

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN DE MECANISMOS DEL
TREN DE ATERRIZAJE FIJO**

POR:

CBOS. BORJA PONCE DANNY EDMUNDO

Tesis presentada como requisito parcial la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

LATACUNGA – ECUADOR

2001

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Cbos.
Borja Ponce Danny Edmundo como requerimiento parcial a la obtención del título
de TECNÓLOGO, MECÁNICO AERONÁUTICO

SGOP. CHÁVEZ JOSELO

Latacunga, diciembre del 2001

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a toda mi familia: a mi Papá por haberme guiado por el camino del bien y enseñarme lo que significa trabajar y alcanzar una meta; a mi Mamá por su paciencia y amor incondicionado que siempre me ha brindado; a mis Hermanos que son la visión de mi futuro para poder lograr alcanzar la felicidad en esta vida.

A mis padres y mis hermanos, quienes voluntariamente colaboraron con su apoyo moral y económico para la transcripción de este trabajo; mi familia ha sido el soporte fundamental en mi estabilidad emocional, ya que su apoyo incondicional, ha sido el incentivo moral para mi éxito personal y profesional, ya solo la armonía familiar brinda el ambiente propicio para la superación y entrega.

A mi Enamorada por el apoyo brindado para la elaboración de este proyecto.

CBOS. BORJA PONCE DANNYEDMUNDO

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a la institución que por su acogida fue posible la culminación exitosa de este proyecto que me ha capacitado para un futuro mejor y que siempre pondré al servicio del bien, la verdad y la justicia.

Para quienes me apoyaron ya que me permitieron surgir tanto personalmente como profesionalmente, a mis maestros y compañeros testigos de triunfos y fracasos, han transcurrido varios años de constante estudio y sacrificio para alcanzar la ansiada meta, que no hubiese sido posible sin el apoyo de mis padres del cual llevo las mejores enseñanzas, ya que la incansable inquietud por superarse es la razón del progreso y prosperidad de un país.

Agradezco profundamente por el apoyo que me brindaron para poder alcanzar esta anhelada meta con el esfuerzo reflejado en mis conocimientos.

Mi agradecimiento está encaminado hacia mis padres y hermanos ya que las cosas que he aprendido solo a salido del seno de mi hogar para poder seguir el camino de la vida y no fracasar al intentar pasar el primer obstáculo.

CBOS. BORJA PONCE DANNY EDMUNDO

INDICE GENERAL

Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Introducción.....	1
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Alcance.....	5

CAPITULO I

GENERALIDADES

• Las aeronaves.....	6
1.1. Clasificación de los trenes de aterrizaje.....	7
1.1.1. Tipos por el número de ruedas.....	7
1.1.2. Tipos por características de articulación.....	13
1.1.3. Tipos por sistema de suspensión.....	14
1.1.4. Tipos por geometría de suspensión.....	16
1.2. Estudio de los trenes de aterrizaje.....	19
1.2.1. Componentes del tren de aterrizaje.....	20
1.2.2. Requisitos del tren de aterrizaje.....	20
1.2.3. Construcción de los trenes de aterrizaje.....	22

1.3. Función de los trenes de aterrizaje.....	24
---	----

CAPITULO II

ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

2.1. Identificación.....	26
2.2. Estudio técnico.....	26
2.2.1. Primera opción de construcción.....	26
• Arava.....	27
2.2.2. Segunda opción de construcción.....	30
• Twin Otter.....	30
2.2.3. Tercera opción de construcción.....	33
• Avro 170.....	33
2.3. Análisis de Factibilidad.....	36
2.3.1. Primera opción de construcción.....	36
• Propiedades positivas.....	36
• Propiedades negativas.....	36
2.3.2. Segunda opción de construcción.....	37
• Propiedades positivas.....	37
• Propiedades negativas.....	37
2.3.3. Tercera opción de construcción.....	38
• Propiedades positivas.....	38
• Propiedades negativas.....	38
2.4. Parámetros de evaluación.....	38

2.4.1. Factor Mecánico.....	40
2.4.2. Factor Financiero.....	41
2.4.3. Factor Variable.....	41
2.5. Selección de la mejor alternativa.....	45

CAPITULO III

DETERMINACIÓN DE REQUISITOS TÉCNICOS

3.1. Geometría de elementos.....	46
3.1.1. Conceptos básicos.....	46
3.2. Análisis de mecanismos.....	48
3.2.1. Mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	48

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA

4.1. Diagrama de construcción de elementos.....	55
4.1.1. Diagrama de proceso.....	58
4.1.1.1. Diagrama de proceso de fabricación del puntal en Y del tren de aterrizaje fijo.....	58
4.1.1.2. Diagrama del proceso de fabricación de la placa de Sujeción Superior.....	60

4.1.1.3. Diagrama del proceso de fabricación de las Placas de Separación de los Bloques de amortiguación.....	61
4.1.1.4. Diagrama de proceso de fabricación de los Bloques de Amortiguación del Tren de Aterrizaje Fijo.....	62
4.1.1.5. Diagrama de proceso de fabricación de los apoyos laterales del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	63
4.1.1.6. Diagrama de proceso de fabricación de la caja que encierra la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	64
4.1.1.7. Diagrama de proceso de fabricación de la llanta del tren de aterrizaje fijo.....	65
4.2. Diagrama del Ensamble.....	66
4.2.1.1. Diagrama del ensamble de la estructura del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	67
4.2.1.2. Diagrama del montaje del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	68
4.2.2. Pruebas de funcionamiento de las piezas.....	69

CAPITULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Identificación.....	74
5.2. Presupuesto.....	74
5.3. Análisis de costos de la construcción.....	75

5.3.1. Subtotal 1.....	75
5.3.2. Subtotal 2.....	76
5.3.3. Subtotal 3.....	78
5.3.4. Subtotal 4.....	79

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.....	80
6.2. Recomendaciones.....	81

BIBLIOGRAFÍA.....	83
--------------------------	-----------

INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

FIGURAS

1.1. Tren Triciclo con doble rueda en proa única en las patas principales....	9
1.2. Tren Triciclo con rueda simple en proa y dos en cada pata principal.....	9
1.3. Tren Triciclo con doble rueda en proa y dos en cada pata principal.....	10
1.4. Tren Triciclo con doble rueda en proa y ruedas dobles principales en tándem unidas por una viga de carretón.....	10
1.5. Tren Biciclo.....	11
1.6. Tren Cuatriciclo.....	12
1.7. Tren Triciclo doble.....	12
1.8. Tren Multiciclo.....	13
1.9. Tren de Ballesta.....	15
1.10. Tren de Suspensión Telescópica.....	17
1.11. Tren de Suspensión de palanca.....	18
1.12. El tramo es la distancia entre las ruedas.....	21
1.13. El punto de contacto debe estar delante del centro de gravedad.....	22
1.14. Tren de riostra voladizas.....	23
1.15. Tren de aterrizaje de eje dividido.....	24
1.16. Tren de eje entero transversal.....	25
2.1. Tren de aterrizaje principal del ARAVA.....	29
2.2. Tren de aterrizaje principal del TWIN OTTER.....	32
2.3. Tren de aterrizaje principal del AVRO 170.....	35
3.1. Esquema del tren de aterrizaje.....	48

3.2. Sistema de suspensión independiente.....	49
3.3. Esquematización de una suspensión pasiva.....	50
3.4. Par cinemático de un grado de libertad.....	51
3.5. Eslabones.....	52
3.6. Grados de libertad.....	53
3.7. Movimiento del tren de aterrizaje.....	54
4.1. Maqueta en construcción.....	71
4.2. Maqueta en construcción.....	72
4.3. Maqueta construida.....	72
4.4. Maqueta en funcionamiento.....	73

TABLAS

2.1. Cuadro de evaluación.....	43
2.2. Cuadro de decisión.....	44
4.1. Características técnicas de las máquinas y herramientas utilizadas en el proyecto.....	56
4.2. Tiempo de operación de las máquina y herramientas.....	57
4.2. Situación de los componentes de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	70
5.1. Registro de costo de materiales de la maqueta.....	76
5.2. Descripción del costo de utilización de las máquina – herramientas.....	77
5.3. Costo de mano de obra.....	78

5.4. Descripción del costo de fabricación de las piezas de la maqueta.....	78
5.5. Descripción del costo realizado en el subtotal 4.....	79
5.6. Descripción del costo total de la maqueta.....	79

ANEXOS

ANEXO A

MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL USO DE LA MAQUETA DEL MECANISMO DEL TREN DE ATERRIZAJE FIJO

Descripción general.....	A1
Mantenimiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	A3
Verificación de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	A5
Operación de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje.....	A7

ANEXO B

PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

Sistema de amortiguación.....	B1
Eje de carga.....	B2
Placa de superior.....	B3

Puntal en Y.....	B4
Apoyos laterales.....	B5
Placas de separación.....	B6
Bloque de amortiguación.....	B7

ANEXO C

REGISTROS

Mantenimiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	C1
Funcionamiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	C2
Daños de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.....	C3

INTRODUCCIÓN

Desde que se creó la vida el hombre siempre a buscado la forma de imitar al ave y buscar los cielos de ahí el afán de construir máquinas que puedan volar cada vez con más precisión. Ahora en la actualidad todo esto ya es posible pero cada vez busca más precisión en sus aeronaves, así como con los trenes de aterrizaje ya que estos deben ir cambiando conforme con el tipo de aeronave ya sean estas de tren de aterrizaje fijos o retráctiles.

