



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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCION MOTORES**

**TEMA:** REHABILITACIÓN DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN  
DE EXTENSIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA DEL TREN  
DE ATERRIZAJE PRINCIPAL OPERADO NEUMÁTICAMENTE  
PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE.

**AUTOR:** SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO

**DIRECTOR:** ING. BAUTISTA RODRIGO

LATACUNGA

2017



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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

### **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

#### **CERTIFICACIÓN:**

Certifico que el trabajo de titulación, “**Rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE**” realizado por el señor **SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO**, 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 **SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 31 de Mayo del 2017**

-----  
**ING. BAUTISTA RODRIGO**

**DIRECTOR**



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

### **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

#### **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

##### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO**, con cédula de identidad N°172082355-6 declaro que este trabajo de titulación **REHABILITACIÓN DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN DE EXTENSIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL OPERADO NEUMÁTICAMENTE PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE** 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, 31 de Mayo del 2017**

---

**SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO**

**C.C. 172082355-6**

# **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

## **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “, con cédula de identidad N°172082355-6 declaro que este trabajo de titulación “REHABILITACIÓN DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN DE EXTENSIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL OPERADO NEUMÁTICAMENTE PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 31 de Mayo del 2017**

---

**SILVA TELLO KLEBER ESTUARDO**

**C.C. 172082355-6**

## DEDICATORIA

El presente proyecto de grado lo dedico primeramente a Dios, que mediante su infinito amor me permite fortalecerme y prosperar en el camino de la vida cuidándome y guiándome en cada paso que doy.

A mis padres, quienes han sido parte fundamental en la formación de mi vida siendo un gran apoyo en todo momento para mí. Depositando su entera confianza en cada reto, en cada paso, en cada propósito que me he planteado.

A mis hermanas que han sido un puntual fundamental en mi vida que han estado siempre junto a mí apoyándome en los malos y buenos momentos

Dios, padres, amigos y demás personas quienes de una u otra manera supieron brindarme su apoyo cuando lo necesité, les dedico de todo corazón este proyecto mediante el cual logro culminar esta carrera.

**Silva Tello Kleber Estuardo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por regalarme de este mundo lo más hermoso que es la vida, por haberme regalado una hermosa familia y poder disfrutar de su compañía, agradezco a Dios por haberme hecho un hombre fuerte en el transcurso de mi vida lo cual ha permitido que día a día siga luchando por alcanzar mis objetivos y no permitirme decaer en momentos difíciles.

Agradezco a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE por abrirme las puertas y guiarme, formarme, llenarme de conocimientos en el transcurso de estos años de la misma manera a mi Director de tesis por guiarme y corregirme en la elaboración de este proyecto.

De una u otra manera agradezco a todas las personas q han estado ahí apoyándome para la culminación de la misma

**Silva Tello Kleber Estuardo**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN:.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi

### CAPITULO I

#### TEMA

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos .....	3
1.5 ALCANCE.....	4

### CAPITULO II

#### MARCO TEÒRICO

2.1 TREN DE ATERRIZAJE .....	5
2.1.1 Clasificación.....	6
2.1.1.1.2 Tren biciclo .....	7

2.1.1.1.3 Tren cuadríciclo .....	7
2.1.1.1.4 Tren triciclo doble .....	8
2.1.1.1.5 Tren multiciclo.....	8
2.1.1.1.6 Tren triciclo en línea de tres.....	9
2.1.1.2 Tipos por características de articulación.....	9
2.1.1.2.1 Tren retráctil y fijo .....	9
2.1.1.3 Tipos por sistema de suspensión .....	10
2.1.1.3.1 Tren de ballesta .....	10
2.1.1.3.2 Tren de cordones elásticos.....	11
2.1.1.3.3 Tren de amortiguador líquido.....	11
2.1.1.3.4 Tren de amortiguador oleoneumático .....	12
2.1.1.4 Tipos por geometría de suspensión.....	12
2.1.1.4.1 Tren de suspensión telescópica .....	12
2.1.1.4.2 Tren de suspensión articulado.....	13
2.1.1.5 Tipos por sistema de extensión y retracción del tren.....	15
2.1.1.5.1 Sistema de accionamiento hidráulico .....	15
2.1.1.5.2 Sistema de accionamiento neumático .....	15
2.1.1.5.3 Sistema de accionamiento eléctrico .....	16
2.1.1.5.4 Esquíes.....	16
2.1.2 Elementos del tren de aterrizaje .....	17
2.1.2.1 Constitución y operación de los amortiguadores .....	17
2.1.2.2 Articulación de torsión (Compás).....	20
2.1.2.3 Ruedas .....	20
2.1.3 Ubicación del tren de aterrizaje .....	23
2.1.4 Sistemas de amortiguación.....	24
2.1.5.1 Montante amortiguador.....	24

2.1.4.2 Control direccional del tren de aterrizaje .....	25
2.1.4.3 Shimmy Damper .....	266
2.1.5 Retracción y extensión del tren.....	27

### **CAPITULO III**

#### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

3.1 Preliminares.....	31
3.2 Estudio de factibilidad.....	31
3.3 Medidas de seguridad aplicadas .....	32
3.4 Desmontaje y desconexión de cableado eléctrico y cañerías de equipos mecanismos y componentes.....	35
3.4.1 Desconexión del cableado eléctrico de los equipos componentes y mecanismos .....	35
3.4.2 Desconexión y comprobación de cañerías neumáticas.....	36
3.4.3 Desmontaje del compresor.....	37
3.4.4 Desmontaje de la válvula reguladora.....	38
3.4.5 Desmontaje del filtro de aire .....	38
3.4.6 Desmontaje, limpieza del manómetro.....	39
3.4.7 Desmontaje del tren.....	39
3.4.7.1 Limpieza del actuador.....	40
3.4.7.2 Limpieza del Tren .....	41
3.5 Rehabilitación de la estructura metálica .....	42
3.6 Pintada de estructura metálica .....	43
3.7 Ubicación de los componentes, mecanismos y elementos en la estructura metálica .....	46
3.7.1 Ubicación del Compresor.....	46
3.7.2 Ubicación de Cañerías .....	47
3.7.3 Ubicación del filtro de aire.....	47

3.7.4 Ubicación de la válvula reguladora de presión .....	48
3.7.5 Ubicación del manómetro .....	48
3.7.6 Ubicación del tren .....	49
3.8 Rehabilitación del sistema eléctrico .....	49
3.9 Cambio de llantas de la estructura metálica .....	53
3.11 Pruebas de funcionamiento .....	54
3.12 Estudio económico .....	54
3.12.1 Costo Primario .....	54
3.12.2 Costos secundarios .....	56
3.12.3 Costo total.....	56
FLUJOGRAMA 1 .....	58

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4. 1 CONCLSIONES.....	59
4.2 RECOMENDACIONES.....	59
<b>ABREVIATURAS</b> .....	60
<b>GLOSARIO</b> .....	61
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tren de aterrizaje principal y de morro de un .....	5
Figura 2 Tren triciclo .....	6
Figura 3 Tren biciclo .....	7
Figura 4 Tren cuadriclo.....	7
Figura 5 Tren triciclo doble.....	8
Figura 6 Tren multiciclo.....	8
Figura 7 Tren triciclo en línea de tres.....	9
Figura 8 Tren retráctil.....	10
Figura 9 Tren ballesta se muestra posición en el aire y .....	11
Figura 10 Pata de tren con suspensión telescópica.....	13
Figura 11 Esquemas de trenes de palanca.....	14
Figura 12 Trenes de palancas compuestos .....	14
Figura 13 Bombardero B-47.....	15
Figura 14 Esquema de sistema eléctrico de .....	16
Figura 15 Esquema de operación de los esquis.....	16
Figura 16 Construcción de un amortiguador oleoneumático.....	18
Figura 17 Articulaciones de torsión del tren.....	20
Figura 18 Rueda de llanta partida.....	21
Figura 19 Fusibles térmicos de rueda.....	22
Figura 20 Detalle de la válvula de seguridad de presión de la.....	23
Figura 21 Construcción de un amortiguador oleoneumático.....	25
Figura 22 Sistema de control mecánico y modo de accionamiento .....	26
Figura 23 Shimmy Damper .....	27
Figura 24 Abertura de compuertas .....	28

Figura 25 Retracción del tren.....	28
Figura 26 Retracción de compuertas .....	29
Figura 27 Apertura de compuertas .....	29
Figura 28 Retracción del tren.....	30
Figura 29 Retracción del tren.....	30
Figura 30 Botas de seguridad .....	32
Figura 31 Guantes .....	32
Figura 32 Overol .....	33
Figura 33 Gafas .....	33
Figura 34 Orejeras .....	34
Figura 35 Mascarilla.....	34
Figura 36 Faja de seguridad .....	35
Figura 37 Desconexión de cableado de los componentes,.....	36
Figura 38 Desconexión de cañerías .....	36
Figura 39 Agua con detergente y guaípe .....	37
Figura 40 Desmontaje del compresor .....	37
Figura 41 Válvula reguladora de presión .....	38
Figura 42 Filtro de aire.....	38
Figura 43 Desmontaje del manómetro.....	39
Figura 44 Desmontaje del tren.....	39
Figura 45 Desmontaje del tren.....	40
Figura 46 Limpieza del actuador.....	40
Figura 47 Lubricación del actuador.....	41
Figura 48 Limpieza del tren.....	41
Figura 49 Estructura metálica .....	42
Figura 50 Lijada de estructura metálica.....	42

Figura 51 Lijada de estructura metálica .....	43
Figura 52 Restauración de la estructura metálica.....	44
Figura 53 Restauración de la estructura metálica.....	44
Figura 54 Pistola de pintura a presión .....	45
Figura 55 Manguera para compresor aire.....	45
Figura 56 Compresor soldado a la estructura .....	46
Figura 57 Instalación de cañerías.....	47
Figura 58 Instalación del filtro de aire .....	47
Figura 59 Instalación de la válvula reguladora de presión .....	48
Figura 60 Instalación del manómetro, válvula reguladora.....	48
Figura 61 Ubicación del tren a la estructura.....	49
Figura 62 Compartimiento del sistema eléctrico .....	49
Figura 63 Conector bifásico .....	50
Figura 64 switch térmico .....	50
Figura 65 Conexión breaker al switch térmico .....	51
Figura 66 LOGO o PLC, Contactor .....	51
Figura 67 Conexión del PLC, Contacto.....	52
Figura 68 Conexión de la electroválvula .....	52
Figura 69 Cambio de llantas de la estructura metálica .....	53

**INDICE DE TABLAS**

TABLA 1.....	54
TABLA 2 .....	55
TABLA 3.....	56
TABLA 4.....	57

## RESUMEN

La función principal del tren de aterrizaje es absorber las cargas de aterrizaje, hasta un valor aceptable para las condiciones de resistencia de la estructura del avión.

La extensión y retracción del tren se efectúa en respuesta al accionamiento de una palanca en el cuadro de mandos. Para extender el tren se baja la palanca, y para retraerlo se sube.

Existe un indicador luminoso informa de la posición del tren: retraído, o extendido y bloqueado. Si las luces están apagadas el tren está arriba; si están en verde el tren está extendido y bloqueado, en caso de fallo las aeronaves disponen de un sistema manual en esta maqueta dispone de un punzón en caso de bloqueo se lo activa manualmente esto libera el candado y hace que el tren baje y quede fijo gracias a la presión neumática que existe en el sistema.

Deben seguirse las recomendaciones del fabricante en cuanto a los rangos de velocidades dentro de los cuales puede extenderse el tren o mantener este extendido.

## PALABRAS CLAVES

- AERONAVE
- TREN DE ATERRIZAJE
- PALANCA
- EXTENSIÓN
- RETRACCIÓN

## ABSTRACT

The main function of the landing gear is to absorb the landing loads, up to an acceptable value for the strength conditions of the aircraft structure.

