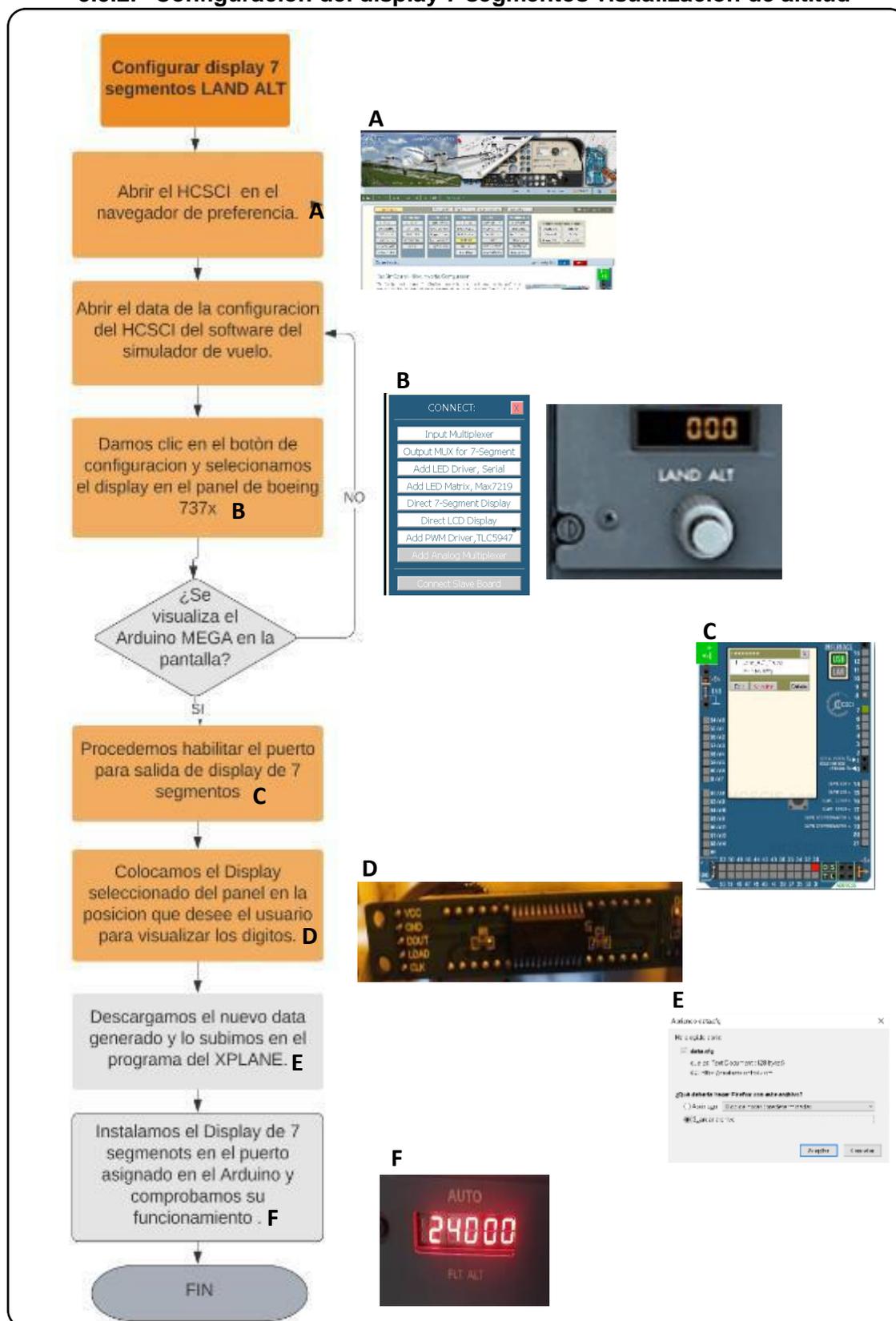
### 3.5. Configuración general simulador de vuelo Boeing 737-500



