



# **ESPE**

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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
AVIONES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE ELECTRÓNICA  
QUE PERMITA REALIZAR OPERACIONES DE VUELO A  
PARTIR DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN  
DEL STAND CENTRAL DEL SIMULADOR B 737 800 PARA LA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

**AUTOR: MENECS BARRIGA ALEX ANDRÉS**

**DIRECTOR: TLGA. NAUÑAY MIRANDA MARITZA**

**LATACUNGA**

**2017**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

### **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

#### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE ELECTRÓNICA QUE PERMITA REALIZAR OPERACIONES DE VUELO A PARTIR DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN DEL STAND CENTRAL DEL SIMULADOR B 737 800 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS” realizado por el señor MENECEs BARRIGA ALEX ANDRÉS, 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 MENECEs BARRIGA ALEX ANDRÉS para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 febrero del 2017

---

TLGA. NAUÑAY MIRANDA MARITZA  
DIRECTOR DEL PROYECTO



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

### **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

#### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, MENECEBARRIGA ALEX ANDRÉS, con cédula de identidad N° 180394607-6, declaro que este trabajo de "IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ ELECTRÓNICA QUE PERMITA REALIZAR OPERACIONES DE VUELO A PARTIR DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN DEL STAND CENTRAL DEL SIMULADOR B 737 800 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS" 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, 17 febrero del 2017

---

MENECEBARRIGA ALEX ANDRÉS  
C.C. 180394607-6



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

#### AUTORIZACIÓN

Yo, **MENECES BARRIGA ALEX ANDRÉS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE ELECTRÓNICA QUE PERMITA REALIZAR OPERACIONES DE VUELO A PARTIR DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN DEL STAND CENTRAL DEL SIMULADOR B 737 800 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 17 febrero del 2017

---

MENECES BARRIGA ALEX ANDRÉS  
C.C. 180394607-6

## DEDICATORIA

A mis padres, que por su esfuerzo y constancia me han brindado el apoyo y el ánimo necesario para continuar y cumplir cada una de las metas propuestas

A mi hermano que siempre ha estado pendiente de este largo caminar.

A mi esposa, que ha sido un apoyo incondicional durante todo el camino universitario.

A mi querido Leandrito, que a cada llegada me brinda una sonrisa y ánimo para cumplir todos los objetivos propuestos.

Alex Andrés

## AGRADECIMIENTO

Especialmente, a Dios, por cada día de vida, salud y la fuerza necesaria para culminar con esta etapa de mi vida.

A mis Padres, Hernán y Narcisa por ser los mejores, por haber estado conmigo apoyándome en los momentos difíciles, por dedicarme tiempo y esfuerzo y por darme excelentes consejos en mi caminar diario, siendo un pilar fundamental en mi vida.

A mi hermano, quien siempre me ha dado ánimos para seguir y cumplir con este sueño.

A mi esposa por su paciencia comprensión y amor.

Al ingeniero Rodrigo Bautista, quien incondicionalmente me ha brindado su conocimiento y por encaminarme en el desarrollo de esta investigación.

A todos quienes me ayudaron con un granito de arena para que esta meta se cumpla.

Alex Andrés

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
EL TEMA .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Justificación e Importancia .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Introducción a la navegación aérea.....	6
2.1.1 Antena de emergencia para comunicaciones .....	8
2.1.2 Navegación por Radio .....	10
2.1.3 Sistemas de Navegación a la Estima.....	10

2.1.4. Sistemas Autónomos .....	11
2.1.5 Sistemas No Autónomos .....	12
2.2 Navegación y posicionamiento en el Boeing 737 800.....	13
2.2.1 VOR.....	13
2.2.2 DME. ....	15
2.2.3 GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).....	17
2.2.4 TACAN. ....	19
2.2.5 NDB.....	20
2.2.6 Sistema de aterrizaje instrumental. ....	20
2.3 Electrónica de control.....	23
2.4 STAND CENTRAL. ....	24
2.4.1 Sistema de Control de Combustible.....	24
2.4.2 Sistema de Protección de Fuego. ....	25
CAPÍTULO III.....	26
DESARROLLO DEL TEMA .....	26
3.1 Introducción.....	26
3.2 Línea de desarrollo para la implementación. ....	26
3.3Flujograma. ....	27
3.3.1 Flujograma de la potenciación del equipo. ....	27
3.4 Comprensión del sistema de simulación. ....	28
3.5 Identificar las carencias del simulador. ....	30
3.6 Adquisición de las placas de control.....	31
3.7 Ensamble preliminar en PROTOBOARD.....	33
3.8 Diseño y adquisición de los componentes. ....	36
3.9 Ensamble de los componentes.....	40
3.10 Pruebas funcionales. ....	49
3.10 Pruebas operativas. ....	49

CAPÍTULO IV .....	51
4.1 Conclusiones.....	51
4.2 Recomendaciones.....	51
GLOSARIO .....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de pruebas funcionales .....	49
Tabla 2: Tabla de pruebas operacionales .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Principio de radio navegación. ....	6
Figura. 2 Método de comunicación mediante radio.....	7
Figura. 3 Principio de reflexión de señal .....	10
Figura. 4 Uso del VOR como navegación a la estima. ....	11
Figura. 5 Sistema de navegación DSMAC.....	11
Figura. 6 Marcación del NDB.....	12
Figura. 7 Estación VOR .....	13
Figura. 8 VOR Salinas-Ecuador.....	14
Figura. 9 VOR radio panel .....	15
Figura. 10 Equipo medidor de distancia.....	16
Figura. 11 Principio de funcionamiento del DME .....	16
Figura. 12 Principio de DME a VOR .....	17
Figura. 13 Sistema GNSS en aeronaves. ....	18
Figura. 14 Sistema GPS en aeronave.....	19
Figura. 15 Símbolo del TACAN.....	19
Figura. 16 Función del NDB.....	20
Figura. 17 Sistema de monitoreo ILS.....	21
Figura. 18 Ubicación de las antenas de radio navegación. ....	22
Figura. 19 Placa de control MASTER. ....	23
Figura. 20 Stand Central del Boeing 737-500 .....	24
Figura. 21 Diagrama de distribución de datos del simulador.....	28
Figura. 22 Esquema de conexión de la PC1.....	29
Figura. 23 Ilustración del método de conexión.....	30
Figura. 24 Placa MASTER NO DISPLAY.....	31
Figura. 25 Placa DISPLAY.....	32
Figura. 26 DISPLAY de cátodo común y ánodo.....	33
Figura. 27 Método de MULTIPLEXACIÓN.....	34
Figura. 28 Pruebas en PROTO.....	34
Figura. 29 Prueba en PROTO de SWITCH FUEL.....	35
Figura. 30 Principio de transmisión de señal.....	35
Figura. 31 Principio de corte de combustible. ....	35

Figura. 32 Boceto de las FIRE HANDLES .....	36
Figura. 33 Diseño del actuador de corte de combustible. ....	37
Figura. 34 Ensamble del componente de corte de combustible. ....	37
Figura. 35 Vista antigua de los accionadores de corte de combustible. ....	38
Figura. 36 Vista de las impresiones ensambladas. ....	38
Figura. 37 Diseño del panel de radio navegación. ....	39
Figura. 38 Paneles mecanizados listos para insertar electrónica. ....	39
Figura. 39 Inserción de botonería. ....	40
Figura. 40 MULTIPLEXADO de los DISPLAY. ....	40
Figura. 41 Cuadro de conexión DISPLAY .....	41
Figura. 42 Conexión del DISPLAY 20x2 .....	41
Figura. 43 Realización del arnés. ....	42
Figura. 44 Placa de control de voltaje DISPLAY. ....	42
Figura. 45 Realización del arnés eléctrico. ....	43
Figura. 46 Ensamble de la electrónica en los paneles. ....	43
Figura. 47 Emplazamiento del panel de control de fuego. ....	44
Figura. 48 Afinamiento del sistema de aceleración del simulador. ....	44
Figura. 49 Acople de las placas de control .....	45
Figura. 50 Ajuste de las palancas de control de fuego. ....	45
Figura. 51 Conexión del arnés eléctrico. ....	46
Figura. 52 Prueba de los equipos en casa. ....	46
Figura. 53 Preparación de las áreas de trabajo. ....	47
Figura. 54 Ajuste de asientos. ....	47
Figura. 55 Ajuste de asientos y CONTROL STAND. ....	48
Figura. 56 Prueba de los componentes ensamblados .....	48

## RESUMEN

Este trabajo de investigación buscaba generar una solución inmediata a la carencia del **SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN**, que es de gran importancia para la selección de las frecuencias de navegación y sus subcomponentes en las pantallas de navegación, estas corresponden al **SIMULADOR B 737 800**, para conseguir los resultados deseados fue necesario aplicar el uso de herramientas innovadoras como las impresión en 3D con plástico fundido, a través del uso de software destinados al diseño, para la extracción de los datos de frecuencias de navegación se hizo uso de un programa destinado a la extracción de variables del simulador, por otra parte es necesario recalcar que el sistema de **COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN**, se localizaba en el **STAND CENTRAL** en donde ya se encontraban activados otros sistemas que debieron ser actualizados en electrónica y componentes móviles como son las palancas de protección de fuego, en la cavidad interna del **STAND CENTRAL** se encuentran asiladas las placas de envío de datos del sistema del piloto automático, posterior a la implementación del sistema antes mencionado se procedió a realizar pruebas funcionales, y operacionales, en las que se comprobó que la selección de frecuencias y la visualización de las rutas de navegación es compatible, y cumple su función principal que es la de mostrar al estudiante cómo interactúan los elementos de radio navegación de la cabina de una aeronave.

### PALABRAS CLAVE

- SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN
- SIMULADOR B 737 800
- COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN
- STAND CENTRAL

## ABSTRACT

This research aimed to generate an immediate solution to the lack of the **COMMUNICATION AND NAVIGATION SYSTEM**, which is very important for the selection of navigation frequencies and their subcomponents in the navigation screens. These correspond to the **B 737 800 SIMULATOR**. To achieve the desired results it was necessary to apply the use of innovative tools such as 3D printing with molten plastic, through the use of software intended for the design. For the extraction of navigation frequency data, it was made use of a program for the extraction of variables from the simulator. On the other hand, it is necessary to emphasize that the **COMMUNICATION AND NAVIGATION** system, was in the **CENTRAL STAND** where other systems were already activated that had to be updated in electronics and mobile components, such as the levers of fire protection. In the internal cavity of the **CENTRAL STAND**, the plates of sending data of the autopilot system. Are asylated after the implementation of the above mentioned system it was carried out functional, and operational tests, in which it was verified that the selection of frequencies and the visualization of the navigation routes is compatible, and fulfills its main function that is to show to the student how the radio navigation elements of the cabin of an aircraft interact.

### KEY WORDS

- COMMUNICATION AND NAVIGATION SYSTEM EMPOWERMENT
- B 737 800 SIMULATOR
- COMMUNICATION AND NAVIGATION
- CENTRAL STAND

Lic. Diego I. Granja Peñaherrera

Jefe Secc. Dpto. Lenguas UGT

## CAPÍTULO I

### EL TEMA

#### Tema

**“Implementación de una interface electrónica que permita realizar operaciones de vuelo a partir del sistema de comunicación y navegación del STAND central del simulador B 737 800 para la Unidad de Gestión de Tecnologías”.**

#### 1.1 Antecedentes

Como se muestra explícitamente en la página de información de la Unidad de Gestión de Tecnologías “Con fecha 13 de enero de 2014, el Honorable Consejo Universitario Provisional de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, aprueba la creación de la Unidad de Gestión de Tecnologías – UGT, consolidando así la integración del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico – ITSA a la Universidad. Cabe mencionar que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico – ITSA, una Institución de Educación Superior, fue creada el 08 de Noviembre de 1999 a través de acuerdo Ministerial N° 3237, documento que fue publicado en la OGFAE N° 032 del 15 de Noviembre de 1999; reconocido por el CONESUP mediante registro N° 05-003 con fecha 22 de Septiembre del 2000, desde aquel momento el Instituto brindó sus servicios educativos superiores a la juventud del país con carreras innovadoras únicas, ofreciendo nuevos campos laborales en la industria aeronáutica y en la industria en general”. (UGT, 2016)

En la Unidad que se menciona anteriormente se ha estado desarrollando continuamente proyectos con índole investigativa, que se enfoca a la aplicación de las tecnologías en pos del desarrollo y el avance aplicado a la aviación. Uno de los proyectos con una línea de investigación continua, es el así llamado “SIMULADOR” o plataforma de simulación de procedimientos, mismo que comenzó sus operaciones y fase de pruebas operacionales y

funcionales en el año 2013.

A partir del inicio de las operaciones investigativas del equipo denominado simulador, y gracias a las perspectivas de desarrollo que en él se aplican se puede decir que se ha convertido en un semillero de la aplicación de la electrónica aplicada al mantenimiento y desarrollo de ciertos campos en los cuales no existía cierto grado de conocimiento como, en la aplicación en estos equipos. Así pues se ha considerado que es, de mucha importancia que el equipo al que hace referencia este documento pueda, o al menos tenga la oportunidad de completar la mayoría de los sistemas operativos en él, y que además sirva de herramienta técnica de material didáctico.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La implementación del equipo que se encuentra faltante en el STAND CENTRAL del simulador de procedimientos le permitiría a cualquiera de los usuarios, sean docentes o los dicentes, tener familiarización con los sistemas de comunicación estándar VHF, como UHF, en el STAND CENTRAL también se encuentran los controles de TRIMADO, el selector de la frecuencia de navegación principal y de emergencia para el piloto y el copiloto, así como el identificador transponedor, y el ADF AUTO DIRECTIONAL FINDER, todos los elementos nombrados en este párrafo son inexistentes en el STAND CENTRAL, y esta menoscabo, no solo afecta a la fluida instrucción en el simulador, si no que desmerita el entorno visual del mismo, hecho que afecta de forma directa al equipo.