El tren de aterrizaje es un elemento fundamental en la aeronave que permite el despegar y aterrizar teniendo cada uno de estos sus propias características de acuerdo al tipo de aeronave en que este esté siendo utilizado; por estas razones se a visto conveniente hablar sobre el tren de aterrizaje fijo y su mecanismo de amortiguación dependiendo del tipo de cilindro de absorción de los golpes en el momento de su funcionamiento o de cualquier otro material con que esté compuesto este mecanismo de amortiguación.

El mecanismo de un tren de aterrizaje fijo puede ser muy sencillo como en este caso que son bloque de diuretano los cuales son los que absorben los golpes que la aeronave produce en su funcionamiento de despegue y aterrizaje .

El mecanismo si es una combinación de cuerpos conectados mediante articulaciones móviles para formar una cadena cinética cerrada con un eslabón fijo y cuyo propósito es transformar el movimiento.

Todo este estudio y construcción de una maqueta que demuestre el funcionamiento del mecanismo de amortiguación de un tren de aterrizaje fijo es

para que el estudiante tenga una mejor visibilidad del funcionamiento del tren de aterrizaje fijo.

El tema de estudio o de construcción es simular el mecanismo de un tren de aterrizaje fijo por medio de la construcción de una maqueta para ver el funcionamiento del tren en la aeronave.

JUSTIFICACIÓN:

Por la falta de recursos didácticos la Institución requiere de formas más amplias de enseñanza y aprendizaje por tal motivo se ha visto conveniente realizar la construcción de uno de estos apoyos que servirán como medio de aprendizaje de nuestros futuros tecnólogos.

La construcción del mecanismo del tren de aterrizaje fijo es un componente principal en la estructura de los helicópteros y aviones pequeños (avionetas).

1. OBJETIVOS:

1.1. OBJETIVO GENERAL.-

1.1.1. Construir y simular el mecanismo de trenes de aterrizaje fijo.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.-

1.2.1. Realizar un estudio de los diferentes tipos de trenes de aterrizaje fijos, usados en aviación.

1.2.2. Realizar un estudio de los requerimientos técnicos para establecer alternativas de solución para los mismos.

1.2.3. Construir el objetivo propuesto.

1.2.4. Conseguir y seleccionar la mejor alternativa en base a un estudio técnico y económico.

1.2.5. Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo

1.2.6. Realizar un manual de operación y mantenimiento del prototipo.

2. ALCANCE:

2.1. La construcción y simulación del tren de aterrizaje fijo, como maqueta, ayudará en la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes. Además se tendrá un equipo más en el laboratorio, con lo que se puede colaborar en el desarrollo tecnológico del instituto y del país

2.2. Basándose en ésta maqueta se podrá construir un mecanismo propio de las aeronaves que utilizan éstos trenes.

CAPITULO I

GENERALIDADES

- **LAS AERONAVES**

El **avión** o **aeroplano** sugiere normalmente aparatos que operan desde tierra firme, pero en realidad se aplica a otros tipos de aviones como los transportados, hidroaviones y anfibios. La principal diferencia de configuración entre estos aparatos está en el tren de aterrizaje. Los aviones transportados están diseñados para despegar y aterrizar desde una instalación móvil, la más común es el portaaviones; para ello disponen de un gancho con el que en el momento de aterrizar se sujetan a un cable que cruza la cubierta del portaaviones y junto con los frenos del propio avión, permiten una carrera de aterrizaje muy corta. Para despegar se enganchan a una catapulta que en pocos segundos, junto con el motor a máxima potencia, les hacen alcanzar la velocidad de despegue. Los hidroaviones sustituyen las ruedas del tren de aterrizaje por flotadores. El modelo conocido como barca voladora tiene el fuselaje como el casco de un barco y aparte de sus funciones aerodinámicas e hidrodinámicas, sirve para que flote una vez posado en el agua. Los anfibios van provistos de ruedas y flotadores y en algunos casos de casco, lo que permite operar con la misma efectividad tanto en tierra como en agua. Antes de la II Guerra Mundial los hidroaviones se usaron para el transporte militar y para el servicio comercial intercontinental. Por su configuración tenían que volar despacio y amerizar despacio. Como los nuevos aviones volaban y podían aterrizar a más velocidad,

para ganar eficiencia, los grandes aviones pasaron a operar solamente desde tierra. Los anfibios vuelan y aterrizan aún más despacio por su doble tren de aterrizaje y se usan menos. A veces son muy útiles, sobre todo en zonas como la selva donde la construcción de una pista de aterrizaje es costosa y difícil de mantener pero, sin embargo, hay abundantes ríos con aguas profundas y tranquilas. Existen flotadores anfibios para avionetas. Parecen flotadores convencionales y tienen una rueda en el centro. La rueda sobresale muy poco y no crea resistencia en el agua pero asoma lo suficiente para permitir aterrizar en superficies de tierra o de hierba cortada.

1.1. CLASIFICACION DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE

Dentro de la clasificación de los trenes de aterrizaje estos se clasifican por el número y disposición de ruedas, por sus características de articulación, por los sistemas de suspensión, y por la geometría del sistema de suspensión.

1.1.1. TIPOS POR ÉL NUMERO DE RUEDAS

Este tipo de clasificación se establece por él numero de ruedas que tiene el tren y por la geometría de su posición.

Cuando hablamos del numero de ruedas este tipo de tren depende del peso del avión y de la consistencia del pavimento de los aeropuertos que tienen

previstos utilizar este tipo de aeronaves que poseen estos trenes. Así por ejemplo la s geometría de ruedas más comunes se sitúan dentro de los siguientes grupos.

1.1.1.1. TREN TRICICLO

Es de denominación generar y se aplica a una configuración de tren con tres patas, una está situada al frente y las dos principales están situadas detrás, estas patas pueden tener cada una su propia configuración de las ruedas por lo que tenemos la siguiente denominación:

Si el tren de aterrizaje tienen ruedas en morro presente dos ventajas fundamentales:

- a) Mejora la visibilidad del piloto al exterior durante las fases del despegue, aterrizaje y maniobras en tierra.
- b) Mejora de la frenada del avión que tiende a inclinar el morro hacia adelante aumentando el peso que soporta la pata del morro y con ello la reacción en el suelo.

A continuación tenemos algunos ejemplos gráficos de trenes de aterrizaje triciclos:

Un tren de aterrizaje con doble rueda en proa o adelante y una sola en las patas.

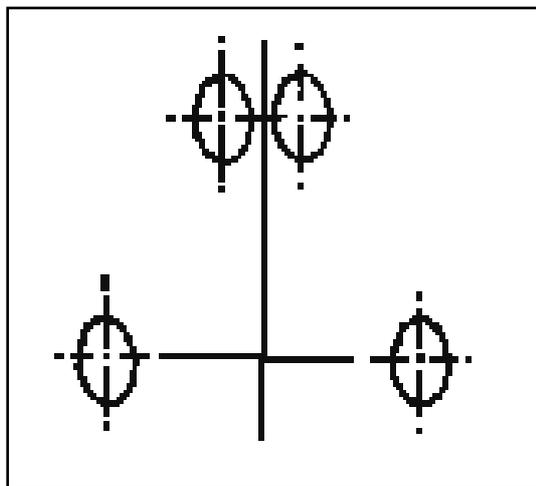


Figura 1.1. Tren triciclo con doble rueda en proa única en las patas principales.

Un tren triciclo con rueda simple en proa y dos en cada pata principal.