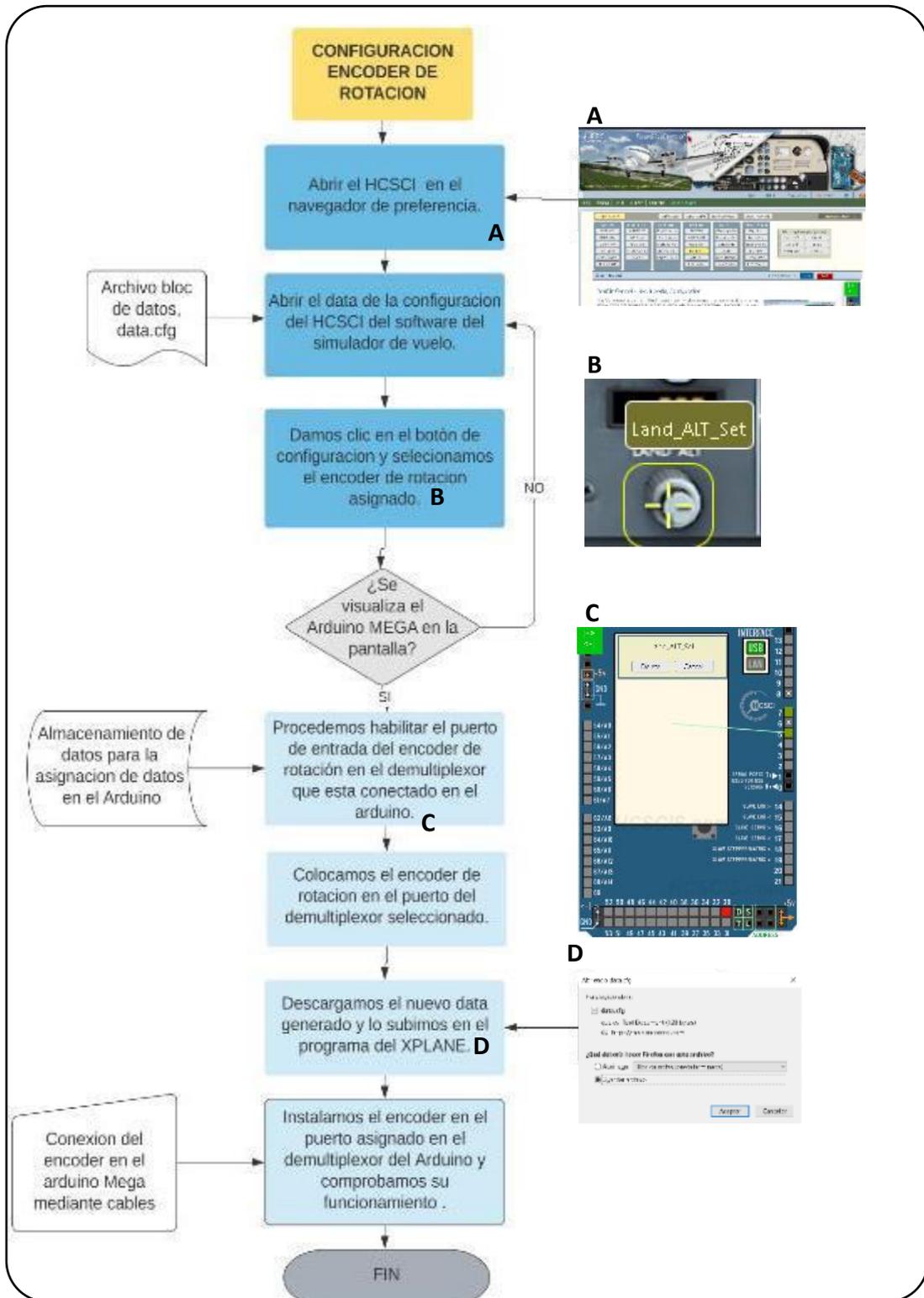
### 3.5.1. Proceso de encendido del computador