Lo anterior expuesto se contrasta con el hecho de que en la actualidad existen escases de un conjunto de equipos en los cuales se podría abastecer varios sistemas, para expresarse particularmente, se puntualiza el “CENTRAL CONTROL STAND” y la sección LOWER ECAM que posee los equipos capaces de emular procedimientos de inserción de ruta de navegación entre otros del simulador, el primero en cambio, posee el

sistema de control de válvulas de combustible, control de FLAPS, SLATS, COM STBY, NAV 1, NAV 2, ADF1, ADF2, SISTEMA DE SUPRESIÓN DE FUEGO.

El no tomar atención al fluido proceso de desarrollo de los sistemas, al que ha sido expuesto el SIMULADOR afectaría directamente al objetivo final del macro proyecto que es el de construir una plataforma de simulación con todos los elementos existentes en una cabina , las problemáticas planteadas impactarían no solo a los estudiantes que podrían hacer uso del equipo si no a aquellos que perderían la oportunidad de dejar su colaboración al trabajar para la mejora continua de los equipos allí instalados, hay que recordar que la UGT ha sido desde sus inicios pilar del desarrollo aeronáutico, y una de las líneas de investigación de la gran mayoría de universidades e institutos enfocados a la formación de personal aeronáutico, es el estudio a partir de simuladores creados por los mismos integrantes de las instituciones que lo conforman.

Para puntualizar en el problema que afecta directamente al equipo, es necesario entender que el desarrollo de los sistemas implementados en el simulador, han sido desarrollados por estudiantes de la institución, tomando en cuenta las necesidades principales de los equipos a regenerar, se plantea la inserción de los equipos dañados del CENTRAL CONTROL STAND, esta es una parte vital de la aeronave, sin ella el arranque de los motores sería inútil e imposible, por motivos que se explicarán en el documento de desarrollo de pregrado, es allí donde se debe focalizar la investigación, en solventar la necesidad de la implementación del sistema al que hace referencia este párrafo.

### **1.3 Justificación e Importancia**

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, se encuentra emplazado en la parte posterior del bloque denominado 42 un equipo que recrea diversas operaciones para realizar

prácticas de con lo concerniente a la familiarización de ciertos sistemas además de la puesta en marcha de los motores de la aeronave, a este equipo se le conoce como plataforma de simulación de procedimientos, igualmente después de ciertos análisis se determinó que era factible realizar de forma experimental, todavía, ejercicios de inserción de fallas u otros errores en el proceso de arranque, todo lo último de forma probatoria.

Es necesario recordar que a la fecha el simulador tiene más de dos años funcionando, y según el manual de mantenimiento emitido el día de su puesta en marcha posterior a los 24 meses debe realizarse mantenimiento de tipo electromecánico en las juntas de aceleración, sistema de control de suministro de combustible así como FLAPS, y SLATS, este mantenimiento serviría para vincular la nueva plataforma de entrega de información correspondiente al sistema COM/NAV, y una revisión exhaustiva de los sistemas que ya habían sido implementados y que serán vinculados al sistema inexistente. La posibilidad de obtener en el futuro una certificación, que le permita al simulador ofertar certificados en los cuales se acredite su aptitud para una u otra tarea en la aeronave, comienza en la posibilidad de terminar de implementar los sistemas esenciales, que desde un punto de vista técnico acrecentara las capacidades de ofertar una forma diferente la cual aproxima al estudiante a la aviación, y al ser simulado, no existe riesgo para ninguno de los actores vinculados.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General.**

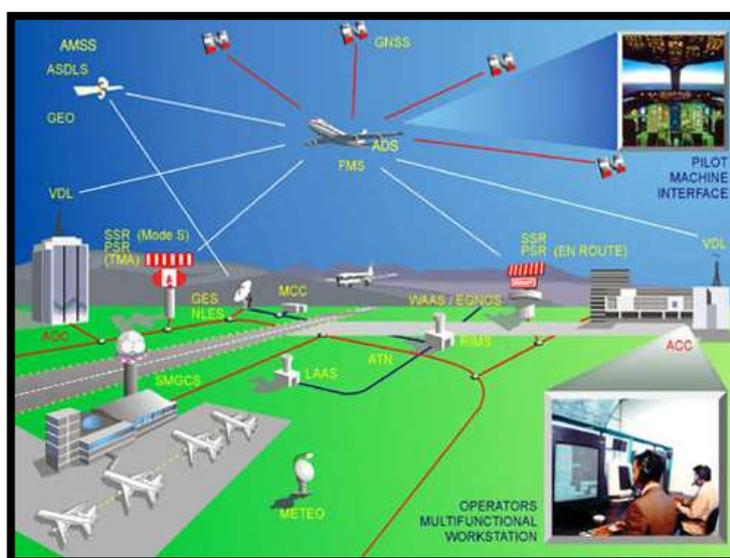
Implementar una interface electrónica que permita realizar operaciones de vuelo a partir del sistema de comunicación y navegación del STAND CENTRAL del simulador B 737 800 para la Unidad de Gestión de Tecnologías.

#### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Recopilar la información, métodos y procesos utilizados para implementar equipos en el simulador.
- Aplicar las tecnologías existentes para la construcción de sistemas en simuladores
- Desarrollar la fase práctica aplicando los conocimientos en base al análisis de los datos obtenidos de forma científica.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

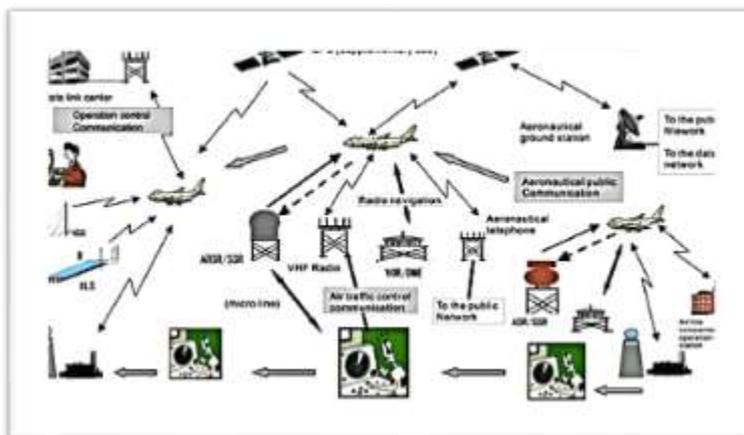
En esta fase de la investigación se presentara información acerca de los conocimientos básicos que se aplican a la comunicación de la aeronave y a los elementos que permiten una navegación segura y fiable, además se describirá de forma específica como estos sistemas están implementados en la aeronave Boeing 737 800, misma que es objeto de estudio de este documento.



**Figura. 1 Principio de radio navegación.**  
**Fuente: (Pasión, por, & volar, 2014)**

### 2.1 Introducción a la navegación aérea.

Como se describe en (Pinto, 2015) Los sistemas de aviónica para navegación aérea suponen una panoplia de tecnologías muy diversas. Convencionalmente se clasifican según el grado de autonomía respecto a una estación en tierra y según el tipo de algoritmo de cálculo. Según el algoritmo de cómputo de navegación.



**Figura. 2 Método de comunicación mediante radio**  
**Fuente: (Affairs, 2016)**

La frecuencia aeronáutica civil de comunicaciones está comprendida entre:

118,0 MHz y 136,975 MHz (banda de VHF) Cada dependencia de control de tránsito aéreo o de información, posee su frecuencia autorizada, debidamente publicada. Como se vio, las transmisiones en esta banda quedan limitadas al alcance visual, siendo afectadas por la interposición de montañas. Esto hace ver lo importante de la altitud de vuelo para el mantenimiento de las comunicaciones. Sin embargo, dada la ausencia de interferencias, en VHF los enlaces son claros y limpios. El tipo de modulación empleada es AM Existen frecuencia fijas, utilizadas por convenio para fines específicos.

121.5 MHz: Frecuencia de Emergencia

121.7 MHz: Frecuencia de Rodadura

123.5 MHz: Frecuencia de Aeroclubs

Las comunicaciones militares se realizan en la banda de UHF. La frecuencia militar de emergencia es 243 MHz. En MF y HF existen unas redes de información aeronáutica, para aeronaves en travesías muy grandes. Las frecuencias de emergencia en MF y HF son 2182 KHz y 8364 KHz, respectivamente.

### 2.1.1 Antena de emergencia para comunicaciones

Como se ha planteado, la antena es el elemento encargado de transformar la corriente alterna enviada por el emisor, en vibraciones magnéticas. Como si la cuerda de un instrumento musical se tratase, toda antena tiene una frecuencia de resonancia característica, según sus dimensiones. Tales dimensiones guardan relación directa con la longitud de onda de dicha frecuencia. Si la señal enviada por el emisor, coincide con la frecuencia de resonancia de la antena, se dicen que ambos están en “sintonía”, en cuyo caso el rendimiento del conjunto es óptimo.

Existe una dimensión resonante muy utilizada en la práctica, equivalente a la cuarta parte de la longitud de onda. Como ejemplo se plantea calcular la medida de un radiante para la frecuencia de 125 Mhz (frecuencia aeronáutica de comunicaciones). En primer lugar la longitud de onda de dicha frecuencia equivale a:

Longitud de Onda =  $\lambda$

Velocidad = V

Frecuencia = f

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

$$\lambda = \frac{300 \text{ m/sg}}{125 \text{ Mhz}}$$

Longitud de Onda = 2,4 metros.

El radiante deberá medir en principio el cuarto de onda, o sea:  $2,4 / 4 = 60$  cm. En la práctica, tal resultado se multiplica siempre por un factor de corrección (coeficiente dieléctrico) equivalente a 0,95, quedando la medida definitiva:

$$\frac{1}{4} \text{ de Radiante} = \frac{\lambda}{4}$$

$$\frac{1}{4} \text{ de radiante} = 2.4/4$$

$$\frac{1}{4} \text{ de radiante} = 60$$

$$\text{Radiante corregido} = \frac{1}{4} \text{RAD} * 0.95$$

$$\text{Radiante corregido} = 60 \times 0,95 = 57 \text{ cm.}$$

Este procedimiento de cálculo es válido para obtener al radiante de antena para cualquier frecuencia. Frecuencias de ayuda a la navegación. Al igual que ocurre con las comunicaciones, existen diferentes frecuencias asignadas a los sistemas de navegación. En aviación general los más empleados son el VOR y el ADF, aunque se realizara una pequeña reseña de cada banda.

VLF: (10Khz-14Khz) Se emplea únicamente en un equipo especial de navegación de cobertura mundial denominado Omega.

LF y MF: (de 200 KHz a 410 KHz) Se emplea en las emisiones NDB que son las estaciones que usa el ADF del avión.

VHF: en la descripción inferior se encuentran los rangos de frecuencia. En esta banda se encuentran numerosas aplicaciones de entre las cuales destaca el VOR. No obstante cabe reseñar algunas otras.

1- A 75 MHz transmiten las radiobalizas anexas al ILS (sistema de aproximación por instrumentos), no se utilizan en vuelo visual.

2- De 108,1 MHz a 111,9 MHz (solamente frecuencias con decimales impares) transmite el localizador del ILS.

3- De 108,0 MHz a 111,8 MHz (solamente frecuencias con decimales pares) transmiten las estaciones VOR de pequeña frecuencia, (TVOR) empleadas en áreas terminales en las proximidades de los aeropuertos.

4- De 112,0 MHz a 117,9 MHz (decimales pares e impares) transmiten las estaciones VOR.

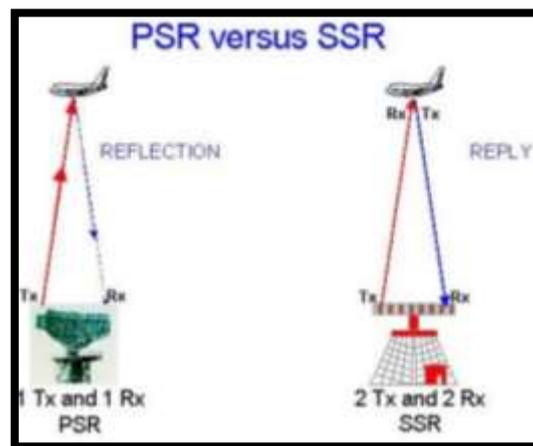
UHF: (300Mhz – 3Ghz) En esta banda se encontrara igualmente diversas aplicaciones de entre las cuales cabe citar a la senda de planeo del sistema.

ILS, el equipo de radio telemétrico (medidor de la distancia) o DME, el equipo SSR o transponder (radar secundario de vigilancia, y el (sistema militar parecido al VOR).

SHF: (3Ghz – 30Ghz) Esta banda de frecuencia súper elevada se utiliza principalmente en radar y en el nuevo sistema automático de aterrizaje por microondas o MLS.

### 2.1.2 Navegación por Radio

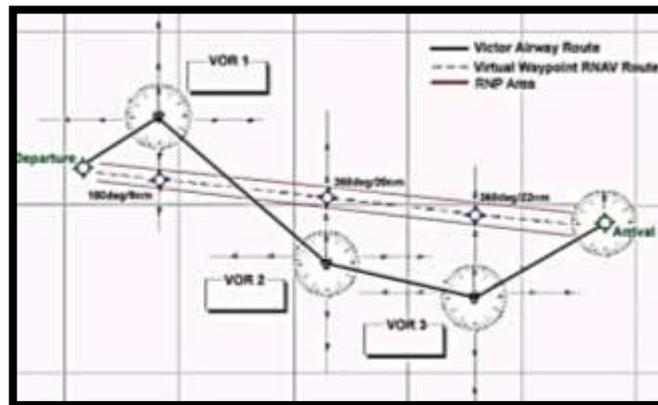
Se organiza como una red de transmisores y receptores de frecuencia bien establecida, en el suelo, en satélites o en otros vehículos. El navegador aerotransportado detecta las transmisiones y computa su posición relativa a las posiciones conocidas de las estaciones en el sistema de referencia absoluto. La velocidad de la aeronave se obtiene a partir del desplazamiento Doppler en frecuencia de la señal recibida de las estaciones o mediante una secuencia de medidas de posición y tiempo.



