



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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
AVIONES**

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

**TEMA: “REMOCIÓN, INSPECCIÓN E INSTALACIÓN DEL  
CONJUNTO DE FRENOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN  
DE UN BANCO MANUAL DE PRUEBA PARA EL AVIÓN  
BOEING 737-200 PERTENECIENTE AL ALA DE TRANSPORTE  
Nº 11”**

**AUTOR: ARMENDARIZ RENGEL, ALEXIS DANNIEL**

**DIRECTORA: TLGA. EMMY SAMANTA ZABALA CÁCERES**

**LATACUNGA**

**2017**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“REMOCIÓN, INSPECCIÓN E INSTALACIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MANUAL DE PRUEBA PARA EL AVIÓN BOEING 737-200 PERTENECIENTE AL ALA DE TRANSPORTE N° 11.”** realizado por el señor **ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL** 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 **ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de Febrero del 2017

-----  
**TLGA. EMMY SAMANTA ZABALA CÀCERES**  
**DIRECTORA**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

### **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

#### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL**, con cédula de ciudadanía N° 180435245-6, declaro que este trabajo de titulación **“REMOCIÓN, INSPECCIÓN E INSTALACIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MANUAL DE PRUEBA PARA EL AVIÓN BOEING 737-200 PERTENECIENTE AL ALA DE TRANSPORTE N° 11.”** 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, 23 de Febrero del 2017**

---

**ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL**

**C.C: 1804352456**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**  
**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“REMOCIÓN, INSPECCIÓN E INSTALACIÓN DEL CONJUNTO DE FRENOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO MANUAL DE PRUEBA PARA EL AVIÓN BOEING 737-200 PERTENECIENTE AL ALA DE TRANSPORTE N° 11.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 23 de Febrero del 2017**

---

**ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL**

**C. C: 1804352456**

## **DEDICATORIA**

Este Proyecto de Graduación se lo dedico principalmente a mi Madre María Rengel, porque con su esfuerzo ha hecho posible mi preparación profesional y me ha guiado a cumplir mis sueños y metas.

A mis Tías Elvia Rengel y Beatriz Rengel que han demostrado ser como unas segundas madres para mí y con sus consejos y enseñanzas me ha encaminado por el camino del bien y me ha apoyado en todas los problemas de mi vida.

De igual manera a mi hermana que me ha guiado con sus conocimientos y ha permanecido a mi lado brindándome su ayuda.

**ALEXIS ARMENDÁRIZ**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios, por darme la vida, la dedicación y mantenerme perseverante ante los obstáculos iluminándome y fortaleciéndome cada día más.

A mi Madre, ya que sin su apoyo, sin sus consejos, sin su respaldo no me hubiese sido posible llegar a cumplir esta meta, de lo cual espero se enorgullezca.

A mis tías Elvia y Beatriz por la fe que han puesto en mí y no han desconfiado de mi esfuerzo para conseguir lo que me propongo.

A mi hermana Solange por ese apoyo incondicional, y sus pruebas que me han enseñado a que las cosas importantes no son fáciles de conseguir y que hay q luchar por ellas.

A Mariana Herrera quien ha sido una amiga incondicional, quien me ha brindado su apoyo en la gran mayoría de cosas que he realizado y siempre ha sabido estar ahí cuando la necesito.

**ALEXIS ARMENDÀRIZ**

**ÍNDICE GENERAL**

CARATULA	
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 ALCANCE .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 HISTORIA DEL BOEING 737-200 .....	5
2.1.1 GENERALIDADES DEL AVIÓN BOEING 737-200.....	5
2.2 HIDRÁULICA .....	6
2.2.1 Simbología .....	6

2.3	SISTEMA HIDRÁULICO BOEING 737-200 .....	8
2.3.1	Unidades modulares .....	8
2.3.2	Tuberías hidráulicas y cañerías flexibles .....	9
2.3.3	Válvulas check .....	9
2.3.4	Unidad modular de potencia hidráulica en tierra .....	9
2.3.5	Sistema hidráulico A .....	10
2.3.6	Sistema hidráulico B .....	11
2.3.7	Stand By .....	12
2.3.8	Identificación de las líneas de fluidos .....	14
2.4	TRENES DE ATERRIZAJE.....	14
2.4.1	Historia de los trenes de aterrizaje.....	14
2.4.2	Clasificación de los trenes de aterrizaje.....	16
2.4.2.1	Por el número de ruedas .....	17
2.4.2.2	Por características de articulación.....	20
2.4.2.3	Por sistema de suspensión.....	20
2.4.2.4	Por geometría de suspensión.....	21
2.5	DESCRIPCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL BOEING 737-20022	
2.6	FRENOS .....	23
2.7	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE FRENOS BOEING 737-200.....	25
2.7.1	Sistema de frenos del Boeing 737-200 .....	26
2.7.1.1	Articulación de control de freno. ....	27
2.7.1.2	Válvula dosificadora de freno .....	28
2.7.1.3	Actuador de incremento sensitivo de la válvula de freno.....	28
2.7.1.4	Frenos del tren principal .....	28
2.7.1.5	Acumulador hidráulico de freno .....	29
2.7.1.6	Conjunto giratorio de freno del tren principal .....	29
2.8	FLUIDOS HIDRAULICOS .....	31



2.8.1	Propiedades de los fluidos hidráulicos .....	31
2.8.2	Clasificación de los fluidos hidráulicos .....	31
2.8.3	Skydrol 5 (BMS 3-11).....	33
2.9	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP).....	33
2.9.1	Protección de los ojos y la cara.....	34
2.9.2	Protección de los oídos.....	34
2.9.3	Protección de las vías respiratorias .....	34
2.9.4	Protección de manos y brazos.....	34
2.9.5	Protección de pies y piernas .....	35
2.9.6	Protección corporal .....	35
	CAPÍTULO III.....	36
	DESARROLLO DEL TEMA .....	36
3.1	PRELIMINARES .....	36
3.2	UBICACIÓN DEL AERONAVE BOEING 737-200 .....	36
3.3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	37
3.4	REMOCIÓN DEL CONJUNTO DE FRENO .....	39
3.5	INSPECCIÓN.....	45
3.5.1	Implementación del banco manual.....	45
3.5.1.1	Banco .....	46
3.5.1.2	Diseño del banco.....	46
3.5.1.3	Construcción del banco .....	47
3.5.2	Limpieza del freno.....	55
3.5.3	Inspección visual.....	58
3.5.4	Chequeo .....	59
3.5.5	Prueba funcional del conjunto de freno.....	62
3.6	MANUALES .....	63
3.6.1	Manual del Operación .....	63

3.6.2 Manual de mantenimiento.....	64
3.6.3 Manual de seguridad.....	64
3.7 INSTALACIÓN DEL CONJUNTO DE FRENO.....	64
CAPÍTULO IV.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
4.1 CONCLUSIONES.....	67
4.2 RECOMENDACIONES.....	68
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DEL SISTEMA HIDRÁULICO DEL BOEING 737-200 .....	13
FIGURA 2: IDENTIFICACIÓN DE CAÑERÍAS .....	14
FIGURA 3 FOKKER DR-1 .....	15
FIGURA 4: TREN CONVENCIONAL O TRICICLO INVERTIDO (DOUGLAS C-47).....	16
FIGURA 5: TREN TRICICLO (TWIN OTTER) .....	17
FIGURA 6: VARIANTES DE TREN TRICICLO.....	18
FIGURA 7: TREN BICICLO .....	18
FIGURA 8: TREN CUADRICICLO .....	19
FIGURA 9: TREN TRICICLO DOBLE.....	19
FIGURA 10: TREN MULTICICLO.....	20
FIGURA 11: TREN DE SUSPENSIÓN TELESCÓPICA .....	22
FIGURA 12: TREN DE SUSPENSIÓN DE PALANCA SIMPLE Y COMPUESTA .....	22
FIGURA 13: LOCALIZACIÓN DE TREN DE ATERRIZAJE.....	23
FIGURA 14: FRENOS DE LA AERONAVE .....	24
FIGURA 15: ARTICULACIÓN DE CONTROL DE FRENO.....	27
FIGURA 16: SISTEMA HIDRÁULICO DEL FRENO .....	30
FIGURA 17: TIPO DE FLUIDOS HIDRÁULICOS .....	32
FIGURA 18: HERRAMIENTAS .....	37
FIGURA 19: HERRAMIENTAS ESPECIALES.....	37
FIGURA 20: GATO HIDRÁULICO .....	38
FIGURA 21: TACOS .....	38
FIGURA 22: SOPORTE DE NEUMÁTICO .....	39
FIGURA 23: PIN DE SEGURIDAD .....	40
FIGURA 24: COLOCACIÓN DE TACOS .....	40
FIGURA 25: VÁLVULA DE DESCONEXIÓN .....	41
FIGURA 26: VISTA SUPERIOR DEL AVIÓN 737 .....	42
FIGURA 27: VISTA SUPERIOR DEL AVIÓN 737 .....	42
FIGURA 28: PUNTO DE COLOCACIÓN DE GATO.....	42

FIGURA 29: REMOCIÓN DEL ALAMBRE DE FRENADO.....	43
FIGURA 30: REMOCIÓN DE PERNOS DE LA TAPA DE LA TUERCA DEL EJE.....	43
FIGURA 31: TAPA DEL LA TUERCA REMOVIDA.....	44
FIGURA 32: REMOCIÓN DEL RETENEDOR DE SEGURIDAD.....	44
FIGURA 33: REMOCIÓN DEL SELLO DE GRASA.....	44
FIGURA 34: NEUMÁTICO REMOVIDO.....	45
FIGURA 35: DISEÑO DEL BANCO EN AUTOCAD.....	46
FIGURA 36: DIMENSIONES ESTRUCTURA 1.....	47
FIGURA 37: CORTE DE LA LÁMINA DE TOL.....	47
FIGURA 38: ESTRUCTURA DEL SUMINISTRO DE SKYDROL.....	48
FIGURA 39: SOPORTES INTERNOS.....	48
FIGURA 40: ENSAMBLAJE DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	49
FIGURA 41: CONEXIÓN RESERVORIO- BOMBA MANUAL.....	49
FIGURA 42: ENSAMBLAJE DEL MANÓMETRO Y LLAVE DE PASO.....	50
FIGURA 43: CIRCUITO HIDRÁULICO ENSAMBLADO.....	50
FIGURA 44: DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA 2 - VISTA FRONTAL.....	51
FIGURA 45: DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA 2 - VISTA LATERAL.....	51
FIGURA 46: TUBO RECTANGULAR DE ACERO.....	52
FIGURA 47: ESTRUCTURA DE SOPORTE DE FRENO ENSAMBLADA.....	52
FIGURA 48: IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE TRABAJO.....	53
FIGURA 49: ESQUEMA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO DISEÑADO EN FESTO FLUIDSIM.....	53
FIGURA 50: CIRCUITO HIDRÁULICO EN EL SUMINISTRO DE SKYDROL.....	54
FIGURA 51: PRUEBA DE MANÓMETRO, LLAVE DE PASO DE RETORNO.....	54
FIGURA 52: PRUEBA DE SOPORTE CON FRENO INCORPORADO.....	55
FIGURA 53: LIMPIEZA DEL FRENO.....	56
FIGURA 54: CEPILLADO/LIMPIEZA DEL FRENO.....	56
FIGURA 55: COLOCACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	57
FIGURA 56: SOPLETEADA CON NITRÓGENO DE LA PARTE INTERNA DEL FRENO.....	58

FIGURA 57: SOPLETEADA CON NITRÓGENO DE LA PARTE EXTERNA DEL FRENO .....	58
FIGURA 58: INSPECCIÓN VISUAL .....	59
FIGURA 59: CONEXIÓN DE LA CAÑERÍA DE PRESIÓN .....	60
FIGURA 60: CONEXIÓN BANCO-FRENO .....	60
FIGURA 61: CAÑERÍA FLEXIBLE .....	61
FIGURA 62: CONEXIÓN DE LA CAÑERÍA A LA VÁLVULA DE SANGRADO .....	61
FIGURA 63: CAÑERÍA INSTALADA EN LA VÁLVULA DE SANGRADO ....	61
FIGURA 64: SUMINISTRO DE PRESIÓN .....	62
FIGURA 65: SANGRADO DEL FLUIDO HIDRÁULICO .....	62
FIGURA 66: PISTONES RETRAÍDOS .....	63
FIGURA 67: PISTONES EXTENDIDOS .....	63
FIGURA 68: COLOCACIÓN DEL ALAMBRE DE FRENADO .....	66
FIGURA 69: NEUMÁTICO INSTALADO .....	66

**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1 SIMBOLOGÍA HIDRAÚLICA CETOP .....	7
TABLA 2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LOS FRENOS .....	25

## RESUMEN

En el presente proyecto se realiza la remoción, inspección e instalación del conjunto de freno del avión Boeing 737-200 para evaluar la implementación de un banco manual de trabajo en estas tareas de mantenimiento. Mantenimiento son trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos. Para dar mantenimiento a las aeronaves y no recurrir a trasladar la aeronave a su fábrica y cumplir con este proceso, este se lo realiza en los hangares de aerolíneas, en centros de mantenimiento aprobados, entre otros. Al realizarse este proceso en lugares ajenos al de fábrica, estos deben contar principalmente con técnicos especializados y habilitados en mantenimiento, y además con los equipos y herramientas necesarios para cumplir exitosamente estas tareas. Este proyecto ha realizado la implementación de un banco manual de trabajo, el cual favorecerá las tareas de mantenimiento de remoción, inspección e instalación del conjunto de freno del Boeing 737-200. Al implementarse el banco manual de trabajo se procedió a verificar la eficacia de este equipo aplicándolo durante el cumplimiento de las tareas a las cuales está destinado, asimismo formulando manuales de uso, seguridad y mantenimiento del banco. La implementación de bancos ayuda al técnico para facilitar las tareas de mantenimiento y cumplirlas de manera técnica sin causar daños a los técnicos, la aeronave o a sus componentes.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **REMOCIÓN**
- **INSPECCIÓN**
- **INSTALACIÓN**
- **CONJUNTO DE FRENO**
- **BANCO MANUAL DE TRABAJO**

## **ABSTRACT**

In this project the removal, inspection and installation of the brake assembly of Boeing 737-200 aircraft is carried out to evaluate the implementation of a work manual bank in these maintenance tasks. Maintenance is required jobs to ensure the continued airworthiness of aircraft, including one or more of the following tasks: reconditioning, repairing, inspecting, replacing parts, modifying or rectifying defects. To maintain aircraft and not to move the aircraft to its factory and to fulfill with this process, it is done in airline hangars, approved maintenance centers, among others. When carrying out this process in places other than the factory, these should rely mainly on specialized and qualified maintenance technicians, and also with the necessary equipment and tools to successfully perform these tasks. This project has implemented a work manual bank which will favor the maintenance tasks of removal, inspection and installation of the brake assembly of Boeing 737-200. When the work manual bank was implemented, the efficiency of this equipment was verified applying it during the accomplishment of the tasks to which it is destined, also formulating manuals of use, security and maintenance of the bank. The implementation of banks helps the technician to facilitate the maintenance tasks and to fulfill them in a technical way without causing damage to technicians, to the aircraft or its components.

### **KEYWORDS:**

- **REMOVAL**
- **INSPECCION**
- **INSTALATION**
- **BRAKE ASSEMBLY**
- **WORK MANUAL BANK**

---

**Lic. Diego I. Granja P.**

**Jefe Secc. Dpto. Lenguas UGT**



## CAPÍTULO I

### 1.1 ANTECEDENTES

La aviación es uno de los avances de la humanidad más valiosos dentro de su desarrollo y mejoramiento, en especial en el transporte de pasajeros y carga. El ser humano siempre ha buscado la innovación de equipos que le faciliten la realización de tareas de mantenimiento de manera rápida y efectiva.

En la actualidad es de suma importancia que los centros de mantenimiento aeronáuticos cuenten con talleres debidamente equipados que faciliten el desarrollo de los procesos de reparación. El crecimiento científico y tecnológico obliga a que dichas instituciones cuenten con equipos acorde a las tareas de mantenimiento necesarios para garantizar el buen funcionamiento de las aeronaves.

Por relevancia del tema se han realizados trabajos de investigación:

(Latacunga, 2006) Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, William Roberto Perugachi Guña.

El tema de su proyecto de grado es: “Construcción de un Banco de Prueba Universal para el llenado y chequeo de los Trenes de Aterrizaje de las diferentes Aeronaves”

La finalidad del proyecto se centra en optimizar el tiempo, beneficiar el manteniendo de los diferentes trenes de aterrizaje en un forma confiable y garantizada; para la construcción del banco se usaron manuales y ordenes técnicas que permiten la utilización del mismo en diferentes tipos de trenes de aterrizaje, optimizando así las operaciones de mantenimiento.

(Latacunga, 2009) Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Segundo David Mullo Tarco.