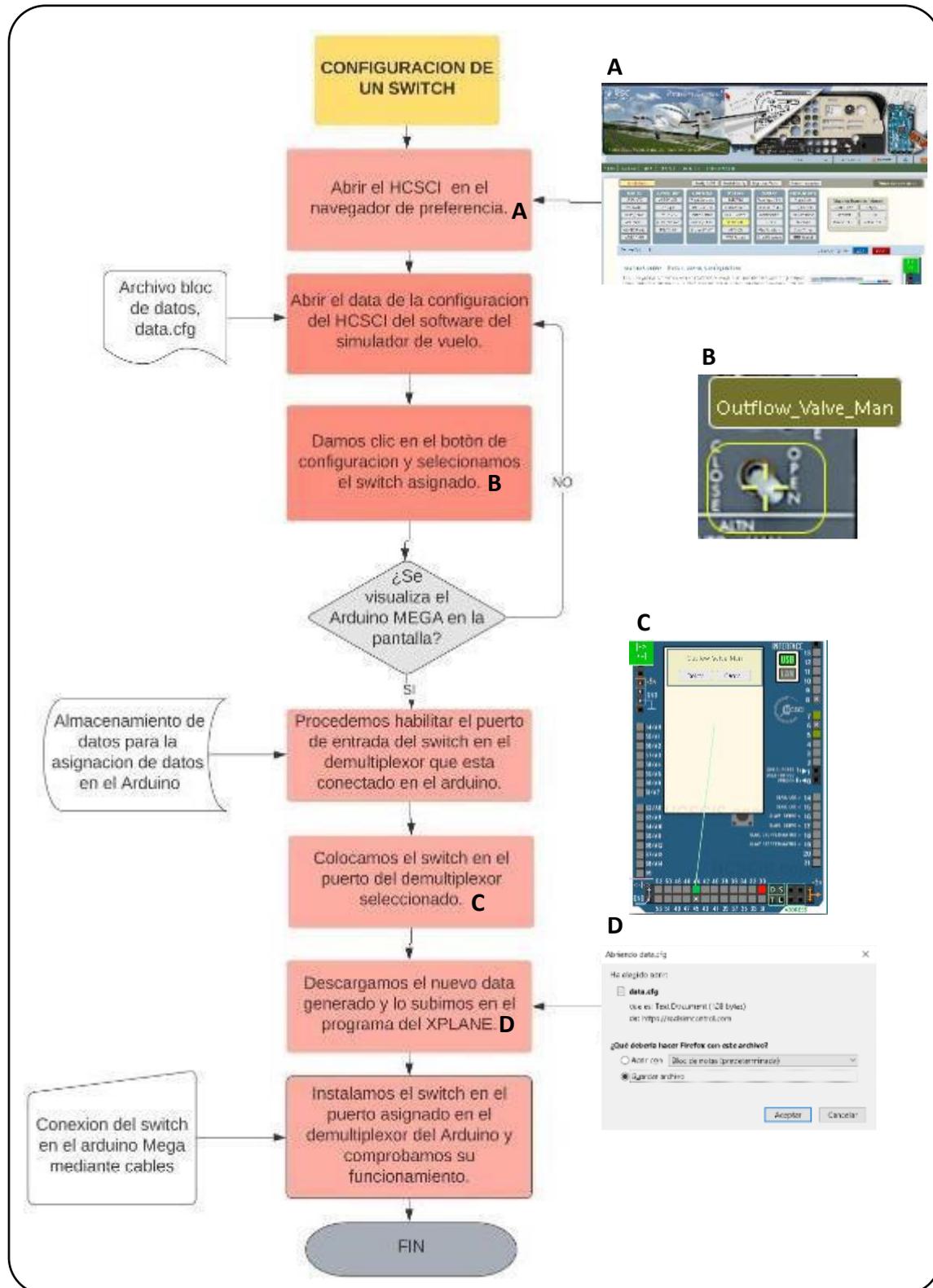
### 3.5.2. Configuración del display 7 segmentos visualización de altitud