**Figura. 3 Principio de reflexión de señal**  
Fuente: (cielos, 2014)

### 2.1.3 Sistemas de Navegación a la Estima

(Dead Reckoning) obtienen el vector de estado a partir de una serie continua de medidas relativas a una posición inicial. Los navegadores a la estima deben ser reiniciados (“refrescados”) periódicamente porque acumulan errores. Es típico que operen en coordinación con un sistema de posicionamiento que genera ocasionalmente el refresco de datos. Hay dos tipos de medidas de estima.



**Figura. 4** Uso del VOR como navegación a la estima.  
Fuente: (Santos, 2015)

#### 2.1.4. Sistemas Autónomos

Estos sistemas se definen por la ausencia de una instalación externa que proporcione señales de referencia. A su vez se clasifican en Pasivos y Activos según emitan o no señales. Entre los sistemas autónomos pasivos están las brújulas magnética y giroscópica, el Navegador Inercial, los Correladores de Área por Cartografía Infrarroja (IR-DSMAC), y los Seguidores de Estrellas (Star Trackers). Entre los Activos se encuentran el Navegador Doppler, los Correladores de Área por Cartografía Radar (Radar DSMAC, TERCOM).

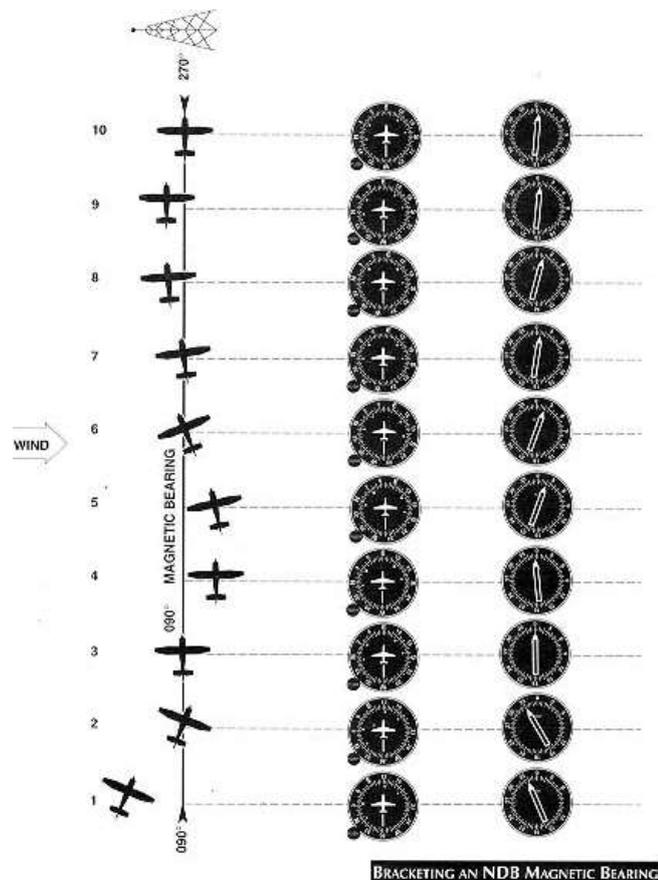


**Figura. 5** Sistema de navegación DSMAC  
Fuente: (Goon, 2014)

### 2.1.5 Sistemas No Autónomos

Radio Ayudas. Todas las radio ayudas calculan la posición de la aeronave a partir de señales/datos transmitidos por una o varias emisoras específicas. Entre ellas se tiene:

- Radio ayudas de Senda de Aproximación (Instrument Landing System).
- Microwave Landing System,
- De Corto/Medio Alcance, también llamadas ayudas de aerovía (VHF Omnidirectional Range/Distance Measurement Equipment,
- VOR/DME y Automatic Direction Finder /Non Directional Beacon, ADF/NDB) y de largo alcance, bien sobre emisoras terrestres (Long Range Navigation, LORAN) o sobre emisoras en satélites (Global Positioning System, GPS).



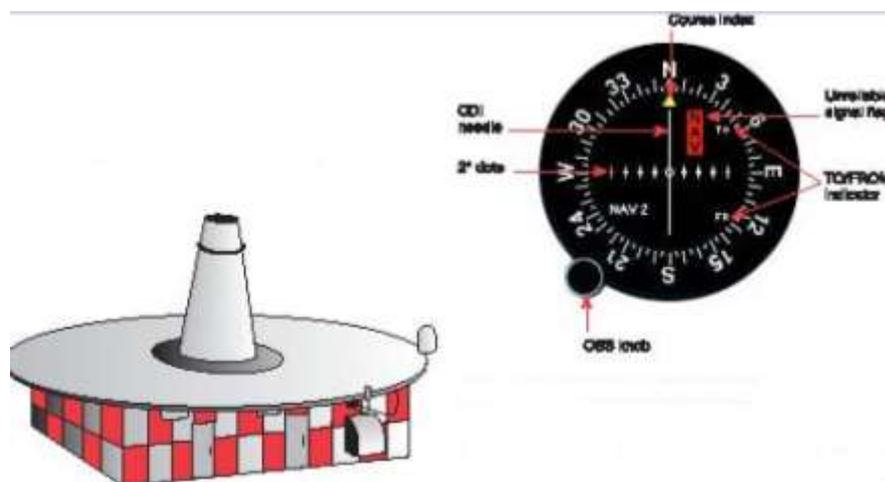
**Figura. 6 Marcación del NDB**  
Fuente: (americanflyers, 2014)

## 2.2 Navegación y posicionamiento en el Boeing 737 800.

Para que las aeronaves puedan llevar a cabo la ruta programada sin desviaciones y sin que se produzcan incidentes entre ellas, como pérdidas de separación o, en el peor de los casos, colisiones, existen numerosos sistemas que permiten el posicionamiento de una aeronave. Los principales son el VOR (VHF Omni Range), el DME (Distance Measuring Equipment), el GNS (Global Navigator System), el TACAN (TACTical Air Navigation system), y el NDB (Non Directional Bacon). Como radio ayudas para la aproximación y el aterrizaje, está el ILS (Instrument Landing System), Para la vigilancia y control, se utilizan diversos tipos de radar, entre los que se encuentran el PSR (Primary Surveillance Radar), y el SSR (Secondary Surveillance Radar).

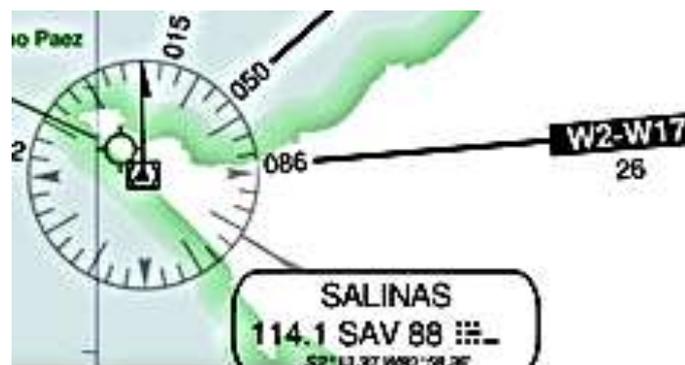
### 2.2.1 VOR.

Se trata de una radio ayuda a la navegación que utilizan las aeronaves para seguir en vuelo una ruta preestablecida. Generalmente se encuentra una estación terrestre VOR en cada aeropuerto importante, además de otras en ruta, que constituyen los denominados “fijos”, los puntos sobre los que ha de pasar la ruta seguida por el piloto.



**Figura. 7 Estación VOR**  
Fuente: (americanflyers, 2014)

El radiofaro omnidireccional VOR es una radio ayuda a la navegación que utilizan las aeronaves para seguir una ruta preestablecida, siendo, además, uno de los sistemas de navegación más extendidos y utilizados. El transmisor terrestre (Figura-1) emite una señal de radiofrecuencia en todas direcciones, que es recibida por el equipo VOR de cualquier aeronave que se encuentre dentro del rango de alcance (unos 240 kilómetros máximo y hasta 37500 pies de altura), y tenga sintonizada la frecuencia de dicha estación, que puede variar de 108 a 118 MHz modulada en AM. La información recibida, es interpretada por un receptor VOR a bordo, (OBS, Omni Bearing Selector), y el resultado es utilizado bien para posicionarse en el espacio, o bien para guiar a la aeronave, manteniéndola dentro del radial que esté seleccionado.



**Figura. 8 VOR Salinas-Ecuador**  
**Fuente: (Goon, 2014)**

La emisión del VOR está modulada por tres señales, siendo una la que contiene la identificación de la propia estación (tres letras en código Morse), que permite al piloto identificarla para plantear un ejemplo se puede decir que se sintonizo el VOR SESA de Salinas Ecuador cuya frecuencia es 114,1 Mhz. En su defecto el código morse corresponderá a cada letra del identificativo SAV como se puede observar en la figura 8, es decir:

S = la letra S en código morse = ...

A= la letra A en código morse = .-

V= la letra V en código morse = ...-

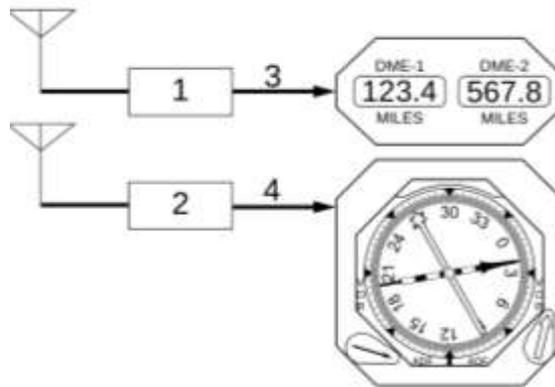
Las otras dos son ondas sinodales de 30 Hz., cuyas fases varían entre sí, a las que se conoce como “señal de referencia” y “señal variable”, manteniendo de referencia su fase constante, mientras que la variable la cambia según la dirección en que es emitida.



**Figura. 9 VOR radio panel**  
**Fuente: (NAVCOMPANELS, 2015)**

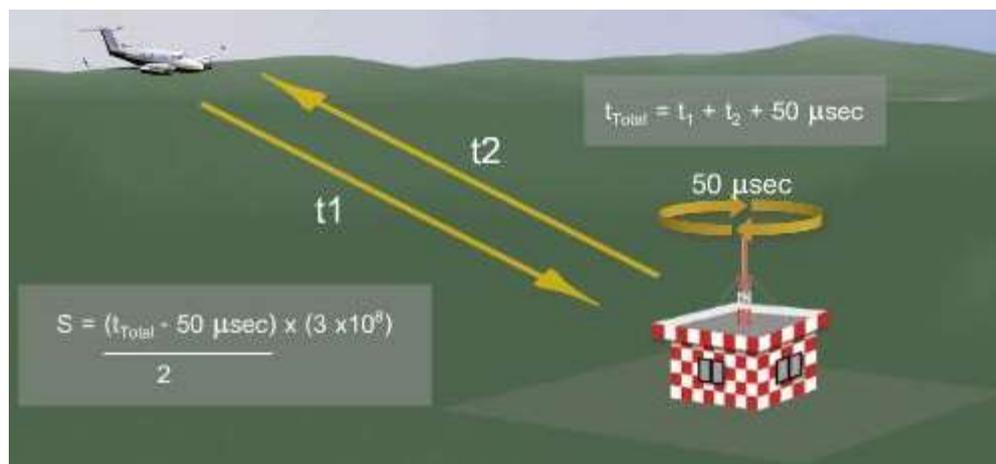
### **2.2.2 DME.**

El equipo medidor de distancias DME, emplazado normalmente junto a un VOR, utiliza la radio telemetría básica para proporcionar información de la distancia oblicua existente entre la aeronave y la estación terrestre que recibe los impulsos enviados por el equipo interrogador de a bordo en una frecuencia comprendida entre 978 Mhz y 1213 Mhz. Básicamente, el avión “interroga” al equipo de tierra mediante una secuencia de pares de pulsos con una separación de 12 microsegundos el cual los retransmite con un retardo de 50 microsegundos.



**Figura. 10 Equipo medidor de distancia**  
**Fuente: (cielos, 2014)**

El equipo del avión calcula el tiempo transcurrido desde que emitió la señal hasta que recibió la respuesta, le descuenta 50 microsegundos, y divide el resultado entre dos, (“ida” y “vuelta”). Este tiempo, lo multiplica por la velocidad de la luz, dando la distancia oblicua entre la aeronave y el equipo terrestre. Hay que tener siempre en cuenta, que la distancia medida por el DME, es la real en línea recta entre el avión y la estación, variando la distancia sobre la superficie terrestre en función de la altitud a la que se encuentre la aeronave.

