



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN AVIONES**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

AUTOR: GARCÍA REY, DANIEL ALEXANDER

TUTOR: ING. INCA YAJAMÍN, GABRIEL SEBASTIÁN

LATACUNGA

2021





“CHEQUEO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ALERTA DE DESPEGUE (TAKE OFF WARNING SYSTEM), MEDIANTE EL USO DE INFORMACIÓN TÉCNICA APLICABLE EN EL SIMULADOR DE LA AERONAVE BOEING 737-500, PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”.



General

- Realizar el chequeo operacional del Sistema de Alerta de Despegue (Take off Warning System), mediante el uso de información técnica aplicable en el simulador de la aeronave Boeing 737-500, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Específicos

- Recopilar información técnica del Take Off Warning System de la aeronave Boeing 737-500, correspondiente a la tarea de mantenimiento a ejecutar.
- Recrear los procedimientos de ajuste para el sistema de Alerta de despegue, posterior al chequeo operacional.
- Realizar la tarea de Mantenimiento del Take off Warning System de acuerdo a los manuales técnicos referentes a la operación técnica en el simulador de la aeronave.



La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, creada el 16 de junio de 1922, ha ofrecido una educación superior de calidad, eficiencia a sus nuevos y futuros estudiantes. Por lo cual, es plenamente identificada como la única en capacitar al personal técnico, mediante la carrera de mecánica aeronáutica, ofreciendo de esta forma un alto nivel de enseñanza y capacitación tanto práctica como teórica, a sus futuros técnicos en mantenimiento de aeronaves.

Sin embargo, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, debido a la falta de un simulador de vuelo con estas características tanto estructurales como funcionales, permite la preparación del alumnado en este tipo de aeronaves como el Boeing 737-500. Se implementará uno, el cual, se desarrolle habilidades técnicas tanto en el chequeo operacional de los sistemas de alerta de despegue como en otros procedimientos. De esta forma, obteniendo la verificación de los diferentes tipos de alertas que existen tanto visuales como audibles dentro de la cabina de un avión, por lo que realizar este tipo de tareas de mantenimiento resulta muy costosas para su preparación mediante equipos altamente tecnológicos.



La realización del proyecto permitirá el uso del simulador de vuelo de la aeronave Boeing 737-500, en el chequeo operacional del sistema de alerta de despegue (Take off Warning System), mejorando las condiciones de preparación de los futuros Técnicos de la carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.



Historia y transformación del simulador de vuelo en el mundo

Daniel A. Garcia Rey

La historia de la aviación habla de los primeros proyectos que se desarrollaron en el siglo XX, donde grandes inventos comenzaron a desarrollarse como por ejemplo, el 17 de diciembre de 1903, Orville Wright lanzó su gran creación, llamada "Wright Biplane", por solo doce segundos, permitiéndose alcanzar el primer vuelo sostenido, controlado y motorizado en la historia.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Historia y transformación del simulador de vuelo en el mundo

Daniel A. Garcia Rey

La aeronave o de igual forma conocida como “Biplano Wright” usaba **dos tipos de controles de vuelo: “pitch”** (inclinación de arriba y abajo) y **“roll”** (movimiento izquierda y derecha). Consecutivamente a este diseño, es creado el “Monoplano Antoinette”, el cual utilizaba un dispositivo de control de vuelo, pero con la diferencia era que **contenía dos ruedas a cada lado del piloto, una para “pitch o cabeceo” y otra para “roll o alabeo”**.

Uno de los primeros simuladores de vuelo, reconocido como tal en la historia fue llamado en aquel entonces como “entrenador de vuelo”, inventado en 1909, para poder entrenarse apropiadamente en prácticas de vuelo del “Antoinette”.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Normativa de la OACI en el uso de dispositivos en simuladores de vuelo.

Daniel A. Garcia Rey

Conforme a las regulaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) (publicados en el documento No. 9625), manifiesta la clasificación y las características de los dispositivos de instrucción de simulación de vuelo, estipulado en LAR 142.410

Sin embargo, en LAR 142 establece que el uso de estos dispositivos de simulación de vuelo tanto para su certificación como para su regulación se registra en los documentos contenidos en cada agencia reguladora de cada país (DGAC-Ecuador, parte 142), que indica los requisitos y reglas de operación de los CEAC (Centro de Entrenamiento Aviación Civil), dirigidas a entrenar a la tripulación de vuelo, mecánicos aeronáuticos, pilotos de transporte de línea aérea

Dentro del capítulo E, de la RDAC 142, da a conocer dos subtemas que son elementales para el desarrollo de simuladores de vuelo:

- **RDAC 142.405. Dispositivos de instrucción para simulación de vuelo.**
- **RDAC 142.410. Clasificación y características de dispositivos de instrucción para simulación de vuelo.**



de vuelo.