El tema de su proyecto de grado es: “Construcción de un Dolly para el montaje y desmontaje del conjunto de frenos del avión Boeing 737-200 para el área de equipos de apoyo del CEMA”

El proyecto tiene como prioridad reducir al mínimo el esfuerzo de los técnicos del Centro de Mantenimiento aeronáutico al momento de realizar el proceso de montaje y desmontaje de los componentes de los trenes de aterrizaje, intensificando la productividad y protegiendo a los técnicos.

La construcción de bancos de pruebas ha sido de gran ayuda para el desarrollo de las actividades de mantenimiento, es por esto importante la realización de este proyecto en el Ala de Transporte N° 11, para el beneficio de las futuras actividades de mantenimiento de la Escuadrilla Boeing.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La realización de tareas de mantenimiento de las aeronaves del Ala de Transporte N° 11 es el principal objetivo de las diferentes Escuadrillas a través de la utilización de recursos humanos, tecnológicos y financieros, garantizando así la efectividad de sus operaciones. Las escuadrillas de mantenimiento necesitan de equipos y herramientas adecuados, que se complementan entre sí para ejecutar de forma rápida y eficaz las diferentes tareas necesarias para la conservación de las aeronaves.

El Ala de Transportes No. 11 proporciona el apoyo a las operaciones aéreas de combate con el transporte de tropas, lanzamiento de paracaidistas y carga de material bélico en tiempos de conflicto. EL 16 de Abril de 1956, la Base Aérea de Quito, toma el nombre de "GRUPO AÉREO QUITO", siendo su Primer Comandante el señor TCrn. Jacinto Ochoa Merchán, nominación que se mantiene hasta 1961, año en el cual ante la necesidad de determinar la fundación legal, administrativa y geográfica de los repartos, la Fuerza Aérea procede a dar una conformación a su estructura dividiéndolos en Zonas, Grupos, Escuadrones y Escuadrillas. La creación de la I Zona Aérea, trajo consigo la necesidad imperiosa de jerarquizar sus Unidades y sus Repartos y es así como el "Grupo Aéreo Quito", pasa a constituirse en el Ala de Transportes No. 11, implementándose con los aviones DC-6B, AVRO, BUFFALO, TWIN OTTER, C-130, Sabreliner, Boeing, CASA y Beechcraft.

La Sección de Hidráulica de la Escuadrilla Boeing, cuenta con herramientas y equipos para el desarrollo de las tareas de mantenimiento

aeronáutico, sin embargo la tarea de mantenimiento de remoción e instalación y la de inspección del sistema hidráulico de los frenos se ha visto retrasada por no contar con un equipo adecuado para realizarla, llevando consigo tiempo, recursos y a su vez retrasando la salida de los vuelos estratégicos.

De desarrollarse este proyecto en el Escuadrilla Boeing del Ala de Transporte N° 11, la tarea de mantenimiento de chequeo del sistema hidráulico en el conjunto de frenos se ejecutará con el equipo apropiado que facilita la realización de esta inspección, ahorrando tiempo y esfuerzo del personal, de esta manera permitiendo a los técnicos una rápida remoción e instalación del conjunto de frenos.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto en el cual se realizará la tarea de mantenimiento de inspección del conjunto de frenos en menor tiempo y de una manera más eficiente con la implementación de un banco manual de prueba, que a su vez ayudara también en la remoción e instalación del conjunto de frenos en el tren de aterrizaje.

El proyecto servirá de ayuda práctica para los técnicos de la sección de la Escuadrilla Boeing de mantenimiento aeronáutico, con el que se cumplirán las tareas requeridas en el avión, desarrollando su efectividad al máximo. Además se ampliarían la gama de equipos que se pueden usar para el desarrollo del proceso mantenimiento, lo cual permitirá cumplir con la oferta de la conservación de la aeronavegabilidad de las aeronaves.

El Ala de Transporte N° 11 es de suma importancia para la aviación militar y posee los talleres, equipos y herramientas necesarios para el desarrollo de este proyecto; que facilitara el desarrollo de ciertas tareas a realizarse respecto a los frenos del tren de aterrizaje, como es la remoción e instalación; optimizando los recursos tanto humanos como materiales.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Realizar la remoción, inspección e instalación del conjunto de frenos mediante la implementación de un banco manual de prueba para el avión Boeing 737-200 perteneciente al Ala de Transporte N° 11.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información técnica necesaria relacionada con la remoción, inspección e instalación del conjunto de frenos.
- Adquirir equipos y herramientas necesarios para realizar el tema propuesto.
- Remover e inspeccionar el sistema hidráulico del conjunto de frenos mediante la implementación de un banco de prueba.
- Realizar las pruebas de funcionamiento.

## **1.5 ALCANCE**

Este proyecto está dirigido a la Escuadrilla Boeing del Ala de Transporte N° 11 para un desarrollo más efectivo de las tareas de mantenimiento en el conjunto de frenos del tren principal de aterrizaje. La finalidad de este proyecto es facilitar la ejecución del mantenimiento mediante la implementación de este banco manual de pruebas, el proyecto culminará en la implementación del banco y su comprobación de su correcto funcionamiento.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 HISTORIA DEL BOEING 737-200

El gran éxito de la compañía Boeing con el B 727, se vio acompañado del birreactor B 373, que hasta la actualidad ha sido uno de los aviones más vendidos de la historia. El proyecto empezó en 1964, y su desarrollo se dio a partir de la estructura del B 727, que era un avión bastante semejante, en dimensiones y componentes estructurales, con la diferencia notable de la ubicación de los motores que en el B 737 van ubicados por debajo del ala.

Su anuncio oficial fue en 1965, la primera compañía interesada fue Lufthansa la cual participo en los últimos detalles, refiriéndose a la capacidad y autonomía. El prototipo B 737 voló por primera vez en 1967, en el mismo año se desarrollaron las versiones B 737-100 y B 737-200, la variante se daba en la capacidad de pasajeros de 100 a 130 con el alargamiento del fuselaje en 1,83 metros.

El modelo se tuvo ciertas variantes: 200 C y 200 QC, en 1969 se construyó la serie advanced200 que también venían en las series 200 C Y 200 QC. Se dió una extensa gama de modificaciones estructurales con la admisión de materiales compuestos, que a partir de 1982 se aplicarían a los B737-200 que se construirían. (Historia y Biografías, 2014).

##### 2.1.1 GENERALIDADES DEL AVIÓN BOEING 737-200.

<b>Constructor:</b>	Boeing Commercial Airplane Company
<b>Tipo:</b>	Transporte civil
<b>Año:</b>	1967
<b>Motor:</b>	2 turbo reactores Pratt & Whitney JT8D-15, de 7.030 kg. de empuje cada uno
<b>Envergadura:</b>	28,35 m.
<b>Longitud:</b>	30,48 m.
<b>Altura:</b>	11,28 m.

<b>Peso al despegar:</b>	49.435 kg.
<b>Velocidad de crucero:</b>	915 km/h. a 6.675 m. de altitud
<b>Techo máximo operativo:</b>	9.145 m.
<b>Autonomía:</b>	3.555 km.
<b>Tripulación:</b>	5 personas
<b>Carga útil:</b>	115-130 pasajeros. (Historia y Biografías, 2014).

## **2.2 HIDRÁULICA**

“La hidráulica es la ciencia que estudia las leyes que regulan el equilibrio y le movimiento de los líquidos”. (Oñate, 2007)

La hidráulica usa los fluidos hidráulicos como medios de presión para mover un pistón dentro de un cilindro. Los sistemas hidráulicos se conforman de una bomba, un depósito y un conjunto de tuberías. Estos sistemas son usados en equipos móviles como maquinaria de construcción, elevadores, simuladores de vuelo, frenos entre otros usos.





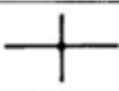

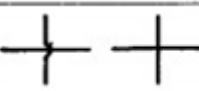
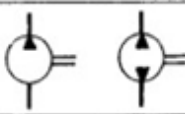
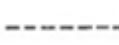
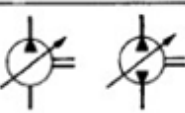

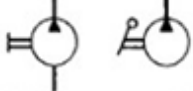
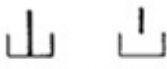
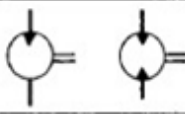



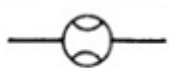

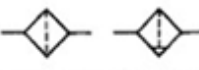

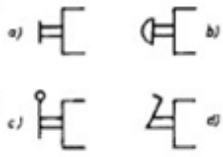



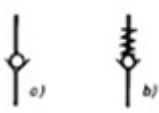

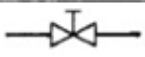
El uso de los sistemas hidráulicos pueden brindar ventajas ya que poseen gran potencia que se puede transmitir con pequeños componentes, mediante el uso de válvulas se pueden realizar movimientos líneas independientes debido a que los fluidos son casi incompresibles, además posee disipación de calor, buen control y regulación y operación suave e inversa. (Creus Solé, 2007)

Actualmente los sistemas hidráulicos tienen un amplio uso como es en maquinaria: tractores, grúas, retroexcavadoras, cargadores. Además tienen un amplio uso también en aviación.

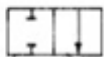





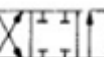

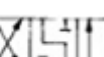
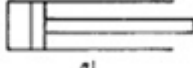
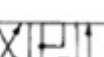
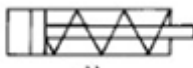
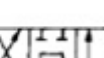
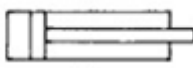

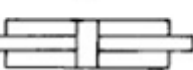
### **2.2.1 Simbología**

Para poder ilustrar un sistema, circuito o esquema hidráulico se han adoptado ciertos símbolos, que representaran con gráficos sencillos a los diferentes componentes como líneas hidráulicas, bombas, válvulas.

**Tabla 1:**  
Simbología Hidráulica CETOP

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	Tubería de carga rígida		Motor monofásico de corriente alterna
	Tubería flexible		Motor trifásico de corriente alterna
	Cruce de tuberías con unión		Motor térmico
	Cruce de tuberías sin unión		Bomba de caudal constante a) Un sentido del flujo b) Doble sentido de flujo
	Tubería de maniobra (pilotaje)		Bomba de caudal variable a) Un sentido del flujo b) Doble sentido del flujo
	Derivación tapada (cerrada)		Bomba de accionamiento manual
	Recipiente para fluido hidráulico		Motor hidráulico a) Un sentido del flujo b) Doble sentido del flujo
	Recipiente para fluido hidráulico a presión		Motor hidráulico de caudal variable a) Un sentido del flujo b) Doble sentido del flujo
	Escape al aire		Caudalímetro
	Acumulador hidráulico		Filtro (símbolo general) Filtro con purga
	Manómetro		Accionamientos a) Mecánico b) Pulsador c) Leva d) Pedal
	Intercambiador de calor. Calentador		Accionamientos a) Resorte b) Roldana c) Eléctrico a bobina d) Eléctrico a doble bobina
	Intercambiador de calor. Refrigerador		a) Válvula antirretorno b) Válvula antirretorno con apertura pilotada
	Intercambiador de calor. Refrigerador líquido		Llave de paso

CONTINUA 

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
 a)	Válvulas distribuidoras a) 2 posiciones (2p) 2 vías (2v)	 a)	Accionamientos a) Neumático b) Hidráulico c) Neumático-Hidráulico d) Electro-Hidráulico
 b)	b) 2p - 3v	 b)	
 c)	c) 2p - 4v	 c)	
 d)	d) 3p - 4v	 d)	
 e)	e) 3p - 4v	 a)	Cilindros hidráulicos a) De simple efecto
 f)	f) 3p - 4v	 b)	b) De simple efecto. Retorno por resorte
 g)	g) 3p - 4v	 c)	c) De doble efecto
 h)	h) 3p - 4v	 d)	d) De doble efecto. Doble vástago.

Fuente: (2000, fluidpowerzone)

### 2.3 SISTEMA HIDRÁULICO BOEING 737-200

El Boeing 373-200 posee tres sistemas hidráulicos que trabajan a 3000 psi y operan hidráulicamente los sistemas de la aeronave. Los sistemas hidráulicos son separados e independientes, y cada uno posee un reservorio presurizados, el sistema A recibe presión dos Engine-driven Pumps (EDP) ubicadas en el motor 1 y 2, el sistema B recibe presión de dos Electric motor-driven Pumps (EMDP) ubicadas en el pozo de los trenes y el sistema STAND BY recibe presión de una Electric motor-driven Pump (EMDP) ubicada en el pozo de los trenes. Los reservorios son presurizados para asegurar una alimentación positiva de fluido hidráulico a las bombas y para evitar la formación de espuma. (THE BOEING COMPANY, 2008)

#### 2.3.1 Unidades modulares

Las unidades modulares son usadas para distribución del fluido hidráulico a varios componentes tipo cartucho de fácil reemplazo. Esto



permite la remoción del componente sin interrumpir las otras cañerías. (THE BOEING COMPANY, 2008).

### **2.3.2 Tuberías hidráulicas y cañerías flexibles**

Las tuberías de presión hidráulica del sistema hidráulico se someten a 1500 psi y son hechas de tubería de acero resistente a la corrosión, son usadas en zona de fuego de clase 1 y en la estructura del tren de aterrizaje independientemente de la presión. Las otras líneas son de aleaciones de aluminio. Para tuberías de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro y menores se usan adaptadores poco dilatables, para presiones de 1500 psi o superiores se usan adaptadores de acero. Para tuberías sobre los  $\frac{3}{4}$  de pulgada se usan adaptadores dilatables, en estas medidas se usan adaptadores de aluminio, excepto en las zonas de fuego de clase 1 que se usan de acero.

Las tuberías flexibles (mangueras) son de teflón de presión media y alta, las de presión alta son usadas en líneas de presión, y las de presión media se usan en suministro o en las de retorno. (THE BOEING COMPANY, 2008)

### **2.3.3 Válvulas check**

Se instalan en un sistema hidráulico para evitar flujo de fluido en sentido contrario, flujo directo de fluido, para prevenir pérdida de fluido y para aislar los subsistemas operados hidráulicamente. La dirección del flujo se muestra en el cuerpo de la válvula con una flecha, no se dan mantenimiento solo se reemplazan. (THE BOEING COMPANY, 2008)

### **2.3.4 Unidad modular de potencia hidráulica en tierra**

Está ubicada en el lado delantero del mamparo delantero del pozo de tren derecho y es accesible a través del panel acceso del lado derecho del avión. Esta unidad modular se usa para conectar una fuente de potencia hidráulica externa a los sistemas presurizados A y B. El modulo consiste de una conexión de presión, una conexión de retorno y un filtro conteniendo un elemento no limpiable. (THE BOEING COMPANY, 2008)

### **2.3.5 Sistema hidráulico A**

El sistema A brinda energía a los spoilers de tierra, spoilers interiores de vuelo, alerones, flaps del borde de ataque y los slats, flaps de borde de salida, tren de aterrizaje, dirección del tren de nariz, elevadores, rudder, reversa, los frenos interiores de las ruedas principales.

El reservorio tiene una capacidad de 4.1 galones U.S. y posee un indicador y transmisor eléctrico de cantidad de fluido al indicador del panel del primer oficial. Es presurizado por aire de sangrado del motor que circula a través de válvulas check, un filtro y un regulador de presión para presurizar el reservorio a 45 psi. El reservorio es un recipiente hermético con cubierta metálica tiene deflector de retorno, deflector de salida y suministro, drenaje de retorno, derrame, presurización y puertos de líneas de balanceo equipados con mangueras de unión. Los sistemas A, B Y Stand By están conectados por líneas de balance para presurización y espacio de expansión térmica.

La presión del sistema A se obtiene de dos Engine-driven pumps (EDP) localizadas en la parte derecha inferior de cada motor, cada bomba es compensadora de presión y de desplazamiento variable que se despresuriza por una válvula eléctrica de despresurización. Cada bomba entrega 22 gpm a 3000 psi.

Posee filtros de presión que filtra el fluido antes que entre a cualquier sistema, un filtro de retorno antes del reservorio y un filtro en la carcasa de drenaje que detectara fallas incipientes de la bomba y así evitar la contaminación del reservorio, las fallas incipientes son localizadas por una plug magnético.

El intercambiador de calor del fluido hidráulico enfría el fluido por transferencia de calor del fluido al combustible. El intercambiador de calor se halla en la línea de retorno a las bombas y funciona cuando las bombas están en operación.

La válvula de alivio previene someter al sistema a sobrepresiones (3500 psi) y está instalada en la unidad modular. La shutoff valve detiene el flujo en

el área del motor y son controladas por los switches de fuego del motor 1 y 2. La válvula de interconexión en tierra sirve para presurizar el sistema A usando la fuente de poder del sistema B o una fuente externa conectada a la fuente de poder en tierra. Y evita la pérdida de fluido del sistema A por falla en el sistema B. Esta válvula solo es operada en tierra.