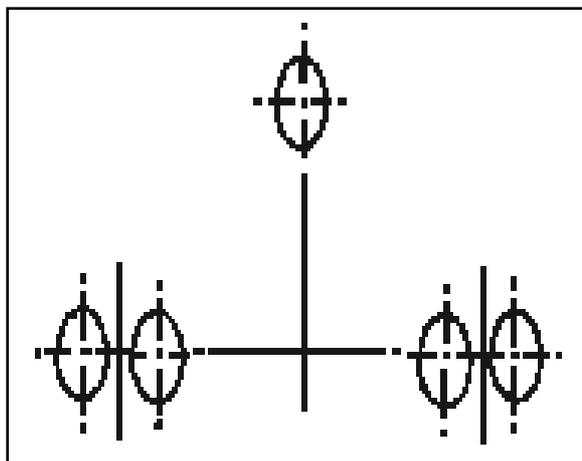


Figura 1.2. Tren triciclo con rueda simple en proa y dos en cada pata principal.

Un tren triciclo de doble rueda en proa y dos en cada pata principal.

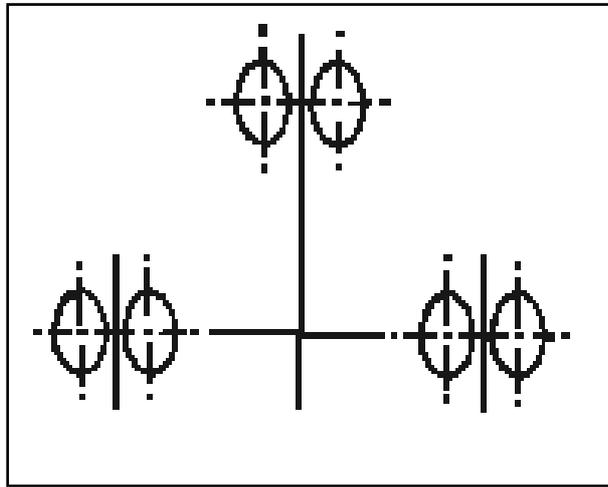


Figura 1.3. Tren triciclo con doble rueda en proa y dos en cada pata principal.

Un tren triciclo de doble rueda en proa y ruedas dobles principales en tándem unidas por una viga en carretón que es un tipo de tren muy utilizado en los aviones B-747, DC-8, L-1011, etc.

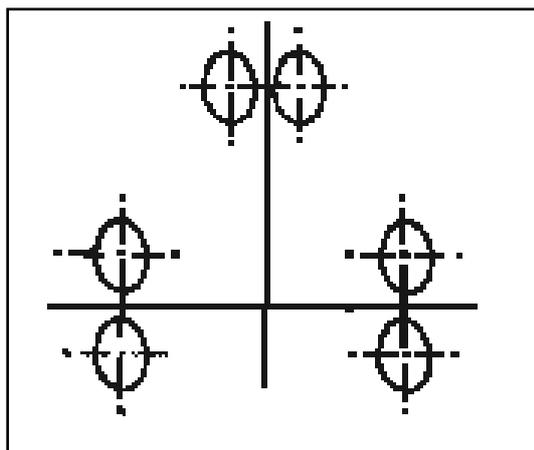


Figura 1.4. Tren triciclo con doble rueda en proa y ruedas dobles principales en tándem unidas por una viga de carretón.

1.1.1.2. TREN BICICLO

Este tipo de tren bicicleta tiene una configuración de dos patas, con una o más ruedas colocadas en tándem, esta compuesto por patas exteriores para mantener la estabilidad en tierra, así por ejemplo el B- 47 es un buen ejemplar de este tipo de tren bicicleta.

Las ruedas exteriores también tienen la función de aliviar las cargas que afectan al tren durante los giros cerrados del avión.

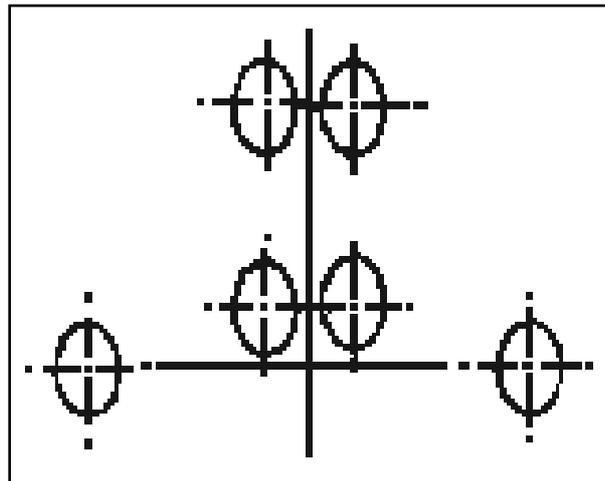


Figura 1.5. Tren bicicleta.

1.1.1.3. TREN CUATRICICLO

Este tipo en cambio está configurado por cuatro patas las cuales cada una está situada en un cuadrante del avión y se completa casi siempre con dos patas exteriores para estabilidad en tierra.

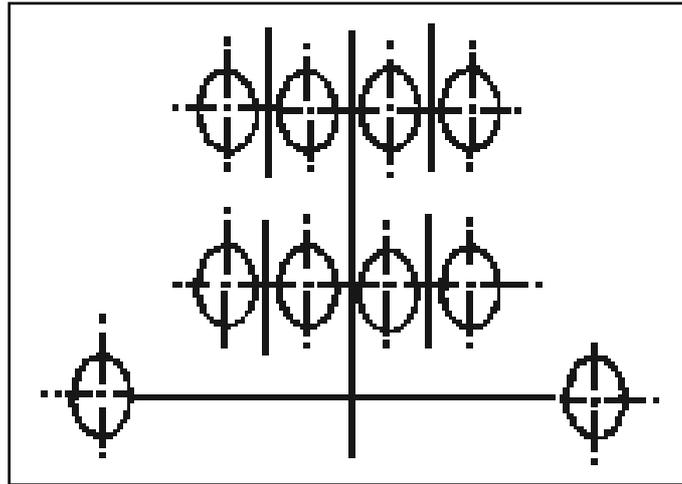


Figura 1.6. Tren cuatriciclo.

1.1.1.4. TREN TRICICLO DOBLE

Este tipo de tren esta configurado con doble rueda y doble tándem.

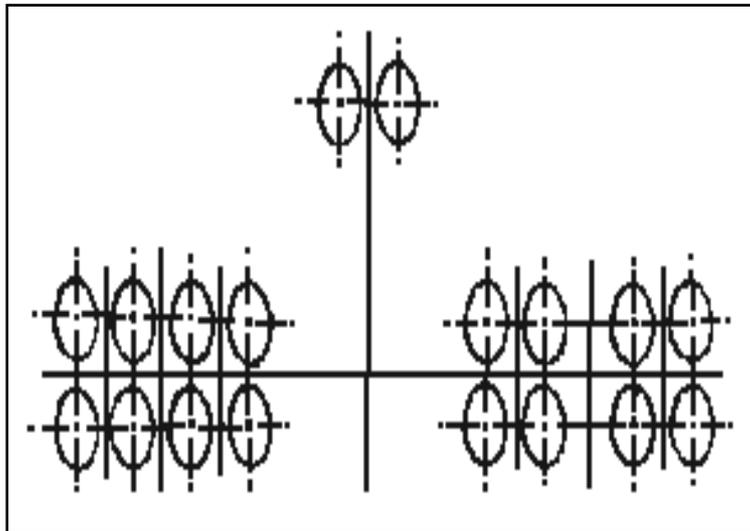


Figura 1.7. Tren triciclo doble.

1.1.1.5. TREN MULTICICLO

El tren multiciclo es una configuración que da respuesta a las necesidades de flotación de los futuros aviones de gran capacidad y peso. Este tipo de tren esta compuesto por doble rueda de proa, dobles principales en tándem, más una doble principal en el eje longitudinal para dar una mejor estabilidad al avión.

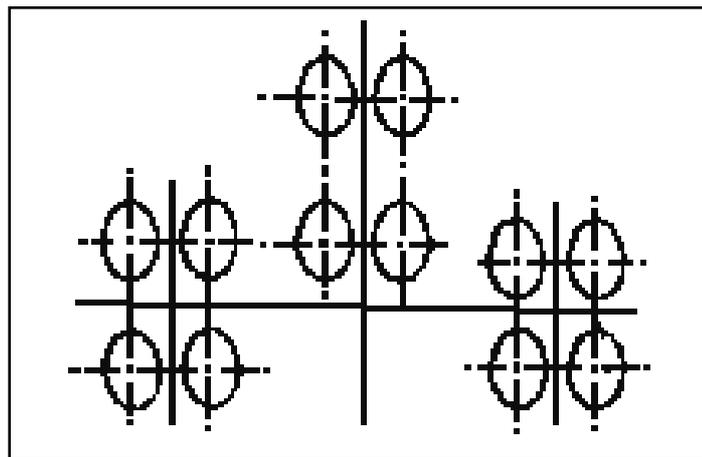


Figura 1.8. Tren multiciclo.