The extension and retraction of the train is carried out in response to the operation of a lever on the control panel. To extend the train the lever is lowered, and to retract it is raised.

A light indicates the position of the train: retracted, or extended and blocked. If the lights are off, the train is up; If they are in green the train is extended and blocked, in case of failure the aircraft have a manual system, this model has a punch which in case of blocking is activated manually, this releases the lock and causes the train go down and stay fixed thanks to the pneumatic pressure that exists in the system

The manufacturer's recommendations, regarding the speed ranges within which the train can be extended or maintained, should be followed.

### KEYWORDS

- AIRCRAFT
- LEADING GEAR
- LEVER
- EXTENSION
- RETRACTION

---

CHECKED BY:  
MARÍA ELISA COQUE  
DOCENTE UGT

## **CAPÍTULO I**

### **REHABILITACIÓN DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN DE EXTENSIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL OPERADO NEUMÁTICAMENTE PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

La Unidad de Gestión de Tecnologías perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, es la pionera en el país en la formación de Tecnólogos en Mecánica Aeronáutica en mención Motores y Aviones. Aportando al país con tecnólogos capacitados en diversas áreas altamente competitivos.

Los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE dispone de laboratorios de Mecánica, Hidráulica y Neumática para realizar las actividades teóricas y prácticas, con lo cual desarrollan sus habilidades y destrezas como parte primordial de sus estudios, cuenta con maquetas de simulación para el adiestramiento en la manipulación y operación de los mismos, los cuales están regulados y auditados por la Dirección General de Aviación Civil, siendo aptos para la formación de los futuros tecnólogos del Ecuador.

De lo antes mencionado se han realizado trabajos investigativos que han dados buenos resultados en el que se puede citar:

Miguel Vinicio Tituaña Sangucho, año 2011 con el tema “Rehabilitación de una gata hidráulica para el punto de levantamiento del ala izquierda del avión Fairchild FH-27J HC-BHD” llegando a tener la siguiente conclusión:

Este trabajo se realizó porque era necesaria la utilización de una gata para poder elevar el avión del piso y con esto poder desmontar y conocer más a fondo los diferentes componentes.

Mise Changoluisa Juan Carlos, año 2004 con el tema “Construcción de una maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencias del

tren de aterrizaje principal operado neumáticamente” llegando a la conclusión:

Esta maqueta permite observar de manera clara cada uno de los elementos y su funcionamiento durante la extensión del tren en situación emergente.

Cabo. Villamarín José, Ponluiza Edison y Tamay Diego, año 2001 con el tema “Construcción y simulación del mecanismo de extracción del tren de aterrizaje” llegando a la siguiente conclusión:

Con este proyecto es factible afirmar que se puede construir equipos de aceptable confiabilidad que puede permitir a futuro el mejoramiento de la misma.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE se ha caracterizado por dotar a sus estudiantes de todas las herramientas para su aprendizaje por lo cual es muy importante para lograr un conocimiento exitoso lo aprendido en teoría sea puesto a práctica por ello la necesidad de plantear este proyecto porque ayudara mucho a los estudiantes a poner en práctica lo aprendido teóricamente en las aulas.

La Unidad dispone de un laboratorio de Hidráulica y Neumática, el cual dispone de maquetas prácticas funcionales para la instrucción de los estudiantes, con el pasar del tiempo estas maquetas se vuelven obsoletas y se ha visto la necesidad de hacer la rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente.

De no ser rehabilitada esta maqueta no se puede evidenciar el funcionamiento de cada uno de los componentes neumáticos que son alterados en vista de que en el avión es difícil observar por la incomodidad de donde se encuentra y los estudiantes de la Unidad no podrán poner en práctica lo aprendido teóricamente en las aulas

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El siguiente proyecto se basó en la necesidad que los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE tienen para desempeñar en la práctica los conocimientos adquiridos durante su formación académica.

Con la realización de este proyecto se dará solución a una necesidad que presenta actualmente la institución y de esta manera beneficiara principalmente a los estudiantes.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Rehabilitar de la maqueta de simulación del sistema de extensión de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente por medio de la utilización de documentación técnica de la aeronave para q los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE tengan un medio de aprendizaje práctico.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información técnica adecuada para realizar de una manera eficaz la rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.
- Adquirir los materiales para rehabilitar la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.
- Reparar la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.
- Realizar las pruebas de funcionamiento en la maqueta rehabilitada de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de

aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

### **1.5 ALCANCE**

El presente proyecto de grado, rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías, está dirigido principalmente a todos los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, ayudando con la enseñanza y interpretación para que puedan poner en práctica en el campo laboral aeronáutico después de la culminación de la malla curricular en esta noble institución.

## CAPITULO II

### MARCO TEÒRICO

#### 2.1 TREN DE ATERRIZAJE

La función del tren de aterrizaje es absorber las cargas de aterrizaje, hasta un valor aceptable para las condiciones de resistencia de la estructura del avión. El tren de aterrizaje consta de dos conjuntos fundamentales: principal y auxiliar. (Oñate 2017)

##### a) Tren de aterrizaje principal

Soporta la mayor parte del peso del avión en tierra. Está constituido por dos conjuntos de una o más ruedas, cada uno a un lado del eje longitudinal del avión.

Además de esta rueda o combinación de ruedas, el tren principal incluye otros mecanismos que cumplen funciones diversas en la operación del tren, tales como amortiguadores, frenos, martinets hidráulicos, etc. (Oñate, 2007)

##### b) Tren de aterrizaje auxiliar

Consiste en un conjunto de una o más ruedas, situadas en la proa o en la zona de cola del avión, que completa la función de trípode. (Oñate, 2007)



**Figura 1** Tren de aterrizaje principal y de morro de un Airbus A340

**Fuente:** ([https://www.ecured.cu/Tren\\_de\\_Aterrizaje](https://www.ecured.cu/Tren_de_Aterrizaje), 1998)

## 2.1.1 Clasificación

Se clasifican por:

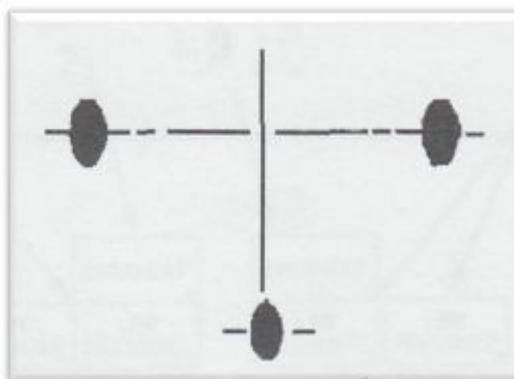
### 2.1.1.1 Tipos por número de ruedas

El número de ruedas depende del peso del avión y de la consistencia del pavimento de las pistas que tiene previsto utilizar.

La geometría de posición de las ruedas más comunes se sitúa dentro de estos grupos. (Oñate, 2007).

#### 2.1.1.1.1 Tren triciclo

Denominación general que se aplica a la configuración de tres patas, una situada al frente (proa) y dos principales detrás. Cada pata puede tener su propia configuración de ruedas. Si la pata individual del triciclo está situada en la cola, la configuración se llama triciclo con rueda de cola como se muestra en la siguiente figura. (Oñate, 2007).



**Figura 2** Tren triciclo

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

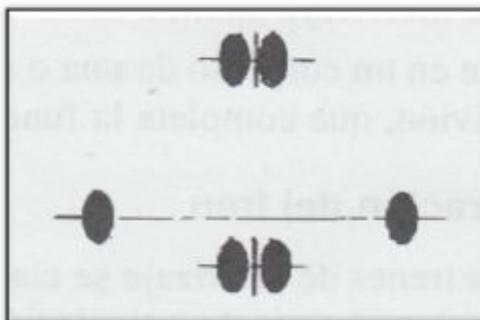
El tren triciclo presenta dos ventajas fundamentales:

**a)** Mejora la visibilidad del piloto al exterior durante las fases de despegue, aterrizaje y maniobras en tierra.

**b)** Mejora de la frenada del avión. En efecto, la frenada tiende a inclinar el morro del avión hacia adelante, esto incrementa el peso en la pata de adelante y a su vez la reacción en la superficie. (Oñate, 2007).

### 2.1.1.1.2 Tren bicicleta

Esta tiene un diseño de dos patas, con una o más ruedas colocadas en tándem, con patas externas para conservar la estabilidad en tierra. El avión B-47 es un ejemplo clásico de tren bicicleta. Las ruedas exteriores tienen también la función de aliviar las cargas que se imponen en el tren durante los giros cerrados. (Oñate, 2007)



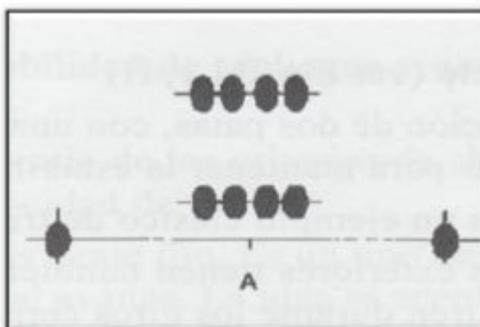
**Figura 3** Tren bicicleta

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.1.1.3 Tren cuadríciclo

Tiene un diseño de cuatro patas, ubicadas en cada cuadrante del avión, a menudamente se completa con dos patas exteriores para estabilidad en tierra.

(Oñate, 2007)



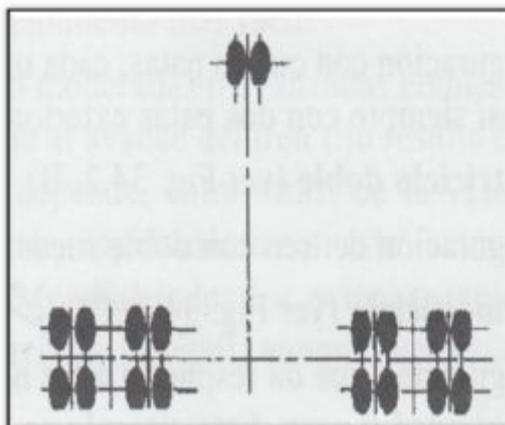
**Figura 4** Tren cuadríciclo

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

#### 2.1.1.1.4 Tren triciclo doble

Es una configuración de tren con doble rueda y doble tándem.

(Oñate, 2007).

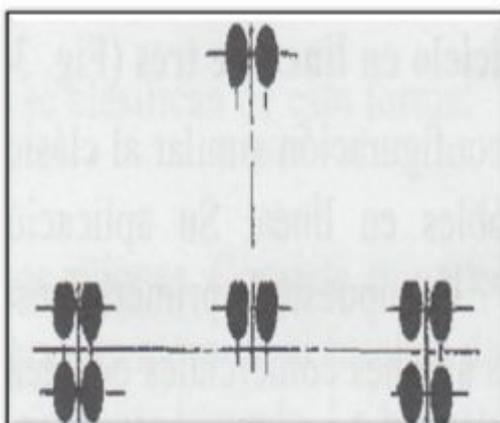


**Figura 5** Tren triciclo doble

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

#### 2.1.1.1.5 Tren multiciclo

Es una configuración que da respuesta a las necesidades de flotación de los aviones de gran capacidad y peso. Este ejemplo se compone de doble rueda de proa, dobles principales en tándem, más una doble principal en el eje longitudinal del avión. (Oñate, 2007).



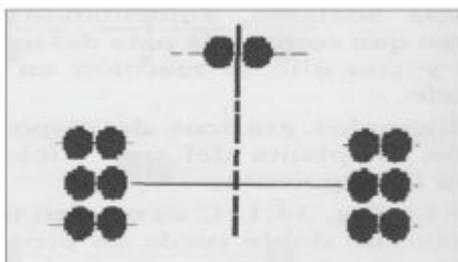
**Figura 6** Tren multiciclo

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.1.1.6 Tren triciclo en línea de tres

Es una configuración similar al clásico de doble rueda en tándem, pero con tres ruedas dobles en línea. Su aplicación en el Boeing 777 ha supuesto la primera presencia del tipo en los aviones comerciales occidentales.