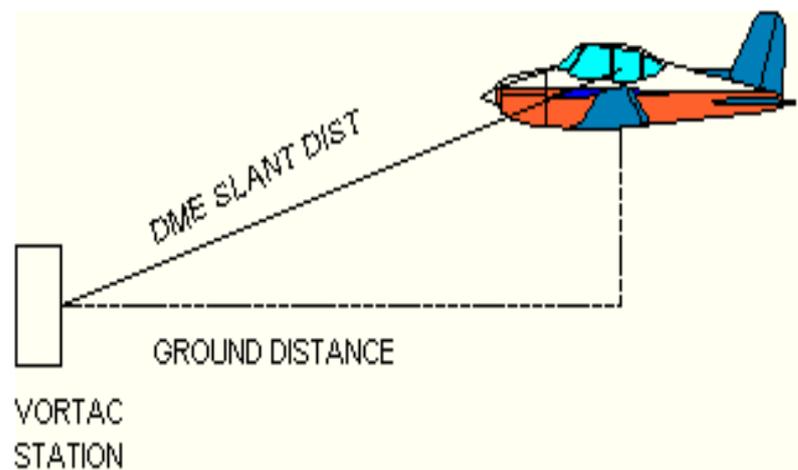


**Figura. 11 Principio de funcionamiento del DME**  
**Fuente: (Rogers, 2015)**

Para hacerse una idea, aunque se encuentre sobrevolando el DME, no indicará cero sino que dará una lectura en millas náuticas de la altitud a la

que se encuentre el avión. Desde el punto de vista de funcionamiento, el DME, presenta una diferencia importante con respecto a otros sistemas, en los que el instrumento a bordo es un simple elemento pasivo que recibe y decodifica la señal generada por la instalación de tierra sin intervenir para nada más, mientras que, en el caso del transponder, el instrumento de a bordo transmite señales de interrogación, que tras ser recibidas y retransmitidas por el equipo de tierra, proporcionarán al “interrogador” a bordo la información de distancia.

El DME, montado sobre un panel, presenta una lectura digital que indica la distancia de la aeronave con respecto a la estación en tierra seleccionada, la velocidad del avión con respecto a la tierra y el tiempo de vuelo hasta la estación. El receptor de 200 canales puede canalizarse digitalmente a través de un receptor de NAV o puede sintonizarse directamente con las perillas de control de frecuencia. El DME utiliza un único sintetizador de frecuencia digital de cristal.

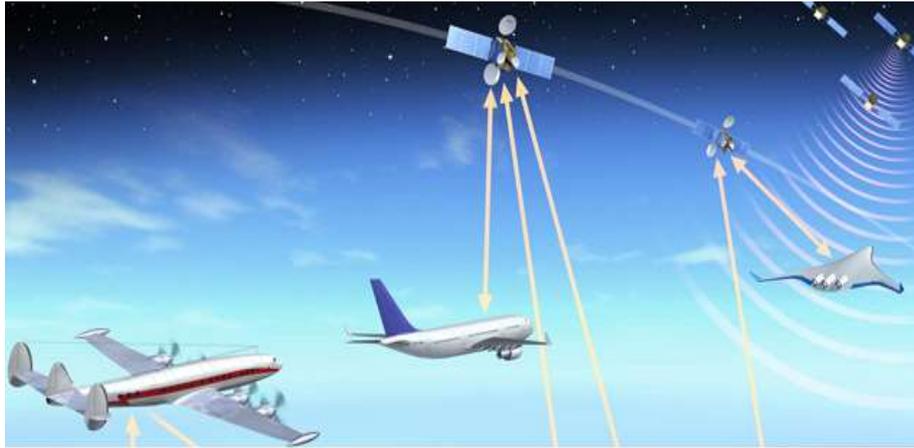


**Figura. 12 Principio de DME a VOR**  
**Fuente: (Goon, 2014)**

### **2.2.3 GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).**

El GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), es un término general que engloba a todos los sistemas de navegación que utilizan satélites como

soporte, ofreciendo localización precisa de las aeronaves y cobertura en todo el globo terrestre. El GNSS, en la actualidad se reduce al GPS (Global Positioning System, Sistema Global de Posicionamiento) y al Sistema Global de Navegación por satélite GLONASS.



**Figura. 13 Sistema GNSS en aeronaves.**  
**Fuente: (americanflyers, 2014)**

En el ámbito de la Aviación Civil, se está implantando el GNSS de una manera evolutiva, a medida que está preparado para acoger el gran volumen del tráfico aéreo civil existente en la actualidad y este pueda responder a las necesidades de seguridad que requiere el sector, uno de los más exigentes del mundo.

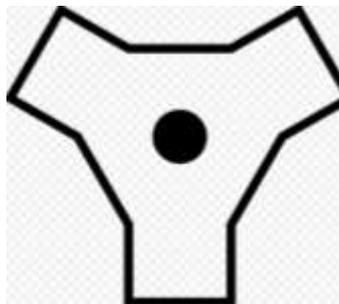
Cada sistema GNSS emplea un grupo de satélites en órbita, que trabajan en conjunto con una red de estaciones terrestres. Un sistema de triangulación permite localizar al usuario, a través de cálculos con la información suministrada por los satélites. Cuando esté completamente desarrollado el sistema GNSS, se prevé que pueda ser utilizado, sin requerir ayuda de cualquier otro sistema de navegación, desde el despegue hasta completar un aterrizaje de precisión, es decir, en todas las fases de vuelo.



**Figura. 14 Sistema GPS en aeronave.**  
**Fuente: (Rogers, 2015)**

#### **2.2.4 TACAN.**

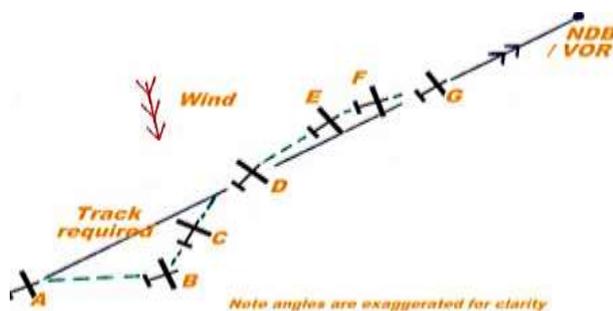
El sistema de navegación aérea táctica, conocido por su acrónimo en inglés TACAN, (TACTical Air Navigation) usado, principalmente, por las aeronaves militares, desde el punto de vista operativo, análogo a la combinación de un VOR y un DME, proporcionando al usuario información de rumbo y distancia a una estación situada en tierra o a bordo de un barco. Es una versión más precisa del sistema VOR / DME, que proporciona la misma información para la Aviación Civil. Como dato adicional, el trasbordador espacial fue un vehículo diseñado para utilizar la navegación TACAN, aunque desde entonces ha sido actualizado, con el GPS como sustituto.



**Figura. 15 Símbolo del TACAN.**  
**Fuente: (NAVCOMPANELS, 2015)**

### 2.2.5 NDB.

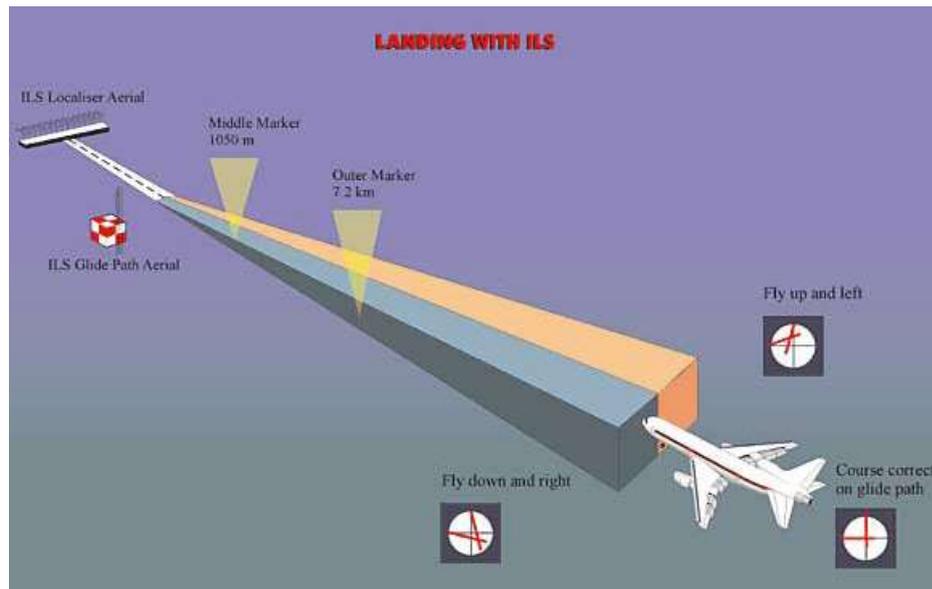
El transmisor de radiodifusión no direccional (NDB) (Figura-6), es la radio ayuda en uso más antigua, existente, consistiendo en una emisora que transmite una señal de radio de frecuencia fija, que puede captarse desde todas las direcciones. Mediante un instrumento a bordo del avión, llamado ADF, (acrónimo de Automatic Direction Finder), el piloto selecciona la frecuencia de esa emisora, que conoce por las cartas de navegación, y observa la aguja del instrumento, la cual indica en qué dirección se encuentra el radiofaro. Los NDB, con un alcance aproximado de 30 millas náuticas, se sitúan a lo largo de las principales rutas de navegación aéreas, y en las inmediaciones de los aeropuertos, donde siguen siendo de gran utilidad para los pilotos, sobre todo, cuando realizan las maniobras de aproximación con poca o nula visibilidad.



**Figura. 16 Función del NDB.**  
**Fuente: (Pasión, por, & volar, 2014)**

### 2.2.6 Sistema de aterrizaje instrumental.

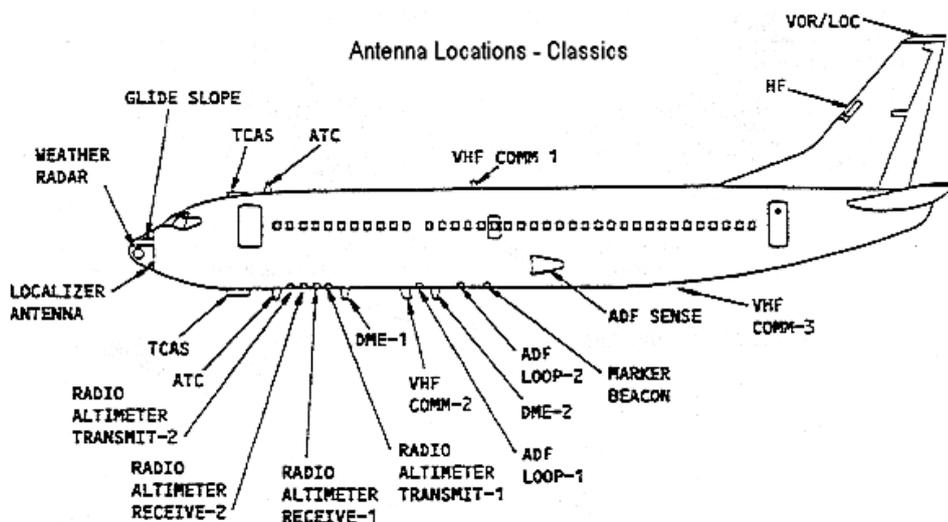
El sistema de aterrizaje por instrumentos ILS, del inglés Instrument Landing System, (Figura 17) sirve de ayuda a la aproximación y el aterrizaje, figurando en OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) como normalizado en todo el mundo, permite que un avión sea guiado con precisión durante la aproximación a la pista de aterrizaje y, en algunos casos, a lo largo de la misma. Consiste, básicamente, en dos subsistemas independientes, en los que uno proporciona guía lateral y el otro guía vertical.



**Figura. 17 Sistema de monitoreo ILS.**  
**Fuente: (Pinto, 2015)**

El equipo en tierra lo forman un grupo de antenas direccionales (Figura 17) para la señal del localizador (guía lateral). Normalmente situadas a unos 300 metros al final de la pista, y otro grupo de antenas transmisoras para la senda de planeo o "glide slope" situadas a un lado de la pista, a la altura de la zona de contacto. Las antenas del localizador transmiten en una frecuencia comprendida entre 108.1 Mhz y 111.975 Mhz, mientras que la "senda de planeo" (G/S) lo hace en una frecuencia entre 328.6 Mhz y 335.4 Mhz dando una trayectoria de descenso que suele estar en torno a tres grados.

Además, la frecuencia del localizador transmite en código morse su identificación para que la tripulación pueda comprobar que han seleccionado la frecuencia correcta y el sistema se encuentra operativo. Simplificando estos sistemas funcionan emitiendo dos pares de señales, indicando uno de ellos el eje longitudinal de la pista, para indicar que el avión está volando en la dirección adecuada, y el otro, la senda de planeo correcta, para indicar que el avión lleva el ritmo de descenso correcto que lo colocará además en la pista con espacio suficiente para frenar.



**Figura. 18 Ubicación de las antenas de radio navegación.  
Fuente: (Boeing, 2014)**

Existen varios tipos de categoría para operar con ILS. Dependiendo de la visibilidad mínima necesaria para efectuar la maniobra. Operación de Categoría I, conocida como CAT I, que es una aproximación y aterrizaje de precisión por instrumentos con una altura de decisión entre 30 y 60 metros y con una visibilidad no inferior a 800 metros o un alcance visual en la pista no inferior a 550 metros. Operación de Categoría II, CAT II, que consiste en una aproximación y aterrizaje de precisión con una altura de decisión entre 30 y 60 metros, y un alcance visual en la pista no inferior a 350 metros. Operación de Categoría IIIA, CAT IIIA, que es una aproximación y aterrizaje de precisión por instrumentos hasta una altura de decisión inferior a 30 metros o sin limitación y con un alcance visual en la pista no inferior a 200 metros. Operación de Categoría IIIB, CAT IIIB, utilizable para aproximaciones y aterrizajes de precisión por instrumentos con una altura de decisión inferior a 15 metros (50 ft), o sin limitación, y con un alcance visual en la pista entre 50 y 200 metros.