### **2.3.6 Sistema hidráulico B**

El sistema B energiza los alerones, elevadores, spoilers de vuelo exteriores, rudder y frenos exteriores de las ruedas principales.

El fluido hidráulico del sistema B se almacena en un reservorio presurizado, se presuriza desde una línea de balance del reservorio del sistema A para asegurar una presión positiva del fluido hacia las bombas. El reservorio tiene una capacidad del 1.3 galones U.S. y está instalado en el mamparo del pozo del tren de aterrizaje, al igual que el reservorio del sistema A es hermético, cubierta metálica, líneas de retorno, alimentación y drenaje y equipado con líneas de unión. Está unido al reservorio del sistema A por líneas de balance para presurización, compensar fluido y para la expansión térmica. Tiene un switch de advertencia de bajo nivel que se conecta eléctricamente a la luz de advertencia de baja cantidad en el panel del primer oficial.

La presión de este sistema se obtiene por dos Electric motor-driven pumps (EMDP), se encuentran en el pozo del tren de aterrizaje y entregan 6 gpm a 3000 psi según requiera el sistema. Cada bomba es compensadora y de desplazamiento variable.

Posee filtro de presión que filtra la presión de la línea de presión antes que entre a cualquier sistema. Un filtro de retorno que se halla antes del reservorio para evitar contaminación del fluido del reservorio. Además consta de filtros de la carcasa de drenaje que detectan fallas incipientes de una bomba hidráulica para prevenir contaminación en el reservorio y evitar daños en la bomba restante.

El intercambiador de calor enfría el fluido mediante la transferencia de calor del fluido y el combustible, está ubicado en la línea de retorno a las

bombas, el fluido fluye a través del intercambiador mientras la bomba esta operativa.

Además posee una válvula de alivio que protege al sistema de sobrepresiones (3500 psi). Y tiene un controlador de protección de falla en tierra de la bomba que actuara si la fuente es interrumpida o enviada a tierra y abrirá un relay de la bomba, un botón de reseteo se usa para resetear el relay pero sin antes se haya reparado la falla que lo llevo a abrirse.

### **2.3.7 Stand By**

Mientras que el sistema STAND BY energiza el rudder y los slats y flaps del borde de ataque. Tiene un reservorio de 1.9 galones U.S. que es hermético y consta de cubierta metálica, líneas de balance, retorno y alimentación. Tiene un switch de advertencia de bajo nivel que enviara la advertencia a cabina. Es presurizado a 45 psi a través de la línea de balance del reservorio del sistema A y B.

La bomba EMDP trabaja con un motor trifásico 115 V ac y entrega variable y una bomba hidráulica de desplazamiento positivo. Entrega 3 gpm a una presión entre 2975 a 3000 psi. Los puertos de retorno, alimentación y presión están conectados con cañerías flexibles.

Un filtro de presión filtra la presión antes que entre a los sistemas y un filtro de la carcasa de drenaje antes del reservorio para filtrar el fluido antes que entre al reservorio y así detectar fallas incipientes o falla del motor.

La válvula de alivio protege al sistema de anormales sobrepresiones, está fijado para aliviar a 3500 psi y resetearse a 3400 psi.

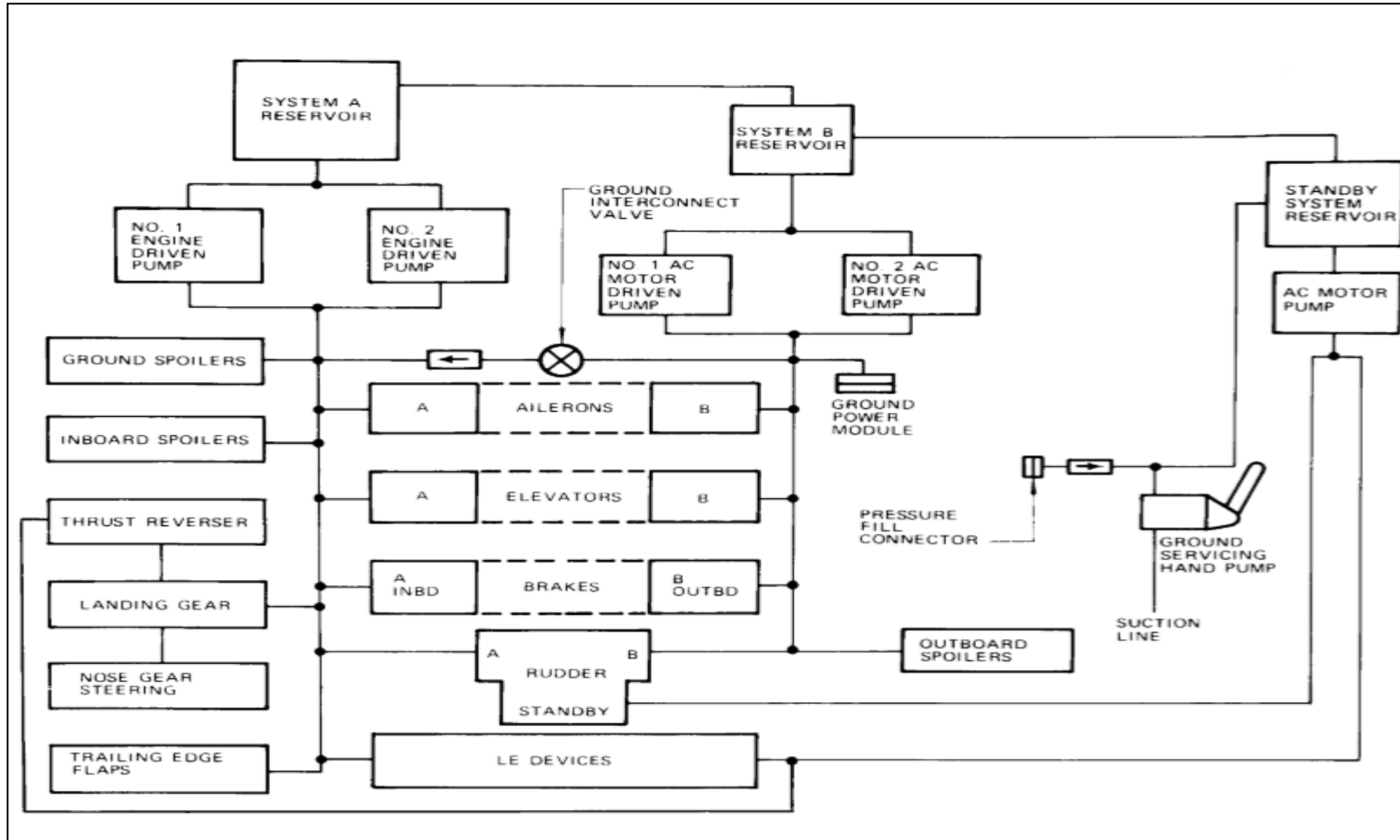
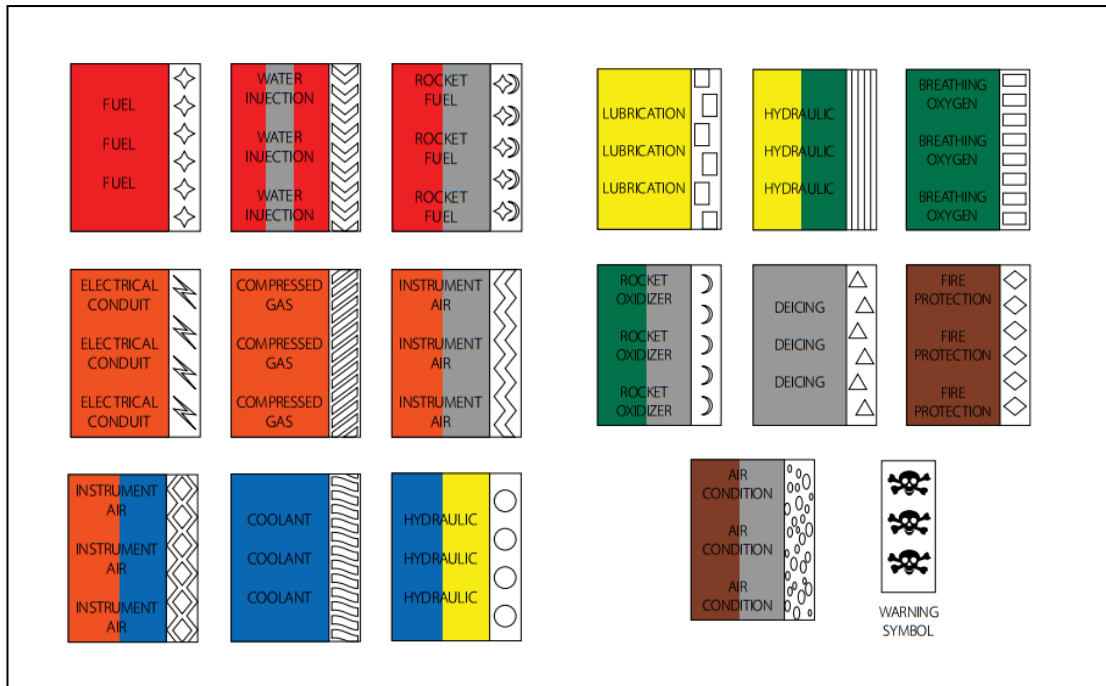


Figura 1: Esquema del Sistema hidráulico del Boeing 737-200

Fuente: (THE BOEING COMPANY, 2008)

### 2.3.8 Identificación de las líneas de fluidos

En las aeronaves las líneas de fluidos son identificadas por marcas como códigos de colores, letras o símbolos geométricos. Estas marcas dan a conocer función, contenido y peligro. La figura 1 nos muestra varios códigos de colores y símbolos. (FAA, 2013).



**Figura 2: Identificación de Cañerías**

Fuente: (FAA, 2013)

## 2.4 TRENES DE ATERRIZAJE

El tren de aterrizaje es un sistema que permite la maniobrabilidad de las aeronaves en tierra, cuya principal función es absorber las cargas de aterrizaje. Ninguna otra parte de la aeronave está sujeta a los esfuerzos que trabaja el tren de aterrizaje. Además asiste en las operaciones en tierra desplazamiento, parqueo, remolque, carreteo. (Trallero, Atienza, & Frövel, 2013).

### 2.4.1 Historia de los trenes de aterrizaje

El primer vuelo en la historia de la humanidad se realizó en 1903, con el aeroplano de los hermanos Wright, por su sencilla configuración el tren de aterrizaje estuvo compuesto de un simple conjunto de patines parecidos a los de un trineo que servían para deslizar el aeroplano.

Ya en la Primera Guerra Mundial se construyeron aeronaves a base de madera y lona y dadas sus bajas velocidades el tren de aterrizaje aun era una estructura sencilla, que se conformaba de una estructura reticulada de barras unidas entre sí, que se unían en determinados puntos del fuselaje y llevaban incorporadas ruedas de bicicleta de la época. (Trallero, Atienza, & Frövel, 2013).



**Figura 3: Fokker Dr-1**

**Fuente:** (Aviation Models, 2009)

En la segunda década de 1900 se desarrollaron los primeros trenes retráctiles y empezaron a diseñarse los primeros sistemas de suspensión. Además de introducir las aleaciones de aluminio a la estructura de los aeroplanos por lo que el peso de estos aumentó, viendo así la necesidad de implementar un sistema de amortiguación, por otra parte la velocidad de los aeroplanos de aproximación y aterrizaje era más elevada por esta razón se dio la necesidad de la instalación del sistema de frenos.

Ya por 1934, se dio la construcción aeronaves con tren retráctil, y sus sistemas de amortiguación se basaron en barras telescópicas que se unían entre sí con muelles o discos de goma. (Trallero, Atienza, & Frövel, 2013).

Tras la Segunda Guerra Mundial, los amortiguadores basados en muelles de acero se cambiaron por los hidráulicos que prometían mejores rendimientos, así como los amortiguadores de aire.

En la actualidad, se mantiene la configuración triciclo normal, a la cual se le han aplicado una oleada de variantes, hasta llegar a incluir

conjunto de trenes adicionales adyacentes en los trenes principales y a adoptar los carretones o bogies; mientras que en el tren de morro, se ha mantenido la doble rueda en paralelo. (Trallero, Atienza, & Frövel, 2013).

#### 2.4.2 Clasificación de los trenes de aterrizaje

Los trenes de aterrizaje se pueden clasificar de una manera generalizada como: convencional (triciclo invertido) y triciclo.

El tren de aterrizaje tipo convencional o triciclo inverso tiene el tren principal por delante del centro de gravedad, y posee una rueda o patín en la cola. Este tren presenta varios inconvenientes:

- El piloto no posee una buena visibilidad de la pista, para el rodaje.
- Al aterrizar se corre el riesgo de capotar, o darse la vuelta al producirse una maniobra de frenado excesiva.
- Al estar unida la rueda trasera (rueda de dirección) al rudder (timón de dirección), en caso de un aterrizaje con viento cruzado la rueda trasera no debe tocar suelo mientras se está maniobrando el timón de dirección, debido a que se cambiaría bruscamente la dirección de aterrizaje del aeroplano.



**Figura 4: Tren convencional o Triciclo invertido (Douglas C-47)**

**Fuente:** (FAA-2005)

El tren de aterrizaje triciclo, es el actualmente más usado, y se compone de tren principal que se encuentra por detrás del centro de gravedad y tren auxiliar que se encuentra en el morro (nariz del avión). Este tren ofrece ciertas ventajas en las aeronaves:



- Mejor visibilidad por parte del piloto para su operación en rodaje, especialmente en el aterrizaje.
- Permite mas fuerza de frenado sin correr riesgo de capotar, y de esta manera aterrizar a altas velocidades.
- La disposición del tren evita que se dé la vuelta la aeronave, ya que tiene en centro de gravedad por delante del tren principal, lo cual mantiene al avión de corrida hacia adelante y no a darse la vuelta. (FAA, 2014).



**Figura 5: Tren triciclo (Twin Otter)**

**Fuente:** (FAA-2016)

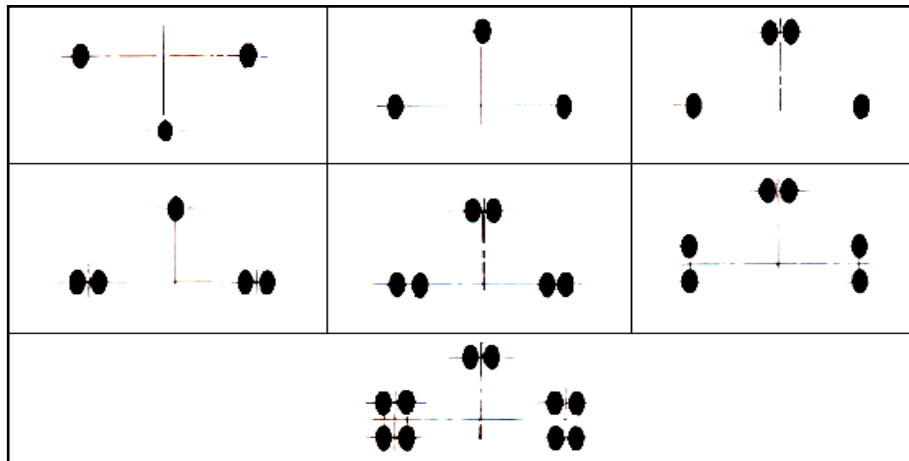
Los trenes de aterrizaje son muy variados y tiene también otras formas de clasificarlos como son: Por el número de ruedas, por características de articulación, por sistema de suspensión y por geometría de suspensión.