El tren triciclo en línea de tres es un tipo de tren complejo. No obstante, puede ser la solución más ventajosa desde el punto de vista del peso total del avión cuando se precisan 12 ruedas en total o 14 por razones de flotación del avión en la pista. En efecto, si se mantiene el tipo de configuración clásica sería necesario situar dos ruedas adicionales en el fuselaje central lo cual requiere reforzar considerablemente dicha zona para soporte de la pata central. (Oñate, 2007).



**Figura 7** Tren triciclo en línea de tres

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.1.2 Tipos por características de articulación

Los trenes de aterrizaje se clasifican en retráctiles y fijos, en atención a las características de articulación de sus componentes. (Oñate, 2007).

#### 2.1.1.2.1 Tren retráctil y fijo

Los trenes retráctiles cuentan con la posibilidad de repliegue y alojamiento del tren en compartimentos internos del avión.

El empleo de uno u otro tipo de tren depende de los criterios de simplicidad de diseño del avión y, en particular, de su velocidad de vuelo.

Los aviones pequeños tienen el tren de aterrizaje fijo. Es un tipo de construcción que ofrece mayor resistencia aerodinámica al avance. La idea

es aceptar cierta pérdida de velocidad y "performances" del avión, con la contrapartida de menor coste y peso, simplicidad mecánica, y mantenimiento más fácil.

Los aviones de características de vuelo moderadas o avanzadas emplean el tren de aterrizaje retráctil ya que la resistencia al avance del tren fijo resulta excesiva. La resistencia aerodinámica al avance depende, entre otras, de la velocidad al cuadrado del aire, y por tanto aumenta muy rápidamente con este factor. Se puede decir, pues, que desde la II Guerra Mundial todos los aviones, tanto civiles como militares, emplean el tren de aterrizaje retráctil, aunque hay excepciones naturalmente. (Oñate, 2007).



**Figura 8** Tren retráctil

**Fuente:** [footage.framepool.com/de/bin/24030,flugzeug,rollfeld, 2004](https://footage.framepool.com/de/bin/24030,flugzeug,rollfeld,2004))

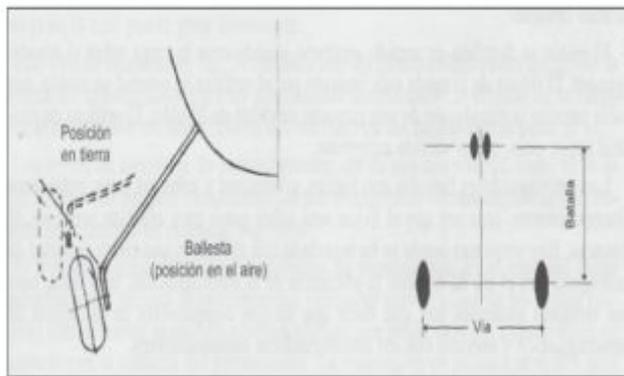
### 2.1.1.3 Tipos por sistema de suspensión

Conforme al sistema de suspensión se clasifican de esta forma:

#### 2.1.1.3.1 Tren de ballesta

Se emplea como tren principal de algunos aviones. Consiste en un tubo flexible de acero, llamado ballesta, cuya parte superior se atornilla al fuselaje del avión. La parte inferior termina en un eje en el cual se monta la rueda. La ballesta se extiende cuando la rueda hace contacto con el suelo, de modo que se amplía la vía del tren.

El tren de ballesta produce normalmente desgaste desigual del neumático, pero es muy sencillo y prácticamente está libre de problemas de mantenimiento. (Oñate, 2007),



**Figura 9** Tren ballesta se muestra posición en el aire y con el neumático en contacto con el suelo.

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.1.3.2 Tren de cordones elásticos

Es un tipo de suspensión que se emplea también en aviones ligeros. Es común en aviones antiguos dedicados al tratamiento de cosechas (aviones agrícolas). Las cargas que se transmiten a las ruedas durante el movimiento del avión en tierra son absorbidas por un cierto número de cordones elásticos de caucho dispuestos en forma de lazada. (Oñate, 2007).

### 2.1.1.3.3 Tren de amortiguador líquido

Estos son verdaderos resortes líquidos, que se basan en la compresibilidad de los líquidos a altas presiones. El amortiguador es un cilindro lleno de un fluido de base silicona, a una presión extraordinariamente alta (40.000 - 50.000 psi, equivalentes a  $2.720 \text{ kg/cm}^2$  -  $3.400 \text{ kg/cm}^2$ )<sup>1</sup>.

El amortiguador consta de dos cámaras, superior e inferior, que están separadas por un pistón. Cuando las ruedas del avión hacen contacto con el suelo la carga dinámica de la rueda se transmite al pistón del amortiguador, que es forzado hacia arriba. Este movimiento desplaza cierta cantidad de líquido desde la cámara superior a la inferior. El líquido desplazado pasa por la válvula anti-retorno y un orificio de control. La cámara inferior sólo puede acumular parte del líquido desplazado por el movimiento del pistón, de forma que aumenta la presión del líquido en ambas cámaras.

El pistón se desplaza en sentido contrario cuando cesa la carga sobre el amortiguador. El rebote de la rueda está limitado por el orificio de control ya citado, que sólo permite la circulación de una pequeña cantidad de líquido. El orificio de control actúa, pues, como válvula anti-rebote.

Los amortiguadores líquidos son fiables, compactos y robustos pero, entre otros inconvenientes, requiere que el avión esté sobre gatos para efectuar servicios de recarga. Hay versiones donde se ha mezclado con el líquido una cierta cantidad de nitrógeno con el fin de mejorar la eficiencia de la amortiguación, muy dura, pero en términos generales hay que decir que no son comparables en eficiencia de amortiguación y servicio con los amortiguadores oleo-neumáticos. (Oñate, 2007).

#### **2.1.1.3.4 Tren de amortiguador oleoneumático**

Consta de 3 cámaras una de estas cámaras es de gas. Usa nitrógeno con aceite, que reemplaza al resorte, y forma una emulsión como energía de absorción. Es el de mayor rendimiento y es muy usado en aviación comercial. (Oñate, 2007).

#### **2.1.1.4 Tipos por geometría de suspensión**

Según la geometría de la suspensión el tren de aterrizaje se clasifica de esta forma:

1. Tren de suspensión telescópica
2. Tren de suspensión articulado

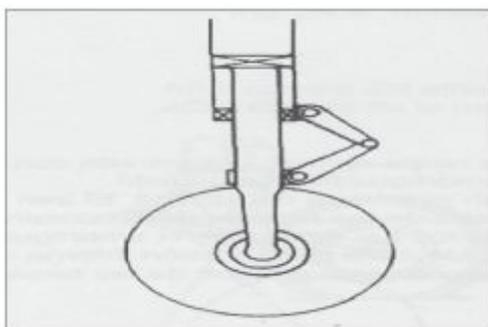
##### **2.1.1.4.1 Tren de suspensión telescópica**

La suspensión del tren es telescópica cuando el eje de la rueda queda en la prolongación del soporte o pata principal estructural del tren.

No obstante tiene el inconveniente de que la carrera del amortiguador en carga es larga, pues tiene que absorber todo el desplazamiento vertical de la rueda.

El tren de aterrizaje telescópico precisa normalmente de un compartimento voluminoso para alojamiento en el avión (tren replegado)

debido a la longitud del amortiguador. En muchas ocasiones no es posible conseguir tal volumen, a no ser que se comprima el amortiguador antes de recogerlo, pero en estos casos puede ser más conveniente el empleo del tren con suspensión de tipo palanca. (Oñate, 2007).



**Figura 10** Pata de tren con suspensión telescópica

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

#### **2.1.1.4.2 Tren de suspensión articulado**

Esta debe cumplir 2 condiciones.

1. Cuando el eje de la rueda está atrás del soporte o pata principal estructural del tren.
2. Cuando el brazo de la rueda está unida al soporte principal mediante una articulación y esta puede girar libremente.

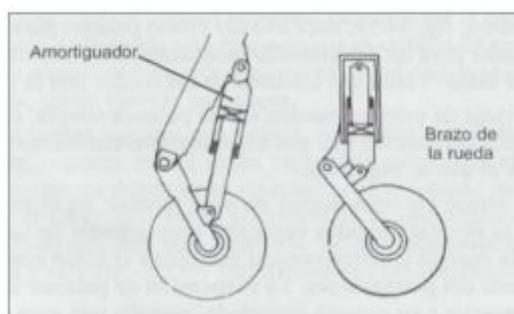
Este tipo de suspensión hace uso del efecto palanca para disminuir la carrera del amortiguador para un determinado desplazamiento vertical de la rueda.

Los trenes de aterrizaje de palanca pueden ser de palanca simple, o de palanca compuesta, que son triangulares o cuadrangulares y se colocan lateralmente en el avión.

El tren de palanca ofrece ventajas dignas de mencionarse. Es el caso del avión embarcado que precisa desplazamientos verticales muy grandes de las ruedas (carrera) para absorber la energía cinética vertical que posee el avión cuando entra en contacto con la cubierta del porta aviones. La suspensión de palanca se aplica aquí con ventaja porque, gracias a su sistema articulado, permite una gran carrera de la rueda pero menor del

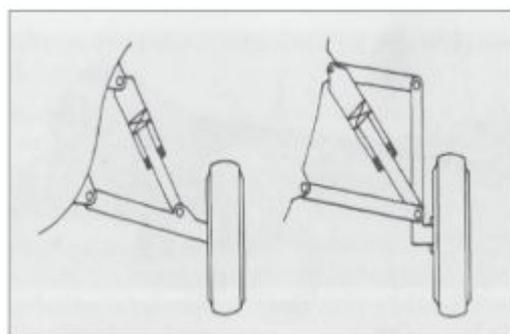
amortiguador. Es una construcción de pata más corta a expensas de un amortiguador de cuerpo de mayor diámetro, también, un tren algo más pesado, porque las cargas en el amortiguador aumentan en la misma proporción que disminuye su carrera.

El tren de palanca suele ser necesario en aviones que operan en pistas poco preparadas. La razón es que la fricción de las ruedas sobre el suelo, para otros factores constantes, es menor en los trenes de palanca que en los telescópicos. (Oñate, 2007).



**Figura 11** Esquemas de trenes de palanca

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)



**Figura 12** Trenes de palancas compuestos

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

El tren articulado impone menor carga en el terreno. Las buenas características de flotación se deben a que las ruedas de los trenes de palanca se pueden desplazar hacia atrás, al mismo tiempo que lo hacen verticalmente, bien a causa del impacto o a las irregularidades del terreno. Absorben de manera más eficiente las irregularidades del terreno que se presentan de forma repentina.

Tal es el caso, por ejemplo, del contacto de las ruedas con pequeñas piedras que sobresalen del terreno. El tren puramente telescópico funciona mal en estas condiciones, pues todo el impacto se absorbe verticalmente, con una aceleración vertical alta y casi instantánea.