Adicionalmente, en el ILS se utilizan hasta tres balizas denominadas de la siguiente forma: OM (Outer Marker), que es la baliza más lejana de la pista y emite una señal en código morse de dos rayas por segundo. Además, al pasar sobre ella se escuchara dos tonos largos, y se iluminará en cabina el

indicador de balizas en color azul. La MM (Middle Marker) informa que se encuentra próximos a los mínimos y emite una señal en código Morse de punto y raya con una luz ambar en el indicador asociado en cabina. Por último está la IM (Inner Marker) que nos indica que se encuentra sobre el umbral de la pista emitiendo una señal Morse consistente en dos puntos con una luz asociada en cabina blanca. Cuando una pista de aterrizaje de un aeropuerto dispone de un sistema ILS, se pueden llevar a cabo aterrizajes en condiciones meteorológicas que de otro modo impedirían directamente el uso de la pista.

### **2.3 Electrónica de control.**

SCI o el sistema de control de interface consta de una placa de control denominada SIM CARD esta posee unas características específicas para el uso en el equipo denominado simulador, su conexión es de tipo Ethernet, esto la hace fiable y rápida en las tareas de transmisión y recepción de datos. Posee 64, entradas al igual que salidas, esto quiere decir que puede tener 64 periféricos que muestren información como led, relay, o similares y de la misma forma poseen 64 entradas de tipo digital, como pulsadores, switches, rotativos y más.



**Figura. 19 Placa de control MASTER.**  
**Fuente: (Sismosoluciones, 2016)**

Las placas de control pueden expandirse por medio de placas denominadas hijas, estas pueden ampliar el rango de salidas y entradas que puede tener una placa master, la conexión se hace forma sencilla, por medio de un cable plano de 10 pines.

## **2.4 STAND CENTRAL.**

Se ubica en la zona central de la cabina, entre el asiento del piloto y la del primer oficial, justo en frente del panel de monitoreo de vuelo, este STAND, es de gran importancia porque en él se encuentran asilados varios de los componentes más importantes para realizar un vuelo seguro.



**Figura. 20 Stand Central del Boeing 737-500**  
**Fuente: (Pasión, por, & volar, 2014)**

### **2.4.1 Sistema de Control de Combustible**

Se encuentra en el control stand y es el encargado de transmitir la posición de las palancas de control de flujo de combustible, al sistema que lo entrega a los motores, este tiene total control y autonomía de los pilotos.

En el mismo cuadrante se encuentra el sistema de control de reversa, además de la palanca de control de las superficies hipersustentadoras, como

son los FLAPS, además de la palanca de control de aero freno, y el sistema de TRIM de PICH, para finalizar también se encuentran las START LEVELS, que son los sistemas de ignición del motor.

#### **2.4.2 Sistema de Protección de Fuego.**

El sistema de control de fuego se encuentra bajo el sistema de control de ignición, este está encargado de realizar el proceso de extinción de fuego en los motores o en zonas críticas como el cargo y los baños, posee sistema de test que le permiten al piloto determinar el estado de este equipo en particular, posterior al equipo de FIRE HANDLES, se encuentra en el STAND CENTRAL de Comunicaciones y Navegación por radio de la consola, está compuesta de paneles que permiten observar que equipo se encuentra sintonizado, además de las radio ayudas necesarias para la navegación segura de la aeronave.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Introducción.**

Para esta investigación en particular es necesario enfocar los conocimientos en varios aspectos, es decir para continuar con la potenciación del STAND CENTRAL es necesario comprender como funciona el simulador, como se alimenta, la configuración de la cabina, delimitaciones físicas, y programas que lo hacen funcionar, al momento y después de realizar observaciones de los componentes existentes y los faltantes se determinó que no existe un equipo que permita simular los procedimientos de navegación basados en radio navegación, además los equipos concernientes al sistema de protección de fuego necesitaban ser reestructurados, junto con los equipos de control de hiper sustentación, como es la palanca de control de FLAPS, para ello se debe tomar en cuenta que si se realiza la implementación, dicha no podrá tener conflictos con los demás códigos que se encuentran ya corriendo de manera correcta y funcional en la mencionada estructura.

Físicamente se encuentra el espacio requerido para la potenciación, puesto que el alojamiento para las placas de control y electrónica, además del equipo de simulación se alojaron bajo el RACK de radio navegación. Una problemática que se evidencio fue la falta del hardware que la pueda gestionar dado que en la cabina existe únicamente una tarjeta de interface master, misma que se encuentra conectada al sistema de comunicación de FLAPS, y debe reconfigurarse para hacer funcionar la placa de control de displays y el control de los encoders.

#### **3.2 Línea de desarrollo para la implementación.**

Es fundamental al momento de realizar este tipo de investigaciones técnicas, se preparen líneas de desarrollo, dichas líneas de desarrollo, son elementos

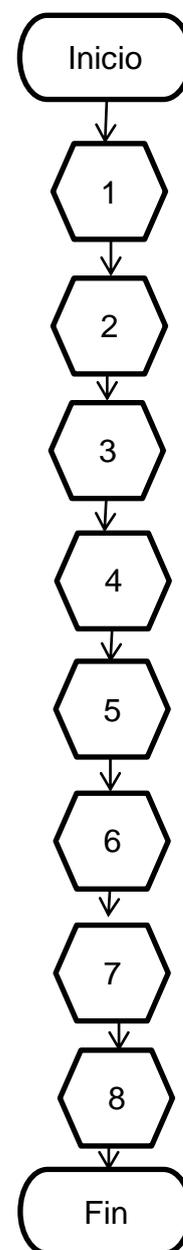
en los cuales, el investigador puede planificar de forma eficiente las tareas que se realizarán al momento de ejecutar un trabajo, los flujogramas presentan una guía al investigador para centrar sus esfuerzos en tareas específicas, propias de la investigación.

Los flujogramas tendrán un orden lógico de función y tarea esto quiere decir que deberán ser seguidos según corresponda la acción y la tarea.

### 3.3Flujograma.

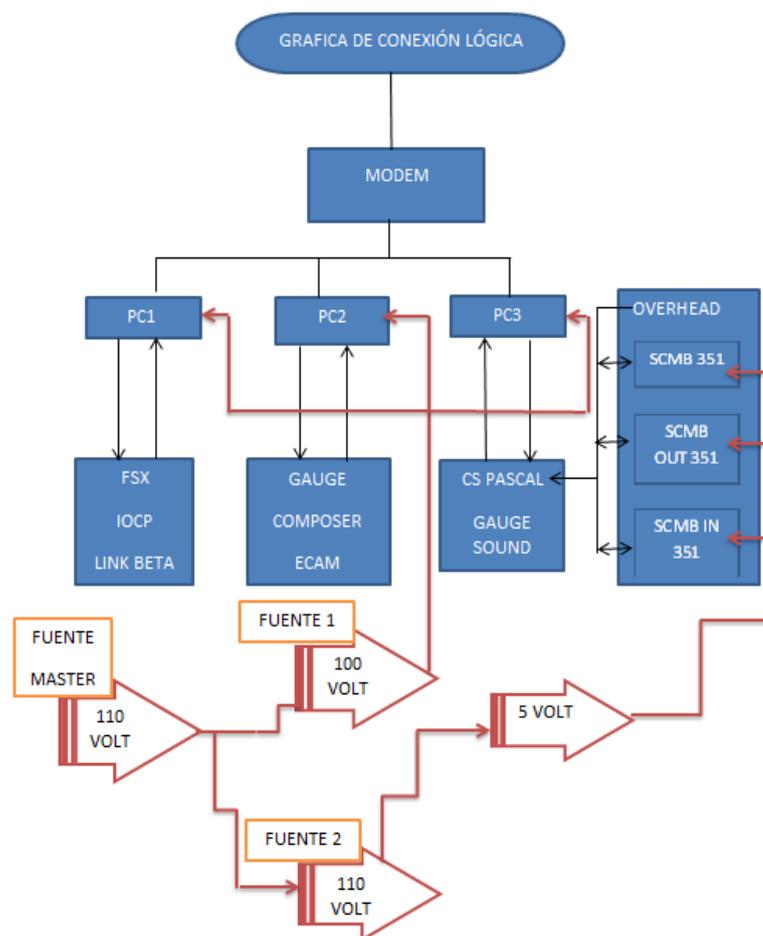
#### 3.3.1 Flujograma de la potenciación del equipo.

1. Revisión de los proyectos involucrados.
2. Identificar las carencias del simulador
3. Adquisición de las placas de control
4. Ensamble preliminar en proto board
5. Diseño y adquisición de los componentes
6. Ensamble de los componentes
7. Pruebas funcionales
8. Pruebas operativas



### 3.4 Comprensión del sistema de simulación.

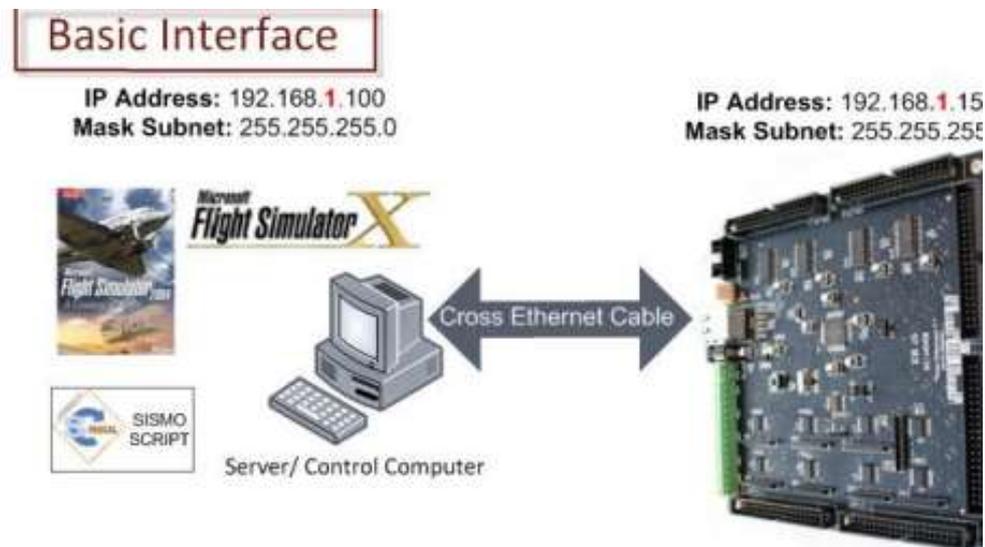
El Simulador funciona a través de 3 computadoras, estas poseen los componentes binarios necesarios para que el simulador corra de manera correcta y sin pérdida de datos, para lo posterior se llamara a los computadores 1, 2, 3. Además posee un ROUTER TP LINK que permite la interconexión entre las computadoras en conexión LAN, esto para que pueda existir tráfico de datos entre ellas



**Figura. 21 Diagrama de distribución de datos del simulador**

**COMPUTADORA 1.** Se encuentran los programas de desarrollo de la simulación, así como los que sirven de bases para el protocolo de la comunicación entre las mismas, estos son denominadas “SOFTWARE BASE” entre ellos se encuentra FSX, que es el simulador de vuelo de la

empresa MICROSOFT, en el mismo se encuentra modelado el avión B 737 800, el mismo que sirve de plataforma para la extracción de variables.



**Figura. 22 Esquema de conexión de la PC1.**  
Fuente: (Sismosoluciones, 2016)

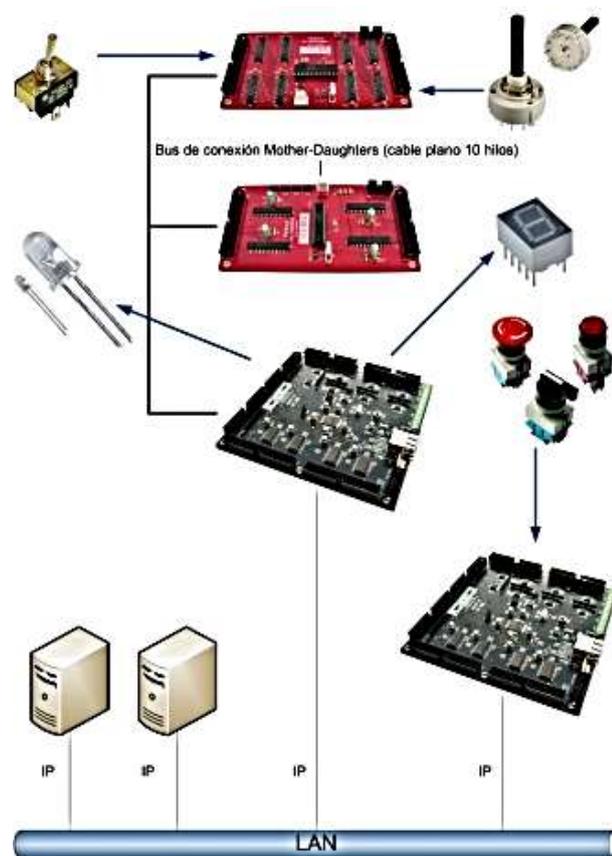
Otro de los programas encontrados en la PC1 es FSUIPC, que es un protocolo que hace uso de librerías dinámicas que se conectan al simulador, y a su vez al IOCP, que es el protocolo de salida de las variables, es decir que por este último programa se podrán monitorizar y leer la variables que el usuario necesite.

En el equipo además se encuentra el SC PASCAL, que no es más que el compilador, que se encargara de crear el programa para dar las ordenes a la placa de control de DEVICE, este PASCAL, también sirve para revisar la correcta conexión de la placa de control y realizar procedimiento de TEST para el mantenimiento.