#### **2.4.2.1 Por el número de ruedas**

##### **a) Tren triciclo**

Denominación que se da a los trenes con una pata delantera y dos patas principales traseras. El tren de nariz en muy pocas aeronaves no es controlable, pero casi en todas se puede dar dirección desde cabina. El tren principal se halla unido a una estructura reforzada ya sea de las alas o del fuselaje y la mayoría de trenes principales tienen dos o más ruedas, sobre las cuales se distribuye toso el peso de la aeronave. Si el montante del tren principal lleva más de dos ruedas se lo denomina Bogie o carretón. (Borja Ponce, 2001)

En este grupo tenemos siete variantes:

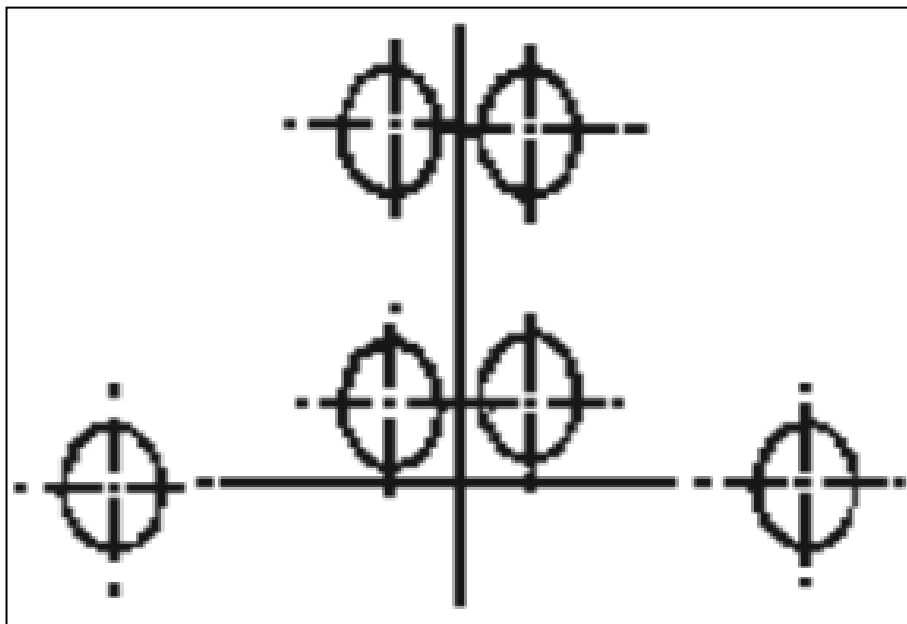


**Figura 6: Variantes de Tren triciclo**

Fuente (Borja Ponce, 2001)

**b) Tren bicicleta**

Este tipo de tren triciclo tiene dos trenes principales en tándem con dos ruedas cada uno y dos ruedas auxiliares en las alas para alivianar cargas en los giros y mantener la estabilidad del avión.

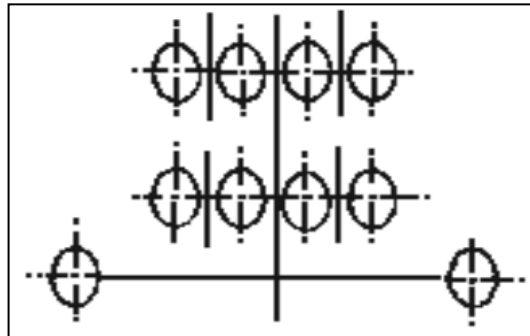


**Figura 7: Tren bicicleta**

Fuente (Borja Ponce, 2001)

### c) Tren cuadríciclo

Este tren se compone de dos ruedas en proa y cuatro trenes principales, uno en cada cuadrante del avión, con dos ruedas cada uno y son necesarias en las alas ruedas auxiliares.

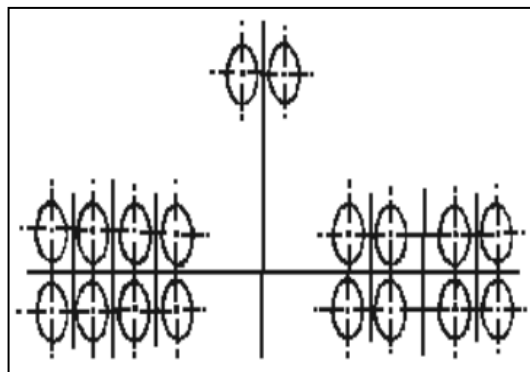


**Figura 8: Tren cuadríciclo**

**Fuente** (Borja Ponce, 2001)

### d) Tren triciclo doble

El tren triciclo doble cuenta con doble rueda en proa y con doble rueda y doble tándem en los trenes principales.

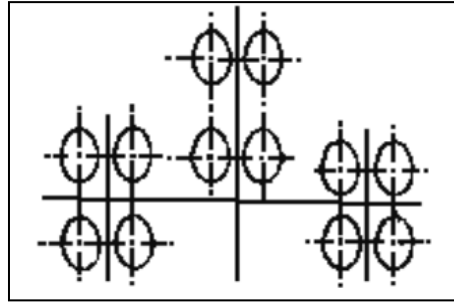


**Figura 9: Tren triciclo doble**

**Fuente** (Borja Ponce, 2001)

### e) Tren multiciclo

Se muestra como una combinación de tren biciclo con un triciclo, ya que tiene doble rueda en proa, doble rueda en tándem en cada tren principal y una doble rueda en el eje longitudinal para dar mejor estabilidad al avión y ayudar con la distribución de cargas de la aeronave. (Borja Ponce, 2001)



**Figura 10: Tren multiciclo**

**Fuente** (Borja Ponce, 2001)

#### **2.4.2.2 Por características de articulación**

Otra clasificación de los trenes de aterrizaje se podría hacer en dos categorías: fijos y retractiles.

Los trenes de aterrizaje fijos generalmente son usados en aeronaves ligeras, que no vuelan a altas velocidades. Son sencillos, económicos y muy fáciles de dar mantenimiento.

Los trenes de aterrizaje retractiles van instalados en aeronaves grandes y con altas velocidades de vuelo. Este tipo de tren se retrae y guarda en el avión durante el vuelo (luego de despegar) y se extiende durante la aproximación para el aterrizaje; las velocidades a las que se desplazan las aeronaves grandes se ven beneficiadas con este mecanismo ya que no sufre la resistencia aerodinámica de los trenes al volar. (FAA, 2014)

#### **2.4.2.3 Por sistema de suspensión**

##### **a) Tren de Ballesta**

Este tipo de tren se usa en los trenes principales de aviones ligeros, y son fabricados de muelles de acero o aluminio y también de materiales compuestos; estos reciben el impacto del aterrizaje y lo distribuye por la aeronave. La parte superior se une al fuselaje de la aeronave mientras que la parte inferior se monta una rueda. (FAA, 2014)

##### **b) Tren de cordones elásticos**

El uso de este tren es muy común en aviones para labores agrícolas, ya que permite al conjunto de amortiguación flexionarse al impacto de

aterrizaje. Los cordones elásticos se localizan entre el fuselaje y el conjunto flexible del tren para absorber las cargas y transferirlas al fuselaje en un rango no dañino. Estos cordones elásticos son elaborados con muchas hebras individuales de caucho elástico o también se hacen de cojines de goma. (FAA, 2014)

#### **c) Tren de amortiguador líquido**

Este tipo de tren es un resorte líquido, ya que su amortiguación se da por la compresibilidad de los fluidos dentro de un cilindro. El cilindro tiene dos cámaras aisladas por un pistón. Al entrar en contacto con la pista, la carga se transmite al pistón impulsándolo hacia arriba, desplazando líquido de la cámara superior a la inferior por un orificio de control, esto causa que en las dos cámaras aumente la presión del líquido. (FAA, 2014)

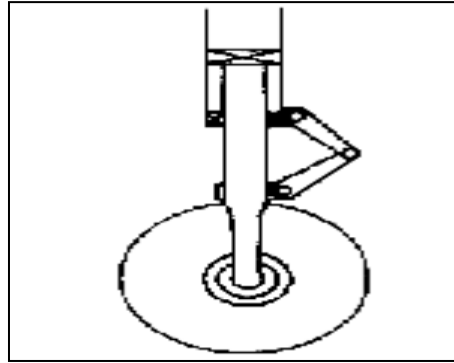
#### **d) Tren de amortiguador oleoneumático.**

El más usado en la actualidad, usa aire comprimido o nitrógeno combinado con fluido hidráulico, que absorbe las cargas de impacto. Son construidos de dos cilindros telescópicos encerrados en un acabado externo, forman dos cámaras, la superior siempre será llenada de aire o nitrógeno, mientras que la inferior contiene fluido hidráulico, que al entrar en compresión pasa por un orificio a la cámara superior. La mayoría de estos amortiguadores poseen en la parte inferior un eje en el cual se monta la rueda, o si no se encuentra equipado con el eje, tiene la estructura para acoplar un conjunto de eje; mediante las conexiones adecuadas se une en su parte superior a la estructura del fuselaje. (FAA, 2014)

### **2.4.2.4 Por geometría de suspensión**

#### **a) Tren de suspensión telescópica**

El tren de tipo suspensión telescópica resulta bastante económico pero con el inconveniente de la larga carrera del amortiguador, ya que tiene que absorber todo el desplazamiento vertical de la rueda. (Borja Ponce, 2001)

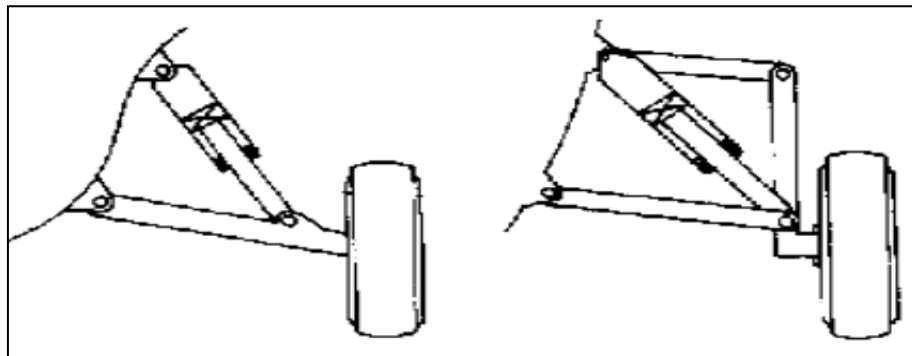


**Figura 11: Tren de suspensión telescópica**

Fuente (Borja Ponce, 2001)

### b) Tren de suspensión de palanca

Este usa el efecto palanca para acortar la carrera del amortiguador, para desplazar verticalmente cierta distancia la rueda del tren. Pueden ser de palanca simple o de palanca compuesta, los de palanca compuesta se colocan lateralmente en la aeronave y son triangulares o cuadrangulares. Son ventajosos debido a que presentan una gran carrera de la rueda, con menor carrera del amortiguador. (Borja Ponce, 2001)



**Figura 12: Tren de suspensión de palanca simple y compuesta**

Fuente (Borja Ponce, 2001)

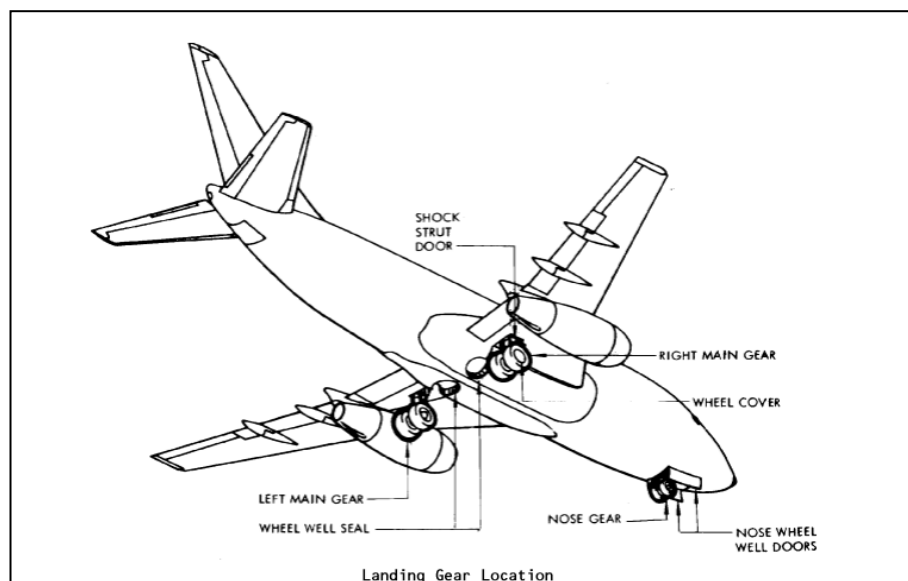
## 2.5 DESCRIPCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE DEL BOEING 737-200

El tren de aterrizaje consta de dos trenes principales y un tren de nariz. Los dos trenes principales se hallan en popa en la parte posterior del larguero de cerca de los nacelles del motor, mientras que el de nariz se halla por debajo de la cabina de control.

Estos trenes están sujetos a esfuerzos extremadamente fuertes al entrar en contacto con la pista de aterrizaje, por lo que poseen amortiguadores de choque de tipo hidráulico-neumático. Además están equipados con dos ruedas y dos neumáticos, cada rueda lleva montado un conjunto de frenos hidráulicos, que son modulados por un sistema de antideslizamiento.

La retracción y extensión es de acción hidráulica en los trenes principales y de nariz, y consta de un mecanismo de bloqueo al encontrarse en posición de extendido y al estar retraído se asegura mediante un gancho. La extensión manual de los trenes usada en caso de emergencia es operada por cable que libera el tren en caída libre y se bloquea en la posición abajo-bloqueado.

La dirección del tren de nariz se da mediante un volante que es accionado por el capitán en la cabina de control, ayudándose también en con el pedal del rudder. (THE BOEING COMPANY, 2011).



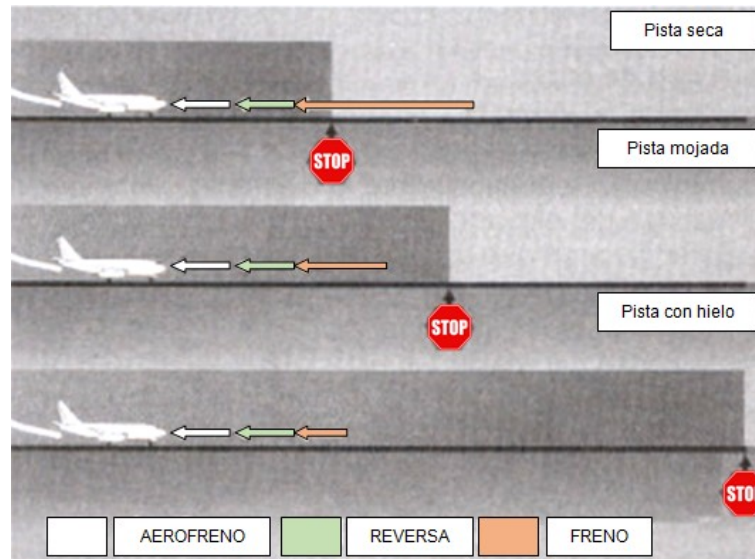
**Figura 13: Localización de tren de aterrizaje**

**Fuente:** (THE BOEING COMPANY, 2011)

## 2.6 FRENOS

Los frenos son los mecanismos fundamentales para detener el avión, sobre todo en la carrera de aterrizaje de baja velocidad. En pista seca y alta velocidad aproximadamente el 45% de frenado corresponde a la inversión de empuje (reversa) y a la resistencia aerodinámica (spoilers de tierra). A

baja velocidad los frenos aportan entre 80 y el 95% de frenado. Mientras que en pistas mojadas o con hielo los spoilers de tierra y el inversor de empuje proporcionan hasta el 80% de frenado, ya que los freno pierden fuerza de rozamiento. (Oñate, 2007).



**Figura 14: Frenos de la Aeronave**

**Fuente:** (Oñate, 2007)

Tomando en cuenta que ya no se usan los antiguos frenos de zapatas, en la actualidad se usan frenos de disco, ya sean monodisco o multidisco. El monodisco se emplea en aeronaves ligeras, son sencillos y se puede accionar mecánicamente, mientras que los multidisco usan presión hidráulica. (Oñate, 2007).

Los frenos multidisco consisten en una serie de discos móviles llamados también rotores y discos fijos llamados estatores. Todo este conjunto se halla entre dos placas, la de retención y la de presión. La placa de presión recibe la presión de los pistones hidráulicos del freno, que se hallan alojados en el freno. Los rotores están unidos a la rueda por lo que giran junto a esta. Mientras que los estatores se hallan unidos fijamente a la pata del tren. La ventaja de estos frenos es que brinda mayor superficie de rozamiento en espacios pequeños. (Oñate, 2007)

Al aplicar presión en este mecanismo los estatores entran en contacto con los rotores, produciéndose así una fuerza de rozamiento. Esta fuerza



se comunica a la rueda en la que se encuentra montado el freno. (Oñate, 2007)

Por otra parte su fabricación puede ser de acero, berilio y carbono. Y en la tabla podremos comprar sus propiedades:

**Tabla 2:**  
Materiales de construcción de los frenos

	<b>Deseable</b>	<b>Acero</b>	<b>Berilio</b>	<b>Carbono</b>
<b>Peso específico</b>	Bajo	1	0.23	0.21
<b>Calor específico</b>	Alto	1	6.9	2.4
<b>Conductividad térmica</b>	Alta	1	3.1	4.2
<b>Dilatación térmica</b>	Baja	1	0.76	0.17
<b>Resistencia al choque térmico</b>	Alto	1	0.49	0.02
<b>Temperatura límite</b>	Alta	1	0.80	1.90

**Fuente:** (2007, Oñate)

Los frenos de berilio brindan propiedades equilibradas para el trabajo de frenado, pero presentan un óxido muy tóxico por lo que quedaría obsoleto.

Los requisitos de los frenos se orientan en tres objetivos principales:

- Fiabilidad de los sistemas de frenos, al amparo para la filosofía "FAIL SAFE".
- La normativa presta atención al freno de estacionamiento
- Reglas sobre capacidad energética sobre frenada del avión. (Oñate, 2007)

## **2.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS BOEING 737-200**

Los trenes que apoyan al avión en sus maniobras en tierra, aterrizaje despegue, constan de seis ruedas y seis neumáticos tubulares, cuatro en el tren principal y dos en el tren de nariz.