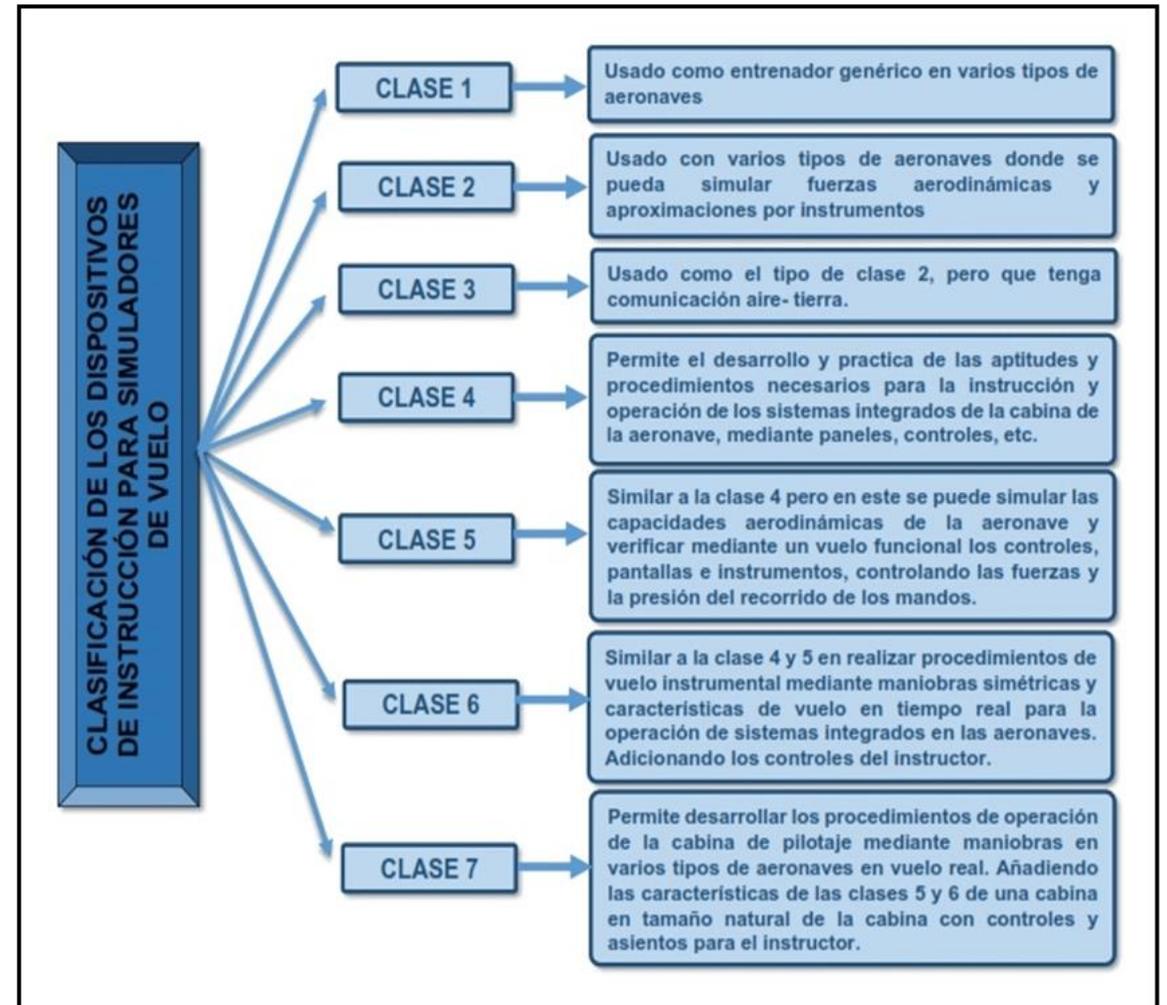
Según LA RDAC 142.405, nos da a conocer **la normativa que explica sobre los dispositivos de instrucción para simulación de vuelo** en donde la CEAC (centro de entrenamiento aviación civil), establece ciertos criterios a demostrar para el uso de estos equipos. Entre ellos **está establecido que, para cada dispositivo**, esté ciertamente aprobado por la AAC, su tamaño sea una copia de igual tamaño a la cabina de pilotaje a la aeronave a utilizar; teniendo en cuenta, la valides de los equipos y controles, el cual permiten tener control del sistema y maniobrabilidad de la aeronave simulada.



RDAC 142.410. Clasificación y características de dispositivos de instrucción para simulación de vuelo.

Daniel A. Garcia Rey

La RDAC 142, nos explica sobre la clasificación en función de las características de los dispositivos de instrucción, el cual toma en cuenta las partes físicas, hardware, software, movimiento y clasificándolo en función de su propósito y la utilidad la cual va a tener dentro de la instrucción. su clasificación se dio mediante 7 clases diferentes y cada una con su respectivo propósito tanto desde la clase 1 hasta las clases 7. A su vez también lo clasifica en diferentes niveles desde la A, hasta la D donde detalla los requerimientos mínimos para la cual fueron desarrollados para el uso respectivo de los simuladores de vuelo



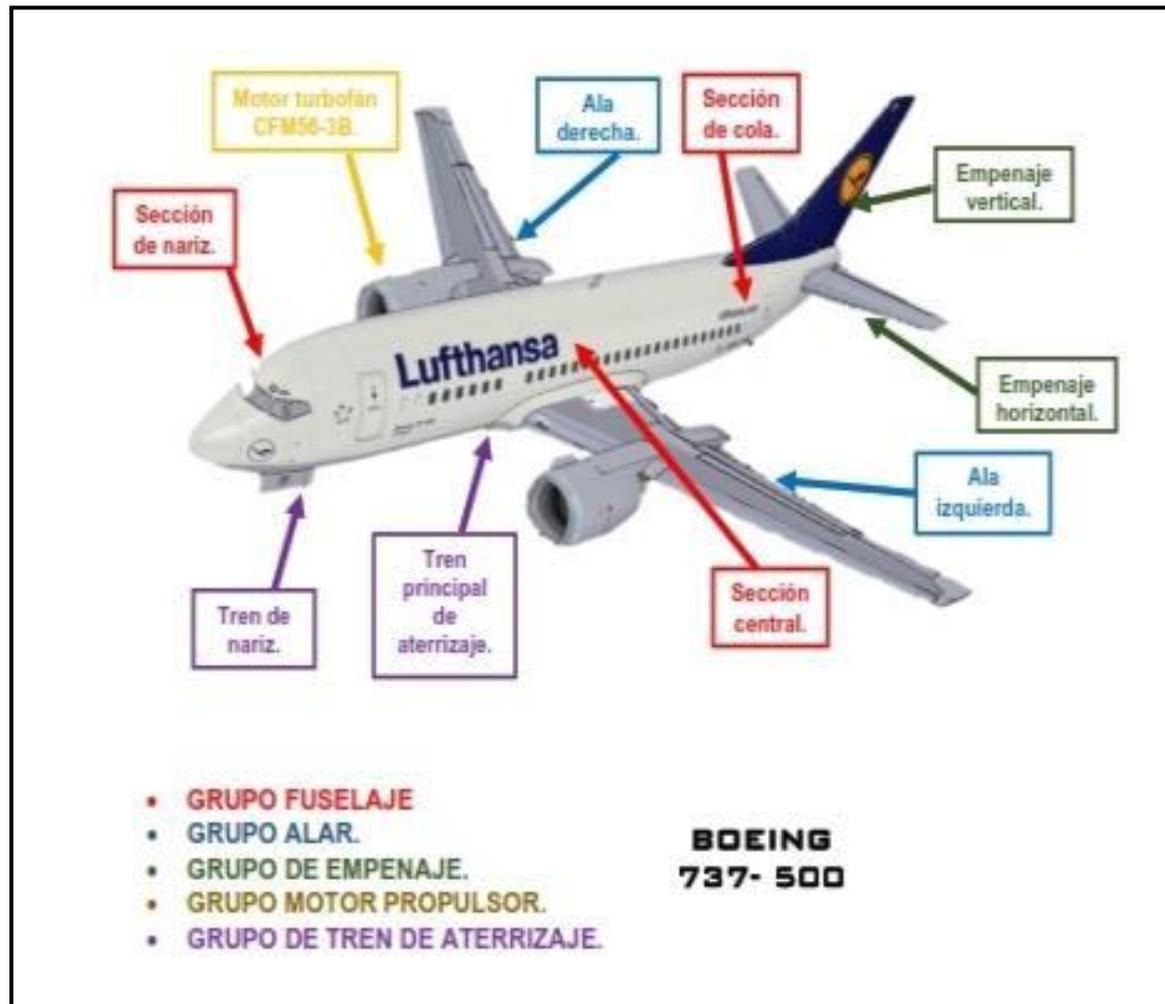
Clasificación de los simuladores de vuelo

- Entrenador de procedimientos de cabina (CPT).
- Dispositivo de entrenamiento de aviación (ATD).
- Dispositivo de entrenamiento de instrumentos básicos (BITD).
- Entrenador de procedimientos de vuelo y navegación (FNPT).
- Entrenador de procedimientos integrados (IPT).
- Dispositivo de entrenamiento de vuelo (FTD).
- Simulador de vuelo completo (FFS).