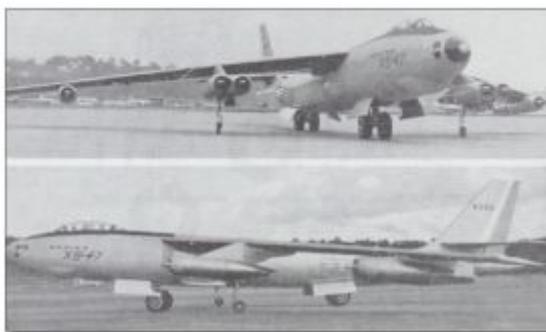
Sin embargo, la rueda del tren de palanca se desplaza. Es un proceso mucho más gradual que impone menor aceleración en la pata y carga dinámica en la rueda. (Oñate, 2007)

### **2.1.1.5 Tipos por sistema de extensión y retracción del tren**

Se clasifican en:

#### **2.1.1.5.1 Sistema de accionamiento hidráulico**

Es la configuración general. Los movimientos de extensión y de retracción del tren y sus conjuntos auxiliares se efectúan mediante martinets o actuadores hidráulicos. (Oñate, 2007).



**Figura 13** Bombardero B-47

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

#### **2.1.1.5.2 Sistema de accionamiento neumático**

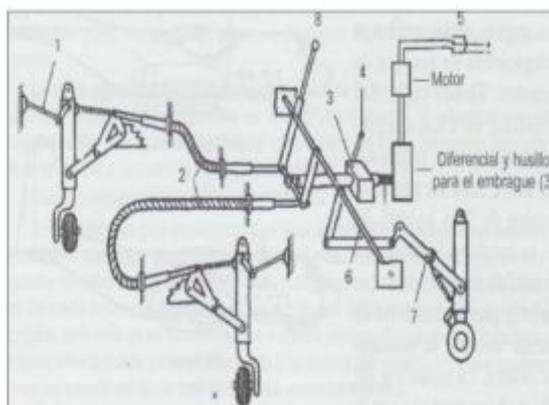
Similar al anterior, en muchos aspectos. No obstante la fuente de potencia es un sistema de aire de alta presión en lugar de un fluido hidráulico.

Hay, por supuesto, diferencias operativas. Las líneas de retorno de este sistema se comunican con la atmósfera. El sistema neumático general de alta presión del avión. (Oñate, 2007).

### 2.1.1.5.3 Sistema de accionamiento eléctrico

Se emplea con ventaja en aeronaves livianas las cuales no necesitan potencia excepcional para la extender y retraer su tren. Se elimina de este modo la presencia de un sistema hidráulico o neumático de alta presión con el coste, peso y mantenimiento que ello implica.

Las fuerzas necesarias sobre los mecanismos de extensión y de retracción se efectúan por motores eléctricos. (Oñate, 2007).

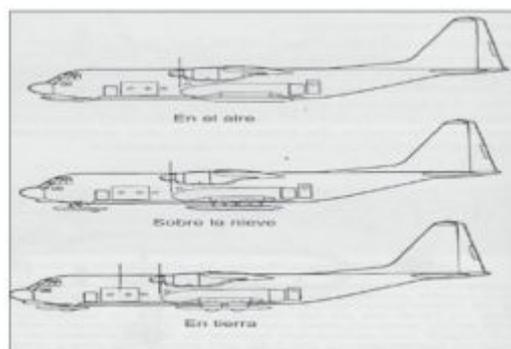


**Figura 14** Esquema de sistema eléctrico de accionamiento del tren para un avión ligero

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.1.5.4 Esquí

Los esquís constituyen un tipo no convencional de tren de aterrizaje que se utiliza para despegar y aterrizar sobre la nieve. (Oñate, 2007).



**Figura 15** Esquema de operación de los esquís.

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

## 2.1.2 Elementos del tren de aterrizaje

Los componentes fundamentales del tren de aterrizaje son: amortiguadores, articulaciones de torsión, ruedas y frenos.

(Oñate, 2007).

### 2.1.2.1 Constitución y operación de los amortiguadores

El amortiguador soporta el peso de la aeronave en la superficie y absorbe gran parte de las cargas de aterrizaje y de rodadura. La estructura del avión sólo recibe una mínima parte de estas aceleraciones, debidas al contacto del avión con la pista o rodaje por ella y calles de rodadura.

Consta de dos unidades telescópicas:

#### 1. Cilindro

- Cámara inferior – llena de fluido hidráulico
- Cámara superior – llana de nitrógeno

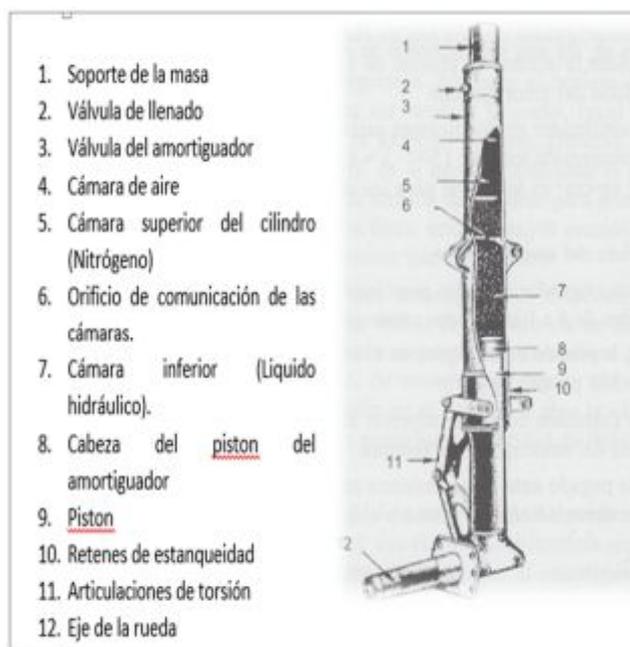
#### 2. Pistón

Cuando el neumático de la aeronave encuentra una anomalía en el pavimento, o la aeronave entra en contacto con el suelo, este trasfiere el movimiento vertical de la rueda al amortiguador. El pistón del cilindro del amortiguador se desplaza hacia arriba como resultado del desplazamiento vertical de la rueda. El líquido desalojado de la cámara inferior por el pistón es enviado a la cámara superior de nitrógeno a presión, a través del orificio de comunicación de ambas cámaras. El volumen disponible para el gas disminuye y por tanto la presión aumenta durante este proceso.

La carga dinámica de la rueda se absorbe, en parte, por la compresión del nitrógeno pero la mayor parte se transforma en calor por el calentamiento del líquido cuando pasa por el orificio estrecho que separa las cámaras de gas y de líquido.

El rebote del amortiguador se produce durante el proceso de retorno del fluido hidráulico a la cámara inferior, a través del orificio calibrado. El impulso para el rebote se debe a la presión del nitrógeno existente en la cámara superior.

La mayor parte de los amortiguadores tienen un orificio especial, adicional, para compensar el rebote. Es el orificio calibrado de rebote. Puede ser también una válvula especial. La cuestión es que si el fluido retorna muy rápidamente a la cámara inferior, el avión rebota hacia arriba, y a la inversa, si pasa poco líquido es difícil que el amortiguador encuentre su posición estática de equilibrio y el avión ondula por la pista en un movimiento lento pero perceptible. (Oñate, 2007).



**Figura 16** Construcción de un amortiguador oleoneumático

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

Hay dos relaciones de presión del gas en el amortiguador definidas para la condición de carga estática:

- Relación de compresión total.
- Relación de compresión para extensión completa del amortiguador.

Una y otra relación se elige de acuerdo con el tipo de avión, y en particular con la importancia relativa de mantener la elevación del avión en el estacionamiento conforme varía la carga a bordo. (Oñate, 2007).

### **a) Relación de compresión total**

Para el avión comercial, la banda de variación de posición del amortiguador entre carga estática y totalmente comprimido oscila entre el 16 y 20 % de la carrera total. Esto quiere decir que el amortiguador no baja mucho cuando el avión se carga a tope. Por esta razón se emplean relaciones de presión de 3 a 1, medidas entre carga estática y de compresión total del amortiguador. (Oñate, 2007).

### **b) Relación de presión para extensión completa del amortiguador**

Distinta es la relación de presión del amortiguador entre las posiciones de extensión completa y estática. Suele ser del orden de 4 a 1 en aviones comerciales.

Así, considerando el mismo ejemplo anterior, la presión de nitrógeno en el amortiguador en extensión completa sería  $1500/4 = 375$  psi ( $25$  kg/cm<sup>2</sup>).

No es recomendable un valor de presión en extensión completa superior al resultado de la expresión anterior por la tendencia del amortiguador a rebotar.

Tampoco puede ser tan pequeño que se quede pegado ante la más mínima retención por juntas desgastadas, o simplemente por suciedad entre el pistón y el cilindro por cuyo interior se desplaza.

Los amortiguadores pueden ser de una o dos etapas. La diferencia entre uno y otro reside en que el amortiguador de dos etapas tiene dos cámaras de nitrógeno y de líquido hidráulico. El amortiguador de doble etapa se emplea para mejorar la amortiguación del tren durante las operaciones en pistas poco preparadas. También se emplea cuando la velocidad vertical del avión oscila en una banda muy amplia.

La segunda cámara del amortiguador trabaja en serie con la primera, es decir, inicia su operación una vez que se ha alcanzado una determinada carrera de amortiguación en la primera cámara.

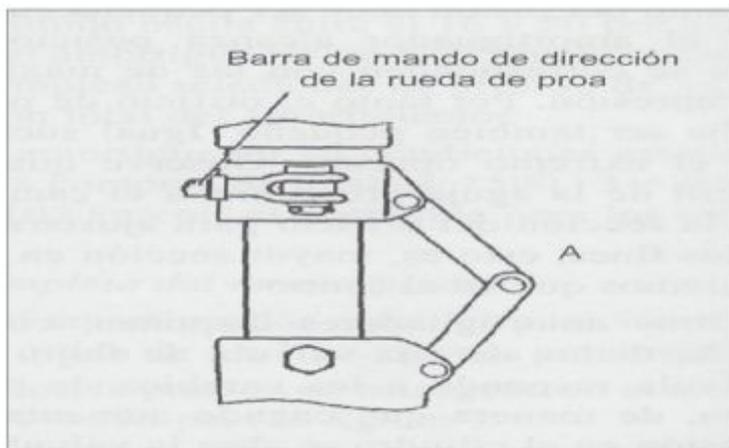
El amortiguador de dos etapas mejora las características de amortiguación, pero a expensas de mayor peso y coste. (Oñate, 2007).

### 2.1.2.2 Articulación de torsión (Compás)

La función principal es mantener la rueda derecha, en los límites de rotación respecto a la superficie.

La articulación de torsión del tren se conoce con el nombre coloquial de "tijeras" o "compás". Una de las jambas del compás está unida al cilindro de la pata y la otra se conecta a la rueda u otro punto que participe del desplazamiento del amortiguador. Están articuladas en su vértice, de manera que el ángulo del vértice en "A" es variable, en función del desplazamiento del pistón.

El ángulo no debe sobrepasar los  $135^\circ$  entre las articulaciones de torsión, con el amortiguador completamente extendido. (Oñate, 2007).