**COMPUTADORA 2.** En esta se encuentra un segundo SC PASCAL, esto es porque el OVERHEAD funciona de forma independiente a la aeronave en la simulación, y por esa razón debe ser comandado por otro equipo, en este equipo además se encuentra el GAUGE COMPOSER, que es un compilador que realiza acciones de tipo IGU, o interface gráfica de usuario, que dé la

oportunidad de crear instrumentos virtuales, y estos se presentan en una pantalla.

**COMPUTADORA 3.** En ella se encuentra el ejecutable del OVERHEAD, o en otras palabras el programa que da inicio a las acciones de arranque de la aeronave, y sus sub sistemas, también se encuentra el programa que da lugar a las alertas sonoras, del sistema de alerta temprana WARNING PANEL SYSTEM.



**Figura. 23 Ilustración del método de conexión.**

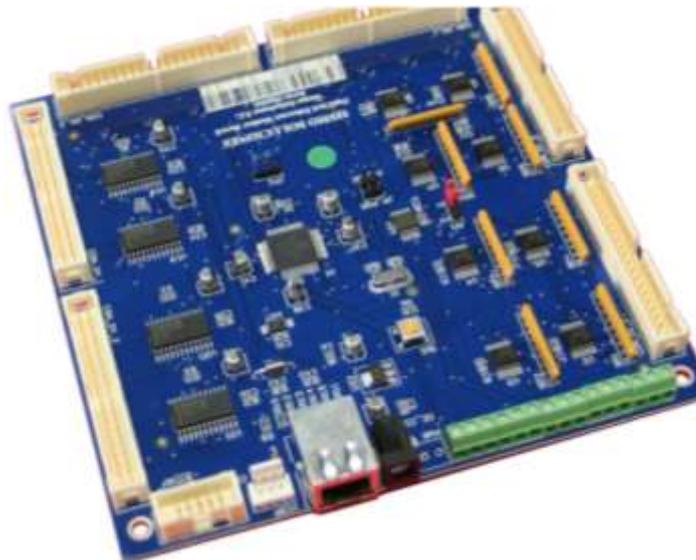
### 3.5 Identificar las carencias del simulador.

A primera vista destaca el hueco que se encuentra en la parte posterior de CONTROL STAND, en el lugar donde se debería encontrar el sistema de radio navegación, esa es la característica más evidente, pero si se describe más minuciosamente cada una de las características que se pueden mejorar, se pueden decir que es necesario hacer el cambio del sistema de

accionamiento de las FIRE HANDLES, que es de madera, a otro que permita un mejor aprovechamiento del equipo instalado.

Es necesario advertir que se hace indispensable, el mejoramiento del sistema que censa el sistema de aceleración de cada motor, y afinarlo para que no existan discrepancias al momento de enviar la señal al simulador de vuelo, es indispensable revisar cada elemento electrónico que se encuentre ligado al CONTROL STAND, como los FLAPS, para que los mismos continúen teniendo las características funcionales que le son atribuidas.

Para que las falencias señaladas sean cubiertas es necesario puntualizar que se hace necesaria la adquisición de dos placas de control, las mismas se describirán en la parte correspondiente a ellas.



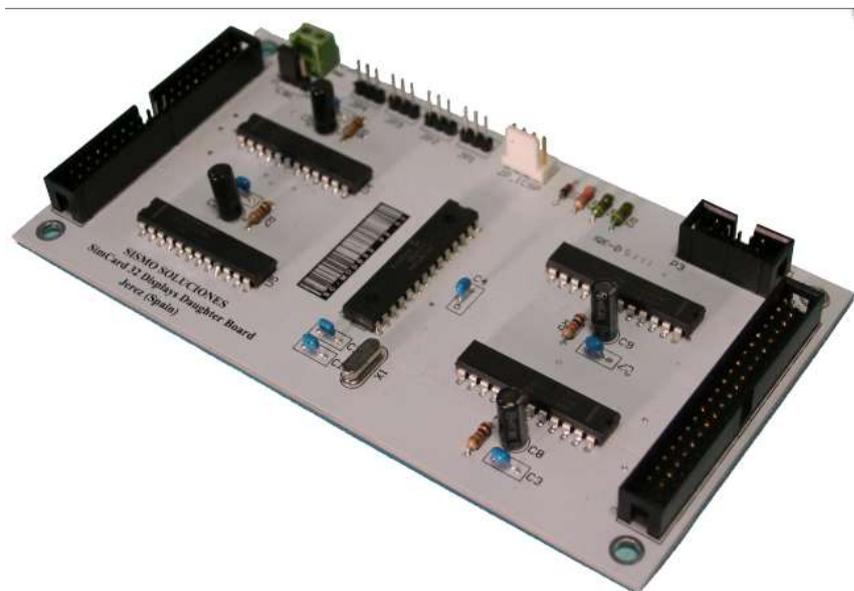
**Figura. 24 Placa MASTER NO DISPLAY.**  
Fuente: (Sismosoluciones, 2016)

### **3.6 Adquisición de las placas de control.**

Para que el sistema de radio navegación pueda ser funcional, se debe entender que el simulador cuenta ya con dos placas MASTER, la primera hace la función de controlar el OVERHEAD, junto a dos placas HIJAS, y estas están conectadas al modem por medio de cable ETHERNET, la segunda placa, es una MASTER WHIT OUT DISPLAY, esto significa, que posee control solo de entradas y salidas, característica que es muy

conveniente, dado que se necesita comandar las entradas de los ENCODERS, que controlan las frecuencias de navegación.

Pero como se explicó ya la placa no posee salidas de DISPLAY de 7 segmentos, por ende es necesario realizar la adquisición de una placa HIJA, que controle las salidas numéricas, y que pueda ser conectada a la placa MASTER a partir de cable plano de 10 PINES. La placa de control se adquirió a la empresa SISMO SOLUCIONES en JEREZ- ESPAÑA, y es compatible en todo nivel con el simulador que se está desarrollando.



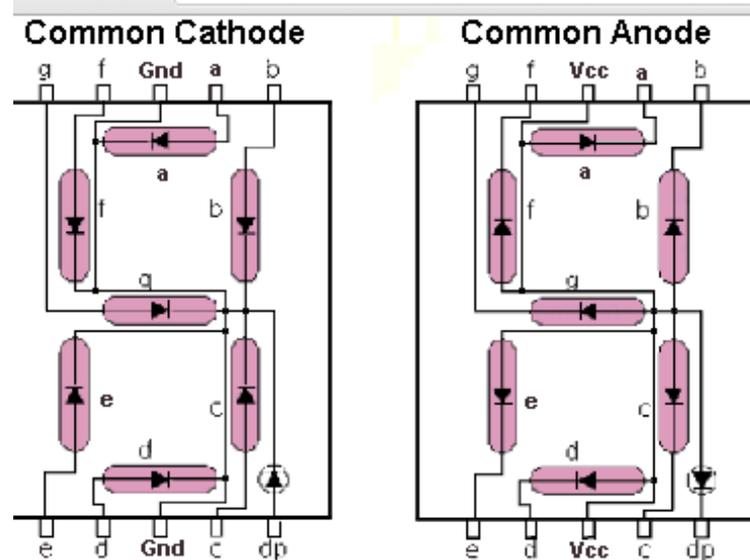
**Figura. 25 Placa DISPLAY.**  
**Fuente: (Sismosoluciones, 2016)**

A continuación se realiza una transcripción de las propiedades de la placa adquirida a SISMO-SOLUCIONES, tomada de su página de información, (Sismosoluciones, 2016) “Bienvenido a una de las placas de la familia SIMCARDS llamado SC-MB, diseñado especialmente para el control y gestión de entradas y salidas de los equipos y módulos de simuladores hechas o no por Sismo, así como también de cualquier otro equipo o sistema que de necesidades de su servicio.

Esta nueva generación de tarjeta electrónica ha supuesto un nuevo reto para

Sismo Soluciones alcanzando en este aspecto, niveles equivalentes de la tecnología, funcionalidad y beneficios como los de la industria profesional actual.

La característica principal de la junta es tan sorprendente ya que su conexión se realiza por medio de un bus Ethernet que es un estándar de redes de ordenadores de área local. De esta manera, será posible hacer la conexión directa con el equipo o el ordenador de control, con un bus USB 2.0, pero con la ventaja de que las comunicaciones y transferencia de datos será mucho más eficaz y rápida. Estas propiedades son importantes para los sistemas de tiempo real, como los simuladores.”



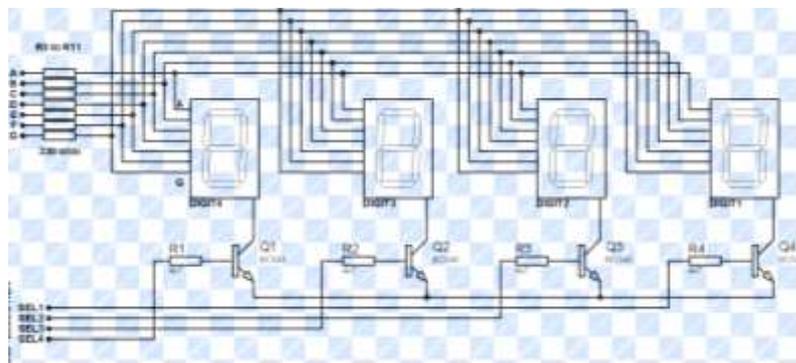
**Figura. 26 DISPLAY de cátodo común y ánodo.**  
Fuente: (Hedgar, 2016)

### 3.7 Ensamble preliminar en PROTOBOARD.

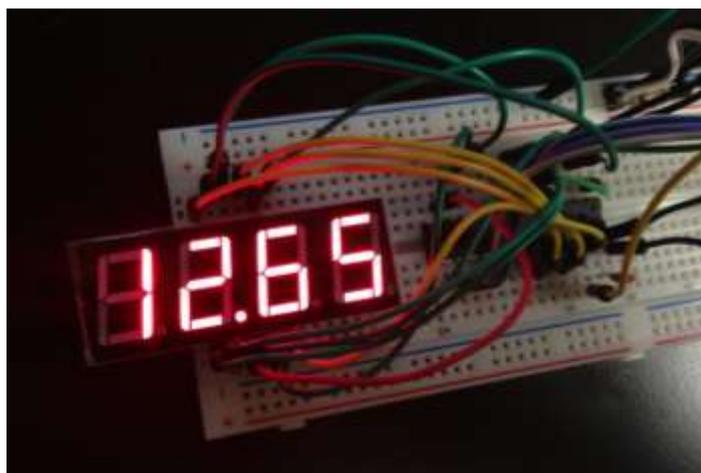
El ensamble preliminar en la PROTO, o placa de prototipo es fundamental para poder probar todas aquellas acciones que en posterior se van a soldar, una de ellas fue la colocación de los displays en forma que queden conectados con el método de multi-plexion, el proceso como se denomina, MULTIPLEXACIÓN, es necesario porque la placa lo requiere, y es utilizado para reducir el número de cables que se necesitan para conectar un

conjunto amplio de DISPLAY.

El principio para MULTIPLEXAR, este tipo de dispositivos es combinar, o compartir las señales que se envían para activar cada segmento de DISPLAY, pero activar los envíos por medio del CATODO, de esa forma la placa de control puede enviar 32 señales independientes, y controlarlas con el mínimo de salidas, de ese modo se procedió a realizar la conexión por medio del método MULTIPLEXADO, y comprobar que la placa emitía señales a los elementos de forma ordenada.



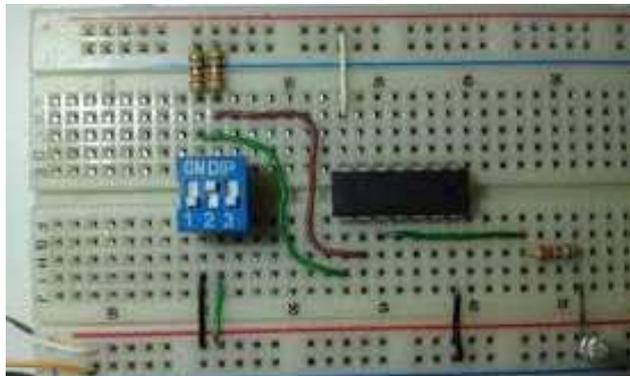
**Figura. 27 Método de MULTIPLEXACIÓN.**  
Fuente: (Hedgar, 2016)



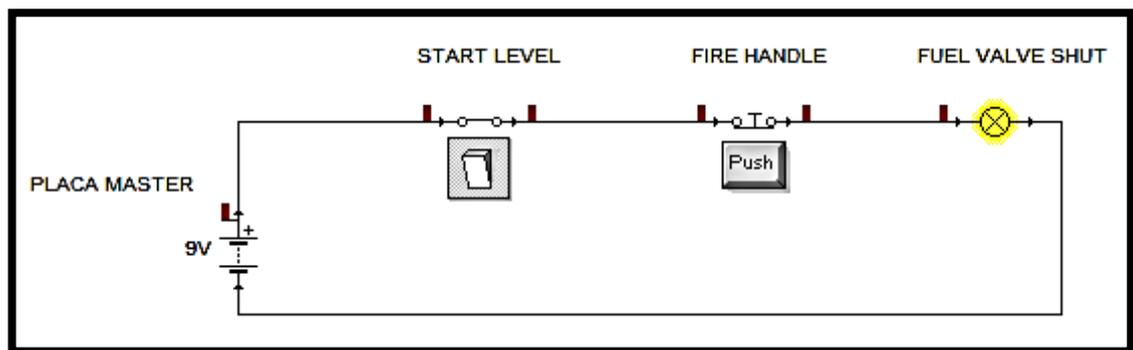
**Figura. 28 Pruebas en PROTO.**

De la misma manera se procedió a realizar pruebas de los sistemas de corte de combustible en las palancas de control de fuego, esto se realizó con el objetivo de colocar un nuevo sistema electrónico que no dependa de la placa JOYSTIC, sino de una de las entradas de la placa MASTER, para ello se

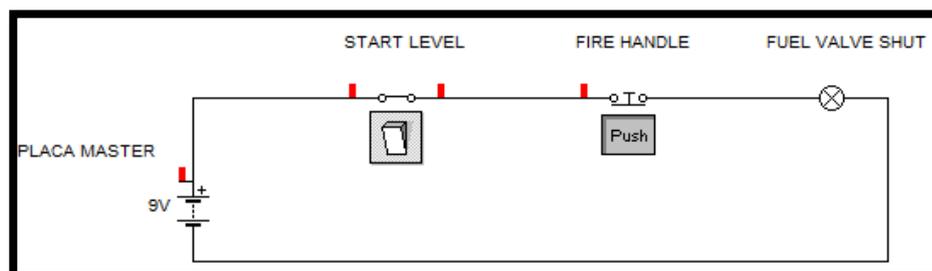
realizó una prueba en PROTO, para determinar la funcionalidad de la idea planteada para este sistema.