BOEING 737-500

Daniel A. Garcia Rey



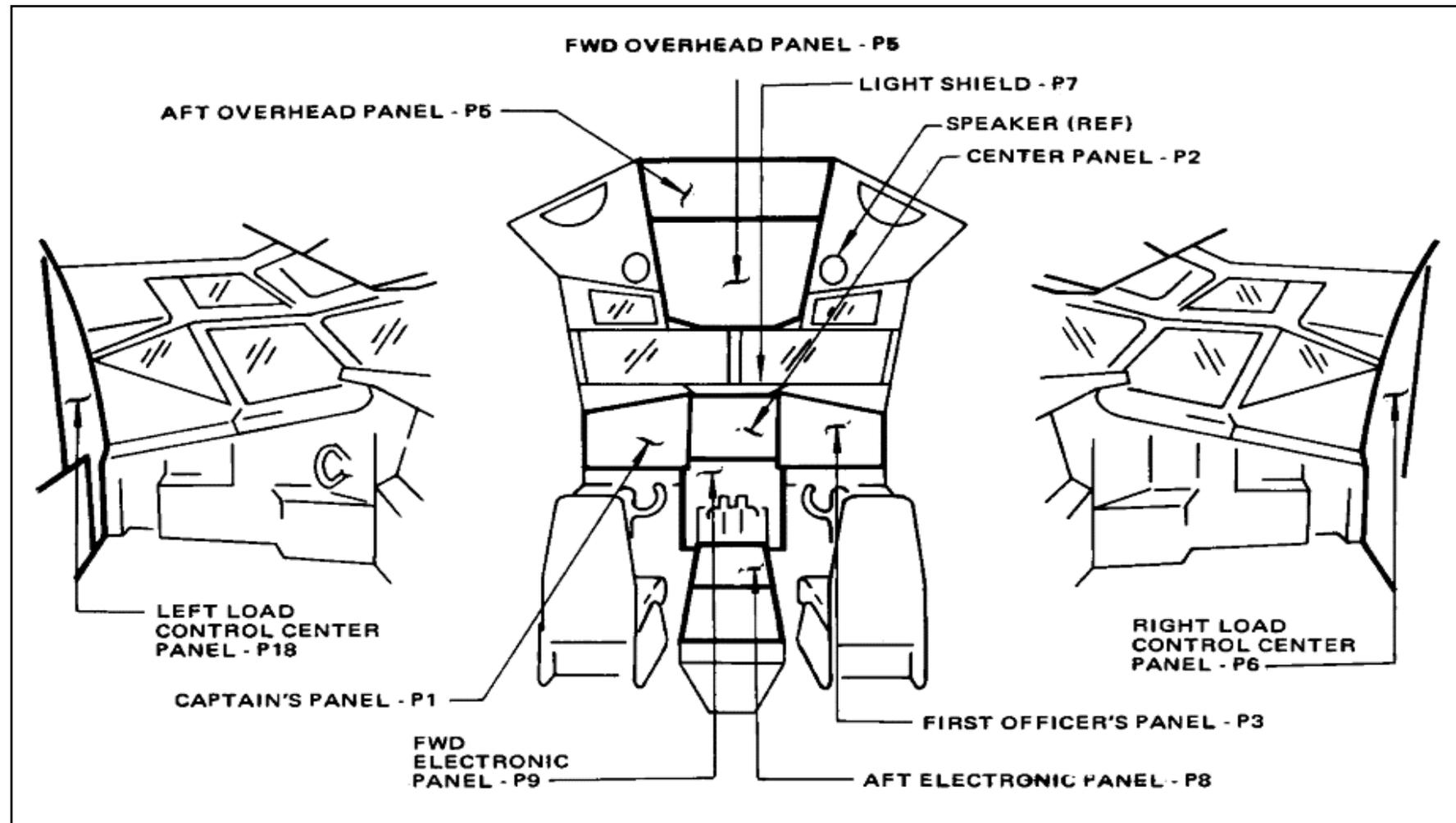
ESPECIFICACIONES	INFORMACIÓN
MODELO DE AERONAVE	BOEING 737-500
FABRICANTE	THE BOEING COMPANY
VELOCIDAD CRUCERO	840 KM/H.
ALTITUD MAX DE OPERACIÓN	11278m (37000 ft)
TRIPULANTES	2 PILOTOS, 3 SOBRECARGOS
PASAJEROS	130 - 132
LONGITUD DEL FUSELAJE	32,18m (105,7 ft)
LONGITUD DE LA AERONAVE	33,4m (109,7 ft)
ALTURA	11,13m (36,6 ft)
ENVERGADURA ALAR	28,91m (94,10 ft)
ENVERGADURA ESTABILIZADOR HORIZONTAL	12,7m (41,8 ft)
ANCHO DEL FUSELAJE	3.76m (12,4 ft)
ALTO DEL FUSELAJE	4,01m (13,2 ft)
DISTANCIA ENTRE RUEDAS PRINCIPALES	5,23m (17,2 ft)
DISTANCIA ENTRE TRENES DE ATERRIZAJE	12,445m (40,10 ft)
MOTOR TURBOFAN DE LA AERONAVE	CFM56-3B (20K LB-EMPUJE)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