Las ruedas del tren de principal tienen empotradas en su eje un conjunto de frenos. Los frenos son de tipo disco múltiple: fijos y rotativos. Un pistón acciona hidráulicamente cada freno y también están equipados con muelles de retorno combinado y reguladores automáticos.

El sistema de frenos consta de:

- Sistema de frenado hidráulico.- los cuales son controlados por el capitán o el primer oficial mediante los pedales del rudder la articulación y los cables a la válvula dosificadora del freno para cada tren principal. Cada válvula tiene doble propósito: dirigir la presión hidráulica del sistema A al freno interno y la presión hidráulica del sistema B al freno exterior.
- Un sistema de parqueo que mantiene al avión inmóvil, el cual es controlado por un mango que se encuentra en el control stand. Este sistema mantiene los frenos en la posición de freno aplicado.

El sistema de antideslizamiento toma automáticamente el control de la presión del freno a través de las válvulas de antideslizamiento. (THE BOEING COMPANY, 2011).

### **2.7.1 Sistema de frenos del Boeing 737-200**

Este sistema está controlado por el capitán o primer oficial y tiene como objetivos mantener al avión estacionado, dejar de girar las ruedas luego del despegue, acortar la carrera durante el aterrizaje y ayudar a girar en el taxeo del avión.

Su accionamiento se da a través del accionamiento de la articulación y los cables a las válvulas dosificadoras de freno, estas válvulas operan con una presión hidráulica de 3000 psi.

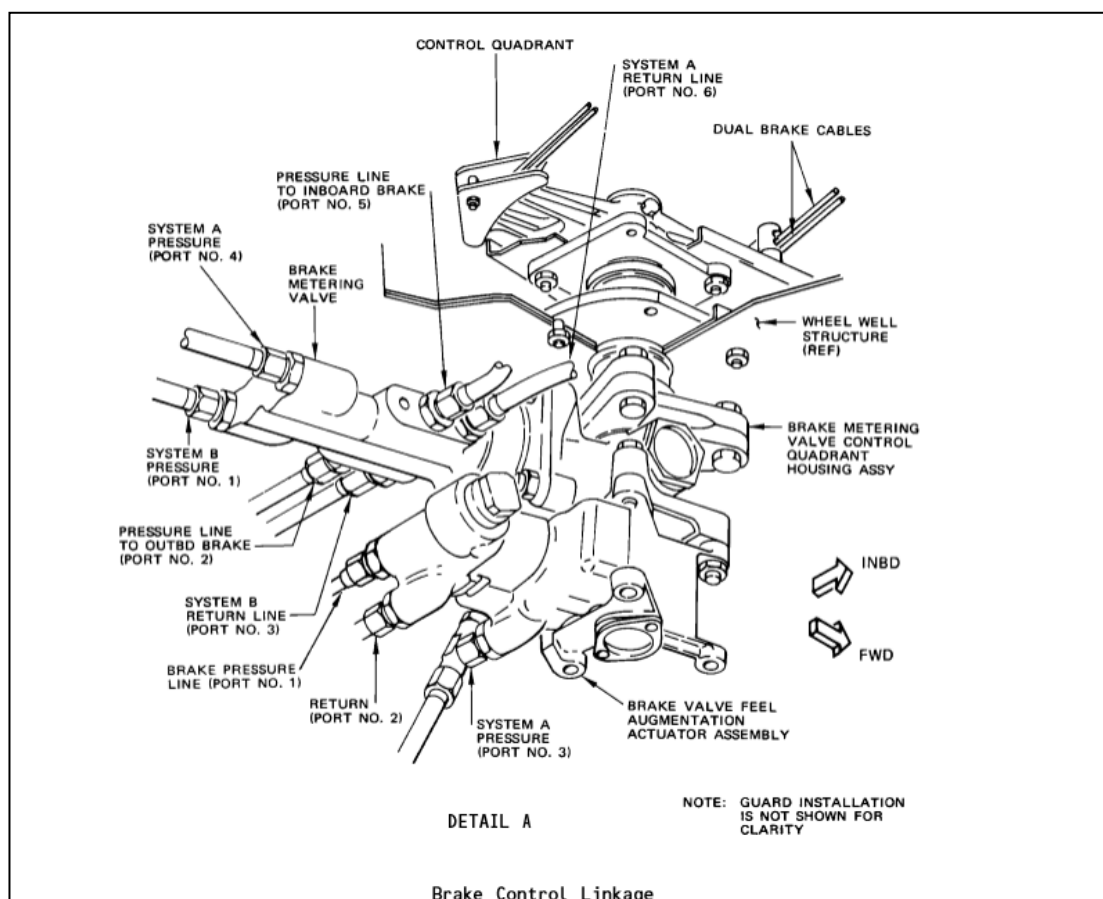
El sistema de freno consiste de dos cables, dos articulaciones, válvulas dosificadoras, actuadores de incremento de la válvula de freno, placas giratorias del freno, frenos tipo disco, acumuladores de presión hidráulica, transmisores y medidores.

Los acumuladores de presión se cargan a 1000 psi, los cuales ayudan durante el estacionamiento o cuando el sistema se despresuriza. El transmisor de presión envía la indicación de la presión hidráulica del sistema a la cabina de control.

Los frenos detiene automáticamente el giro de la rueda del tren principal al ser este retraído, mientras que en el tren de nariz lo hace un amortiguador. (THE BOEING COMPANY, 2011)

### 2.7.1.1 Articulación de control de freno.

La articulación de control de freno es actuado por los pedales del rudder o pedales de freno, los cuales están interconectados a través de la articulación bajo el piso del cabina de de control y se encuentran conectados a dos cuadrantes. Estos cuadrantes se conectan a las válvulas dosificadoras por dos cables de control; el movimiento de cualquiera de los dos pedales accionara su respectiva válvula dosificadora, y en caso de presionar los dos pedales juntos se accionaran las dos válvulas juntas. (THE BOEING COMPANY, 2011).



**Figura 15: Articulación de control de freno**

**Fuente: (THE BOEING COMPANY, 2011)**

### **2.7.1.2 Válvula dosificadora de freno**

Existen dos para cada tren principal en el conjunto de alojamiento del cuadrante de control de la válvula dosificadora ubicado en la parte delantera superior del pozo del tren de aterrizaje. Este conjunto de alojamiento contiene una manivela, un conjunto de unión, un pistón de auto frenado, una corredera de la válvula dosificadora y un eje de entrada del freno.

El eje de entrada del freno por la parte de arriba se acopla al eje del cuadrante y por la parte baja con un brazo de manivela que acciona el pistón del conjunto del actuador de incremento sensitivo de la válvula de freno.

A cada válvula se conectan siete líneas hidráulicas, los puertos de la válvula son operados por dos correderas de la válvula acanalada circula del eje de entrada del freno a través del conjunto de unión; la unión desplazará ambas correderas o solo una si la otra no se mueve. (THE BOEING COMPANY, 2011)

### **2.7.1.3 Actuador de incremento sensitivo de la válvula de freno**

Este actuador incrementa la resistencia del pedal de freno a baja presión de frenado sin incrementar la resistencia del pedal en alta presión de frenado. El actuador de incremento sensitivo se halla ubicado en el conjunto alojamiento de la válvula dosificadora. Adjunto al actuador están tres líneas hidráulicas: una para el sistema A, una para presión de frenado y otra de retorno. (THE BOEING COMPANY, 2011)

### **2.7.1.4 Frenos del tren principal**

Los frenos del tren de aterrizaje principal son de tipo multidisco, cinco discos rotativos y seis elementos estáticos de fricción. Dos de los discos estáticos (presión y frenado) están alineados en una superficie. Los demás cuatro están alineados por ambas superficies. Y están unidos en su diámetro interior a las acanaladuras del tubo de torque. Los revestimientos están hechos de un material ceramético inherentemente estable al calor que mantendrá su habilidad de fricción y resistencia original a temperaturas incandescentes. Los discos rotores están asegurados a la rueda, cada rotor

consiste de siete segmentos de acero sólido que se encuentran asegurados a una araña con una abrazadera. El portafreno aloja seis pistones interconectados a través de unos pasajes perforados y seis conjuntos de ajuste automático. Un Plug de sangrado es provisto en la parte superior del portafreno y un conjunto de válvula de sangrado es provisto en la parte inferior. (THE BOEING COMPANY, 2011)

#### **2.7.1.5 Acumulador hidráulico de freno**

Son dos acumuladores hidráulicos se hallan en la pared trasera del pozo de los trenes. Es hidráulico de freno está compuesto de dos sistemas independientes, con fuentes de presión separadas y requieren acumuladores individuales. La precarga es de 1000 + 50 psi. Una válvula de carga, un indicador de presión y un transmisor de presión también se hallan en la pared trasera. El acumulador almacena energía para la operación del freno, amortigua fluctuaciones de presión y asegura el flujo instantáneo de fluido a los frenos. Al cargarse completamente, el acumulador mantiene una reserva de fluido a presión suficiente para tres aplicaciones de freno y mantener la presión de freno de parqueo. (THE BOEING COMPANY, 2011)

#### **2.7.1.6 Conjunto giratorio de freno del tren principal**

Las líneas hidráulicas montadas en la estructura y al freno están conectadas por el conjunto giratorio de freno. Este conjunto permite el flujo por las líneas durante retracción y extensión del tren. EL conjunto giratorio se halla en la unión de muñón de cada tren.

Este conjunto consta de dos partes: una la rotatoria montada en la unión de muñón y una estática que sería el cuerpo. Hay un conjunto giratorio para cada línea de freno. (THE BOEING COMPANY, 2011).

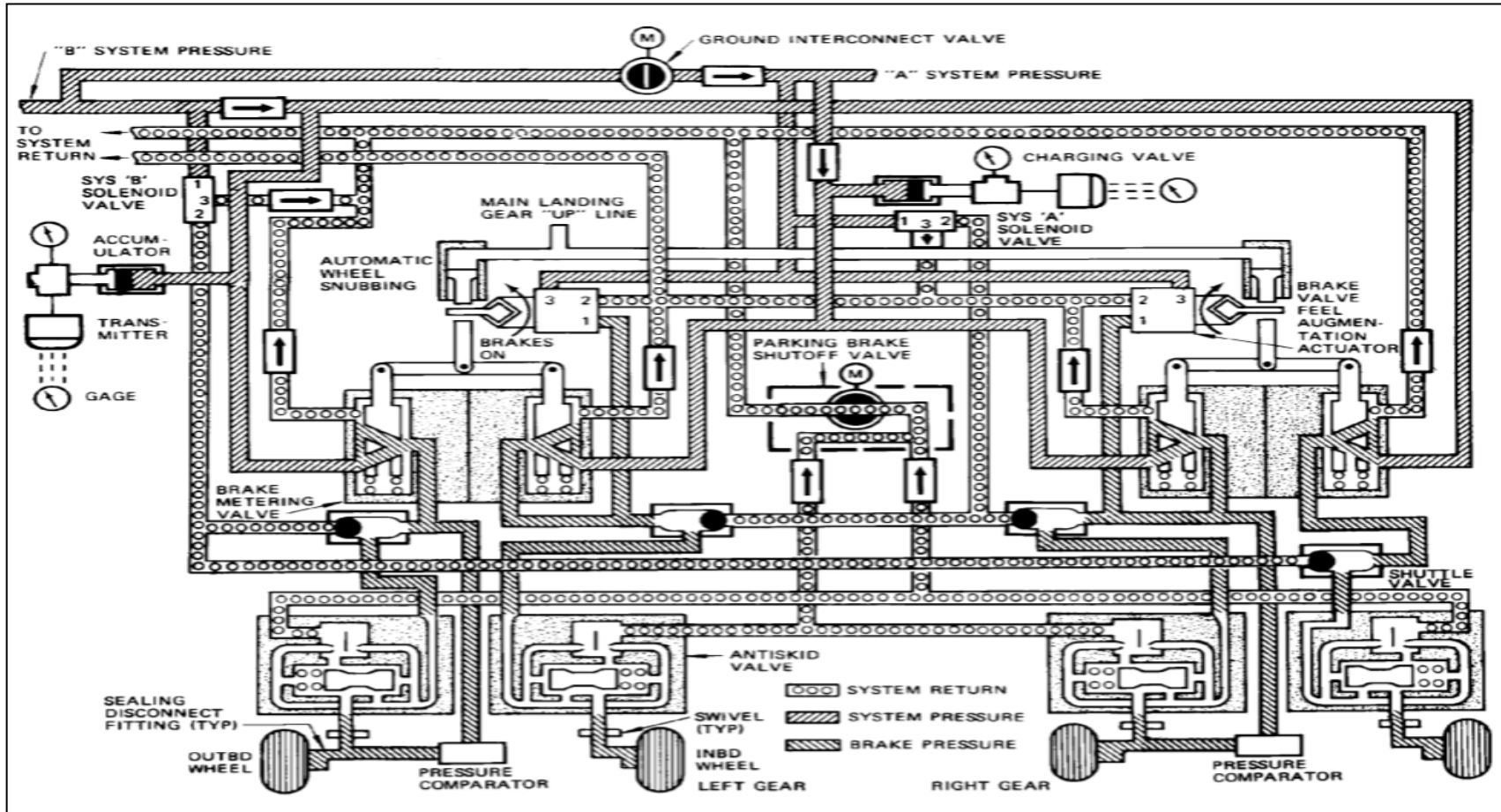


Figura 16: Sistema hidráulico del Freno  
 Fuente: (THE BOEING COMPANY, 2011)

## **2.8 FLUIDOS HIDRAULICOS**

La (ATSDR, 1997) menciona que “son líquidos que están compuestos por muchos tipos de sustancias químicas, que son utilizados en frenos, servodirecciones, transmisiones, niveladoras, aviones, etc.” En (Quiminet, 2007) los conceptualiza como “líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo”.

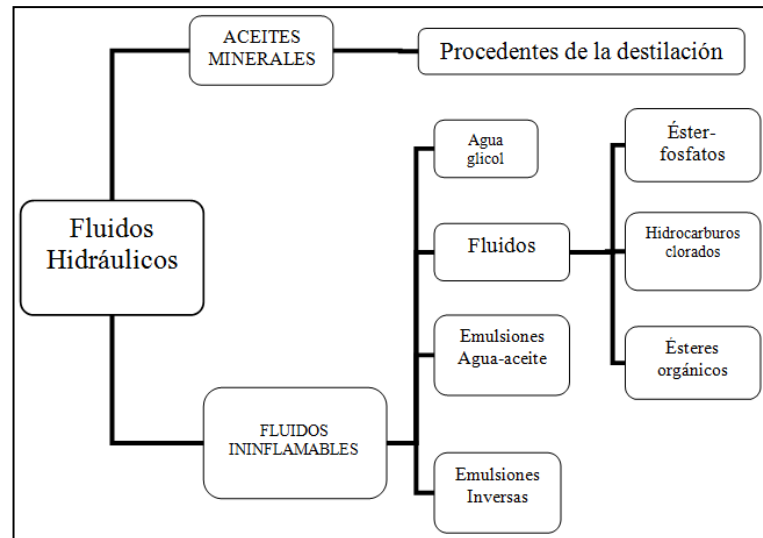
### **2.8.1 Propiedades de los fluidos hidráulicos**

Los fluidos presentan diversas propiedades como son:

- Viscosidad apropiada
- Variación mínima de viscosidad con la temperatura
- Estabilidad frente al cizallamiento
- Baja compresibilidad
- Buen poder lubricante
- Inerte frente a los materiales de juntas y tubos
- Buena resistencia a la oxidación
- Estabilidad térmica e hidrolítica
- Características anticorrosivas
- Propiedades antiespumante
- Ausencia de acción nociva (Quiminet, 2007).

### **2.8.2 Clasificación de los fluidos hidráulicos**

Los principales tipos de fluidos empleados en sistemas oleohidráulicos se resumen en la figura 16.



**Figura 17: Tipo de fluidos hidráulicos**

**Fuente:** (fluidpowerzone, 2000)

**Agua:** Se utilizó hasta la segunda década del siglo XVII. Tiene los graves inconvenientes de corrosividad, alto punto de congelación y bajo de ebullición, ausencia de poder lubricante y nulas propiedades antidesgaste y extrema presión. Su uso fue sustituido por los aceites minerales.

**Aceite mineral:** Los fluidos con estas bases son los más utilizados en aplicaciones hidráulicas. Los aceites minerales poseen una buena relación viscosidad/temperatura (índice de viscosidad), baja presión de vapor, poder refrigerante, una compresibilidad baja, inmiscibilidad con agua, de satisfactorias o excelentes cualidades de protección, y no requieren especial cuidado respecto a las juntas y pinturas normalmente utilizadas. Además tienen buena relación entre calidad, precio y rendimiento.