### 3.5.3. Configuración del encoder de rotación (perilla)



### 3.5.4. Configuración de switch (válvula de salida)



### **3.6. Chequeo Operacional**

Para este procedimiento se procede con el manual de mantenimiento ATA 21 tarea 21-31-00-702-001, debe realizar una prueba de funcionamiento del sistema de control de presurización. La prueba de funcionamiento asegura que el sistema de control de presurización puede cambiar de modo de funcionamiento.

La prueba no realiza una comprobación completa del sistema de control de presurización. La prueba garantiza que el sistema puede cambiar del modo automático al modo de espera. La prueba también garantiza que el control manual y de espera funcionará durante el vuelo si es necesario. Consulte la configuración/prueba para una prueba funcional completa del sistema. prueba funcional completa del sistema.

Los interruptores L y R PACK y el interruptor RECIRC FAN deben estar en OFF para hacer una prueba funcional de la función de la válvula de salida hacia adelante. La comprobación de la válvula de salida de proa se realiza durante el funcionamiento de la válvula de salida de popa.

#### **3.6.1. Prueba de funcionamiento - Sistema de control de presurización**

Se procede a encender el simulador de vuelo, revisar anexo manual de operación cuya información servirá para comprobar la tarea de mantenimiento que se realizará a continuación.

A continuación, se procedió a colocar los interruptores L y R PACK (izquierda y derecha del paquete) en OFF del panel P5-10, el mismo que es un interruptor de 3 posiciones el cual consta de una posición en HIGH (Alto), AUTO(Automático) y OFF(Apagado).

**NOTA:** La tarea se la realiza con motores encendidos para poder observar los indicadores que se muestran en el panel.

**Figura 34**

*Interruptores PACK izquierdo y derecho en OFF*



*Nota.* En la imagen se observan los selectores L y R PACK de tres posiciones en OFF. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se movió los interruptores del Recirc Fan de la posición AUTO a OFF tanto izquierdo como derecho, el interruptor es de 2 posiciones AUTO (Automático) y OFF (Apagado).

**Figura 35**

*Interruptores Recirc Fan en OFF*



*Nota.* En la imagen se observan los selectores de dos posiciones RECIRC FAN en OFF. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

## Controlador de presión de cabina

Para el siguiente paso se deben asignar parámetros en los selectores del sistema de control de presurización, realizar lo siguiente:

Se colocó el selector de tres posiciones el cual consta de AUTO (Automático), ALTN (alternativo o en espera), MAN(Manual), en la posición de AUTO.

### Figura 36

*Selector de modo en AUTO*



*Nota.* En la imagen se observa el selector de modo en AUTO. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

## Controlador de altitud de cabina

Para seleccionar el valor de altitud de la cabina se debe modificar el encoder (dispositivo de detección), CAB ALT en 500 pies sobre la altitud del campo, de esta manera se obtendrá el valor deseado.

**Nota:** Para mover el selector a 500 pies sobre la altitud de campo, observar la altitud de la aeronave con respecto al aeropuerto, en el altímetro se visualiza la altitud y se puede modificar el selector de CAB ALT.

**Figura 37**

*Ajuste de selector CAB ALT*



*Nota.* En la imagen se observa una altitud de 1500 ft ya que el aeropuerto en el cual se encuentra la aeronave está a 1000 ft, lo cual cumple con la disposición de 500 pies sobre la altitud de campo. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se debe ajustar el altímetro para el capitán y el primer oficial a la presión barométrica del campo para seguir con el procedimiento, para la lectura de los instrumentos que se encuentran dentro de la aeronave, con lo cual se mide mediante el tubo pitot.