**Figura 17** Articulaciones de torsión del tren

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

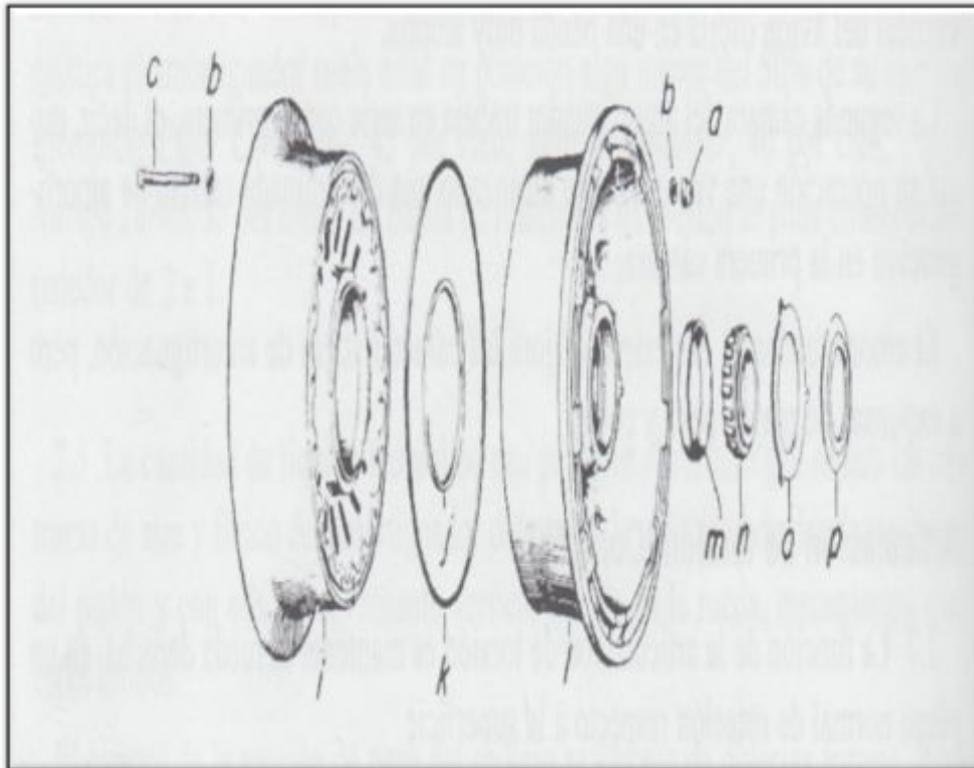
### 2.1.2.3 Ruedas

La rueda es el soporte circular sobre el que asienta el neumático.

Estas cumplen cinco requisitos:

- 1) Resistencia a las cargas estáticas y de remolque máximas del avión;
- 2) Dimensiones apropiadas para acomodar el neumático preciso;
- 3) Volumen interno necesario para acomodar el sistema de frenos;
- 4) Peso mínimo;
- 5) Facilitar el cambio de neumáticos.

Entre las dos mitades de la llanta se interpone una junta para eliminar las fugas de aire. La junta se impregna durante el montaje con un producto especial, a veces simplemente grasa. Cuando se aprietan las dos mitades de la llanta se forma un conjunto hermético. (Oñate, 2007).



Detalles. a) Tuerca autofrenable; b) Arandela; c) Perno; i) Semillanta interior; k, j) Juntas; l) Semillanta exterior; m) Pista; n) Rodamiento de rodillos cónicos; o) Guardapolvo; p) Junta del guardapolvo.

**Figura 18** Rueda de llanta partida.

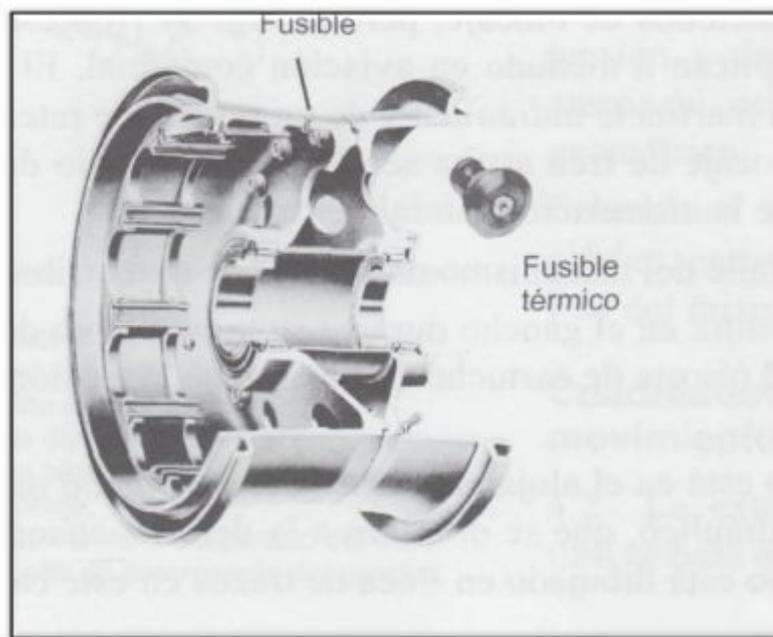
**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

Las ruedas se fabrican en aleación de aluminio.

El cubo de la rueda posee alojamientos para los dos rodamientos de rodillos cónicos. El alojamiento del rodamiento está sellado, hermético, construcción que obedece a dos motivos: primero, para que la grasa no salga desprendida del alojamiento cuando la rueda gira a gran velocidad; en segundo lugar para evitar la entrada de polvo y suciedad.

En la parte externa de la rueda posee una válvula estándar de inflado y en alguna parte de su base hasta tres fusibles térmicos de rueda.

El fusible térmico de rueda es una pequeña válvula que tiene un tapón metálico. El tapón se funde cuando la temperatura de la rueda aumenta de forma anormal y alcanza un determinado valor. La fusión del tapón alivia la presión del gas del neumático. Se evita de esta forma el estallido del mismo con resultados imprevisibles. (Oñate, 2007).



**Figura 19** Fusibles térmicos de rueda

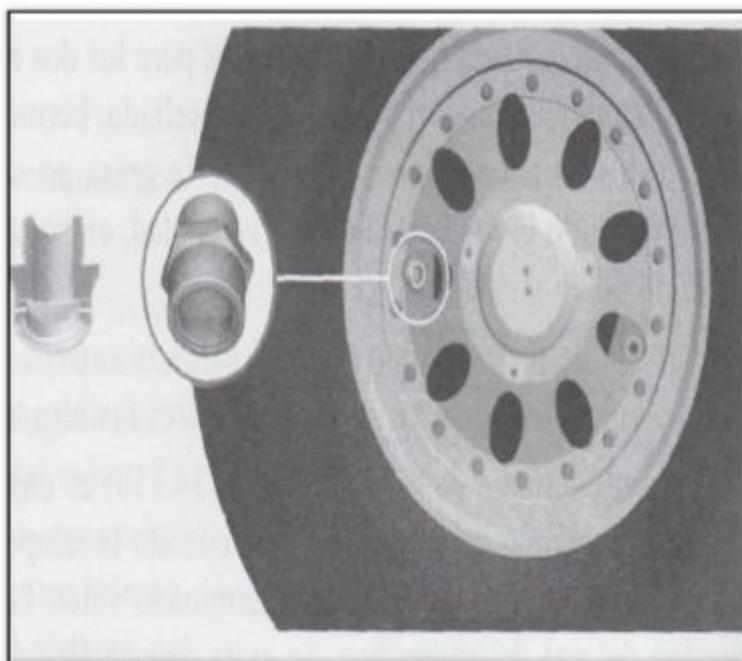
**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

Las ruedas más modernas tienen, además, una válvula de seguridad de sobrepresión que no debe confundirse con los fusibles térmicos de rueda. La válvula es una medida de seguridad para el personal de servicio de tierra. Esto es así porque las botellas de gas que se emplean para inflar los neumáticos almacenan el nitrógeno a presión muy alta, del orden de  $100 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que los neumáticos, como mucho, se cargan a  $14 \text{ kg/cm}^2$ . Se han dado casos de conectar directamente la botella con la válvula del neumático, sin que medie regulador de presión en la línea. El resultado ha sido la explosión del neumático y, a veces lesiones mortales para el personal de mantenimiento.

La válvula de seguridad de sobrepresión tiene un disco calibrado, de espesor muy preciso, que se rompe cuando la presión que actúa sobre él

alcanza un valor determinado, liberando la presión del neumático. Bien entendido que no todas las ruedas tienen este dispositivo de seguridad, de manera que la presencia de un regulador de presión en la línea de suministro, en buen estado de uso, es una medida de seguridad previa imprescindible.

(Oñate, 2007)



**Figura 20** Detalle de la válvula de seguridad de presión de la rueda

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.3 Ubicación del tren de aterrizaje

Para que una aeronave tenga excelentes condiciones depende que este ubicada al centro de gravedad.

El centro de gravedad se encuentra detrás de las ruedas principales en un tren común con rueda de cola, en cambio el centro de gravedad se encuentra en la proa delante de las ruedas principales.

El tren triciclo con rueda delantera posee llantas traseras situadas a poca distancia del centro de gravedad en caso de poca carga. (Jiménez, 2015).

### 2.1.4 Sistemas de amortiguación

Está constituido por un conjunto de cordones elásticos denominados mono motores pequeños. El movimiento de las patas de tren estira este elástico originando el efecto de amortiguación.

Actualmente se usa un sistema de amortiguación constituido por un cilindro donde juega un pistón cargado a resorte para acompañar el retorno del mismo, y de una mezcla de aire comprimido y líquido hidráulico para impedir los bruscos movimientos.

### 2.1.5 Montante de tren de aterrizaje

Constituido por:

- Montante amortiguador
- Control direccional del tren de aterrizaje
- Shimmy damper.

(Jiménez, 2015).

#### 2.1.5.1 Montante amortiguador

Transforma la energía cinética de descenso en incremento de presión de un líquido y un gas que se encuentra dentro de este esto al momento de aterrizar la aeronave.

Este montante amortiguador está conformado:

- Cilindro
- La empaquetadura

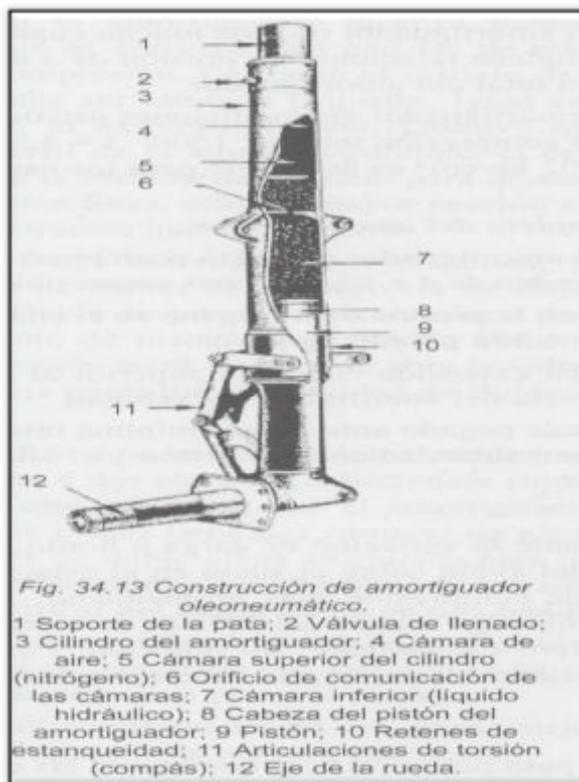
(Jiménez, 2015).

Existen dos tipos de montante amortiguador:

- Óleo-neumático este tipo utiliza aceite con nitrógeno.

- Óleo-resorte: este tipo es idéntico al anterior pero está constituido por un cilindro, un pistón hueco y un pistón libre que se apoya sobre un resorte el cual reemplaza al gas.

(Jiménez, 2015).