**Emulsión de aceite en agua:** también denominada emulsión directa, se trata de una emulsión de aceite (3 al 15%) en agua, que forma una especie de taladrina soluble. Tiene un costo muy bajo y excelentes propiedades de apagado de llama. Sus desventajas son: muy limitadas temperaturas de utilización, pobre resistencia de la película, dificultades con la corrosión, problemas de estabilidad de la emulsión y problemas de Evaporación.

**Emulsión de agua en aceite:** también denominada emulsión inversa, contiene del orden de un 40% de agua. Tiene excelentes propiedades de apagado de llama y un costo bajo/medio, pero su temperatura de utilización



es muy limitada, su poder lubricante medio, presenta problemas de evaporación de agua/estabilidad, y es un fluido no newtoniano.

Fluidos agua-glicol: Son mezclas en disolución del 20 al 45% de agua y etileno-propileno-glicol, con aditivos anticorrosivos y mejoradores antidesgaste. Tiene buena relación viscosidad/temperatura, muy buenas propiedades de resistencia a la llama, excelente comportamiento a bajas temperaturas, y un costo que no es prohibitivo. Sin embargo, su temperatura de utilización está limitada por el agua, suele tener problemas de corrosión, presenta problemas de evaporación y separación de fases, y requiere frecuentes cuidados de mantenimiento.

Fluidos sintéticos no acuosos: En la actualidad existen una gran variedad de estos fluidos cada uno con sus características y propiedades muy diferentes. La elección de estos tipos de fluidos deberá hacerse teniendo en cuenta su alto precio, la posible reacción con juntas y materiales sellantes así como el ataque a pinturas e influencia fisiológica y ecológica/medio-ambiental. (Ayala, 2003).

### **2.8.3 Skydrol (BMS 3-11)**

Skydrol es el más avanzado fluido hidráulico de la aviación, con el apoyo de expertos de reconocido prestigio en la tecnología de los fluidos. La línea Skydrol de fluidos hidráulicos resistentes al fuego incluye Skydrol 500B – 4, Skydrol LD- 4, 5 y Skydrol PE- 5. Skydrol PE- 5 fue desarrollado como requerimiento de líquidos hidráulicos por Airbus, Boeing, y los fabricantes de fluido hidráulico. (Masuma Aviation Parts). Skydrol 5 ofrece una capacidad térmica alta, así como la más baja densidad y una mejor compatibilidad con la pintura. (Ver Anexo A)

## **2.9 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)**

El Equipo de Protección Personal (EPP), es cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o su salud en el trabajo. Para que estos equipos sean efectivos deben ajustarse a los riesgos existentes en el lugar de trabajo, ya que de no ser así no habrá seguridad

para el trabajador más aún si su uso no es correcto o está en mal estado de conservación y mantenimiento, el EPP no cumplirá la finalidad de su fabricación.

### **2.9.1 Protección de los ojos y la cara**

Para la protección de los ojos y cara se cuenta con varios equipos como gafas, pantallas faciales, entre otras. Las gafas se utilizan para impedir que cuerpos extraños penetren en los ojos y prevenir irritaciones causadas por los gases, aerosoles, polvo, etc. o para proteger de la exposición a radiaciones. Se deben guardar limpias y protegidas contra los roces. Su uso es individual. Pueden ser de sujeción manual, sujetas a la cabeza y con cascos de seguridad.

### **2.9.2 Protección de los oídos**

Para la protección de los oídos tenemos tapones u orejeras, que serán utilizados de acuerdo a la actividad que se vaya a realizar. Los oídos deben protegerse contra el ruido continuo y el repentino. Los protectores han de tener una atenuación del ruido suficiente para cada situación sonora y deben ser resistentes a los productos incandescentes. Los protectores de oídos pueden ser: externos, como los auriculares y orejeras; ó internos, tapones y válvulas.

### **2.9.3 Protección de las vías respiratorias**

Las vías respiratorias son las más afectadas al momento de realizar algún trabajo relacionado con polvos, humos gases o productos químicos, es por ello que su protección es de carácter prioritario, para lo cual se pueden utilizar mascarillas provistas con filtros que se usan para proteger de los contaminantes atmosféricos ya sea partículas, gases o vapores.

### **2.9.4 Protección de manos y brazos**

Para la protección de manos y brazos se utiliza guantes de seguridad de acuerdo a la actividad que se vaya a realizar, para soldadura específicamente se utilizan mangas de carnaza. La protección de las manos

contra agresiones mecánicas y químicas se realiza mediante guantes. Los guantes de cuero se utilizan en medio seco y con agentes mecánicos, mientras que los guantes de goma sirven de protección en ambientes húmedos, con grasa o polvo.

### **2.9.5 Protección de pies y piernas**

Para los pies se utilizará calzado de seguridad de acuerdo al tipo de actividad que se vaya a realizar. Es obligatorio el uso de calzado con puntera y/o plantilla de seguridad en trabajos donde haya riesgos de caídas de materiales pesados. Al trabajar con electricidad se requieren calzado de caucho y caña alta. Para trabajo con productos químicos el calzado debe ser antiácido, impermeable y anti grasa.

### **2.9.6 Protección corporal**

La protección corporal está básicamente diseñada para proteger el cuerpo del trabajador, de: riesgos físicos, químicos o biológicos. Es muy importante seleccionar el tipo adecuado de protección. La protección corporal es fabricada con distintos materiales, y se utilizan de acuerdo al tipo de actividad que se vaya a realizar; así tenemos la ropa reflectante, ropa antinflama, ropa desechable, etc.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 PRELIMINARES**

En el presente capítulo se detallará paso a paso como se realiza la remoción, inspección e instalación de los frenos del tren principal de aterrizaje del Boeing 737-200. Este proceso inicia con la remoción de los frenos del tren principal del avión para su posterior inspección e instalación. La información necesaria para llevar a cabo esta tarea se encuentra en manuales técnicos de mantenimiento del avión, lo cual permite cumplir con los estándares de aviación, garantizando así en correcto cumplimiento de las tareas de mantenimiento. Posteriormente se realiza la prueba de funcionamiento del banco, en la cual se comprobara si cumple las especificaciones para lo cual fue diseñado. Cada mecanismo contará con un manual de operación, mantenimiento y seguridad de ser necesario.

#### **3.2 UBICACIÓN DEL AERONAVE BOEING 737-200**

La aeronave Boeing 737-200 conocido en la Fuerza Aérea Ecuatoriana como FAE 630, por cuestión de inspección de motores se encontraba en la plataforma del Ala de transporte N° 11 ubicada en la ciudad de Latacunga en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi. Para la realización de esta tarea de mantenimiento se necesito de la orden técnica de trabajo emitida por el departamento de mantenimiento de la escuadrilla Boeing y el personal necesario de la sección de hidráulica.

Además se tomaron en cuenta los equipos y herramientas que se usaran en las actividades que conlleven las tareas de mantenimiento de remoción, inspección e instalación del conjunto de freno, así como los equipos de protección personal adecuados para esta actividad.

Se ubicó el tren en el cual trabajaríamos, seguido por la designación del neumático a remover con su respectiva rueda y conjunto de freno según la orden de trabajo detallada en el Anexo G.

### 3.3 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Las herramientas utilizadas en las tareas de mantenimiento están ilustradas en la Figura 18:

- Llave de pico
- Pinza
- Desarmador plano
- Llave
- Rachas
- Copas
- Alambre de frenado
- Alicata trenzador de alambre



**Figura 18: Herramientas**

Además se usó una copa especial para retirar la tuerca que asegura la rueda al eje, y para proteger los hilos del eje del tren el protector de hilos.



**Figura 19: Herramientas especiales**

Los equipos usados fueron un gato hidráulico, los tacos y el equipo para retirar el neumático.



**Figura 20: Gato hidráulico**



**Figura 21: Tacos**



**Figura 22: Soporte de neumático**

### **3.4 REMOCIÓN DEL CONJUNTO DE FRENO**

Para remover el freno de la rueda del tren principal se utilizó el AMM respectivo, específicamente el ATA 32 (32-41-41). (Ver Anexo B).

Para empezar se tuvo que chequear que el tren se encuentren en la posición abajo y bloqueado y que los conjuntos de bloqueo en tierra estén instalados. Para instalar el conjunto de bloqueo en tierra se tiene que insertar en conjunto de bloqueo en la abrazadera de bloqueo del tren y a continuación colocar el pin de seguridad en el conjunto de bloqueo.



**Figura 23: Pin de Seguridad**

Se procedió a despresurizar el sistema hidráulico A y B. En el caso de trabajar en el freno interior que es operado por sistema hidráulico A, se corta el suministro de energía hidráulica y se espera de 5 a 10 minutos hasta q la presión se disipe por la dispersión interna del sistema de retorno. Solo por informar, en el caso de trabajar en freno exterior que es operado por el sistema hidráulico B, se corta la energía y se abre la válvula de interconexión en tierra e igualmente se espera de 5 a 10 minutos hasta q la presión del sistema se disipe por la dispersión interna del sistema de retorno.

Luego se calzaron las ruedas y se libero el freno de parqueo, a continuación se descargo los acumuladores de freno operando completamente los frenos seis veces.



**Figura 24: Colocación de tacos**

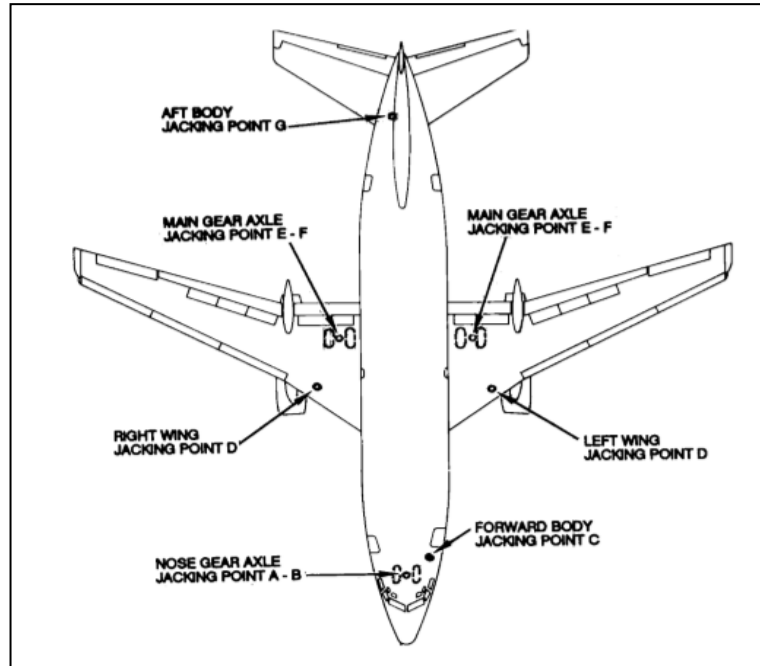


Se rompió el alambre de frenado, se removieron los tres pernos de sujeción y se extrajo el cuerpo exterior de la válvula de desconexión del freno, dejando la desconexión interna que permanece en el puerto de presión del freno. Se descartó el sello preformado expuesto y los dos anillos de apoyo de la ranura en la porción removida de desconexión. Para evitar pérdida de líquido hidráulico y que entre suciedad, no se debe separar la manguera de conexión en el ajuste de desconexión.

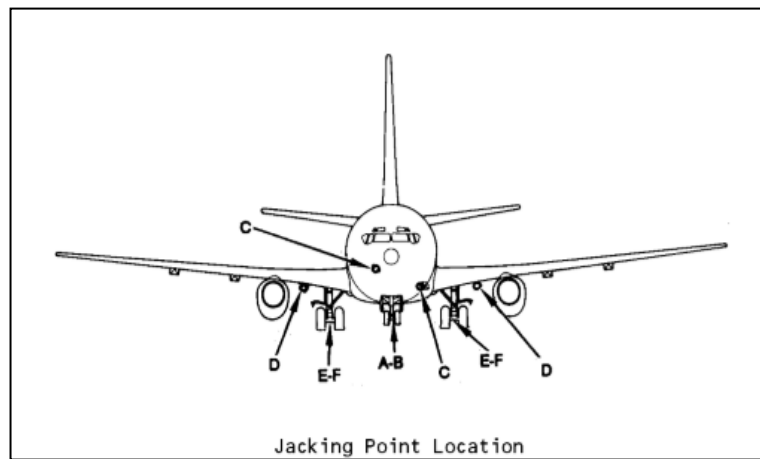


**Figura 25: Válvula de desconexión**

Se colocó el gato en el punto de aplicación de gatos del eje del tren principal y se elevó el conjunto de la rueda y el neumático hasta separarlo del suelo.



**Figura 26: Vista superior del Avión 737**



**Figura 27: Vista superior del Avión 737**



**Figura 28: Punto de colocación de gato**

Se removió el conjunto del neumático y la rueda, de haber sido el freno exterior el que deberíamos remover se deberá retirar el tapacubos, luego el aro retenedor de la tuerca del eje y la misma tuerca del eje. Posteriormente se removió la arandela el sello de grasa y el cojinete exterior de la rueda.



**Figura 29: Remoción del alambre de frenado.**



**Figura 30: Remoción de pernos de la tapa de la tuerca del eje**



**Figura 31: Tapa de la tuerca removida**



**Figura 32: Remoción del retenedor de seguridad**



**Figura 33: Remoción del sello de grasa**



**Figura 34: Neumático Removido**

Seguidamente se instaló el protector de la rosca del eje y la manga protectora del eje. Y se removió el freno.

Visualmente se inspeccionó la brida de acoplamiento del freno y el cuadrante inferior del eje del tren principal entre las bridas de acoplamiento en busca de posibles grietas.

Se asentó el freno en el coche de soporte y se transportó a la sección de hidráulica de la escuadrilla Boeing para su respectiva inspección.

### **3.5 INSPECCIÓN**

Debido a las tareas de mantenimiento que se llevan a cabo se ha visto la necesidad de implementar el siguiente banco de trabajo.

#### **3.5.1 Implementación del banco manual**

Para cumplir con la tarea de inspección se dio la necesidad de implementar un banco manual de trabajo, debido a que el procedimiento para esta tarea era inadecuado y riesgoso tanto para los componentes como los técnicos. Los componentes estaban expuestos a las fugas del fluido hidráulico y los técnicos a que tengan contacto en la piel u otras partes del cuerpo, y al tratarse de Skydrol 500 ay que tomar medidas de seguridad.

### 3.5.1.1 Banco

El banco manual de inspección de los frenos está compuesto de dos estructuras que trabajaran de manera conjunta para cumplir satisfactoriamente las tareas de remoción, inspección e instalación de los frenos del tren de aterrizaje del Boeing 737-200.

La estructura de suministro de Skydrol está encargado de entregar el fluido hidráulico necesario para la inspección. Su estructura es metálica y consta de un reservorio de aluminio de capacidad de 9 galones U.S., líneas hidráulicas flexibles para una cómoda manipulación, un manómetro de 3000 PSI, dos válvula de corte y acoples.

La estructura de soporte y transporte del freno es una estructura metálica, pesada y rígida que soportará el peso del freno durante la inspección y facilitará su traslado.

### 3.5.1.2 Diseño del banco

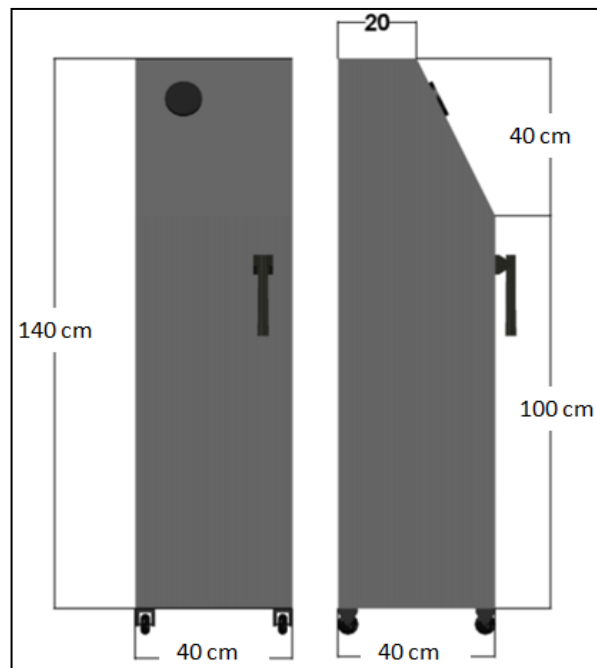
El diseño se realizó en el programa informático Autocad, de las dos estructuras que conforman el banco, tomando en cuenta las medidas especificadas según los requerimientos de los técnicos.



**Figura 35: Diseño del Banco en Autocad**

### 3.5.1.3 Construcción del banco

#### a) Estructura 1 (Suministro de Skydrol)



**Figura 36: Dimensiones Estructura 1**

Se recorto el tol de acuerdo a las medidas, esta estructura no posee tubos, sus soportes son realizados por dobleces de la lámina de tol en forma de tubo cuadrado.