**Figura. 29 Prueba en PROTO de SWITCH FUEL.**



**Figura. 30 Principio de transmisión de señal.**

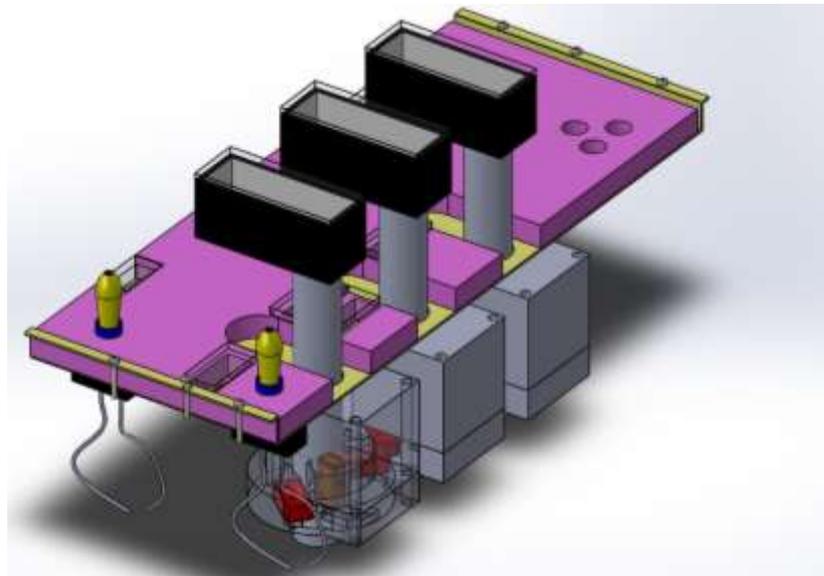


**Figura. 31 Principio de corte de combustible.**

Posterior a haber realizado las pruebas de conexión, y determinar que las señales de la placa eran recibidas de forma correcta por el simulador, se procedió a efectuar los pisteados en las placas que alojarían los elementos mencionados, y a los que se les realizaron las pruebas de conectividad.

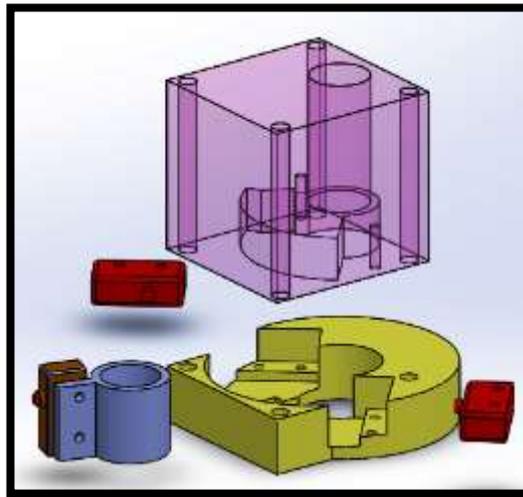
### 3.8 Diseño y adquisición de los componentes.

Los componentes a implementar están categorizados por el sistema al que pertenecen es decir el panel de FIRE HANDLES, que como se mencionó antes necesitaba de una modernización, comprende el diseño de componentes de FIRE HANDLES, la importancia de realizar esta modernización radica en la importancia de retirar los anteriores accionadores, y mejorar el material del que estaban hechos. Así como mejorar el diseño, para que su actuar mecánico sea más afinado, y no genere problemas relacionados al accionamiento de las FIRE HANDLES.



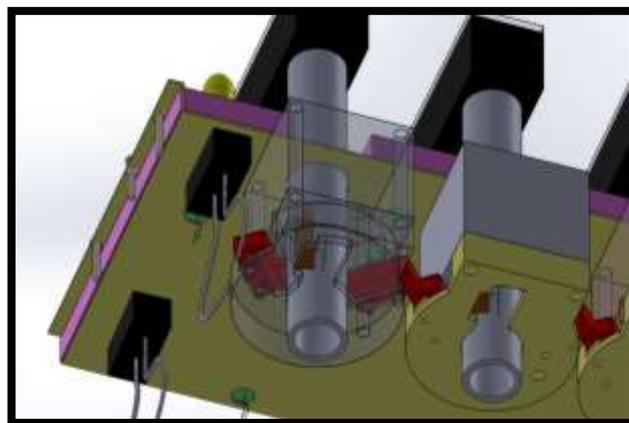
**Figura. 32 Boceto de las FIRE HANDLES**

Para solucionar el problema del ACTUADOR de las FIRE HANDLES, se hizo uso del software INVENTOR 3D, y se comenzó realizando un boceto de las placas que portan las FIRE HANDLES, puntualizando la importancia de los tubos que sirven de riel para los accionadores, posterior a ello se procedió a realizar los diseños basándose en las dimensiones requeridas, para ello se tomó un error de 0.2mm en cada diseño, esto porque si se utiliza impresoras 3D para la creación de la parte mecanizada, se tiene que tomar en cuenta el coeficiente de dilatación del material al imprimir.



**Figura. 33 Diseño del actuador de corte de combustible.**

Es necesario indicar que el sistema de corte de combustible del simulador se diseñó para que el mismo contenga dentro los componentes electrónicos que permitan el accionamiento, estos fueron esbozados para aumentar el grado de precisión al diseño de la parte.



**Figura. 34 Ensamble del componente de corte de combustible.**

Una vez comprobado que el diseño funciona por lo menos en el campo virtual de diseño se procede a realizar la impresión del equipo, para esta tarea se utilizó una impresora MAKERBOT, y filamento ABS de nivel industrial, además de ello las impresiones se realizaron con un modelo de PANAL DE ABEJA, para aumentar el nivel de resistencia que debe soportar el accionador.

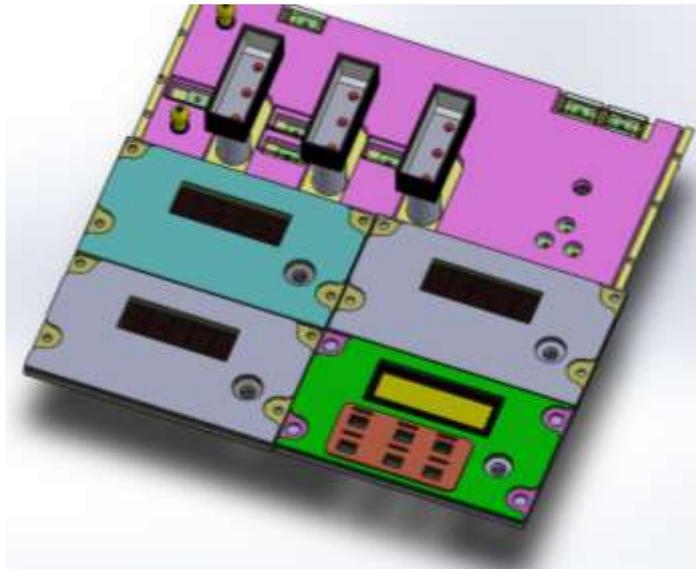


**Figura. 35 Vista antigua de los accionadores de corte de combustible.**



**Figura. 36 Vista de las impresiones ensambladas.**

Posterior a realizar el acondicionamiento del accionador de FIRE HANDLES se procedió a tomar las dimensiones de los equipos faltantes que se encuentran bajo las palancas de supresión de fuego, para ello se utilizó las herramientas básicas para la toma de mediciones como son el flexometro y calibrador pie de rey, a partir de ello se procedió a realizar un diseño tomando en cuenta que los componentes de radio navegación deben poseer el espacio para un número determinado de displays y encoders, mismos que servirían de interface entre el simulador y el estudiante. De la misma manera se procedió a utilizar el INVENTOR, con las mediciones realizadas comenzar a esbozar los equipos que se necesitaba implementar.



**Figura. 37** Diseño del panel de radio navegación.

Al tener un diseño completo y compatible con las necesidades del simulador se realizó un proceso de manufactura de los materiales, utilizando la herramienta del corte computarizado, se efectuó la mecanización de los paneles, que se encargarían de llevar la electrónica.

Una vez cortado los paneles, mecanizados y grabados, se procede a comprobar si las tolerancias con respecto al ensamble están correctas, y si lo están iniciar con el proceso de ensamblado de los paneles con los elementos electrónicos, y continuar con la conexión de las placas de control.



**Figura. 38** Paneles mecanizados listos para insertar electrónica.

### 3.9 Ensamble de los componentes.

Tomando en cuenta que la mecanización de los paneles concluyó se dio paso a la inserción de los displays, que como ya se había explicado se encuentran MULTIPLEXADOS. Además se realizó la colocación de los botones que controlan la transferencia de frecuencias y de menús unos entre otros, estos datos se observan en la pantalla LCD de 20x2, los botones vienen enlazados hacia la placa ARDUINO, a los pines A0, A1, A2, A3, A4, A5, para el control de entradas.



**Figura. 39 Inserción de botonería.**



**Figura. 40 MULTIPLEXADO de los DISPLAY.**

La MULTIPLEXACIÓN de los displays, se realiza uniendo los segmentos A, B, C, D, E, F, del DISPLAY en conjuntos de 8 elementos, estos a su vez se encuentran conectados a una placa de regulación, que evitara la caída de tensión de los elementos lumínicos, al momento de su operación, como los DISPLAY son de cátodo común, este se conectara al conector de 40 pines que sale de la placa de control SIM CARD, en las ubicaciones que muestra el cuadro.

CONECTOR DY1 - IDC40				Displays	
		PIN	PIN		
	Seq_A 1	1	2	Seq_B 1	
	Seq_C 1	3	4	Seq_D 1	
	Seq_E 1	5	6	Seq_F 1	
	Seq_G 1	7	8	Seq_DP 1	
	GND	9	10	GND	
Display 00	Dig_0 1	11	12	Dig_1 1	Display 01
Display 02	Dig_2 1	13	14	Dig_3 1	Display 03
Display 04	Dig_4 1	15	16	Dig_5 1	Display 05
Display 06	Dig_6 1	17	18	Dig_7 1	Display 07
	GND	19	20	GND	
	Seq_A 2	21	22	Seq_B 2	
	Seq_C 2	23	24	Seq_D 2	
	Seq_E 2	25	26	Seq_F 2	
	Seq_G 2	27	28	Seq_DP 2	
	GND	29	30	GND	
Display 08	Dig_0 2	31	32	Dig_1 2	Display 09
Display 10	Dig_2 2	33	34	Dig_3 2	Display 11
Display 12	Dig_4 2	35	36	Dig_5 2	Display 13
Display 14	Dig_6 2	37	38	Dig_7 2	Display 15
	GND	39	40	GND	

**Figura. 41 Cuadro de conexión DISPLAY**  
Fuente: (Sismosoluciones, 2016)

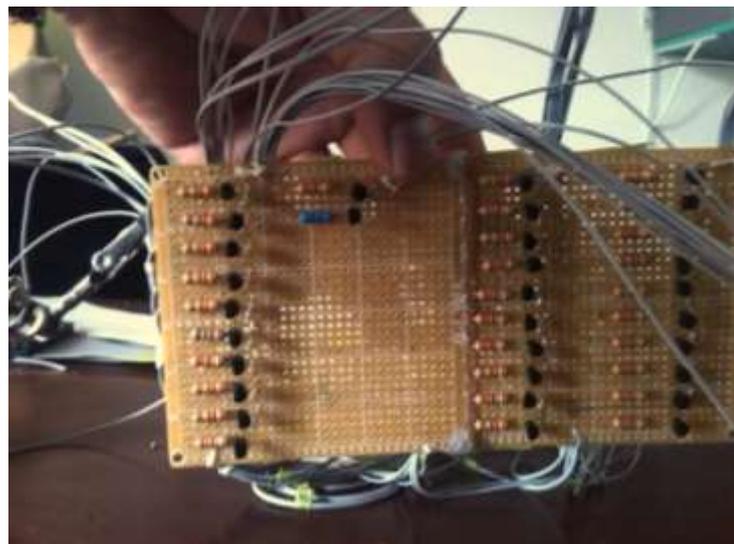


**Figura. 42 Conexión del DISPLAY 20x2**

El LCD de 20x2 se conectó a la placa arduino, por medio de una PCB que sirvió de anclaje para los pines de la placa antes mencionada, además se realizó la placa de control de tensión, que consta de un pequeño circuito que tiene un transistor NPN para mantener la carga en los displays, estos se conectaron a una resistencia y posteriormente a la placa de control SIM CARD.