**Figura 38**

*Indicador de altitud y perilla para ajuste barométrico*



*Nota.* En la imagen se observan los indicadores de vuelo (altitud) del simulador del panel 1 vista del capitán. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se debe mover el selector de tres posiciones de modo a AUTO y comprobar que se producen los siguientes resultados:

- (a) Se enciende la luz de AUTO FAIL.
- (b) Se enciende la luz de ALTN.
- (c) La válvula de salida permanece cerrada

### Figura 39

*Resultados de luces AUTO FAIL y ALTN encendidas.*



*Nota.* En la imagen se observa los resultados de las luces de AUTO FAIL y ALTN.

Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Para comprobar el funcionamiento del sistema se debe observar que el indicador de la válvula de salida muestra que se abre de esta manera se comprueba que el indicador está funcionando.

## Figura 40

*Indicador de la válvula de salida abierto*



*Nota.* En la imagen se observa el indicador de la válvula de salida cerrada. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### **Comprobar si el indicador de la válvula de salida se cierra**

En el siguiente paso se debe asignar un valor de 500 pies por debajo del nivel campo moviendo el encoder de CAB ALT, se visualiza el resultado en el display de 7 segmentos.

**Nota:** Para mover el selector a 500 pies por debajo de la altitud de campo, observar la altitud de la aeronave con respecto al aeropuerto, en el altímetro se visualiza la altitud y se puede modificar el selector de CAB ALT.

**Figura 41**

*Ajuste de selector CAB ALT modificación 500 ft debajo del nivel de campo*



*Nota. En la imagen se observa una altitud de 500 ft ya que el aeropuerto en el cual se encuentra la aeronave está a 1000 ft, lo cual cumple con la disposición de 500 pies por debajo de la altitud de campo. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.*

Al realizar dicho procedimiento se observará que el indicador de la válvula de salida se cierra, con lo cual se puede afirmar que el procedimiento está correcto.

**Figura 42**

*Indicador de válvula de salida de popa cierra*



*Nota. En la imagen se observa el indicador de la válvula de salida se abre. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.*

### Comprobar el funcionamiento del sistema en modo Manual

Se colocó el selector de modo a MAN (manual) para verificar dicho funcionamiento del equipo, asegúrese de que se producen los siguientes resultados:

- (a) La luz de AUTO FAIL se apaga
- (b) Se apaga la luz de ALTN
- (c) Se enciende la luz de MANUAL

### Figura 43

*Selector ubicado en MAN (Manual) resultados de luces*



*Nota.* En la imagen se observa la luz de manual encendida y el selector en posición MAN (Manual). Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se colocó el selector de 2 posiciones (Close y Open), el interruptor MANUAL en OPEN y asegúrese de que el indicador muestra la válvula de salida de popa se abre.

**Figura 44**

*Interruptor en open observar el resultado de la válvula*



*Nota.* En la imagen se observa el indicador de la válvula de salida abierta y el interruptor manual en OPEN. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se procede a comprobar el cierre de la válvula manteniendo el interruptor MANUAL en CLOSE y asegurarse de que el indicador de posición de la VÁLVULA muestra la válvula de salida se cierra.

**Figura 45**

*Válvula de salida cerrada selector manual en CLOSE*



*Nota.* En la imagen se observa el indicador de la válvula de salida cerrada y el interruptor manual en CLOSE. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Para realizar este paso se debe estar seleccionado no menos de 20 segundos después de haber puesto el selector de modo en MAN, ponga el selector de modo selector de modo a AUTO.

#### **Figura 46**

*Selector de modo ALTN*



*Nota.* En la imagen se observa el selector de modo en ALTN. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se verifico los siguientes resultados con el selector de modo en AUTO

- (a) La luz de AUTO FAIL permanece apagada
- (b) La luz de STANDBY permanece apagada
- (c) La luz de DESCENSO DE LA PLANIFICACIÓN se apaga
- (d) La luz de MANUAL se apaga
- (e) El indicador de la válvula de salida muestra que la válvula de salida de popa se abre.