**Figura 37: Corte de la lámina de tol**

Luego se procedió a soldar las laminas entre sí, y dar la forma rectangular a la estructura. Además se anexaron ruedas a la estructura mediante suelda.



**Figura 38: Estructura del Suministro de Skydrol**

Para la instalación del reservorio y la bomba manual fue necesaria adaptar soportes en la estructura, los cuales se aseguraron con pernos a las paredes laterales de la estructura.



**Figura 39: Soportes internos**



Las líneas que se usaron fueron cañerías flexibles por su amplia maniobrabilidad, y se enviaron a remachar con sus respectivos acoples. Al tener preparadas las cañerías con sus acoples, se ensambló el circuito hidráulico usando teflón para hermetizar y evitar fugas en el sistema.



**Figura 40: Ensamblaje del circuito hidráulico**

Al tener el reservorio y la bomba manual instalados, se procedió a conectar las cañerías que conforman el circuito hidráulico en la estructura de Suministro de Skydrol. Conectando el reservorio a la bomba, la línea de salida de la bomba a una T que conecta el manómetro y la línea de retorno al reservorio, seguido se acopló la línea de trabajo al otra T presente en la unión del manómetro con la línea de presión. Igualmente se instaló una T en el reservorio, a la cual se conectó a línea de retorno procedente de la llave de paso, y en la otra toma de la T se acopló un llave de paso con un fitting para rellenado del reservorio



**Figura 41: Conexión reservorio- bomba manual**

El manómetro y llave de paso que controla la presión en la línea de retorno se acoplaron a la estructura del suministro de Skydrol luego de ensamblarlos al circuito hidráulico.



**Figura 42: Ensamblaje del manómetro y llave de paso**

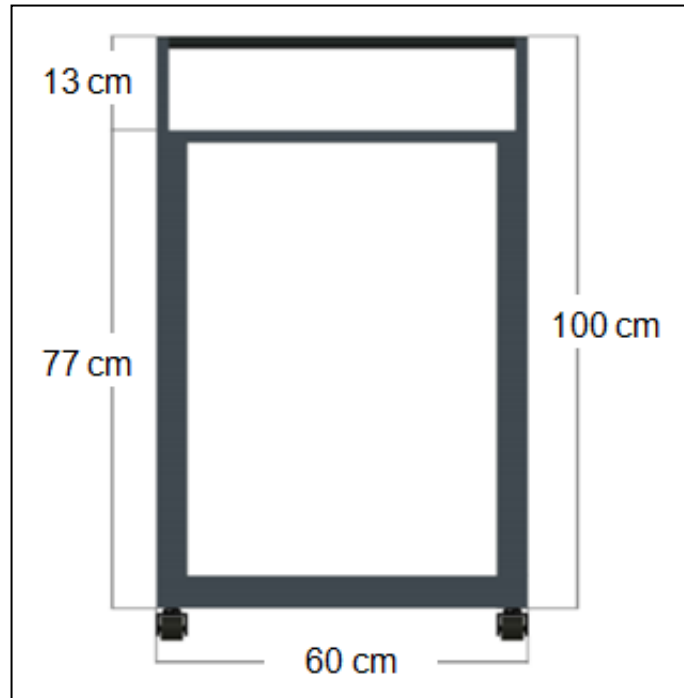
Al terminar el ensamblaje el circuito hidráulico interno se procedió a revisar la correcta conexión y que estén todos los acoples ajustados y el tapón del fitting de rellenado este en su lugar.



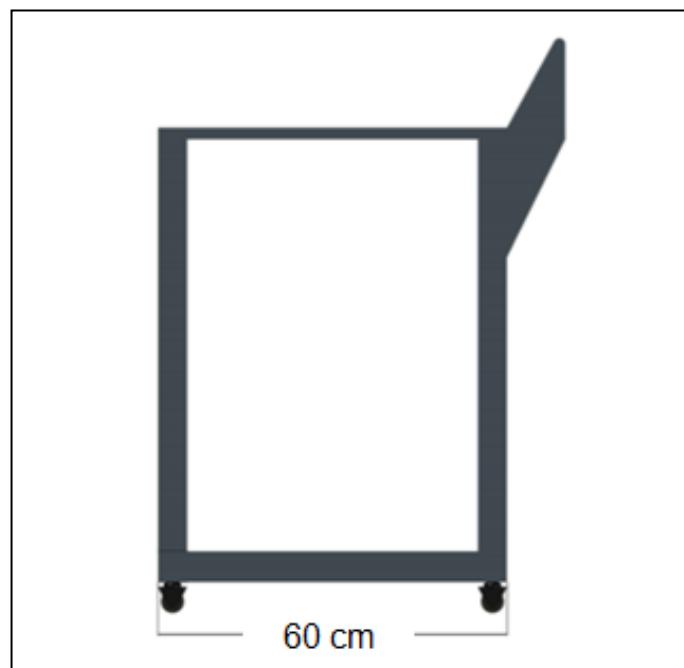
**Figura 43: Circuito hidráulico ensamblado**

En la figura 38 se aprecia la vista exterior de la estructura del suministro de Skydrol, se la pinto con un color gris de fondo de acuerdo al requerido por los técnicos de la sección de hidráulica de la escuadrilla Boeing del Ala de Transporte N° 11.

b) Estructura 2 (soporte de freno)



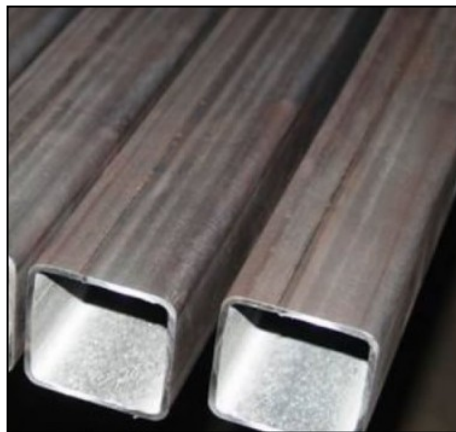
**Figura 44: Dimensiones de la Estructura 2 - Vista frontal**



**Figura 45: Dimensiones de la Estructura 2 - Vista lateral**

La estructura del soporte del freno es más sencilla que la del suministro de Skydrol. Esta estructura debe ser firme y tolerar el peso del freno (90 kg aprox.).

Para la construcción de esta estructura se cortó tubo cuadrado de acero y se procedió a soldar primero formando dos cuadrados con los segmentos de 60 cm, posteriormente se soldaron los cuatro segmentos de 77 cm en los cuadrados anteriores. Y a esta estructura se incorporaron las placas de acero tanto en la parte superior como inferior de la estructura.



**Figura 46: Tubo rectangular de acero**

Luego se instaló cuatro ruedas en cada esquina de la estructura usando un taladro y acoplándolas con pernos. Estas ruedas resisten sustancias químicas y soportan en conjunto de cuatro hasta 320 kg. Por último se instaló un tubo con dos placas que se soldaron a los costados de la estructura para poder empujarla y sujetarla al moverla.



**Figura 47: Estructura de soporte de freno ensamblada**

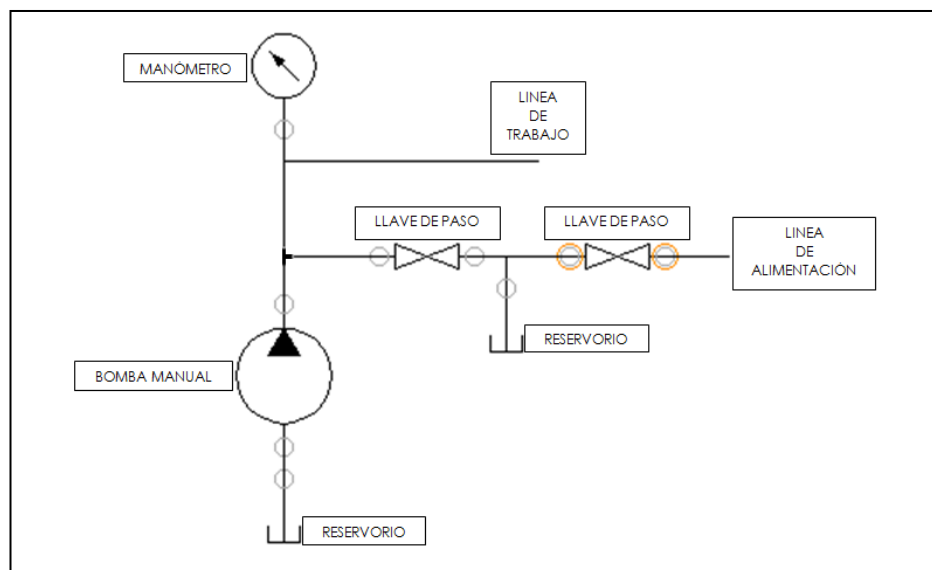
Se pintó en conjunto con el suministro de Skydrol de un tono gris de fondo.

En la figura 48 se exhibe el banco completo con las dos estructuras incorporadas en el bloque 48 de la sección de hidráulica.



**Figura 48: Implementación del Banco de trabajo**

#### 3.5.1.4 Circuito hidráulico del banco



**Figura 49: Esquema del circuito hidráulico diseñado en FESTO FluidSIM**



**Figura 50: Circuito hidráulico en el suministro de Skydrol**

### **3.5.1.5 Prueba operacional del Banco**

La prueba operacional se la realizó al obtener el banco completo con los dos componentes.

En el mecanismo 1 corresponde al de suministro de Skydrol se comprobó que entrega la presión necesaria, comprobada en el manómetro, y que las conexiones y las líneas no tengas fugas.



**Figura 51: Prueba de manómetro, llave de paso de retorno.**

En el mecanismo 2 corresponde al de soporte y transporte del freno se comprobó que tolera un peso similar al freno (aprox. 90 kg) y no presenta inconvenientes a movilizarse con dicho peso.



**Figura 52: Prueba de soporte con freno incorporado**

### **3.5.2 Limpieza del freno**

Hay que tomar en cuenta que debido a la carencia de la información técnica en la empresa acerca de la tarea de inspección del conjunto de freno se ha tomado como referencia el manual de la aeronave Boeing 727-200, el cual se citara en el (Anexo C).

La limpieza del freno se hace tomando en cuenta métodos efectivos y con los productos de limpieza disponibles para esta tarea en el freno.

Se debió tomar en cuenta ciertas advertencias y precauciones para realizar la limpieza del freno.

#### **ADVERTENCIA:**

Tome las debidas precauciones para prevenir el contacto del solvente de limpieza con la piel o vestimenta y evitar la inhalación de vapores. Siga las instrucciones pertinentes del fabricante del solvente de limpieza para tener precauciones y observaciones.

**PRECAUCION:**

Los agentes de limpieza especificados son perjudiciales para las partes de goma. Las partes limpiadas deben estar libres de agentes de limpieza y residuos de aceite resultante de su uso.



**Figura 53: Limpieza del freno**

Se limpió todas las partes del componente del conjunto de freno usando el líquido de limpieza WD-40 con un atomizador, cepillado con la ayuda de una brocha y se realizó un breve secado con una franela y wipe. Hay que tomar en cuenta la siguiente indicación: Utilice los agentes de limpieza aprobados y siga las instrucciones de uso y observe las precauciones específicas del fabricante del agente de limpieza.



**Figura 54: Cepillado/Limpieza del freno**



Una vez limpio el freno se usó nitrógeno seco para secar las partes luego de la limpieza, sopleteando todas las partes del freno que se trataron en la limpieza, para retirar los restantes del agente de limpieza y agua.



**Figura 55: Colocación de Equipos de Protección**

La seguridad es primordial en toda tarea de mantenimiento es por ello que la utilización de equipos de protección ayuda a minimizar los riesgos de accidentes de trabajo. Los guantes de nitrilo evitan el contacto directo con el fluido hidráulico. Para evitar la proyección de partículas se utilizan gafas de seguridad. Como protección de las vías respiratorias se utilizan mascarillas. La ropa de trabajo y los zapatos de seguridad protegen al técnico de los riesgos presentes en el lugar de trabajo.



**Figura 56: Sopleteada con nitrógeno de la parte interna del freno**



**Figura 57: Sopleteada con nitrógeno de la parte externa del freno**

### **3.5.3 Inspección visual**

En la fase de inspección visual se tomó en cuenta la advertencia:

Advertencia: Todas las partes en inspección deberán estar limpias, secas y su superficie preparada para la inspección.

Esta tarea consiste en visualmente inspeccionar todas las partes metálicas en busca de grietas, fisuras, picadura, arañazos, rajaduras, huellas peladas, corrosión, distorsión, revestimiento desgastado, y otros

defectos perjudiciales para cumplir con la lista de requerimientos específicos de chequeo.



**Figura 58: Inspección Visual**

En esta tarea se inspeccionó la sección del pistón por daños mecánicos, corrosión, evidencia de fugas u otros defectos, también se inspeccionó los orificios de los sujetadores del revestimiento en busca de daños, al no haber encontrado daño alguno no fue necesario etiquetar observaciones. Asimismo se realizó un vistazo al tube torque en busca de daños ya que las roturas no están permitidas en esta área.

#### **3.5.4 Chequeo**

Cuidadosamente se tuvo que sangrar el aire atrapado dentro del conjunto de freno cumpliendo los siguientes pasos:

- Ubicar el conjunto de freno en el mecanismo de soporte.
- Conectar la línea hidráulica de trabajo del banco al puerto de presión del conjunto de frenos.



**Figura 59: Conexión de la cañería de presión**



**Figura 60: Conexión Banco-Freno**

- Remover el tornillo de la válvula sangradora. Conecte una cañería flexible a la válvula sangradora y sumerja el otro extremo en un recipiente limpio parcialmente llenado con el mismo tipo de fluido que se usa en el test del freno.



**Figura 61: Cañería flexible**



**Figura 62: Conexión de la cañería a la válvula de sangrado**



**Figura 63: Cañería instalada en la válvula de sangrado**

- Aplicar una presión de fluido al freno y abra la válvula de sangrado. Permita que el fluido fluya hasta que todo el aire desaparezca. Entonces cierre la válvula de sangrado mientras se mantiene la presión de fluido. Retire la línea de sangrado e instale el tornillo y la arandela en la válvula de sangrado.



**Figura 64: Suministro de presión**



**Figura 65: Sangrado del fluido hidráulico**

### **3.5.5 Prueba funcional del conjunto de freno**

En la prueba funcional se accionó el freno cinco veces con presión de 0 a 1000 psi con una presión de fluido aplicada y se chequeó los ajustadores para una obtener una operación satisfactoria. Para continuar se verificó la extensión del pistón con presión y este debe regresar a su posición original cada ciclo del frenado. Del mismo modo se observó que no existan fugas en

la válvula y en las secciones de los pistones. Para terminar se liberó la presión de regresó al reservorio reduciendo la presión a cero.



**Figura 66: Pistones retraídos**



**Figura 67: Pistones extendidos**

### **3.6 MANUALES**

Los manuales se realizan con la finalidad de brindar información acerca de la operación y mantenimiento del banco manual con sus dos mecanismos; de igual manera el manual de seguridad al momento de llevar a cabo las tareas de mantenimiento de remoción, inspección e instalación del freno del tren de aterrizaje. Su uso es obligatorio.

#### **3.6.1 Manual del Operación**

Establece normas básicas de seguridad, que el técnico debe cumplir al momento de llevar a cabo las tareas de de remoción, inspección e instalación del freno del tren de aterrizaje del avión Boeing 737-200, su ejecución minimizara al máximo el riesgo de accidentes e incidentes;

protegiendo así los recursos humanos, materiales y financieros. (Ver Anexo E)

### **3.6.2 Manual de mantenimiento**

Este manual contiene todas y cada una de las tareas que se deben realizar al banco manual, con el fin de aumentar la vida útil y garantizar su efectivo funcionamiento. (Ver Anexo F)

### **3.6.3 Manual de seguridad**

Establece normas básicas de seguridad, que el técnico debe cumplir al momento de llevar a cabo las tareas de de remoción, inspección e instalación del freno del tren de aterrizaje del avión Boeing 737-200, su ejecución minimizara al máximo el riesgo de accidentes e incidentes; protegiendo así los recursos humanos, materiales y financieros. (Ver Anexo D)

## **3.7 INSTALACIÓN DEL CONJUNTO DE FRENO**

Este procedimiento se detalla técnicamente en el Anexo B. Para proceder con la tarea de instalación del freno se debe asegurar que la parte del puerto de presión o puerto interior de la válvula de desconexión este instalado en el puerto de presión en la superficie superior del portador del freno.

Se atornilló la parte del puerto de presión de la válvula de desconexión dentro del saliente en el alojamiento del freno hasta que la brida de los contactos de desconexión se encare al saliente. Luego se giro la brida en sentido antihorario para alinear los orificios de los pernos.