**Figura. 43 Realización del arnés.**



**Figura. 44 Placa de control de voltaje DISPLAY.**

A la placa de control de tensión se le conectó el arnés eléctrico, este elemento está constituido por los conectores de 40 pines que van

conectados a la SIM CARD, un componente en cable plano de 40 pines, y las conexiones a los respectivos paquetes de displays, se encuentra amarrado por medio de piola engrasada, y con amarres de tipo estándar a la aplicable en aviación.



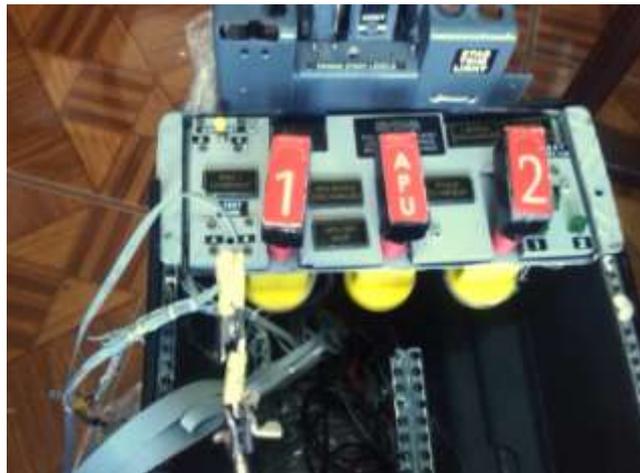
**Figura. 45 Realización del arnés eléctrico.**



**Figura. 46 Ensamble de la electrónica en los paneles.**

Cuando los componentes estuvieron soldados, al arnés y a la placa de control de tensión, se pudo dar paso a realizar pequeñas pruebas para

determinar que las tareas se realizaron de forma correcta, una vez encendidos los equipos se procedió a realizar una prueba de conectividad, que consistía en ver si las placas se conectaban al simulador de vuelo. Una vez comprobado que existe transferencia de datos se procedió a ensamblar los componentes en el CONTROL STAND, y crear un espacio para las placas de control.



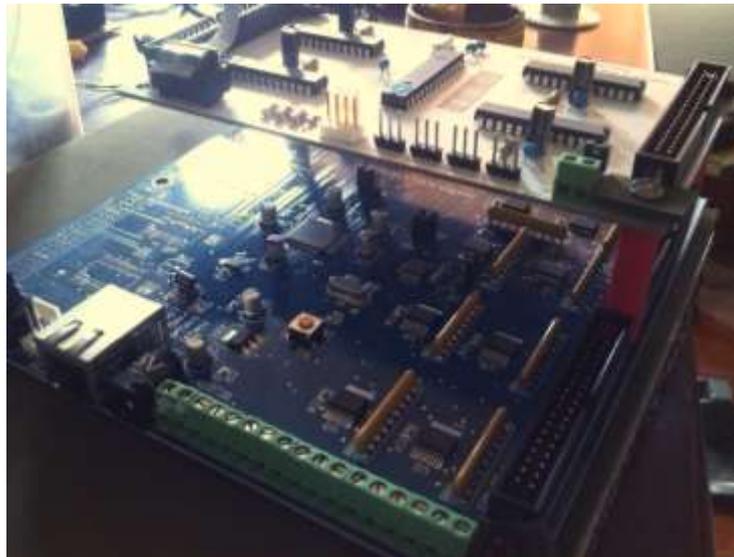
**Figura. 47 Emplazamiento del panel de control de fuego.**



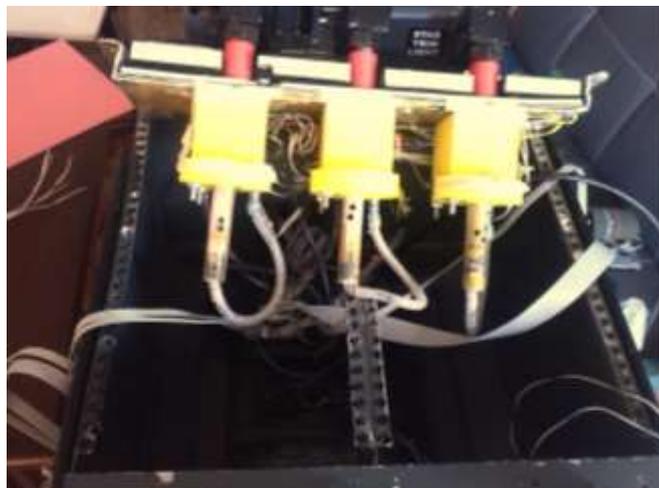
**Figura. 48 Afinamiento del sistema de aceleración del simulador.**

Una de las tareas a realizar en el CONTROL STAND era la del afinamiento de los aceleradores, porque por el uso del sistema los potenciómetros y los transmisores de movimiento, se desgastaron y perdieron efectividad, para su mejora se imprimió dos vástagos en forma de OZ, estos permiten recibir el torque de la palanca de aceleración, y su forma permite recibir la señal de

forma ininterrumpida, situación que no se tenía antes pues el vástago era recto. Las placas de control se colocaron una sobre la otra con postes de plástico y adosados a un panel ligero de fibra de vidrio que se encuentra en el CONTROL STAND.



**Figura. 49 Acople de las placas de control**



**Figura. 50 Ajuste de las palancas de control de fuego.**

Una vez completado el montaje de las placas se procedió a unir todo el cableado proveniente de los aceleradores, y el control de FLAPS. Los paneles que contienen los elementos de radio navegación se ensamblaron por medio de ferretería de cabeza hexagonal, es necesario recalcar que fue

imprescindible dejar un espacio para la salida de los cables que irán a los sistemas de alimentación, y señal, al final se dio una pequeña capa de silicón para mejorar el método de aislamiento, con el fin de ayudar a alargar la vida útil del equipo.



**Figura. 51 Conexión del arnés eléctrico.**



**Figura. 52 Prueba de los equipos en casa.**

Como paso previo se procedió a probar el equipo antes de instalarlo, estas pruebas tienen el fin de determinar si la placa de control está enviando señal al equipo, y si la señal es recibida de la misma forma para todos los elementos. Al obtener datos positivos, se procedió a trasladar el CONTROL

STAND a la cabina del simulador, y se inició dando limpieza a los equipos, y posterior asegurando los asientos al suelo, paso previo para asegurar el CONTROL STAND.



**Figura. 53 Preparación de las áreas de trabajo.**



**Figura. 54 Ajuste de asientos.**

Una vez ajustado los asientos se procedió a colocar el CONTROL STAND, el mismo poseía un cableado que va por debajo de la alfombra, el asegurado se realizó con ferretería normal de 1 pulgada y 2 mm de radio, culminada esa fase se procedió a conectar los equipos a las fuentes de alimentación y

señal, las fuentes de voltaje este caso en particular dos de voltaje DC una para la placa MASTER, y otra para la HIJA, y dos conectores USB para la placa arduino y los aceleradores



**Figura. 55 Ajuste de asientos y CONTROL STAND**

En este caso en particular las placas conectadas están ligadas al IP 192:168:2:34, que se encuentra por referencia para el uso del control del DEVICE, como último paso se procedió a conectar todos los equipos teniendo como resultado toda la cabina encendida y funcional.



**Figura. 56 Prueba de los componentes ensamblados**

### 3.10 Pruebas funcionales.

Las pruebas funcionales corresponden a las pruebas que se realizan para ver si existe conectividad en las placas de control, y por ende a los DEVICE. Dicha acción se hace conectando el cable Ethernet a cualquier equipo que posea SC PASCAL, además de energizar la placa, la placa debe prenderse un conjunto de luminiscencias, y en la computadora en las pestañas del PASCAL deberá aparecer la identificación de la placa, para que ello ocurra la conexión TCP IP 4 deberá estar en 192:168:2:34, para que la placa se comunique en ese canal.

**Tabla 1:**

#### **Pruebas funcionales**

<b>Tabla de pruebas funcionales</b>		
<b>PRUEBA</b>	<b>FAVORABLE</b>	<b>DESFAVORABLE</b>
Conectividad	X	
Envío de señal	X	
Recepción de señal	X	

### 3.10 Pruebas operativas.

Las pruebas operativas corresponden a determinar si los programas compilados se enlazan con los DEVICE, y si estos a su vez se envían ordenes al simulador de vuelo, esta tarea se realiza por medio del SC PASCAL, y corresponde a la dirección IP que se ha venido mencionando en este documento.

**Tabla 2:****Pruebas operacionales**

<b>Tabla de pruebas operacionales</b>		
<b>PRUEBA</b>	<b>FAVORABLE</b>	<b>DESFAVORABLE</b>
Recepción de datos	X	
Envío de datos	X	
Sincronización con el simulador de vuelo	X	

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones.

- En base a la recolección de información acerca de equipos para simulación de vuelo, se pudo realizar el desarrollo del proyecto, siguiendo normas y estándares aplicados a la aviación, así mismo los proyectos ejecutados dentro del simulador fueron de utilidad para comprender su funcionamiento e implementar nuevos sistemas.
- Aunque en su mayoría el proyecto utiliza la mano de obra del mecánico para su desarrollo, la aplicación de herramientas innovadoras como la impresión 3D, fue verdaderamente de gran ayuda, por consiguiente se afirma que las tecnologías de mecanización y creación de partes por medio de impresoras tridimensionales, podría ser una solución económica para solventar partes inexistentes, o dañadas, por lo menos en el simulador.
- Para la aplicación del proyecto se hizo uso de todos los conocimientos aprendidos en clase, por ende se considera que cualquier estudiante de mecánica aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías debe estar en condiciones de hacer uso del simulador.

#### 4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda hacer uso de los documentos y manuales disponibles acerca del funcionamiento del simulador para de esta manera descartar todas las fallas posibles que provengan de los equipos y de cada sistema.
- Se recomienda tener en cuenta las nuevas tecnologías disponibles para la reparación de partes dañadas o inexistentes en el simulador, debido a que ayudan a crear partes que no se encuentran en el mercado nacional.

- Se recomienda que antes de hacer uso del simulador exista un método para realizar familiarización con el equipo, esto con el fin de alargar la vida útil de los dispositivos instalados.

## GLOSARIO

- ADF. Buscador de dirección automática
- CONEXIÓN IP. Método de comunicación de protocolo de internet.
- DME. Equipo medidor de distancia.
- ETHERNET. Método de conexión local a modem.
- FIRE HANDLES. Palancas extintoras de fuego.
- FLIGHT SIMX. Software simulador de vuelo.
- ILS. Sistema de aterrizaje por instrumentos.
- INTERFACE. Método de interacción entre la máquina y un hombre por medio de un elemento físico.
- MAKER BOT. Software de impresión tridimensional.
- MCDU. Unidad de pantallas de monitoreo central.
- MHZ. Unidad de medida de frecuencia de onda que representa 1000000 de hercios.
- MODEM. Método electrónico para conexiones locales de internet.
- SC PASCAL. Software compilador de simulación para consolas.
- SOLID WORKS. Software de diseño e ingeniería.
- VOR. Antena de rango omnidireccional.
- MLS: Sistema automático de aterrizaje por microondas
- NDB: Baliza Unidireccional
- GPS: Sistema de posicionamiento global
- GNS: sistema de navegación global
- TACAN: Sistema de navegación aérea táctica
- PSR: Radar de supervivencia primario
- SSR: Radar de supervivencia secundario
- OBS: Selector de baliza omnidireccional
- NAV: Navegación
- COM: Comunicación
- GNSS: Sistema Global de navegación por satélite
- GLONASS: Sistema Global de navegación por satélite
- OACI: Organización de aviación civil internacional

- G/S: Glide Slope – Senda de planeo
- CAT: Categoría
- OM: Outer Marker
- MM: Middle Marker
- IM: Inner Marker
- IGU: Interface gráfica de usuario
- SCI: Sistema de control de interface

## BIBLIOGRAFÍA

- Aerosoft. (2014). *www.737ng.co*. Obtenido de <http://www.737ng.co.uk/overhead.htm>
- Air-tech. (2015). *Technical site boeing*. Obtenido de <https://i.ytimg.com>
- BOEING. (2014). *ATA 24*. USA: Boeing.co.
- Boeing. (2015). Recuperado el 2016, de <http://www.boeing.com/>
- Boeing, c. (2013 rev 2015). *ATA 27*. Texas: Boeing Publ.
- Boeing, T. (2015). *SliderShare*. Obtenido de <http://www.slideshare.net>
- Boeing-ATA24. (s.f.). *ATA-24*. Boeing.
- Boeing-ATA28. (2016). *ATA-28*. Boeing.
- Boeing-ATA29. (2015). *ATA-29*. Boeing.
- Boeing-ATA36. (2015). *ATA37*. Boeing.
- Boeing-ATA49. (2015). *ATA 49 AUXILIAR POWER UNIT*. Boeing.
- Boeing-UK. (2015). Obtenido de <http://www.b737.org.uk>
- Boone, P. (2016). *Boeing 737*. Recuperado el 2016, de <http://www.b737mrg.net/>
- Brady, C. (01 de 2015). *www.b737.org*. Recuperado el 2016, de <http://www.b737.org.uk/flightcontrols.htm>
- Granada, U. d. (2015). *Diseño asistido por ordenador*. Granada-España.
- LLeufo, R. (2016). *Todo sobre Boeing*. Recuperado el 2016, de <http://todosobre737.blogspot.com/>
- Moreira, J. P. (2015-2016). *Investigacion de campo*. Latacunga.
- Prgramacion. (2014). Recuperado el 2016, de <http://www.lenguajes-de-programacion.com/programacion-en-pascal.shtml>
- Sayontan, S. (2015). *Electronica Unicrom*. Obtenido de <http://unicrom.com/multiplexor-mux/>
- Times, t. s. (2014). *the pulizert times*. Obtenido de <http://archive.pulitzer.org>

# ANEXOS