## Figura 47

*Observar resultados de luces y válvula abierta*



*Nota.* En la imagen se observa las luces apagadas y la válvula de salida abierta. Tomada del simulador de vuelo Boeing 737 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### **Entregar la aeronave a su estado inicial**

Devolver el simulador de vuelo a su estado habitual, con el selector de modo en AUTO de esta manera continuar con el funcionamiento normal de la aeronave.

Apagar los motores, des energizar la aeronave si es necesario, revisar el anexo de manual de operación

### **Análisis de resultado**

Durante el proceso de evaluación del sistema se obtiene como resultado un sistema funcional con el cual se comprueba el desarrollo de la tarea de mantenimiento del ATA 21 sección 31-00-702-001, asignada por el entrenador de vuelo, la información que otorga el manual de mantenimiento es importante para la comprobación del funcionamiento del sistema de presurización y aire acondicionado de la aeronave, de esta manera se puede observar mediante selectores manuales, displays de 7 segmentos e indicadores visuales (válvula de cierre). Con lo cual mediante imágenes se visualiza su funcionamiento.

### 3.7. Tabla de calificación del simulador

En la calificación del simulador se estandariza los parámetros con los siguientes niveles y tipos de simuladores que existen en la actualidad, revisar Anexo de tabla de calificación.

**Tabla 8**

#### *Estándares de calificación*

<b>NIVELES DE CALIFICACIÓN</b>	
<b>NIVEL A</b>	Instrucción inicial de nuevos pilotos en eventos específicos.
<b>NIVEL B</b>	Requerimientos de instrucción de tareas de operación de vuelo, despegues y aterrizajes nocturnos.
<b>NIVEL C</b>	Instrucción inicial de todos los tripulantes de vuelo que están iniciando con el tema.
<b>NIVEL D</b>	Mantener la vigencia de pilotos y para todas las instrucciones de tareas de operaciones de vuelo
<b>TIPOS DE SIMULADORES</b>	
<b>FTD</b>	Son dispositivos de entrenamiento de vuelo, usado tanto para entrenamiento genérico o específico de una aeronave.
<b>FFS</b>	Simulador de vuelo completo

*Nota.* Esta tabla muestra los niveles de calificación y los tipos de simuladores que van a ser evaluados para la evaluación del simulador de vuelo.

### 3.8. Análisis de costos

Para la rehabilitación del simulador de vuelo Boeing 737-500 de la universidad de las fuerzas armadas ESPE, y para la implementación del sistema de presurización y aire acondicionado se detalla a continuación los costos.

**Tabla 9**

Costos primarios

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>Material de ferretería para elaboración de la cabina.</b>	1	345 USD	\$ 345
<b>Material eléctrico y electrónico del simulador de vuelo.</b>	1	300 USD	\$ 300
<b>Gastos relacionados con el transporte y logística, y viáticos</b>	1	100 USD	\$ 100
<b>Equipos software y hardware</b>	1	250 USD	\$ 250
Valor Total			<b>\$ 995</b>

*Nota.* Son todos los productos utilizados para realizar el proyecto práctico, con sus respectivos valores.

**Tabla 10***Costo total*

<b>Costo de transporte</b>	<b>\$ 80</b>
<b>Costos de implementación</b>	<b>\$ 995</b>
Valor total	<b>\$ 1.075</b>

*Nota.* Son todos los productos utilizados para realizar el proyecto práctico, con sus respectivos valores.