1.1.2.- TIPOS POR CARACTERÍSTICAS DE ARTICULACIÓN

En esta clasificación los tipos de trenes de aterrizaje sin fijos y retráctiles por las características que presentan sus componentes.

1.1.2.1. EL TREN DE ATERRIZAJE FIJO

Este tipo de tren se mantiene estatil y se lo emplea en aviones los cuales no tienen una alta velocidad. Este tipo de tren es económico y fácil de

mantenimiento por lo que se lo emplea en aviones los cuales son ligeros como son avionetas y helicópteros.

1.1.2.2. EL TREN DE ATERRIZAJE RETRACTIL

Este tipo de tren tiene un mecanismo que puede retraer el tren y recoger el tren después de haberse efectuado el despegue del avión.

Este tipo de tren se aloja en compartimientos preparados en el interior de la estructura del avión lo cual favorece a la resistencia del aire y posibilita el vuelo a altas velocidades.

El empleo de alguno de estos tipos de trenes depende del criterio de simplicidad del diseño del avión y de su velocidad de vuelo.

1.1.3. TIPOS POR SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Estos tipos de trenes que son por el sistema de suspensión se clasifican en:

1.1.3.1. TREN DE BALLESTA

Este tipo de tren se emplea en el tren principal de algunos aviones y 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; cuando la rueda hace contacto con el suelo la ballesta se extiende y se amplía a la vía.

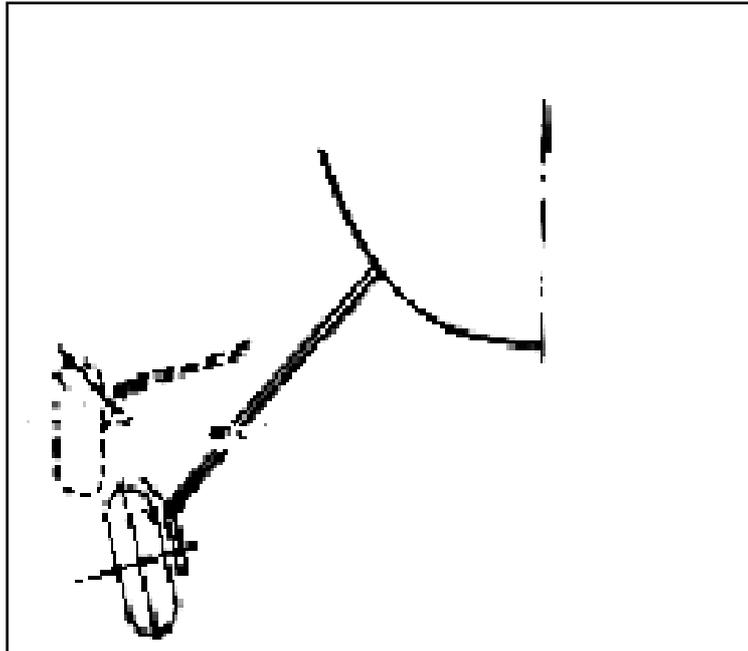


Figura 1.9. Tren de ballesta.

1.1.3.2. TREN DE CORDONES ELÁSTICOS

Este es un tipo de suspensión es empleado también en aviones ligeros por lo que es muy común en aviones que se dedican a las labores agrícolas.

En este tren las carga se transmiten a las ruedas durante el movimiento del avión en tierra que son absorbidas por un cierto numero de cordones de caucho dispuestos en forma de lanzadera para amortiguar las vibraciones del avión.

1.1.3.3. TREN DE AMORTIGUADOR OLEONEUMÁTICO

Este es una configuración estándar.

1.1.3.4. TREN DE AMORTIGUADOR LÍQUIDO

Estos son verdaderos resortes líquidos y se basan en la complejidad de los líquidos a altas presiones. Aquí el amortiguador es un cilindro lleno de fluido de base silicona a una presión sumamente alta.

En este tren el amortiguador consta de dos cámaras: superior e inferior que está separadas por un pistón.

El avión al tener contacto las ruedas con el suelo la carga dinámica se transmite al pistón del amortiguador el cual es impulsado hacia arriba. Aquel movimiento desplaza una cierta cantidad de líquido desde la cámara superior a la cámara inferior pasando por una válvula antiretorno y por orificio de control. La cámara inferior solo se puede acumular una parte del líquido desplazado por el movimiento del pistón, de forma que aumenta la presión del líquido en ambas cámaras.

1.1.4. TIPOS DE GEOMETRÍA DE SUSPENSIÓN

El tipo la geometría de suspensión, el tren de aterrizaje se clasifica en:

1.1.4.1. TREN DE SUSPENSIÓN TELESCOPICA

El tipo por suspensión telescópica es económico pero la carrera del amortiguador en carga es larga ya que tiene que absorber todo el desplazamiento vertical de la rueda.

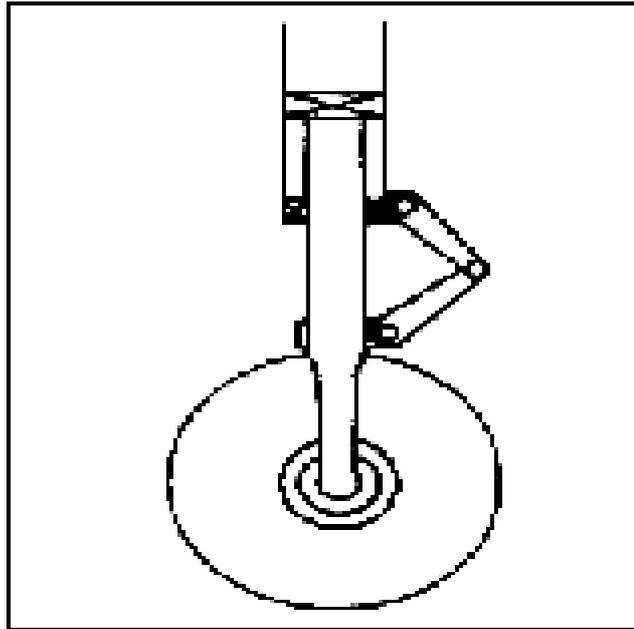


Figura 1.10. Tren de suspensión telescópica.

1.1.4.2. TREN DE SUSTENCION DE PALANCA

Se lo llama así porque hace uso del efecto de palanca para disminuir la carrera necesaria del amortiguado, 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 normalmente triangulares o cuadrangulares y se colocan lateralmente en el avión.

Este tipo de trenes de palanca ofrecen ventajas como es el caso del avión embarcado, que precisa desplazamientos verticales muy grandes de las ruedas

para absorber la energía cinética vertical que posee el avión. Los trenes de palanca se aplican en este caso con ventaja porque gracias a su sistema articulado, permiten una gran carrera de la rueda y, sin embargo es menor la del amortiguador.

El tren de palanca suele ser necesario para aviones que deben operar 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 telescopios. El tren de palanca impone menor carga en el terreno.

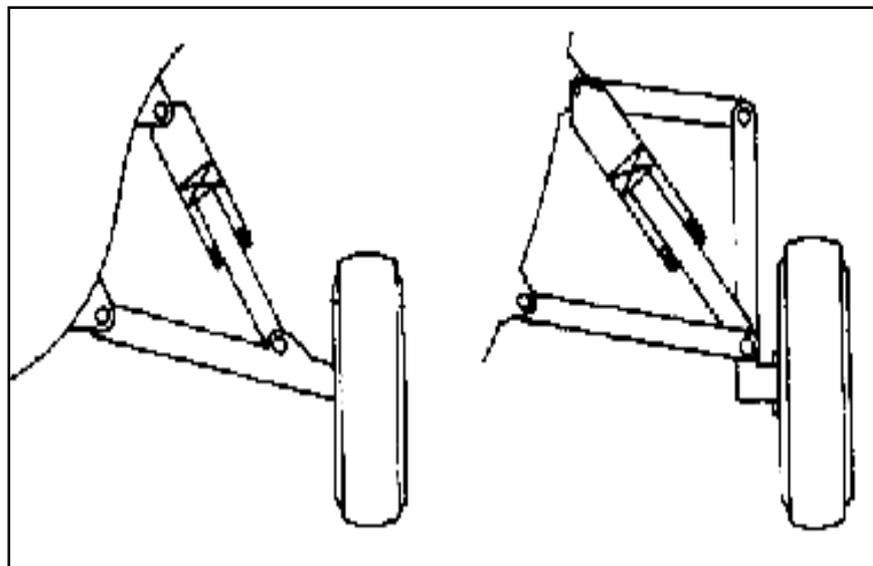


Figura 3.11. Tren de suspensión de palanca.