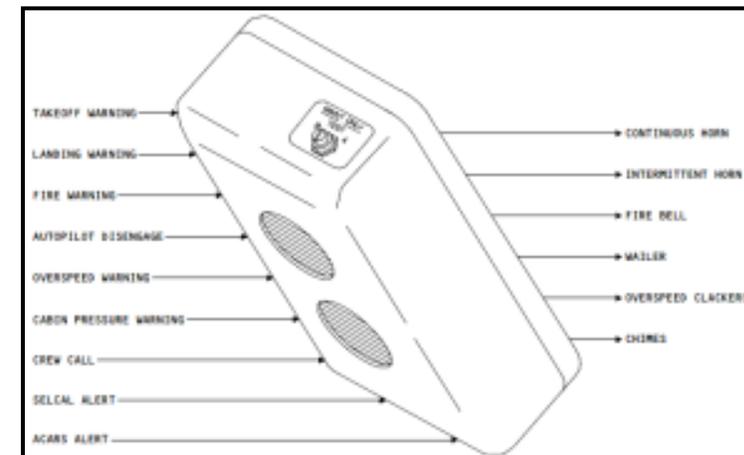
CABINA DE LA AERONAVE BOEING 737-500

Daniel A. Garcia Rey

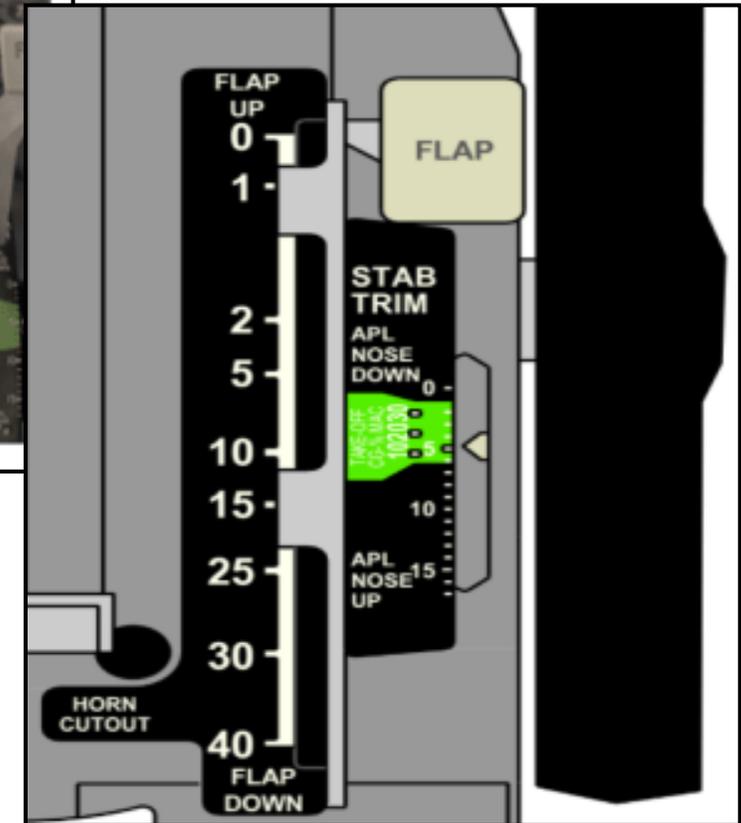
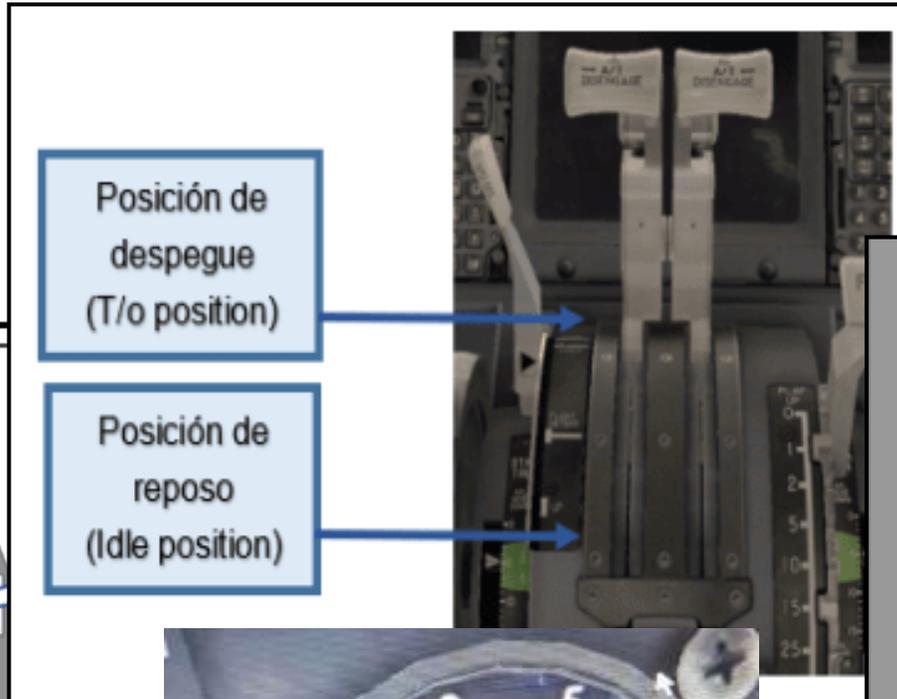
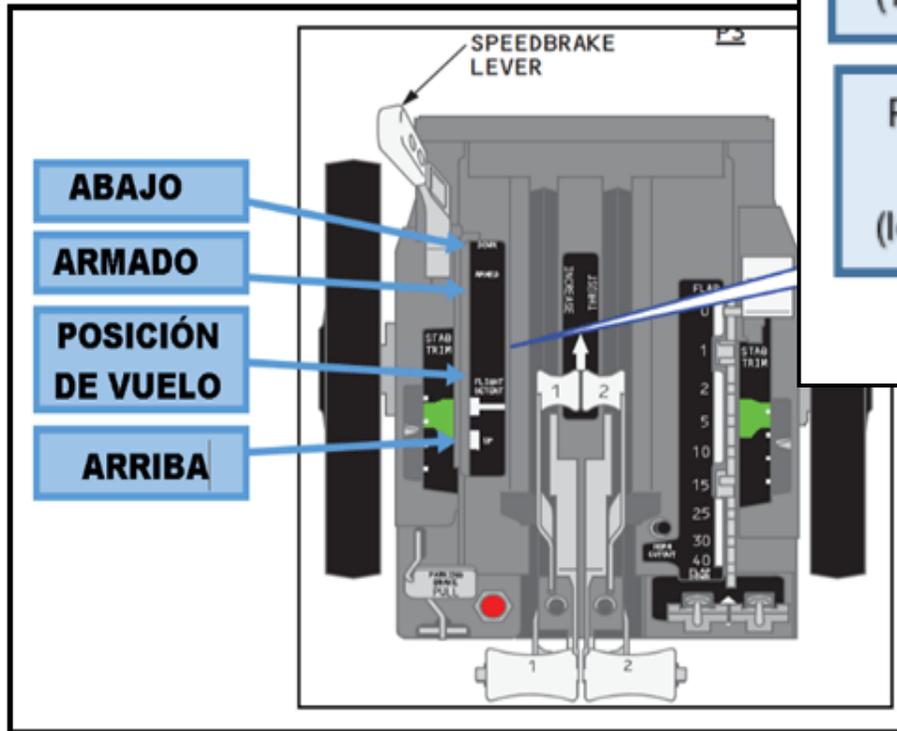


TIPOS DE ALERTA EN LA AERONAVE BOEING 737-500

- Aviso aural o sonora.
- Aviso de vibración.
- Aviso visual.