## Capítulo IV

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones

- Mediante la información técnica de la Regulación de Aviación Civil (RDAC) parte 060 Apéndice 1, la cual establece los requisitos de calificación de dispositivos de instrucción para simulación de vuelo, se ha logrado comprender y analizar la composición de un simulador de vuelo con lo cual se destaca su funcionamiento, su estructura y su importancia en el mundo aeronáutico, con lo cual se recrea ambientes en los que el personal de tripulación procede a su entrenamiento.
- Implementación de equipos tecnológicos, el simulador de vuelo contiene arduinos, interruptores, luces led, pantallas lcds, displays de 7 segmentos, encoders, pulsadores, multiplexores y servomotores, para la interfaz de comunicación se utilizó el Software online HCSCI (RealSimControl) este permite la comunicación de las placas arduino y el software XPLANE-11, se comprobó que la tarea de mantenimiento se pudo realizar con éxito en el simulador de vuelo Boeing 737-500, ya servirá para estudiantes y docentes dentro de la institución, se verifico el funcionamiento del sistema de presurización.
- Mediante el manual de mantenimiento ATA 21 sección 31-00-702-001, se comprobó la tarea de mantenimiento asignada por el entrenador de vuelo, la información que otorga el manual de mantenimiento es importante para la comprobación del funcionamiento del sistema de presurización y aire acondicionado de la aeronave, de esta manera se puede observar mediante selectores manuales, displays de 7 segmentos e indicadores visuales (válvula de cierre).

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener un constante aprendizaje mediante los manuales de mantenimiento sobre nuevas técnicas de ensamblaje de componentes electrónicos dentro del simulador ya que esto servirá para facilitar la implementación, tener en cuenta las actualizaciones que tiene el programa HCSCI el cual tiene una constante modernización de componentes para recrear la aeronave a una escala real, se recomienda hacerlo 2 veces al año mediante el software HCSCI
- Verificar las conexiones que posee cada elemento dentro de los paneles para evitar cualquier falla al comprobar su funcionamiento, el sistema de presurización contiene encoders los cuales convierten el movimiento en señal eléctrica este se utiliza para modificar la altura de la aeronave, revisar los pines de solda que tiene el multiplexor, y los pines que se conectan en los bornes de los arduinos.
- Tener una constante actualización de conocimientos en lo que conlleva a su construcción esto permitirá que la teoría sea verificada mediante los manuales de mantenimiento y el software XPLANE, otorgados por el fabricante, tener información del chequeo operacional mediante los manuales el usuario puede maniobrar correctamente el simulador de vuelo ya que el mismo contiene información de operación, seguridad, y mantenimiento.

## Glosario

### A

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

**Arranque:** el arranque o puesta en marcha es la fase durante la cual se imprime un movimiento de rotación.

**Arduino:** es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable.

**Acondicionamiento:** es el resultado de preparar o arreglar algo para alcanzar una meta, condiciones adecuadas para un fin.

### B

**Boeing:** es una empresa multinacional estadounidense que diseña, fabrica y vende aviones, helicópteros.

### C

**Cabina:** se refiere al área o habitáculo que la tripulación técnica utiliza para controlar y dirigir la aeronave.

**Cualificación:** preparación necesaria para el desempeño de una actividad, especialmente profesional.

### E

**Estándar:** Son los requisitos o parámetros, que se deben cumplir según las normas estipuladas para su realización.

### F

**Fuselaje:** cuerpo central del avión, en su interior se sitúan la cabina de mando, la cabina de pasajeros y las bodegas de carga, además de diversos sistemas y equipos que sirven para dirigir la aeronave.

**Flujo:** es el movimiento de aumento de la marea.

### I

**Inspección:** se refiere a una explotación física que se realiza principalmente a través de la vista.

**Instalación:** es el acto y la consecuencia de instalar, establecer algo en el sitio debido.

### M

**Microcontrolador:** es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.

**Mantenimiento:** Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves.

### P

**Panel:** consiste en una serie de mandos e indicadores, mediante los cuales el piloto, puede controlar la aeronave con el cual desarrolla un vuelo por instrumentos.

**Presurización:** es el bombeo activo de aire comprimido en la cabina de una aeronave para garantizar la seguridad y confort de los tripulantes y pasajeros.