**Figura 21** Construcción de un amortiguador oleoneumático

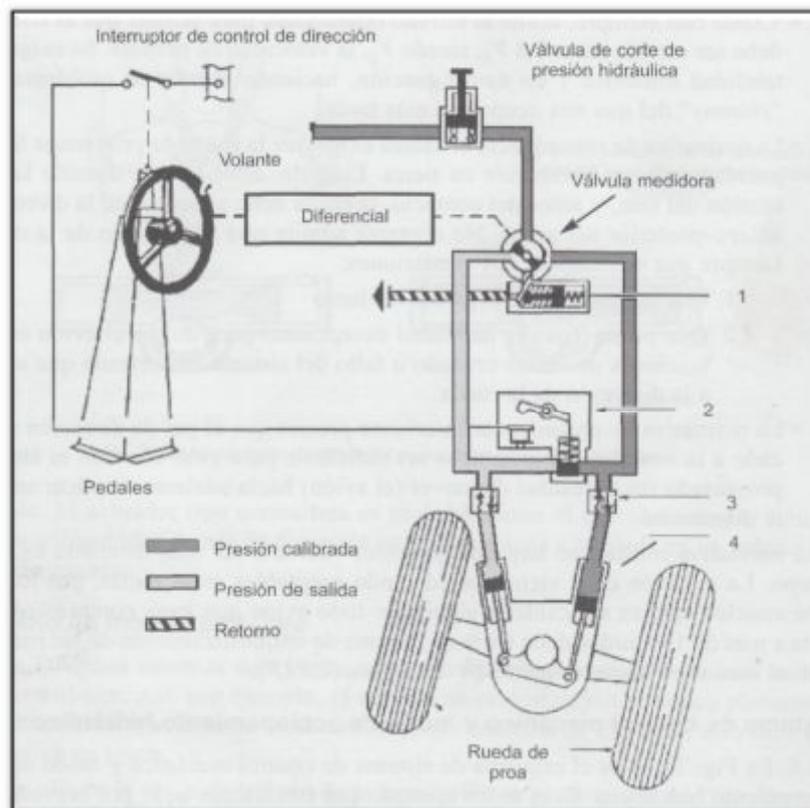
**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

#### 2.1.4.2 Control direccional del tren de aterrizaje

Puede ser controlado hidráulicamente por cilindros direccionales en aviones de gran peso o mecánicamente en aeronaves ligeras, mediante el uso de cables de acero y varillas de transmisión de movimiento.

(Jiménez, 2015).

Las denominadas tijeras de tren, también son unos de los principales elementos de transmisión de movimiento (tijera inferior y superior), así como también limitan la extensión del telescópico (pistón del amortiguador) cuando la aeronave despegue. (Oñate, 2007)



**Figura 22** Sistema de control mecánico y modo de accionamiento hidráulico

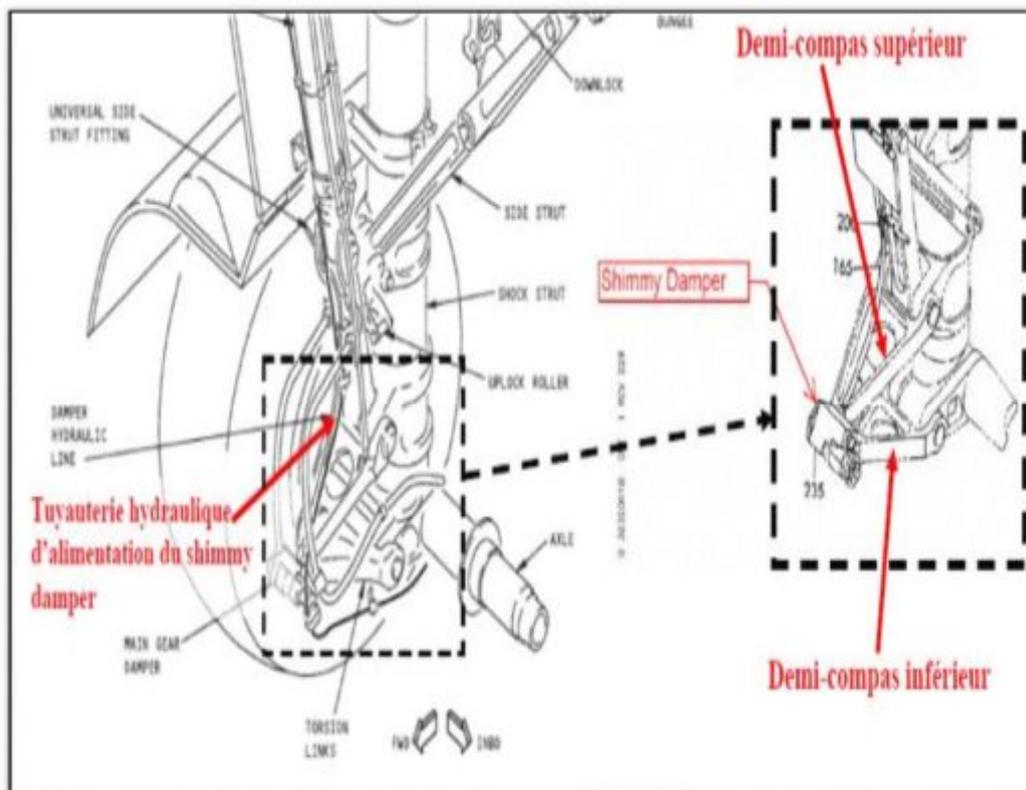
**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.4.3 Shimmy Damper

Es una unidad hidráulica individual, esta soporta repentinas cargas de torsión aplicadas a la rueda frontal durante las operaciones en tierra, cediendo un giro suave de la misma.

El principal objetivo es evitar oscilaciones extremadamente bruscas hacia la izquierda o derecha durante la operación de despegue y aterrizaje.

(Jiménez, 2015).



**Figura 23** Shimmy Damper

**Fuente:** (Conocimientos del avión, Oñate 2007)

### 2.1.5 Retracción y extensión del tren

La retracción y extensión del tren, y el mecanismo de cierre de las compuertas del tren de aterrizaje están controlados por la palanca de control del tren de aterrizaje. Un sistema de energía hidráulica acciona el tren, las trabas de puertas, actuadores hidráulicos, frenos y el sistema direccional de la rueda frontal. (Jiménez, 2015, p.20).

Cabe destacar que la energía para retracción y extensión del tren también puede ser del tipo electro-mecánica, donde un motor acciona un eje solidario a una caja principal de engranajes, que a su vez acciona el mecanismo de apertura o cierre de las compuertas del tren. (Jiménez, 2015, p.20).

La retracción del tren consta de varias fases:

- 1) Cuando accionamos la palanca se frenan las ruedas del tren y a su vez se abren las compuertas del avión.



**Figura 24** Abertura de compuertas

- 2) Cuando las ruedas se han frenado y la del morro se ha bloqueado, el martinete hidráulico de retracción comienza a retraer el tren hacia el compartimiento de alojamiento del mismo.



**Figura 25** Retracción del tren.

- 3) Una vez que el tren se ha retraído, se retiene por un enclavamiento hidráulico, y se cierran las cubiertas.



**Figura 26** Retracción de compuertas

En caso de emergencia libera las trabas de las compuertas permitiéndolas caer por gravedad, hasta quedar bloqueado en su posición para el aterrizaje.

Proceso de extensión.

- 1) Cuando bajamos la palanca esta ordena la apertura de las compuertas, liberando sus enclavamientos y permitiéndola que se abra.



**Figura 27** Apertura de compuertas

- 2) Con las puertas están abierta libera el retenedor de las patas del tren, y a su vez afloja la presión hidráulica del martinete de retracción, esto permite bajar por gravedad el tren, hasta quedar bloqueado en su posición para el aterrizaje.



**Figura 28** Retracción del tren

- 3) Las puertas que se quedaron abiertas vuelven a cerrarse, y se enclavan en su sitio ya que si se quedan abiertas genera turbulencia aerodinámica y en la pista pueden llegar a golpearse con el asfalto (en especial en aviones de altura muy baja, con respecto al suelo).



**Figura 29** Retracción del tren

## CAPITULO III

### DESARROLLO DEL PROYECTO

**CAMPO:** Mecánica Aeronáutica

**TEMA:** “Rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”.

**BENEFICIARIO:** Estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

**UBICACIÓN:** Latacunga, Cotopaxi.

**INSTITUCION EJECUTORA:** Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

**COSTO:** 1,105.13 dólares americanos

#### 3.1 Preliminares

En este capítulo se muestra detalladamente los procedimientos realizados en la rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías tomando en cuenta las respectivas normas de seguridad.

La Unidad cuenta con laboratorios adecuados para realizar cualquier tarea sea de mantenimiento o de rehabilitación los mismos que cuentan con el equipo y herramientas adecuadas ya que esto es importante para poder realizar la tarea y poder lograr los resultados esperados.

#### 3.2 Estudio de factibilidad

Previa la rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías se realizó un estudio de factibilidad mediante un análisis (véase en anexo 1), en el cual se comprobó que elementos del equipo estaba funcional y cual no y si estos se

los podía conseguir en el mercado y sus costos sean factibles para llevar a cabo el desarrollo del proyecto

### 3.3 Medidas de seguridad aplicadas

Durante la rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías se utilizó el equipo de protección personal adecuado (EPP), para precautelar la integridad, como son:

- **Protección de pies (Botas):** Se utilizó esta medida de seguridad porque se trabajó con elementos, equipos y mecanismos que tenían un peso considerable y estos podrían ocasionar daños en los pies.



**Figura 30** Botas de seguridad

**Fuente:** (google.com.co/#q=botas+de+seguridad, 2015)

- **Protección de manos (Guantes):** Se usó esta medida de seguridad porque la estructura se encontraba en mal estado y en el momento de lijarla se podría tener cortaduras por el peso de los equipos y mecanismos para evitar accidentes.



**Figura 31** Guantes

**Fuente:** (google.com.co/#q=guantes+de+seguridad, 2015)

- **Protección del cuerpo (Overol):** Se utilizó esta medida de seguridad por el motivo que ayuda a prevenir accidentes al mecánico por la razón que cubre todo el cuerpo evitando a este tener contacto con rajaduras, cortes, quemaduras por soldadura.



**Figura 32** Overol

**Fuente:** (google.com.co/#q=overol, 2015)

- **Protección Visual (Gafas):** Se utilizó esta medida de seguridad para evitar algún accidente en los ojos porque se trabajó con solventes y sustancias que podían ocasionar daños en los mismos.



**Figura 33** Gafas

**Fuente:** (google.com.co/#q=gafas+de+proteccion, 2015)

- **Protección Auditiva (Orejas):** Se usó esta medida de seguridad por la razón que al hacer funcionar la maqueta el ruido que genera puede ocasionar daños auditivos.



**Figura 34** Orejas

**Fuente:** ([google.com.co/#q=orejas](https://www.google.com.co/#q=orejas), 2015)

- **Protección de vías respiratorias (Mascarilla):** Fue necesario utilizar la mascarilla en el momento de rehabilitar la estructura metálica en el momento de la lijada y pintura de la misma para evitar daños en las vías respiratorias.



**Figura 35** Mascarilla

**Fuente:** ([google.com.co/#q=mascarilla+de+seguridad](https://www.google.com.co/#q=mascarilla+de+seguridad),2015)

- **Protección de la columna (faja):** Importante utilizar esta medida de seguridad al momento de trabajar con peso evita que haya daños en la columna vertebral.



**Figura 36** Faja de seguridad

**Fuente:** ([google.com.co/#q=faja+de+seguridad+industrial](https://www.google.com.co/#q=faja+de+seguridad+industrial),2015)

### **3.4 Desmontaje y desconexión de cableado eléctrico y cañerías de equipos mecanismos y componentes**

Para la rehabilitación la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente se determinó la situación actual de todos los componentes, mecanismos y elementos que componen la maqueta y se llegó a la conclusión (Anexo a) de que existían componentes que necesitaban ser cambiados y otros necesitaban solo mantenimiento.