1.2. ESTUDIO DEL TREN DE ATERRIZAJE

El tren de aterrizaje de los aviones como su nombre lo indica tienen el objetivo de que el aparato se pose en el suelo sin que su fuselaje, alas y otras partes sufran ningún daño ni estén sujetos a cargas demasiado grandes sufridas por choques al momento de aterrizar; además el tren constituye el medio de

soporte que el avión posee poder rodar en tierra y efectuar el despegue en una forma más suave posible.

El tren de un avión está compuesto por el tren de aterrizaje principal que forma el soporte principal del avión ya sea sobre tierra o sobre agua. Este tren puede incluir cualquier combinación de ruedas, flotadores, skis, superficies de rodadura de tractor, mecanismos, amortiguadores, frenos, mecanismos de plegar con sus controles y dispositivos de advertencia, cubiertas, contornos, aerodinámicos, miembros estructurales necesarios para fijar cualquiera de los dispositivos anteriores a la estructura principal del avión.

El tren de aterrizaje auxiliar es otro componente del tren de aterrizaje de un avión que además de soportar parte del peso de la aeronave, equilibre y controla la posición del avión en tierra, y en algunos casos, hace posible el manejo del avión durante el despegue, aterrizaje y carreteo. Este tren de aterrizaje auxiliar generalmente se despliega con el tren de aterrizaje principal y es movido por los mismos controles pero en otros casos como avión estas es fijo, sujetado ala estructura principal del avión.

La ubicación de las instalaciones de unidades del tren de aterrizaje principal y auxiliar en relación con la estructura del avión y del uno con el otro establecer el arreglo del tren de aterrizaje como convencional, triciclo o biciclo.

1.2.1. COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE

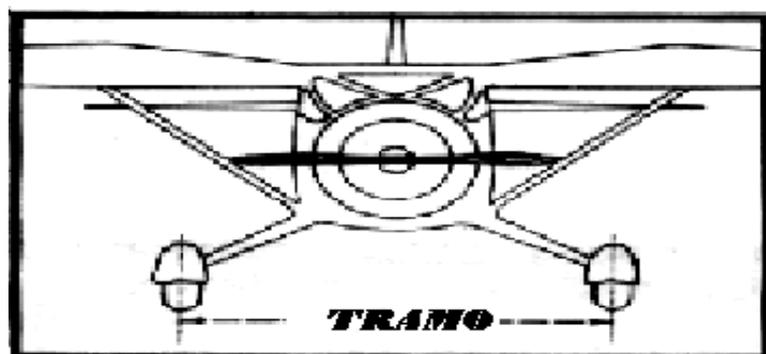
Los trenes de aterrizaje por lo general se componen de un solo montante con una unidad de amortiguación, una unidad impulsora, un conjunto o conjuntos de ruedas, dispositivos de fijación, la compuerta de la rueda y sus contornos aerodinámicos pero algunos motantes son de tipo cantiliver, en otros las fuerzas laterales y longitudinales están soportadas por dos motantes auxiliares más pequeños situados cerca del punto de fijación del motante principal. Esto en caso de trenes retráctiles pero en el caso de los trenes de aterrizaje fijos estos simplemente están asegurados direccionalmente a la estructura del avión.

1.2.2. REQUISITOS DEL TREN DE ATERRIZAJE

Entre los requisitos de un tren de aterrizaje se puede mencionar varios de estos que deben satisfacer el tren de aterrizaje como se menciona:

Primeramente debe sostener al avión a suficiente altura con el fin de que al rodar sobre la tierra, en posición de vuelo (con la cola alta) la hélice no se acerque demasiado al suelo y por lo tanto la distancia mínima que debe haber entre la hélice y el suelo en dicha posición es de 24 centímetros.

Para que el aparato o la aeronave sea estable y conserve bien el equilibrio al rodar, es necesario que el tramo de las ruedas sea de suficiente longitud. El tramo en este caso, es la distancia que hay desde el centro de la superficie de rodadura de una rueda hasta el centro de la rueda opuesta. Dicha longitud del tramo depende principalmente de la envergadura de las alas; pues como se



puede suponer, a mayor envergadura es mayor también el espacio que debe cubrir el tren de aterrizaje de la aeronave, a fin de que no exista balanceo excesivo en el avión al rodar por tierra. Como regla general, puede decirse que la longitud del tramo es igual a una octava parte de la envergadura, aunque en muchos aviones los constructores se han apartado considerablemente de esta regla.

Figura 1.12. El tramo es la distancia entre las ruedas.

Otro requisito del tren es que su punto de contacto con el suelo debe estar bien relacionado con el centro de gravedad del avión, para evitar que este se vuelque de frente al tocar las ruedas con el suelo. Es por esta razón que en la mayoría de los aeroplanos se coloca el tren adelante del centro de gravedad agregando una pequeña rueda o patín en la cola que sirve para sostener esta parte como se ve en la figura siguiente.

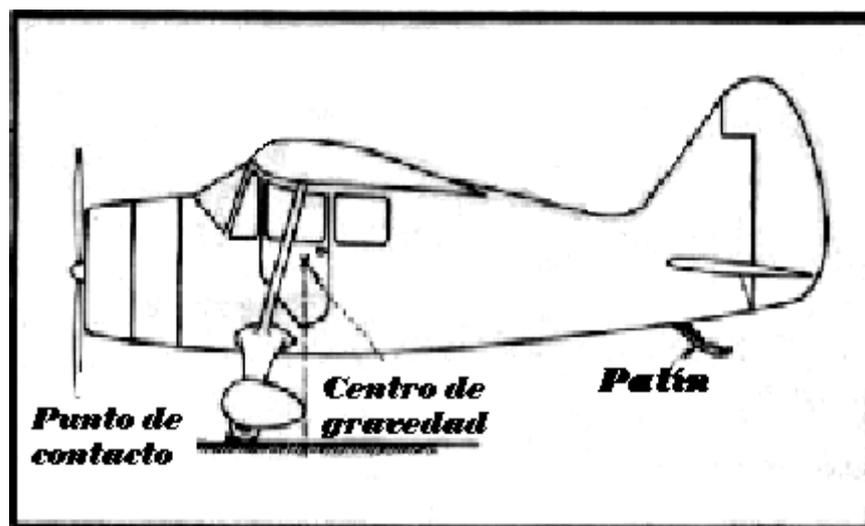


Figura 1.13. El punto de contacto debe estar delante del centro de gravedad.

Como adicional en los requisitos anteriores, el tren de aterrizaje necesita estar provisto de amortiguadores que sirven para mitigar el choque del avión al aterrizar o al pasar sobre obstáculos en tierra; debe también contar con algún medio de entrenamiento con el fin de aminorar el trecho necesario para detener la marcha del aparato al radar sobre el suelo y para eliminar la necesidad de emplear cuñas en las ruedas mientras se calienta el motor.

1.2.3 . CONTRUCCIÓN DE LOS TRENES DE RUEDAS

Debido a que el tren de aterrizaje de un avión solamente sirve solamente cuando se halla deslizándose sobre el suelo, y no tienen ningún uso en vuelo, es decir, mientras el aparato se encuentre despegado y, por consiguiente, se han buscado los medios para que dicho tren, cuando se encuentre en el aire, presente la mínima resistencia parásita y facilite así el vuelo. Por tal razón, se han ideado distintas clases de construcción para trenes de aterrizaje, siendo más común la de “eje dividido” o de “riostros voladizas”, que permiten montar las ruedas en tal forma, que no sea necesario un gran número de riostras de refuerzo, con lo cual se reduce materialmente la resistencia que el tren puede presentar al avance del avión en el aire.

Como se ve en la figura posterior ilustra un sistema de construcción muy común en los trenes del tipo de riostro voladiza en la cual la forma en que las riostras están montados al fuselaje que lleva la carga principal del tren, está reforzada con un pequeño armazón, muy fuerte, al cual se unen todas las piezas

principales. Las riostras en realidad constituyen brazos de palanca que se mueven sobre unos ejes, según las fuerzas que reciban de las ruedas a que están unidas y a fin de mitigar también a los extremos superiores de las riostras. También ilustrados en esta figura.