### R

**Rehabilitación:** Conjunto de técnicas y métodos que sirven para recuperar la función o actividad de un sistema o equipo.

**Reparación:** Es un cambio en el diseño que tiene por objeto restaurarlo a un estado de aeronavegabilidad de la aeronave.

### S

**Simulador:** dispositivo o aparato que simula un fenómeno, el funcionamiento real de otro aparato o dispositivo o las condiciones de entorno a las que están sometidos una máquina, aparato o material.

### V

**Válvula:** dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencia de presión.

## Abreviaturas

### A

**ALT:** altitud

**ALTN:** alternativa o alternante (luz que cambia de color)

**AMM:** manual de mantenimiento aeronáutico.

**ATC:** control de tráfico aéreo

**AUTO:** automático

### C

**CAB:** cabina

### D

**DC:** corriente continua.

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil.

### F

**FFS:** Full Flight Simulator (Simulador de Vuelo Completo)

**FTD:** Flight Training Device (Dispositivo de entrenamiento de vuelo)

### K

**KPA:** Kilopascal

### M

**MAN:** Manual

### O

**OACI:** Organización de Aviación Civil

### P

**PA:** aproximación de precisión.

**PLN:** plan de vuelo

### R

**RDAC:** Regulación de Aviación Civil

## Bibliografía

*Aircraft Air Conditioning Systems | Aircraft Systems.* (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2021, de <https://www.aircraftsystemstech.com/2017/05/aircraft-air-conditioning-systems.html>

*ATA 21 AIR CONDITIONING.pdf.* (s. f.).

Boeing 377 Stratocruiser: Belleza aeronáutica. (2012, julio 16). *Che Genetic.*

<http://chegenetic.blogspot.com/2012/07/boeing-377-stratocruiser-belleza.html>

Defensa.com. (2019, julio 31). *El simulador de vuelo B737 de GTA certificado—Noticias*

*Defensa defensa.com aeronautica y espacio.* Defensa.com; Grupo EDEFA S.A.

<https://www.defensa.com/aeronautica-y-espacio/simulador-vuelo-b737-gta-certificado>

*Learning the Celestial Navigation Trainer | National Air and Space Museum.* (s. f.).

Recuperado 11 de junio de 2021, de <https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/wave-6jpg>

*Link Trainer | flight simulator.* (s. f.). Encyclopedia Britannica. Recuperado 11 de junio de

2021, de <https://www.britannica.com/technology/Link-Trainer>

Mariné, J. D. (s. f.). *Mantenimiento y Seguridad Aérea.* 6.

Martín, E. (s. f.). *Antoinette VII, un avión con historia.* 37.

*Microsoft Flight Simulator para Windows 10 | Xbox.* (s. f.). Xbox.com. Recuperado 12 de

junio de 2021, de <https://www.xbox.com/es-ES/games/microsoft-flight-simulator>

*Prepar3D.* (s. f.). Recuperado 12 de junio de 2021, de <https://www.prepar3d.com/>

*RealSimControl—Intro.* (s. f.). Recuperado 5 de agosto de 2021, de <https://hcscis.com/>

Saavedra, A. R., Sumaas, A., Kayton, M., & Fried, W. (s. f.). *Sistemas y Equipos de*

*Aeronaves.* 2.

SIMULACIÓN DE VUELO: UN POCO DE HISTORIA. (2012, febrero 7). *Hisaviación*.

<https://www.hispaviacion.es/simulacion-de-vuelo-un-poco-de-historia/>

*Snapshot*. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2021, de

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Simulador\\_de\\_vuelo&oldid=130789965](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Simulador_de_vuelo&oldid=130789965)

*X-Plane 11 Flight Simulator | More Powerful. Made Usable*. (s. f.). X-Plane. Recuperado

12 de junio de 2021, de <https://www.x-plane.com/>

## Anexos