#### **3.4.1 Desconexión del cableado eléctrico de los equipos componentes y mecanismos**

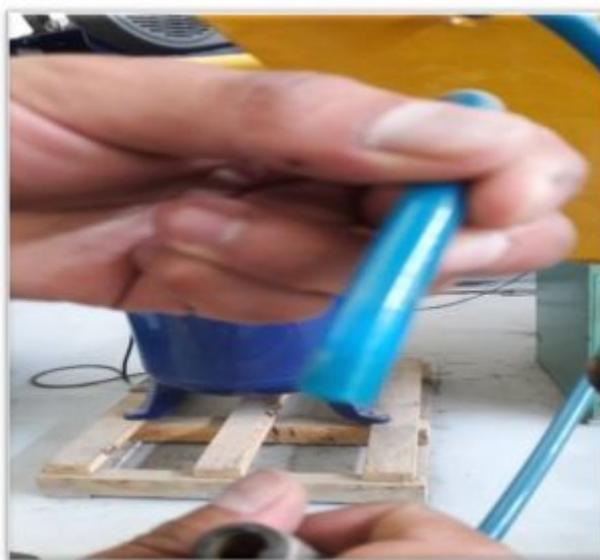
Después de haber hecho el estudio para verificar que componentes mecanismos y equipos se encontraban funcional se procedió a desconectarlos para poderlos retirar de la estructura metálica.



**Figura 37** Desconexión de cableado de los componentes, mecanismos y elementos

### 3.4.2 Desconexión y comprobación de cañerías neumáticas

Después de haber realizado las desconexiones eléctricas se procedió a desconectar las cañerías neumáticas flexibles de los componentes elementos y mecanismos para lo cual se ejerció fuerza en las cañerías para aflojar de los seguros en vista de que eran acoples rápidos.



**Figura 38** Desconexión de cañerías

Posteriormente se procedió a limpiar las cañerías y despojarlos de toda impureza mediante la utilización de líquido con detergente, guaípe y agua.



**Figura 39** Agua con detergente y guaípe

Para la verificación de las cañerías si estaban reusables se procedió a realizar una inspección minuciosa verificando cortes o deterioros externos y se conectó la misma a una fuente neumática par posterior verificar fugas con agua y detergente.

### **3.4.3 Desmontaje del compresor**

Mediante un estudio se pudo verificar que este elemento no funcionaba adecuadamente su principal falla fue que no generaba la presión adecuada para el trabajo a realizar.

La causa fue que en sus uniones existían fugas por esta razón se procedió a retirar el compresor de la estructura metálica mediante la utilización de un par de llaves  $\frac{1}{2}$  pulgada con las cuales se procedió a aflojar los tornillos y tuercas que lo sujetaban a la estructura.



**Figura 40** Desmontaje del compresor

### 3.4.4 Desmontaje de la válvula reguladora

Posteriormente se procedió a desmontar la válvula reguladora de presión mediante la utilización de una llave acodada mixta 3/8 pulgadas y un desarmador. Después se procedió a realizar una limpieza mediante un solvente y un cepillo de cerdas suaves.



**Figura 41** Válvula reguladora de presión

### 3.4.5 Desmontaje del filtro de aire

Luego se procedió a retirar el filtro de aire mediante la ayuda de un desarmador plano, después de retirarlo se procedió hacerle una inspección visual para verificar si no existen taponamientos o roturas.

Después de verificar que se encontraba en buenas condiciones se le realizó una limpieza mediante la utilización de una pistola a presión para despojarla de impurezas existentes



**Figura 42** Filtro de aire

### 3.4.6 Desmontaje, limpieza del manómetro

Posteriormente se procedió a retirar el manómetro con la ayuda de dos llaves acodada 7/16 pulgadas.

Luego se le realizo una limpieza del instrumento mediante la utilización de solvente y guaípe seguidamente se le procedió a sopetearla con una pistola a presión de aire para despojarla de impurezas existentes.



**Figura 43** Desmontaje del manómetro

### 3.4.7 Desmontaje del tren

Se procedió a desmontar el tren de la estructura metálica mediante la utilización de una llaves 9/16 pulgadas con la cual se retiró los tornillos de los apoyos a la cual se sujetaba.

Después de una inspección visual y constatar que el tren se encontraba en buenas condiciones con mucho cuidado se procedió a dejarla en un lugar seguro donde no este expuesta a cualquier cosa que podría causarle daños.



**Figura 44** Desmontaje del tren



**Figura 45** Desmontaje del tren

#### 3.4.7.1 Limpieza del actuador

A continuación se procedió a realizar una limpieza al actuador mediante la utilización de:

- Pistola a presión.
- Solvente
- Guaípe
- Grasa



**Figura 46** Limpieza del actuador

Una vez limpio el actuador se procedió a lubricar para que la fricción en esta superficie sea la mínima y no exista pérdidas por fricción que podrían perjudicar el óptimo funcionamiento de la maqueta.



**Figura 47** Lubricación del actuador

### 3.4.7.2 Limpieza del Tren

Luego de haber limpiado y engrasado el actuador se le recubrió con fundas plásticas para poder realizar la limpieza del tren para lo cual se procedió con una brocha de cerdas finas a sacudir el polvo que se encontraba en ella, seguidamente se realizó una limpieza para lo cual se utilizó:

- Solvente.
- Pistola a presión.
- Guaípe.
- Manguera de presión



**Figura 48** Limpieza del tren

### 3.5 Rehabilitación de la estructura metálica

Después de desmontar todos los elementos de la estructura se procedió a cubrir toda la estructura con removedor para que el desprendimiento de la pintura sea más rápida.



**Figura 49** Estructura metálica

Una vez retirado el removedor se procedió a lijar mediante la utilización de una lija de agua fina para retirar los residuos de pintura y también desprender las partes que se encontraba con corrosión siguiendo con las normas de seguridad para ello se utilizó la correcta indumentaria.



**Figura 50** Lijada de estructura metálica



**Figura 51** Lijada de estructura metálica

Una vez lijada y limpia la estructura se realizó una inspección visual para haber si habían rajaduras igual se revisó las uniones para ver si no habían roturas.

### **3.6 Pintada de estructura metálica**

Una vez lijada la estructura metálica se procedió a limpiarla con solvente (tiñer), para su posterior secado.

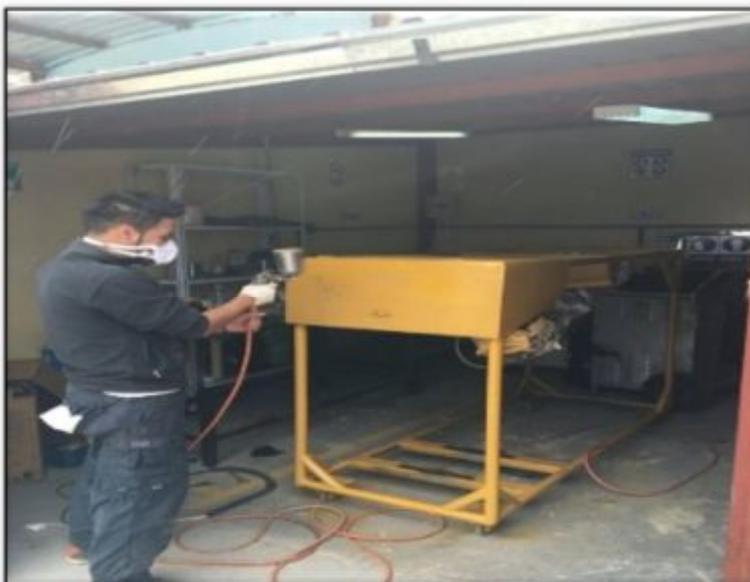
Libre de impurezas la estructura se procedió a preparar la pintura para lo cual por un cuarto de galón de pintura se la mesclo con un cuarto del cuarto de galón de tiñer.

- Pintura amarilla Caterpillar con las siguientes características
  1. Elevada resistencia térmica.
  2. Tiempo de secado breve.
  3. Elevada resistencia UV y a las condiciones meteorológicas.
  4. Elevada dureza final.
  5. Brillo estable, intensidad de brillo (Din 67 530) >80%/ 60° (extra brillante).
  6. Elevada resistencia a la fluidez.
  
- Pistola de pintura a presión.

- Manguera de presión de aire.
- Tiñer.
- Guaípe.
- Recipiente para mezclar la pintura



**Figura 52** Restauración de la estructura metálica



**Figura 53** Restauración de la estructura metálica



**Figura 54** Pistola de pintura a presión



**Figura 55** Manguera para compresor aire

Una vez seca la estructura se le procedió a darle fondo amarillo para q al momento de pintarla no exista fallas.

Después de pintar la estructura metálica se procedió a dejarla en una área segura donde pueda secarse sin que este expuesta al sol y a sustancias que podrían dañarla durante el día.

### 3.7 Ubicación de los componentes, mecanismos y elementos en la estructura metálica

Una vez pintada la estructura y con todos los equipos, elementos y mecanismos en óptimas condiciones se procedió a ubica uno a uno sus componentes.

#### 3.7.1 Ubicación del Compresor

Luego de que la estructura fue pintada se empezó a ubicar los componentes Como primer punto se procedió a adquirir un nuevo compresor por lo que el anterior no generaba la presión necesaria para el funcionamiento adecuado de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente, mismo que fue adaptado mediante el proceso de suelda a la estructura para lo cual se utilizó:

- Cepillo de alambre.
- Martillo.
- Electrodo.
- Gafas para soldar.
- Indumentaria adecuada.
- Máquina de soldar.



**Figura 56** Compresor soldado a la estructura

### 3.7.2 Ubicación de Cañerías

Posteriormente se procedió a instalar las cañerías en cada salida y entrada de presión de aire de los equipos, se procedió a ajustar mediante ajustadoras metálicas y se revisó q no haya fugas de aire de las cañerías para esto se utilizó agua con deja en las uniones.



**Figura 57** Instalación de cañerías

### 3.7.3 Ubicación del filtro de aire

Luego de haber realizado una limpieza al filtro de aire se procedió a instalar en la posición inicial mediante la utilización de un desarmador plano una vez en su lugar se procedió a conectarlo a las líneas neumáticas.



**Figura 58** Instalación del filtro de aire

### 3.7.4 Ubicación de la válvula reguladora de presión

Luego de haber realizado una limpieza a la válvula reguladora de presión se procedió a instalar en la posición inicial mediante la utilización de unas llaves acodada 3/8 pulgadas, un desarmador una vez en su lugar se procedió a conectarlo a las líneas neumáticas.



**Figura 59** Instalación de la válvula reguladora de presión

### 3.7.5 Ubicación del manómetro

Una vez realizado una limpieza se procedió a instalar mediante la utilización de unas llaves acodada 7/16 pulgadas, un desarmador una vez en su lugar se procedió a conectarlo a las líneas neumáticas.



**Figura 60** Instalación del manómetro, válvula reguladora

### 3.7.6 Ubicación del tren

Posteriormente se instaló el tren a la estructura metálica mediante la utilización de un juego de llaves 9/16 pulgadas.



**Figura 61** Ubicación del tren a la estructura

### 3.8 Rehabilitación del sistema eléctrico

Después de haber dejado funcional el sistema mecánico, neumático de la maqueta se procedió a rehabilitar la parte eléctrica.

Para lo cual se adquirió alambre eléctrico número 10 con el cual se procedió a conectar a los componentes mediante el diagrama del circuito eléctrico (Anexo b)



**Figura 62** Compartimiento del sistema eléctrico

A continuación se realizó un cambio de conector para lo cual se utilizó uno de dos fases debido a que el sistema funciona tanto con 110V como con 220V. En la utilización de esta maqueta se debe tener en cuenta que se debe conectar a uno que sea de 2 fases ya que en el laboratorio existen conectores bifásico como de una fase y la mala conexión puede ocasionar corto circuito como un sobre voltaje.



**Figura 63** Conector bifásico

Posteriormente se procedió a conectar el switch térmico en este están las dos fases como se puede ver en la figura 64 fase uno cable azul, fase dos cable celeste y el neutro cable rojo.



**Figura 64** switch térmico

De la misma manera se procedió a conectar el breaker al switch térmico.