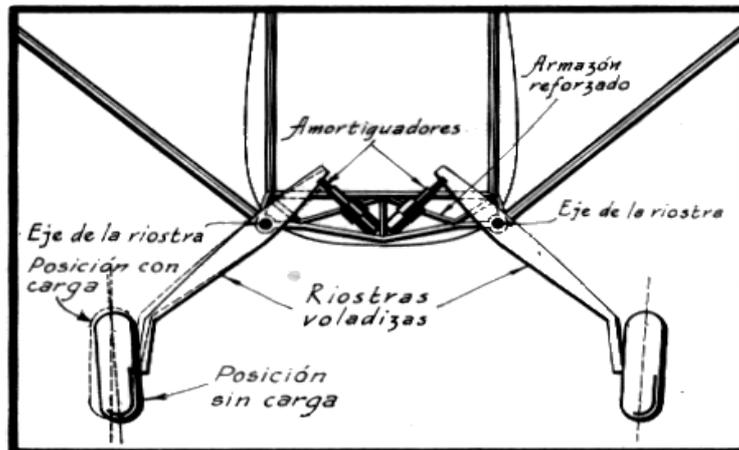


Figura 1.14. Tren de riostra voladizas.

1.3. FUNCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE

La función de los trenes de aterrizaje en el principio de funcionamiento es en pocos cambios en los trenes de aterrizaje, desde que se volaron los primeros aviones, pues estos contaban ya con patines o ruedas y ciertos medios para enfrentar la marcha del aparato en tierra.

Sin embargo su construcción se ha sido sometida a cambios y perfeccionamiento como se ve en la figura.

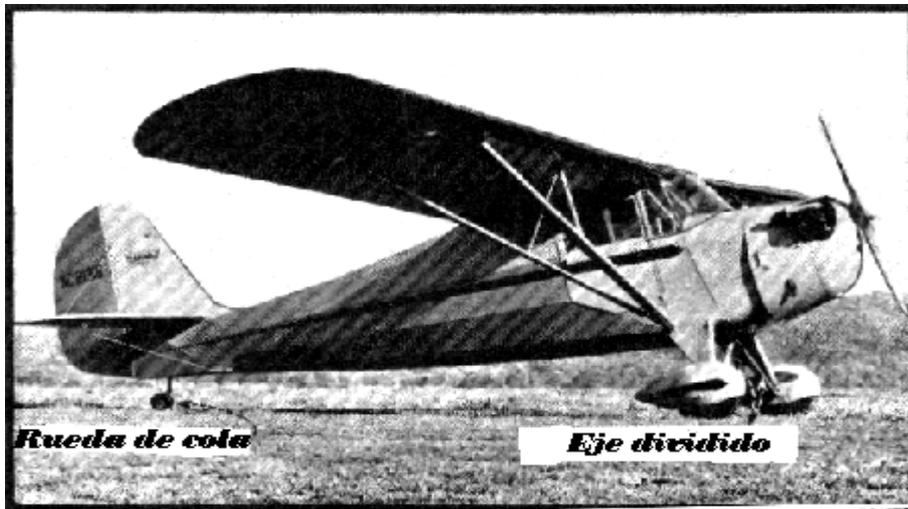


Figura 1.15. Tren de aterrizaje de eje dividido.

Que ilustra un aparato moderno con su tren de aterrizaje de “eje dividido”, que no tienen eje recto, transversal unido las dos ruedas y que difiere de otros aparatos antiguos con su “eje entero” horizontal, como se indica en esta figura posterior.

También tenemos otro ejemplo como en el avión de los hermanos Wright, en vez de ruedas emplearon patines, los cuales se descartaron brevemente ya que con estos solo se podía posarse sobre una superficie lisa y sin obstáculos, además de que no ofrecían gran maniobrabilidad de la aeronave en tierra, sustituyéndose por las ruedas.



Figura 1.16. Tren de eje entero, transversal.

CAPITULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. IDENTIFICACIÓN

En este capítulo se va a proponer tres opciones de construcción para escoger la mejor de estas previo a un análisis de cada una y determinar cual de ellas es la que construirá le maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

- a. Tren de aterrizaje ARAVA
- b. Tren de aterrizaje TWIN OTTER
- c. Avro 170

2.2. ESTUDIO TÉCNICO

2.2.1. PRIMERA OPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

En la primera opción de construcción se presenta un tren de aterrizaje fijo cuya construcción y estructura es más sencilla tomando en cuenta a las otras opciones.

ARAVA

1) Tren De Aterrizaje Principal – Descripción

a) Generalidades:

- El engranaje no-retractable principal consiste de un lado tirante, un tirante de resistencia aerodinámica, un brazo de torsión, un montaje exterior y un amortiguador.
- El soporte y el tirante de resistencia están conectados por una bisagra al fuselaje fijado al montaje. Las fuerzas de torsión son transmitidas por los brazos de torsión. El extremo del tirante exterior fijado al montaje externo: el tirante de lado atraviesa una bisagra y el tirante de soporte directamente al montaje externo.
- El montaje externo contiene el tirante, accesorio del montaje, el eje de soporte y montajes del conjunto de la unidad de freno.
- Las líneas de aleación de acero hidráulicas para el freno son dirigidas a lo largo del lado tirante.
- Los capotajes o carenados están fijos a el lado y el tirante de resistencia y al amortiguador.

2) Amortiguador del engranaje principal.

- El amortiguador es de diseño convencional oleoneumático. Este consiste de un cilindro el cual almacena un vástago de pistón y una válvula con resortes amortiguadores.
- La amortiguación ocurre cuando el vástago del pistón hace presión y se lubrica a través de la válvula de charnela y los orificios, esto es dentro de la cámara para funcionar sobre el pistón. El pistón comprime el aire el cual reacciona oponiéndose proporcionando retroceso y amortiguando las acciones.
- El amortiguador está cargado con aire por una válvula cargada y llena con aire a través de un orificio lleno. El aire es drenado desde la curvatura (aceite) superior hasta un tapón de sangrado.

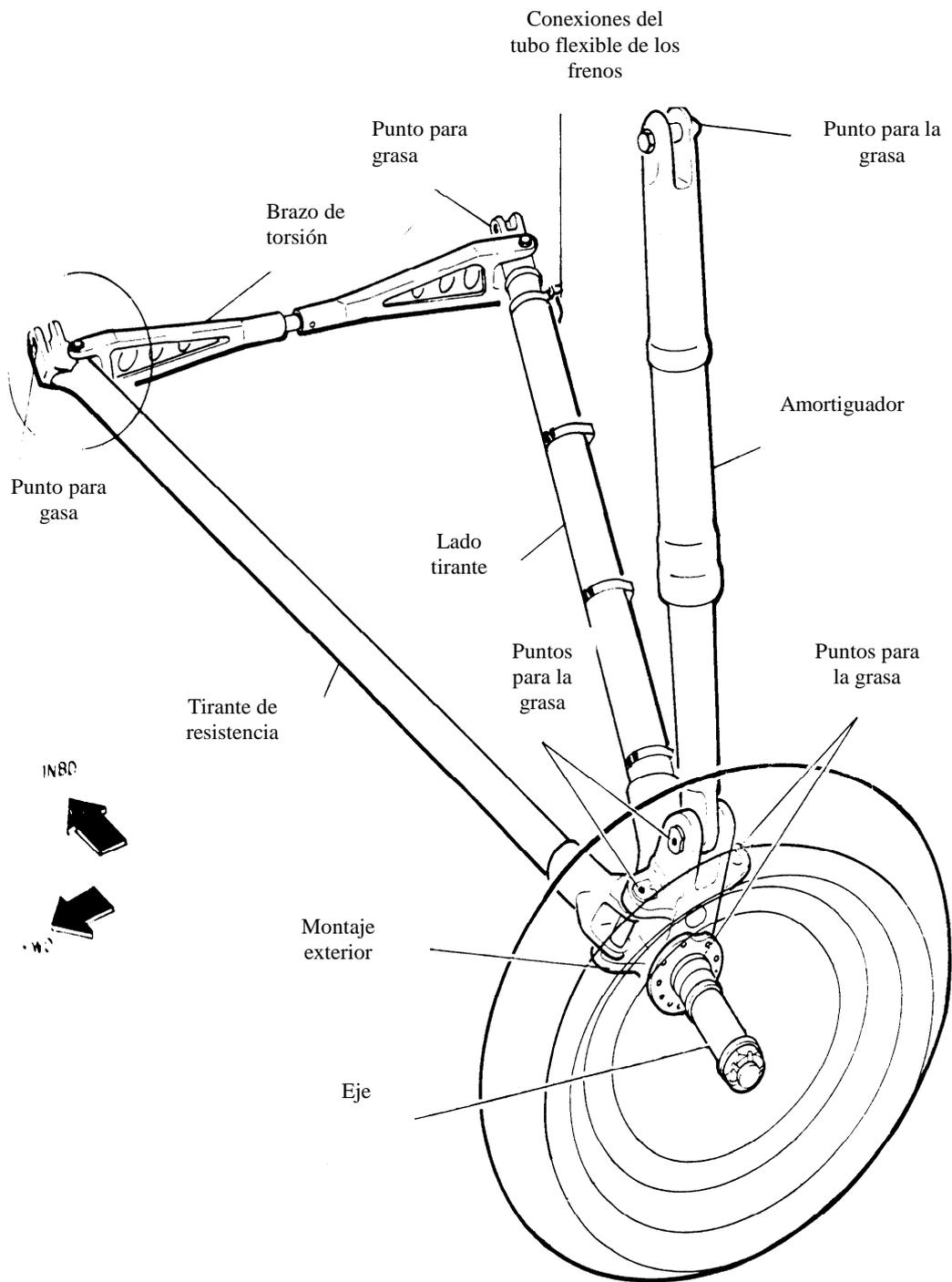


Figura 2.1. Tren de Aterrizaje Principal del ARAVA.