PANEL CENTRAL DE CONTROL



SISTEMA DE ALERTA DE DESPEGUE T/O WARNING

Daniel A. Garcia Rey

- Este sistema se enciende en estas circunstancias:
- Cuando la aeronave está en tierra y al avanzar los aceleradores más de 30 grados en cabina y este no se encuentra configurado correctamente para el despegue.
- El freno de velocidad no se encuentra abajo detenido.
- Los flaps se encuentran fuera del rango de despegue.
- Los estabilizadores se encuentran fuera del rango de la b
- Los LE flaps no se encuentran extendidos.
- Cuando el freno de aparcamiento se encuentra instalado



SOFTWARE DE SIMULACIÓN: X Plane 11

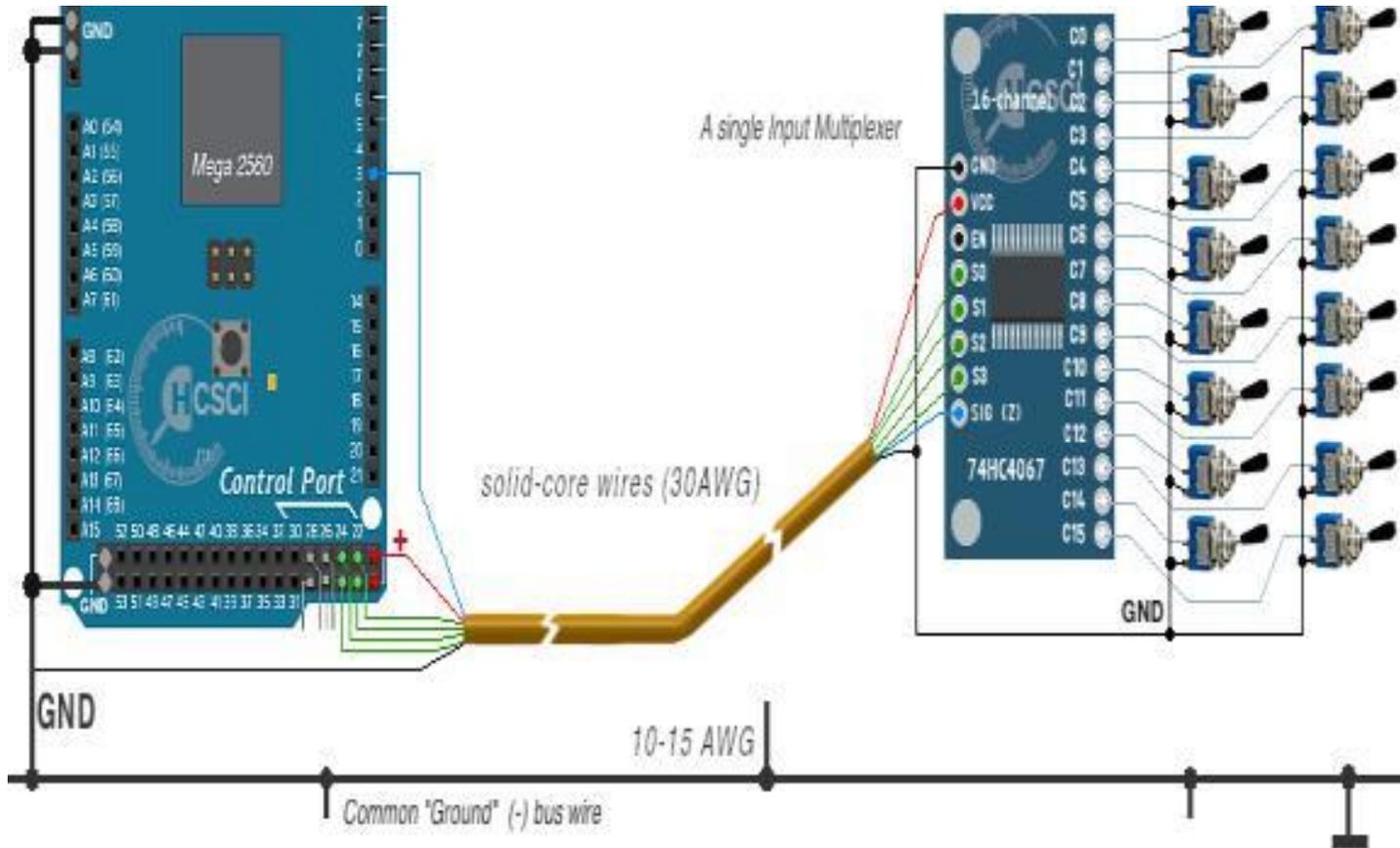
Daniel A. Garcia Rey



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN

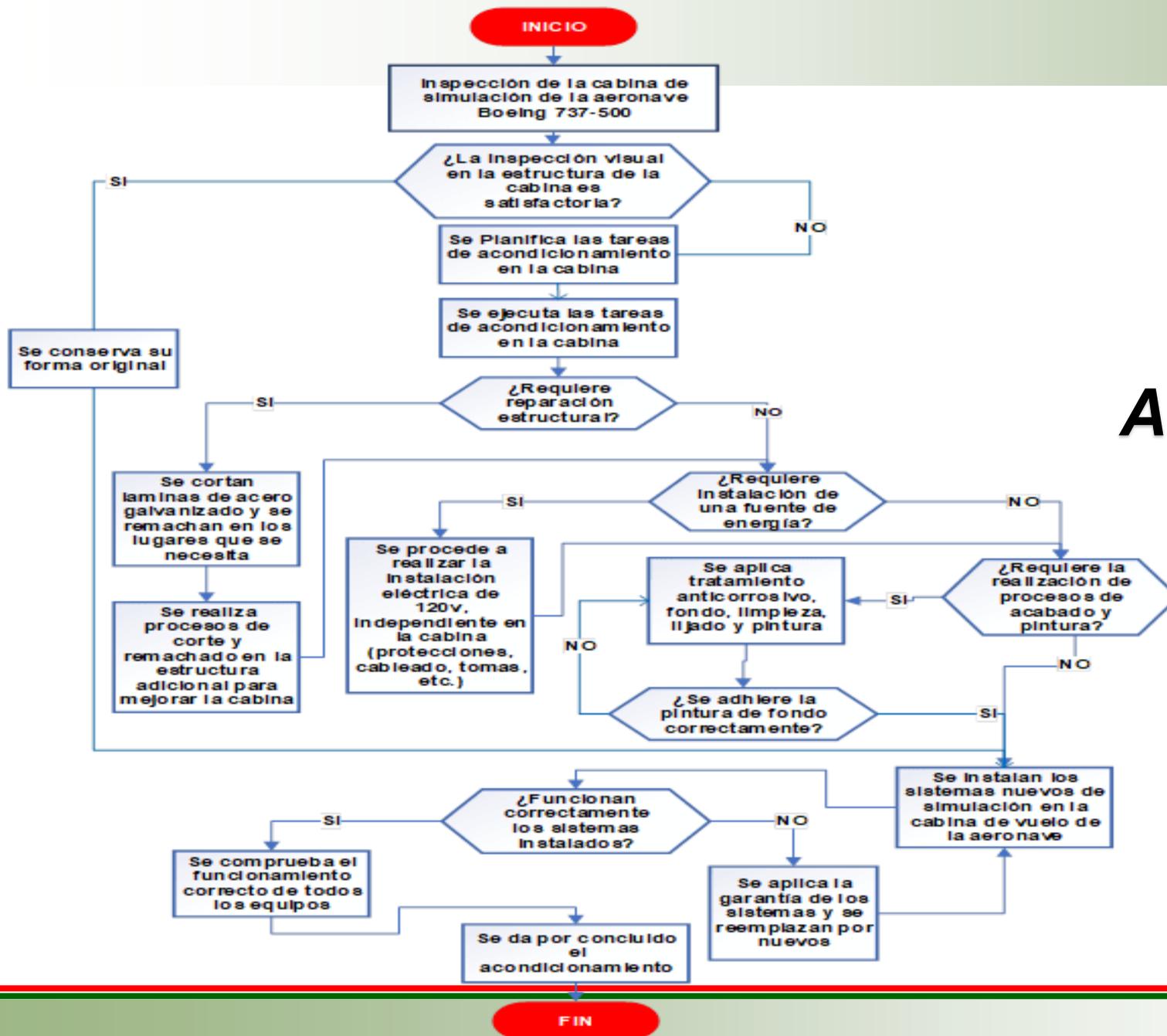
Daniel A. Garcia Rey



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DESARROLLO DEL PROYECTO BOEING 737 ACONDICIONAMIENTO DE LA CABINA