**Figura 65** Conexión braker al switch térmico

Luego se procedió a conectar el LOGO o PLC y el contacto al switch térmico para lo cual se utilizó cable eléctrico número 10 de dos colores anteriormente el LOGO fue programado para funcionar perfectamente:

- Rojo para el neutro
- Verde para las fases



**Figura 66** LOGO o PLC, Contactor



**Figura 67** Conexión del PLC, Contacto

Posteriormente se procedió a verificar si la electroválvula 5/2 se encontraba en óptimas condiciones mediante la utilización del multímetro y conectándola directamente a la fuente de energía (switch térmico) este posee dos fases y una neutra como la electroválvula 5/2 funciona con 220V se cogió fase-fase así se comprobó que se encontraba funcionalmente.

Después de comprobar se procedió a conectarlo al sistema.



**Figura 68** Conexión de la electroválvula

Posteriormente se procedió a verificar si la solenoide 2/2 se encontraba en óptimas condiciones mediante la utilización del multímetro y conectándola directamente a la fuente de energía (switch térmico) este posee dos fases y una neutra como la válvula 2/2 funciona con 110V se cogió fase-neutro así se comprobó que se encontraba funcionalmente.

Después de comprobar se procedió a conectarlo al sistema.

Y finalmente las lámparas fueron conectadas al sistema de esta manera quedo el sistema eléctrico funcional para la comprobación se realizaron algunas pruebas.

### 3.9 Cambio de llantas de la estructura metálica

Se realizó una inspección visual y se pudo constatar el mal estado de las 4 llantas por lo que fue necesario cambiarlas mediante la utilización de un juego de llaves 7/16 pulgadas.



**Figura 69** Cambio de llantas de la estructura metálica

### 3.11 Pruebas de funcionamiento

**TABLA 1**

#### Pruebas de funcionamiento

Prueba	Funcionamiento		Problema	Solución
	Optimo	Falla		
1		x	Fugas en uniones de cañerías	Abrazaderas
2		x	Capacidad del compresor	Conectar a uno de mayor capacidad
3	x		x	x

### 3.12 Estudio económico

Es el presupuesto mediante el cual se logró la rehabilitación maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE”, este estudio económico fue realizado en base en cada uno de los componentes, repuestos y herramienta utilizada mediante proformas y así tener el conocimiento de todo lo que se va a utilizar y gastar.

#### 3.12.1 Costo Primario

Se basa en todo lo referido a herramienta, repuestos y componentes que se utilizaron en la rehabilitación maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE” como se aprecia en la tabla 2

**TABLA 2 Costos primarios**

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Compresor	158	158
1	Braker	10	10
1	Boquilla	3	3
1	Par de ruedas	4.25	4.25
1	LOGO o PLC	195	195
1	Contactador	19.99	19.99
10	Alambre nº 10	1.439	14.39
1gl	Pintura	23.45	23.45
3	Lija N° 80	0.60	1.80
20	Abrazadera metálica	0.10	2
12	Guaípe	0.50	6
2	Tiñer	1.50	3
1	Enchufe trifásico	8.25	8.25
Total			449.13

### 3.12.2 Costos secundarios

Comprende todo lo utilizado en el transcurso de la elaboración del tema rehabilitación de la maqueta de simulación del sistema de extensión de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente para la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE tal como se muestra en la tabla 3.

**TABLA 3**  
**Costos secundarios**

Cantidad	Detalle	Valor unitario	Total
20	Horas internet	.60	12
2	Vivienda	120	240
240	impresiones	.10	24
180	Alimentación	2.00	360
<b>Total</b>			<b>656</b>

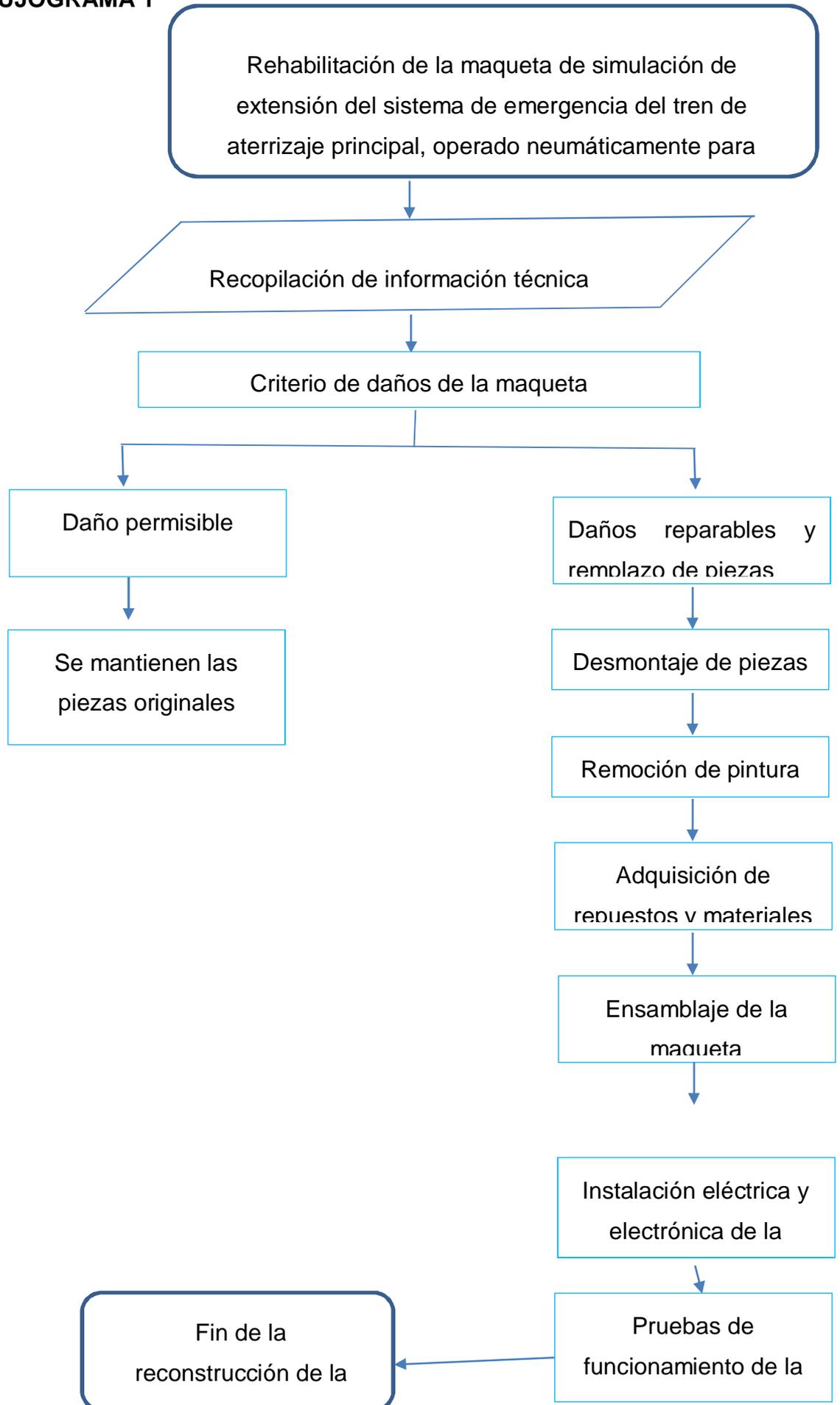
### 3.12.3 Costo total

Consta de la suma de los valores de las tablas de costos primarios como costos secundarios en la elaboración del tema rehabilitación de la maqueta de simulación del sistema de extensión de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente.

**TABLA 4**  
**Costo total**

<b>Costos</b>	<b>Valores</b>
Costos primarios	449.14
Costos secundarios	656
<b>Costo total</b>	<b>1,105.13</b>

## FLUJOGRAMA 1



## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLSIONES**

- Se recopiló toda la información necesaria para llevar a cabo la rehabilitación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente.
- Se reparó la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente mediante la ayuda y supervisión del tutor académico y personal capacitado, por lo tanto se adquirió nuevos conocimientos en cuanto al manejo de herramienta y el uso de diferentes materiales.
- Se realizaron las pruebas de operación y funcionamiento necesarias para garantizar la calidad y seguridad de la misma.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Realizar todas las acciones y procedimientos mediante el proceso de funcionamiento y mantenimiento de la maqueta con ayuda de los manuales de mantenimiento.
- Tomar las medidas de seguridad adecuadas mediante la operación de la maqueta de simulación de extensión del sistema de emergencia del tren de aterrizaje principal operado neumáticamente
- Realizar inspecciones visuales y dar un mantenimiento tal como indican los manuales.

## ABREVIATURAS

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

**UGT:** Unidad de Gestión de Tecnologías.

**OACI:** Organización de Aviación Civil Internacional.

**MIL-H:** MILITARY SPECIFICATION: HYDRAULIC FLUID, PETROLEUM BASE.

**A.M.M:** Manual de mantenimiento de la Aeronave.

**S/N:** Numero se serie.

**P/N:** Número de parte.

**E.P.P:** Equipo de protección personal

**Kg:** El kilogramo es una de las unidades básicas del **Sistema Internacional de Unidades**, considerada como la unidad de masa. El kilogramo está definido desde 1889 por un prototipo internacional, el cual es un **cilindro de platino e iridio** que se conserva actualmente en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas en París. En otras palabras, un kilogramo equivale el peso de este cilindro.

**cm<sup>2</sup>:** es la superficie que ocupa un cuadrado de un centímetro de lado, representado con el símbolo cm<sup>2</sup>. Equivale a una diezmilésima parte de un metro cuadrado.

## GLOSARIO

**Proa:** Parte delantera de una aeronave

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

**Presión:** Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.

**Amortiguador:** Resorte o mecanismo de los vehículos y de otras máquinas que sirve para compensar o disminuir el efecto de los choques o sacudidas bruscas.

**Neumático:** Aparato q funciona con aire comprimido.

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

**Aleación:** Producto homogéneo de propiedades metálicas, resultado de una aleación, que está constituido por dos o más elementos, de los cuales al menos uno es un metal.

**Solvente:** es aquella sustancia que puede disolver. La mezcla homogénea entre un solvente y un soluto se conoce como solución.

**Energía:** Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc.

**Compresor:** Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

**Filtro de aire:** es un dispositivo que elimina partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias del aire. Los filtros de aire encuentran una utilidad allí donde la calidad del aire es de relevancia, especialmente en sistemas de ventilación de edificios y en motores tales como los de combustión interna, compresores de gas, compresores para bombonas de aire, turbinas de gas y demás.

**Válvula reguladora de presión:** Una válvula reguladora de presión controla la presión del aire del circuito, los valores de presión que proporciona a su salida pueden oscilar entre 0 y el máximo que proporcione el compresor.

**Manguera flexible:** Una manguera flexible está diseñado para transportar fluidos de un punto A hasta un punto B. También se les llama tubos, la diferencia entre tubo y manguera está en que la segunda es flexible.

**Cable de corriente:** El cable eléctrico es aquél cuyo propósito es conducir electricidad. Suele estar fabricado de cobre por su nivel de conductividad o aluminio que resulta más económico que el cobre.

**Contactador:** El Contactador es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico.

**LOGO:** Es un módulo lógico, es decir, un controlador programable que permite que sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo. Por tanto es necesario programarlo para que este haga una tarea ya que de por sí, no hace nada.

**Electroválvula:** Una electroválvula también conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Oñate,A. (2007) Conocimientos del avion.

ECURED. (2017). Recuperado de

[https://www.ecured.cu/Tren\\_de\\_Aterrizaje](https://www.ecured.cu/Tren_de_Aterrizaje)

Casa, D. (2012). Montaje del tren derecho del avión. (Tesis pregrado). UGT.

Latacunga, Ecuador.

Pérez ,P. y Gardey,A. (2011). Definición de cable. Recuperado de

<http://definicion.de/cable/>

Electrical4u. (2011). Recuperado de

<https://www.google.com.co/search?q=breaker+circuit&biw>

Jiménez, 2015

# ANEXOS