2.2.2. SEGUNDA OPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

El tren de aterrizaje presentado como segunda opción de construcción es de una construcción más compleja que la anterior, además de que éste tipo de trenes de aterrizaje son más seguros.

TWIN OTTER

1) Generalidades:

- El grupo que forma la pierna del tren de aterrizaje consiste de un puntal de acero soldado y formado en Y, un tirante y un eje.
- Los 2 pivotes o ejes están soldados al final superior del puntal y están interconectados por el tirante.
- El eje está asegurado al final inferior de la pierna y un atenuador fijo que está conectado y abrazado a la pierna. Cada uno de los 4 atenuadores está atravesados por un agujero, están soldados a la pierna por una platina del amortiguador inferior.
- Un tubo está fijado al puntal por conexión del sistema principal de freno de rueda.

2) Tren De Nariz:

a) Montante Amortiguador Del Tren De Nariz.:

- El montante amortiguador del tren de nariz consiste de un cilindro exterior, un conjunto de pistones, una horquilla de la rueda de nariz, cuello de la dirección. El cilindro forma la estructura de la rueda y provee el montaje activador de dirección de la rueda de nariz. La horquilla de la rueda de nariz está asegurada al pistón y los telescopios dentro del cilindro el cual está cargado con aceite y aire.

3) La Rueda De Nariz:

- La rueda de nariz es llevada en el eje montado en la horquilla del tren de nariz y éste es un tipo de cubo dividido que facilita el movimiento y la instalación de las tuberías neumáticas. Un empaque está instalado entre la mitad de los 2 cubos y provee un sellamiento hermético para el neumático. La rueda tiene 6 capas estipuladas de 8.90 x 12.50 de tercer tipo de baja presión en las tuberías neumáticas. Cuando la modificación S.O.O 6048 está encaminada a ajustar el cubo de una rueda principal con un 15.00 x 12 de neumáticos y tubos que están instalados en la posición de rueda de nariz. En un aeroplano con S.O.O 6048 y modificado a 6/1526, un neumático de 36 x 13.00 x 12 está ajustado a la rueda de nariz.

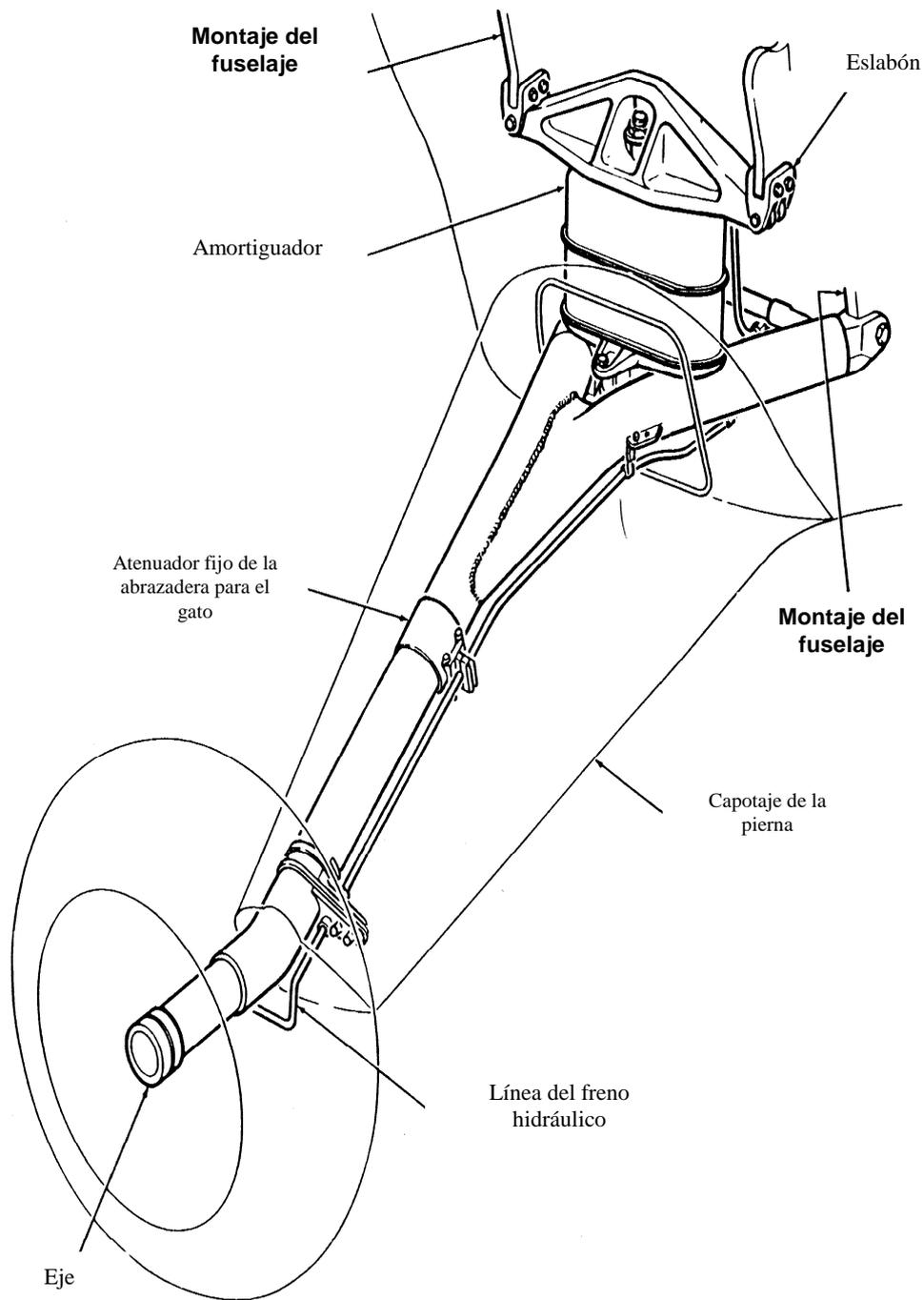


Figura 1.2. Tren De Aterrizaje Principal Del TWIN OTTER.

2.2.3. TERCERA OPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

En el tren de aterrizaje presentado como tercera opción de construcción nos habla acerca de su instalación y configuración del tren principal como también de su tren delantero.

AVRO 170

1) Tren de Aterrizaje Principal.

a) Generalidades:

- Un cónico, una riostra de resorte metálico soporta toda la rueda principal y una rueda de nariz esta montada en un motante amortiguador oleoneumático. El tren principal esta fijado en la estructura del mamparo del tren de aterrizaje. El tren de nariz, el cual es dirigible por los pedales del timón, está fijado a la forjadura montado en la estructura del fuselaje en el mamparo.

b) Instalación:

- La placa de la llanta está instalada en el eje.

- Se instala en el eje de tuerca y se cierra en el cojinete del porta fusil arrastrándolo, se obstruye cuando la llanta esta girando. Detrás de la tuerca cercana a la fortificación y a las chavetas instaladas.