Un punto que se debe tomar en cuenta durante la preparación para la instalación del freno es el chequeo de los rebordes del eje del freno en busca de daños por calor, ya que esto supondría su reparación.

Se lubricó los pernos para montar el freno con EASE-OFF 990 o un equivalente.



Se elevó el freno y se posicionó de tal forma que el puerto de sangrado se encuentre en la parte superior y se prosiguió a instalar los pernos montantes del freno, las arandelas, y las tuercas tomando en cuenta que las cabezas de los pernos deben estar hacia el extremo exterior del eje del tren de aterrizaje. Durante esta instalación hay que tener cuidado en la longitud de apriete de los pernos, los correctos son de 15/16 pulgadas. Y también la orientación del perno es fundamental ya que crearía interferencia entre el perno y el sello de grasa de la rueda.

Al apretar los pernos hay que tomar en cuenta que se lo hace en cruz, pero solo los pernos no las tuercas. El torque en cambio se lo da en patrón circular hasta un último torque de 120-1135 libras pie.

Seguidamente se lubricó los sellos y los dos anillos de respaldo con fluido hidráulico. Antes de instalar la media cañería flexible de la desconexión del freno, se aplicó un ligero revestimiento de grasa BATCO X8401-2 en el envés del borde del montante de la cañería flexible.

Posteriormente se engancho el cuerpo exterior de la válvula de desconexión del freno con la parte interior instalada en el portador del puerto de presión del freno. Después de posicionó el cuerpo exterior de la válvula de desconexión con los tres orificios alineados y la manguera de conexión hidráulica apuntando hacia el frente. Posteriormente se instaló los conjunto de pernos y arandelas, apretadas entre 130-150 pulgadas pie y aseguradas con alambre de frenado. Cabe resaltar que solo se usan tres de los cuatro orificios del portador del puerto de presión para juntar la válvula de desconexión.

Para finalizar se montó el conjunto de rueda y neumático.



**Figura 68: Colocación del alambre de frenado**

Y se bajo el gato del eje y se lo removió. Y se servició el reservorio hidráulico.



**Figura 69: Neumático instalado**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- La información técnica acerca de las tareas de remoción, inspección e instalación se halla detallada en recopilaciones como: AMM (Manual de Mantenimiento Aeronáutico), que a su vez necesita del IPC (Catálogo Ilustrado de Partes) y Hojas técnicas de trabajo para el cumplimiento de las tareas propuestas.
- El pañol de herramientas del hangar perteneciente al Ala 11 y los equipos de apoyo de la sección de hidráulica de la escuadrilla Boeing cuentan con las herramientas y equipos necesarios que utilizan los técnicos para cumplir con las tareas propuestas en este proyecto.
- Con la remoción y la inspección del conjunto de frenos de tren de aterrizaje del Boeing 737-200 fue necesaria la implementación del banco manual de trabajo para facilitar las tareas limpieza del conjunto de frenos y el chequeo de fugas de fluido hidráulico (Skydrol) en el sistema hidráulico que trabaja en el conjunto de frenos.
- La prueba de funcionamiento del banco manual de prueba se ha realizado satisfactoriamente, cumpliendo con los requerimientos y completando eficazmente las tareas de mantenimiento.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Usar manuales técnicos de aviación relacionados con la aeronave, el sistema, los componentes y elementos externos que intervengan en las tareas de mantenimiento que se realicen. Asimismo se debe verificar que estas fuentes de información estén actualizadas y pertenezcan a la aeronave en la cual se aplicaran los procedimientos que propongan.
- Al realizar tareas de mantenimiento se debe contar equipos técnicos, herramientas, manuales, hojas técnicas, etc. Pero sobre todo se debe contar con equipos de protección personal ya sean mascarillas, gafas de seguridad, guantes, overol y zapatos de seguridad, debido a que se está expuesto a riesgos de exposición a fluidos peligrosos como es el Skydrol 500 que afecta al entrar en contacto con la piel, ojos.
- Utilizar un banco de prueba, permite agilizar y realizar de una manera técnica las tareas de mantenimiento como: inspecciones de componentes, limpieza, chequeo, mantenimiento. Y sobre todo minimizan el tiempo de intervención en dicha actividad y minimiza los riesgos a los que los técnicos se someten al trabajar en aviación.
- Al realizar las pruebas de funcionamiento del banco hay que prestar atención a los manuales que se encuentren adjuntos para una correcta ejecución de la tarea y conservación del banco manual de prueba.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**ACTUADOR:** Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

**ACUMULADOR:** Es un depósito capaz de almacenar cierta cantidad de fluido a presión, para auxiliar al circuito hidráulico en caso de necesidad.

**AECC:** Asociación Española de Calidad.

**AERONAVE:** Vehículo con o sin motor capaz de navegar por el aire.

**AERONAVEGALIBILIDAD:** Es la capacidad de una aeronave para cumplir con seguridad las condiciones de utilización previstas.

**ALERONES:** Son unas superficies móviles, situadas en la parte posterior del extremo de cada ala, cuyo accionamiento provoca el movimiento de alabeo del avión sobre su eje longitudinal.

### B

**BERILIO:** Elemento químico de número atómico 4, masa atómica 9,01 y símbolo Be; es un metal de color gris, muy ligero, que se obtiene del berilo y se usa en la fabricación de aviones y tubos de rayos X, en los reactores nucleares y en computadoras, láser, televisión, etc.

**BOEING:** Es una empresa multinacional estadounidense que diseña, fabrica y vende aviones, helicópteros, misiles y satélites y proporciona asesoramiento y servicio técnico.

### C

**CARRETÓN:** Es una plataforma sobre la que pivota el chasis de una locomotora o vagón.

**CENTRO DE GRAVEDAD:** Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas masas materiales de un cuerpo.

**CETOP:** Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques (Comité Europeo de Transmisiones oleo hidráulicas y Neumática).

## E

**EDP:** Bomba accionado por el motor (Engine-Driven Pump)

**EFFECTIVIDAD:** También denominado código de IPC. Este código es uno de los más utilizados en cada consulta al manual, antes de comprobar cualquier acción de mantenimiento, la efectividad de la aeronave es elemental conocerla, una prueba funcional de cualquier sistema, puede pasar de estar incorrecta a estar dentro de normas, o viceversa, dependiendo de la efectividad de la aeronave.

**ELEVADORES:** Son superficies flexibles ubicadas en la parte trasera de los estabilizadores horizontales de la cola que permite el despegue y el aterrizaje, así como ascender y descender una vez que se encuentra en el aire.

**EMDP:** Bomba accionada por un motor eléctrico. (Electric Motor-Driven Pump)

**EMULSIÓN:** Líquido de aspecto lácteo que contiene en suspensión pequeñas partículas o gotas de otra sustancia insolubles en aquel.

**ENVERGADURA:** Distancia entre las dos puntas de las alas de un avión.

**EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:** Los equipos específicos destinados a ser utilizados adecuadamente por el trabajador para que le protejan de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo.

**ESTATORES:** Son la parte fija de la conjunto de freno. Ellos están unidos a la carcasa del freno por medio de pernos. Tienen un forro almohadilla que

ayuda a hacer que la fricción de la acción de frenado de los rotores. Este revestimiento se desgasta con el tiempo, por lo que es la parte más a menudo cambiar el conjunto de freno.

## F

**FLAP:** Son unas superficies que se encuentran en las alas, en la parte mas cercana al fuselaje y que permiten, al ser desplegadas, aumentar la sustentación del avión. Así se consigue reducir la velocidad del avión para realizar las maniobras de despegue y aterrizaje.

**FESTO FluidSIM:** es una aplicación pensada para la creación, simulación, instrucción y estudio electroneumático, electrohidráulico y de circuitos digitales. El programa nos permitirá crear circuitos muy fácilmente mediante el clásico procedimiento de arrastrar y soltar.

**FUENTE:** Maquinaria, equipos, y herramientas utilizadas en el lugar de trabajo que puedan causar daños a la salud de los trabajadores.

## G

**GATO:** Es una máquina empleada para la elevación de cargas que puede ser mecánica o hidráulica. Los gatos mecánicos, de cremallera (o husillo) son adecuados para la elevación de pesos pequeños, mientras que los gatos hidráulicos se emplean para la elevación de grandes pesos.

## H

**HERMÉTICO:** Que cierra perfectamente de modo que no deja pasar el aire ni el líquido.

**HIDROLÍTICA:** Atender a eliminar o separar el agua; la eliminación de agua.

## I

**INCOMPRESIBLE:** Que no puede ser comprimido.

**M**

**MAMPARO:** Se designa con el nombre de mamparo a la construcción de madera o planchas de metal en posición vertical, con las cuales se forman los compartimentos de a bordo de un barco; llevan puertas y, en general, están provistos de aberturas, en comunicación con el exterior, para la ventilación de los espacios que limitan.

**MANTENIMIENTO:** Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

**MANÓMETRO:** Es un instrumento de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Esencialmente se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

**MINIMIZAR:** Empequeñecer o reducir al mínimo la importancia o valor de algo.

**MORRO:** Nariz del avión.

**MSDS:** Material Safety Data Sheet. Hoja de Seguridad de Materiales

**N**

**NACELLES:** Góndola, es una carcasa, separada del fuselaje, que contiene motores, combustible o equipo en un avión.

**NEUMÁTICO:** El neumático, también denominado cubierta, goma o llanta en América, es una pieza fabricada con un compuesto basado en el caucho que se coloca en la rueda de un vehículo para conferirle adherencia, estabilidad y confort.

**P**

**POPA:** Parte posterior de una embarcación.



**PISTÓN:** Un pistón es una pieza que forma parte del mecanismo de funcionamiento de un motor.

**PSI:** La libra-fuerza por pulgada cuadrada, más conocida como psi (del inglés pounds-force per square inch) es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

**PRESURIZACIÓN:** Mantenimiento de la presión atmosférica de un recinto a niveles normales para los humanos, independientemente de la presión exterior.

**PROA:** Parte delantera de una embarcación y otros vehículos.

## R

**RELAY:** El relé (en francés, relais, “relevo”) o relevador es un dispositivo electromagnético.

**RETRÁCTIL:** Que puede avanzar o adelantarse y, después, retroceder o esconderse. Que puede encogerse quedando oculto al exterior.

**ROTORES:** La parte giratoria de una máquina, como el rotor de un motor.

**RUDDER:** Timón de dirección. Es una superficie de control principal usado para dirigir un buque, barco, submarino, aerodeslizadores, aviones, u otro medio de transporte que se mueve a través de un fluido medio (generalmente aire o agua).

**RUEDA:** Es una pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje.

## S

**SHUTOFF VALVE:** Válvula de corte.

**SKYDROL:** Es un avanzado fluido hidráulico de aviación resistente al fuego fabricado por Solutia Inc.

**SLAT:** Son superficies flexibles aerodinámicas auxiliares situadas en el borde delantero o de ataque del ala, que funcionan automáticamente en algunos aviones o controlados por el piloto en otros.

**SPOILER:** Es un dispositivo que busca reducir la fuerza de sustentación de una aeronave.

## T

**TANDEM:** Se emplea para señalar elementos de un mismo tipo que se posicionan en serie, es decir uno atrás de otro, y que cumplen la misma función en un mecanismo.

**TAPACUBOS:** Tapa metálica o de plástico que se adapta a la parte exterior de la llanta de la rueda.

**TEFLÓN:** El politetrafluoroetileno (PTFE) es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de flúor.

## V

**VÁLVULA:** Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencias de presión, etc.

**VISCOSIDAD:** Es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATSDR. (Septiembre de 1997). Fluidos hidráulicos. Obtenido de [http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/101\)FLUIDOS%20HIDR%C3%81ULICOS.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/101)FLUIDOS%20HIDR%C3%81ULICOS.pdf)
- Aviation Models. (2009). Aviation Models. Obtenido de <http://www.aviationmodels-online.com/>
- Ayala, M. (2003). FLUIDOS HIDRÁULICOS Y FILTROS. San Salvador.
- Boeing. (1995). Boeing España. Obtenido de <http://www.boeing.es/acerca-de-boeing/la-historia-de-boeing.page>
- Borja Ponce, D. E. (2001). Construcción y simulación de mecanismos del tren de aterrizaje fijo. Latacunga.
- Creus Solé, A. (2007). Neumática e Hidráulica. México D.F.
- FAA. (2013). Aviation Maintenance Technician Handbook - General. Washington.
- FAA. (2014). Aircraft Landing Gear Systems. En F. A. Administration, Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe (pág. 96). Washington, DC.
- fluidpowerzone. (2000). Hidráulica Básica 3.0. Obtenido de <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/CURSO%20DE%20HIDRAULICA/MANUAL%20DE%20HIDRAULICA.pdf>
- Historia y Biografías. (11 de Octubre de 2014). HB. Obtenido de <http://historiaybiografias.com/boeing737/>
- Masuma Aviation Parts. (s.f.). Obtenido de <http://masumachile.com/producto/otros/fluido-hidraulico-para-aviacion-skydrol/>

Mullo Tarco, S. D. (2009). Construcción de un Dolly para el montaje y desmontaje del Conjunto de Frenos del Avión Boeing 737-200 para el área de equipos de apoyo del CEMA. Latacunga.

Oñate, A. E. (2007). Conocimientos del Avión. Madrid.

Perugachi Guaña, W. R. (2006). Construcción de un Banco de Prueba Universal para el llenado y chequeo de los Trenes de Aterrizaje de las diferentes Aeronaves. Latacunga.

Quiminet. (Agosto de 2007). Quiminet.com. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/los-fluidos-hidraulicos-y-sus-caracteristicas-22305.htm>

Smithsonian Institution, National Air and Space Museum. (2012). Smithsonian Institution, National Air and Space Museum. Obtenido de <https://airandspace.si.edu/collection-objects/lockheed-vega-winnie-mae>

THE BOEING COMPANY. (2008). 737 " Maintenance Manual" ATA 29. Estados Unidos.

THE BOEING COMPANY. (2011). 737 " Maintenance Manual" ATA 32. Estados Unidos.

THE BOEING COMPANY. (s.f.). 737 " Maintenance Manual" ATA 29. Estados Unidos.

The flying kiwi. (s.f.). Obtenido de <http://www.richard-seaman.com/Aircraft/AirShows/Frederick2000/He111/index.html>

The Skytamer Archive. (2009). The Skytamer Archive. Obtenido de [http://www.skytamer.com/Boeing\\_B-29B.html](http://www.skytamer.com/Boeing_B-29B.html)

Trallero, R., Atienza, R., & Frövel, M. (2013). EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE EN LAS. Madrid.

# ANEXOS

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Technical Data Sheet – Skydrol 5

**ANEXO B:** Hojas Técnicas de Mantenimiento - AMM Boeing 737-200 (32-41-41)

**ANEXO C:** Hojas Técnicas de Mantenimiento (CMM Boeing 727-200)

**ANEXO D:** Manual de seguridad

**ANEXO E:** Manual de Operación

**ANEXO F:** Manual de manteniendo

**ANEXO G:** Carta de Aceptación de Conformidad

**ANEXO H:** Hoja de Vida

**ANEXO I:** Hoja de legalización de firmas

## CURRICULUM VITAE



### DATOS PERSONALES

**APELLIDOS Y NOMBRES:** Armendáriz Rengel Alexis Danniell

**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 1804352456

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Mocha, 30 de abril de 1994

**DOMICILIO:** Nueva Vida

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 032 386165

**TELÉFONO CELULAR:** 0958832205

**CORREO ELECTRÓNICO:**  
alex\_armendariz@hotmail.  
com.ar

### ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA:** Escuela de Educación Básica “Joaquín Hervas”

**SECUNDARIA:** Colegio Militar N° 6 “Combatientes de Tapi”

**SUPERIOR:** Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE

## **TÍTULOS OBTENIDOS**

- Bachiller en Ciencias Generales
- Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Aviones

## **SEMINARIOS**

Licencia Tipo B

- Center drive - Latacunga

## **EXPERIENCIA PROFESIONAL**

Pasantías Realizadas en Escuela Superior Militar de Aviación “Cosme Rennella Barbato” (Año 2014)

- Cargo: Técnico de mantenimiento ( 160 horas)

Pasantías Realizadas Ala de Transportes No. 11 – Latacunga (Año 2014)

- Cargo: Técnico de mantenimiento (160 horas)

Pasantías Realizadas en Aero Morona - Macas (Año 2015)

- Cargo: Técnico de mantenimiento (200 horas)

Pasantías Realizadas en Aeropuerto Internacional Cotopaxi (Año 2015)

- Cargo: Técnico de mantenimiento (200 horas)



**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR

---

ALEXIS DANNIEL ARMENDARIZ RENGEL

C. I 1804352456

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÀNICA AERONÀUTICA MENCIÓN  
AVIONES**

---

**Ing. Rodrigo Bautista**

Latacunga, 23 de Febrero del 2016