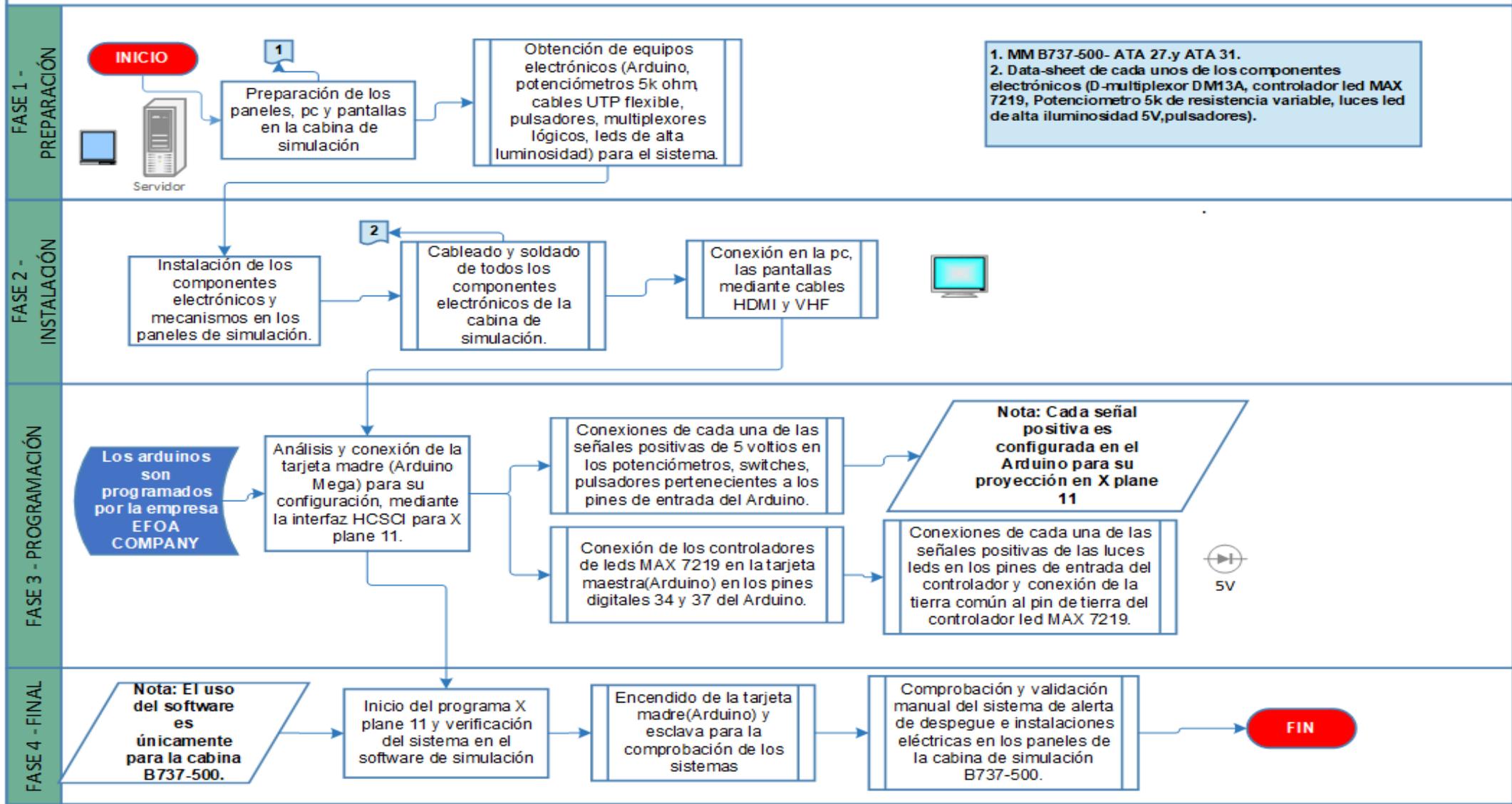
Daniel A. Garcia Rey

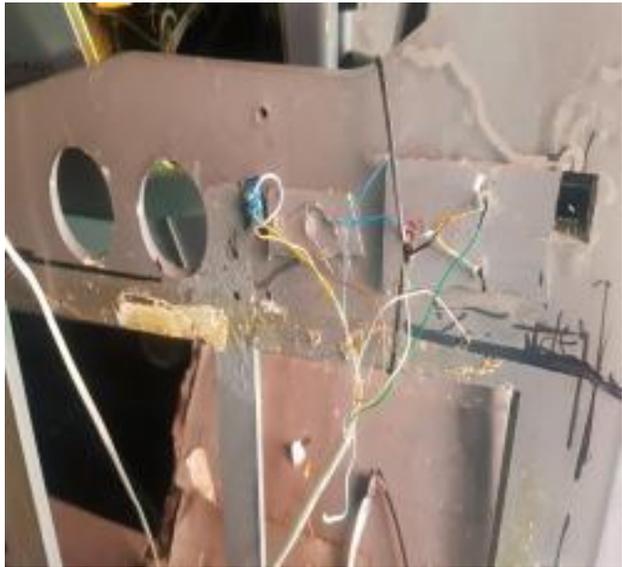
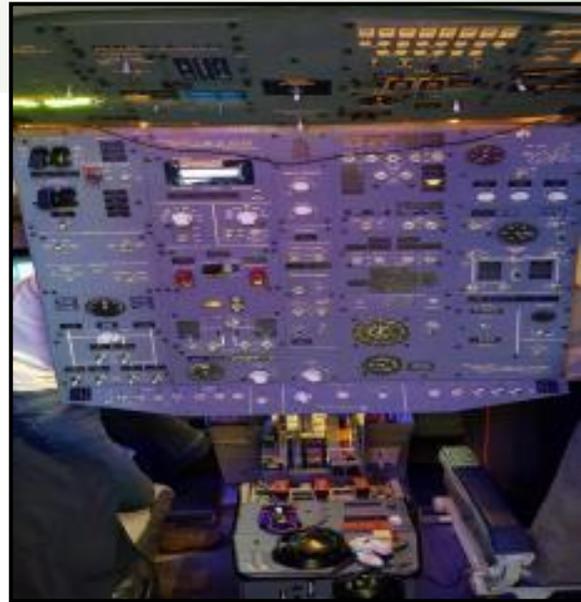
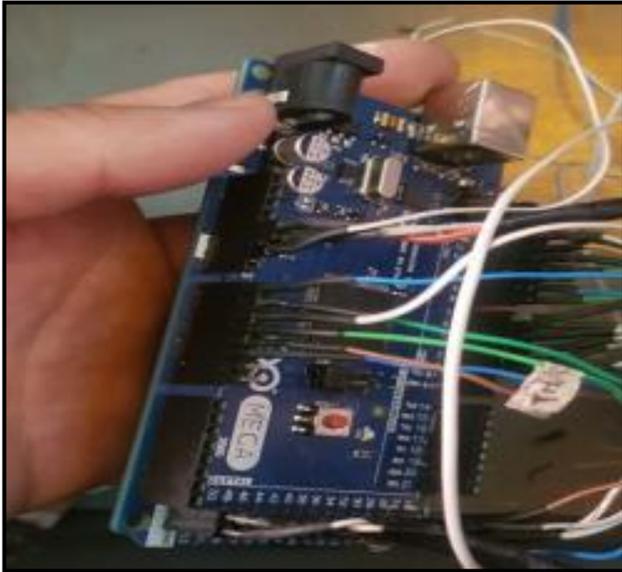




INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA TAKEOFF WARNING EN LA CABINA DE SIMULACIÓN B737

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA TAKEOFF WARNING EN EL SIMULADOR DE VUELO BOEING 737





Daniel A. Garcia Rey



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA DE DESPEGUE BOEING 737-500

Daniel A. Garcia Rey

(a) Se procedió a encender y preparar la cabina de simulación de vuelo. VER ANEXO 12, MANUAL DE OPERACIÓN (Proceso de encendido de la aeronave).

(b) Se suministro energía eléctrica y se encendió la aeronave mediante planta externa y se alimentó el sistema hidráulico A y B.

A) Operación de encendido de la cabina de simulación Boeing 737:

1. Colocar los disyuntores en la posición ON, ubicados en la caja térmica para energizar la cabina de simulación.
2. Verificar que las pantallas estén encendidas, y que el CPU este energizado.
3. Presionar el botón de color gris ubicado en el After Overhead Panel para encender el CPU del simulador.



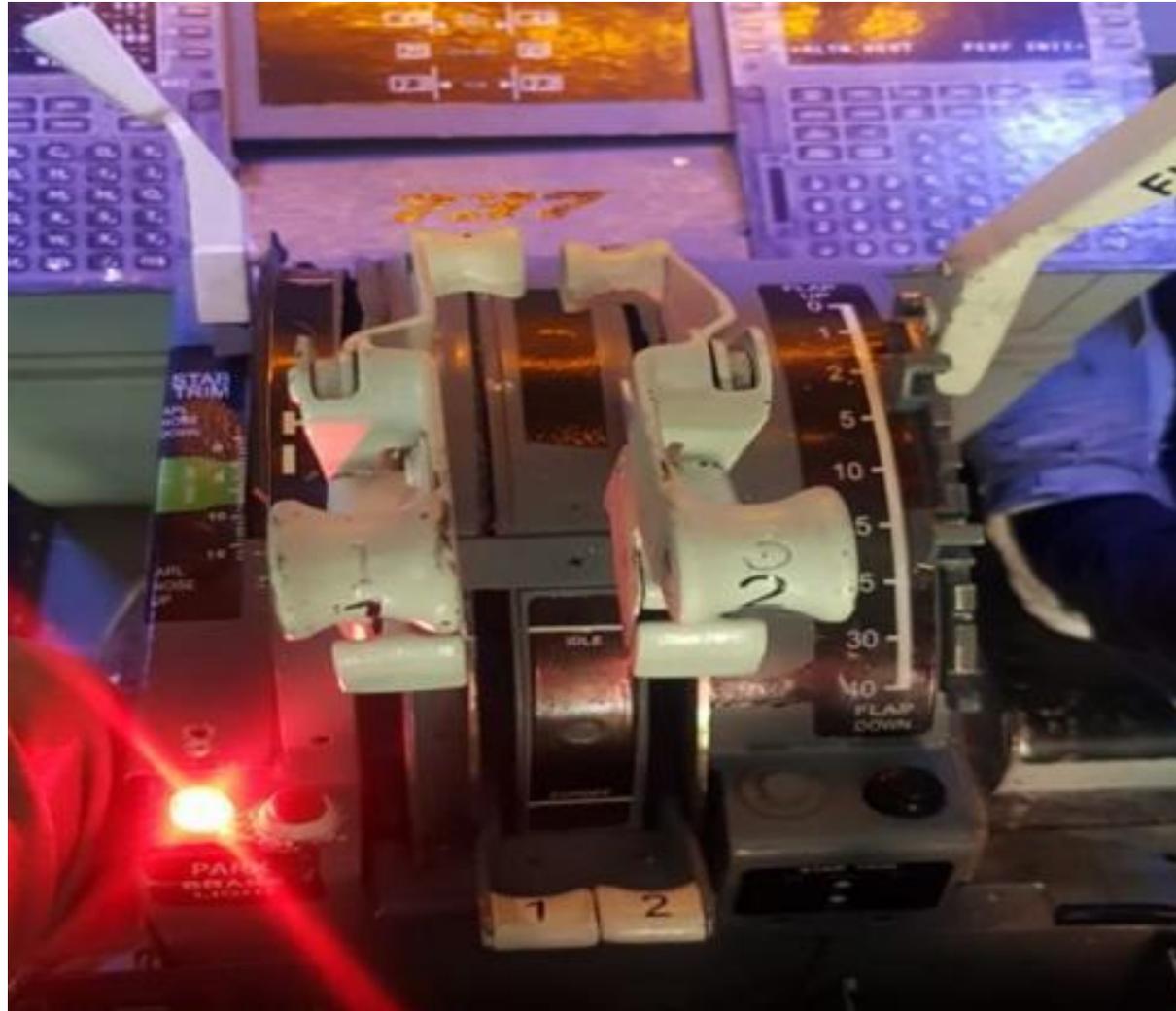
4. Comprobar que el CPU esté encendido y esperar de 25 a 30 segundos hasta que se muestre la imagen del escritorio de Windows en los monitores de la cabina de simulación.
5. Interactuar con el escritorio de Windows, revisando que se encuentre en óptimas condiciones y no muestre ningún mensaje de error en su operación.
6. Activar los interruptores ubicados al costado izquierdo del Overhead Panel, energizando de esta forma cada uno de los controladores de los paneles.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

FASE DE PREPARACIÓN DEL PANEL DE CONTROL CENTRAL PARA LAS PREUBAS DEL SISTEMA

Daniel A. Garcia Rey



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

1. PRUEBA DE LOS INTERRUPTORES DE ALERTA DE DESPGUE OPERADOS POR LAS PALANCAS DE POTENCIA 1 Y 2

Daniel A. Garcia Rey



Palanca de potencia 1 de 29-33 grados

Palanca de potencia 2 en posición IDLE



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

2. PRUEBA DEL INTERRUPTOR DE ALERTA DE DESPEGUE DE FLAPS

- Sistemas hidráulicos A y B presurizados.
- La luz roja no se enciende dentro del rango de despegue entre 1-25 grados de flaps.
- Se enciende cuando los flaps están en transito o se encuentran fuera del rango de despegue a 0 grados y 30 a 40 grados.
- Una de las palancas se encuentran hacia adelante



Prueba del Stab Trim

- Se enciende la luz cuando esta fuera de la banda verde.
- Se apaga cuando esta dentro de la banda verde
- Se mueve una de las palancas de potencia hacia adelante
- La posición de flaps debe estar dentro del rango de despegue y una de las potencias hacia adelante



Luz roja de Takeoff configuration

TAKEOFF CONFIG



PRUEBA DEL INTERRUPTOR DEL FRENO DE VELOCIDAD

Daniel A. Garcia Rey

- Una de las palancas de potencia hacia adelante.
- No se enciende la luz roja mientras este en la posición ABAJO.
- Se enciende cuando esta fuera del reten de la posición ABAJO.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO

- Una de las palancas de potencia hacia adelante.
- Flaps dentro del rango de despegue.
- Frenos accionados o pulsados se enciende la luz.
- Freno desactivados se apaga la luz



Aeronave colocados en su posición habitual

Daniel A. Garcia Rey

- Ponga los frenos de velocidad, el estabilizador, los flaps, las palancas de empuje y los disyuntores en sus posiciones habituales.
- Ponga los frenos de estacionamiento si es necesario.
- Quite la energía hidráulica, si no es necesario.
- Quite la energía eléctrica de la aeronave mediante la planta externa. Si no es necesario.
- Si se requiere apague del software de simulación y des energice la cabina de simulación de vuelo Boeing 737. VER ANEXO 12. MANUAL DE OPERACIÓN (Proceso de apagado del software y cabina de simulación).

E) Operación de apagado del software de simulación:

1. Colocar en pausa el vuelo simulado (Tecla P)
2. Dirigirse a la barra superior principal del programa X- plane y escoger la opción de terminar vuelo
3. Dirigirse a la barra de herramientas superior en opción "EMITIR" y seleccionar la opción " Salir de X plane 11".

F) Operación de apagado de la cabina de simulación Boeing 737:

1. Cerrar todas las ventanas abiertas en el escritorio de la cabina de simulación, incluido el software del simulador X PLANE-11.
2. Des energizar las placas controladoras de la cabina de simulación mediante los switches en la parte izquierda del overhead panel.
3. Apagar el computador del simulador en la opción Windows "apagar".
Nota: Mantener las luces de iluminación de área encendidas durante el proceso de apagado, cuya finalidad es evitar alguna lesión o golpe debido a la falta de visualización dentro de la cabina.
4. Apagado de las luces internas (color ámbar) de los paneles de sobre cabeza (overhead panel) de la cabina mediante el potenciómetro encontrado en su mismo panel - Brillo de luces de paneles en su posición de apagado (Circuit breaker – Bright OFF).
5. Apagado de las luces internas (color ámbar) de los paneles P1, P2, P3 de la cabina mediante el potenciómetro encontrado en la parte inferior de su panel P1 (Bright OFF).
6. Apagado de la luz principal interior de la cabina mediante el interruptor encontrado en su panel overhead - (Dome White – OFF).
7. Comprobar que todos los equipos se encuentren apagados.
8. Bajar los disyuntores en la caja térmica antes de salir.



- Mediante la información técnica recopilada que son los manuales de mantenimiento, y la Task card #31-026-02-01, referente a la aeronave Boeing 737-500, se logró ejecutar la tarea de mantenimiento y de igual forma, analizar los diferentes tipos de simuladores existentes mediante documentos generados por la DGAC, los cuales especifican como categorizar un simulador de vuelo según los estándares ya establecidos; tomando en cuenta la información de programación analizada para el funcionamiento del sistema en el software del simulación X plane 11.
- Todos los procedimientos realizados con respecto al tema de ajuste y prueba del sistema de alerta de despegue, se los realizo con éxito, gracias a los estándares de requisitos generales establecidos en el APENDICE 1, tabla 1-IA del documento de la RDAC 60, y al software de simulación de vuelo, permitiendo realizar este tipo de tareas, recreando como si fuera una aeronave de verdad y tomando en cuenta los manuales de operación y de seguridad generados para una operación más efectiva.



- La realización de la tarea de mantenimiento se lo realizo siguiendo la normativa establecida por el fabricante para el ajuste y prueba del sistema de alerta y de despegue, referente a la aeronave Boeing 737-500, el cual se evidenció en el capítulo 3 de este proyecto siguiendo apropiadamente cada procedimiento establecido según la task card #31-026-02-01 y la RDAC 60.



- Es recomendable siempre trabajar dentro del simulador con toda la información técnica (Manuales de mantenimiento, manual de operación, seguridad, checklist de la aeronave), el cual facilita el trabajo y entendimiento de los sistemas que conforman la cabina de simulación.
- Es recomendable para la verificación más precisa del sistema de alerta de despegue adaptar un mecanismo que se acople al mecanismo actual y pueda indicar los movimientos del Stab Trim de manera manual.
- Es recomendable no manipular los equipos sin conocimiento previo y sin objetos eléctricos u electrónicos el cual pueda dañar los equipos produciendo estática entre la persona y los circuitos y componentes eléctricos.





GRACIAS