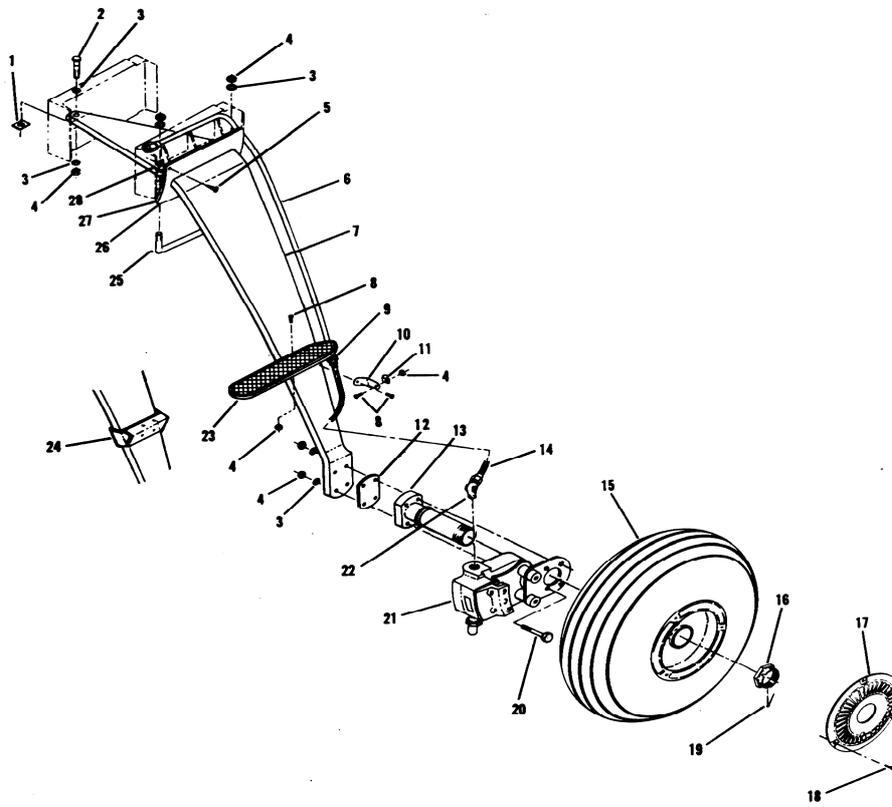
2) Tren de Aterrizaje de Nariz.

a) Generalidades e Instalación:

- Una rueda de nariz dirigitible fijada a un montante amortiguador oleoneumático comprende el tren de nariz. El montante amortiguador esta fijado a la forjadura remachada al mamparo y al fuselaje inferior, la dirección de la rueda de nariz es producida por dos tubos con resortes amortiguadores que producen movimientos recíprocos enlazados al tren de nariz y a los pedales del timón. Un amortiguador de vibraciones lleno de fluido hidráulico provee una mínima vibración a la rueda.

b) Sistema de Frenado:

- El sistema de frenado hidráulico consiste de dos cilindros maestros, líneas de freno conectadas cada una a un cilindro y este a su vez conectado al cilindro de frenado de la rueda



- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Lámina o chaveta delgada | 15. Rueda |
| 2. Perno | 16. Tuerca del eje |
| 3. Arandela | 17. Tapacubos |
| 4. Tuerca | 18. Tornillo |
| 5. Tornillo | 19. Chaveta |
| 6. Línea de freno | 20. Perno |
| 7. Riostra del resorte | 21. Conjunto de freno |
| 8. Tornillo | 22. Cola |
| 9. Conexión o unión | 23. Limitador |
| 10. Banda metálica | 24. Brazo limitador |
| 11. Abrazadera | 25. Perno en U |
| 12. Lamina de alineación de las
ruedas | 26. Placa |
| 13. Eje | 27. Empaque |
| 14. Manguera del freno | 28. Tuerca. |

Figura 2.3. Tren De Aterrizaje Principal Del AVRO 170.

2.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En el análisis de factibilidad se tomará en cuenta las propiedades positivas y negativas, se analiza las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para poder determinar la mejor y analizar requerimientos técnicos de las mismas, con el fin de enseñar la maqueta escogida.

2.3.1. PRIMERA OPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

ARAVA: Dependiendo de las propiedades que tenga el mecanismo del tren de aterrizaje de este avión determinaremos la construcción de la maqueta.

1. Propiedades Positivas

- Debido a que su utilización es exclusivamente para avionetas pequeñas, a éstas ofrece una mayor amortiguación al aterrizaje.
- La construcción de su estructura no es muy compleja y de fácil entendimiento.
- El mantenimiento y reparación del tren de aterrizaje del Arava no es complicado y es de mucha resistencia.

2. Propiedades Negativas

- Debido a su configuración, éste tren de aterrizaje es óptimo para un número limitado de carga y de presión; por lo tanto su sobrecarga puede dañarlo, e incluso destruirlo.
- Al momento de aterrizar el amortiguador causa la vibración del avión por la configuración de su estructura.

- El tren de aterrizaje antes mencionado no es apto para todo terreno.
- El peligro de daños es mayor ya que contiene un brazo de torsión, el cual si es expuesto a fuertes reacciones o golpes puede recibir graves daños como rupturas.

2.3.2. SEGUNDA OPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

1. Propiedades Positivas

- La principal ventaja de éste tren de aterrizaje, es que puede aterrizar en terrenos muy rústicos, que son de acceso imposible para aeronaves con trenes de aterrizaje diferentes a éste.
- El amortiguador que contiene éste tren resiste presiones muy altas, por lo tanto es utilizado en aviones grandes sean de carga y pasajeros.
- Su estructura es de alta resistencia.
- El tren están bien asegurado a la estructura del avión.

2. Propiedades Negativas

- La construcción es muy compleja.
- Para su correcto mantenimiento se tiene que desensamblar la estructura del avión.
- Su instrumentación es costosa.

2.3.3. TERCERA OPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

1. Propiedades Positivas

- Este tipo de tren de aterrizaje es pequeño y poco pesado.
- El costo de construcción de este tren es económico.
- Los repuestos y accesorios son de fácil adquisición.
- Debido a su sencillez de construcción es de fácil entendimiento y operación.

2. Propiedades Negativas

- Por la sencillez de su estructura y su forma y tamaño son utilizados exclusivamente en avionetas muy pequeñas.
- Contiene un amortiguador muy simple y de poca resistencia, además de que resiste presiones y peso muy mínimos.
- Preferentemente el tipo de pistas para éste tren deben ser adecuadas a su funcionamiento y resistencia.

2.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

De acuerdo al análisis de las opciones de construcción, seleccionaremos algunos parámetros de selección para determinar la mejor alternativa y seleccionar cual de todas las tres opciones va a ser la que será utilizada para la construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

En consideración de las propiedades positivas y negativas que presentan las opciones de construcción, se evaluará cada parámetro y la opción que obtenga el valor más alto en la calificación de parámetros será el seleccionado para ser construido. Todas las opciones de construcción tendrán un valor de calificación que está de 5 a 10 que es la calificación propuesta en este proyecto para poder seleccionar la construcción de la maqueta del tren de aterrizaje fijo.

Los parámetros de evaluación seleccionados son los siguientes, los mismos que están divididos en tres factores:

1. Mecánico
2. Financiero
3. Variable

1. Factor Mecánico:

- Operación
- Mantenimiento
- Materiales
- Proceso de Construcción

2. Factor Financiero:

- Costo de Construcción

3. Factor Variable:

- Tamaño

- Forma

Seguidamente se procederá a identificar cada uno de los factores seleccionados en los parámetros de selección para la construcción de la maqueta.

2.4.1. FACTOR MECÁNICO.-

- **Operación:** Se refiere al funcionamiento del tren para la fabricación de la maqueta obteniendo como resultados el completo entendimiento de la operación del tren de aterrizaje, consiguiendo con esto buenas referencias para el mecanismo a construir.
- **Mantenimiento:** Es importante para que el tren en la maqueta se encuentre en óptimo funcionamiento, además dependiendo de las necesidades del mecanismo encontrar las soluciones respectivas para realizar las correcciones de mantenimiento.
- **Materiales:** Trata del material recomendable y su facilidad de adquisición para que la construcción sea óptima y de buenas referencias en el ámbito de la educación moderna.
- **Proceso de Construcción:** Todas las alternativas, requieren piezas, instrumentación, elementos que tengan buenas características mecánicas

para obtener una construcción verdaderamente con buenos resultados de funcionamiento.

2.4.2. FACTOR FINANCIERO.-

- **Costo de Construcción:** se refiere a la cantidad de dinero presupuestado para la construcción de la maqueta evaluando cada uno de los parámetros para sacar cual es la más factible en construcción y de menos inversión sacando con esto las cantidades verdaderas del costo.

2.4.3. FACTOR VARIABLE.-

- **Tamaño:** Se refiere al espacio que ocupa la maqueta tomando en cuenta la cantidad de dinero invertido de acuerdo con el tamaño de los trenes de aterrizajes propuestos.
- **Forma:** Se trata de la apariencia de cada uno de los trenes para obtener el mejor prospecto para la construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

En la presentación de los parámetros de evaluación para poder seleccionar la mejor alternativa de construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo se considera un valor para cada uno de los factores propuestos, valor que se a seleccionado debido a la necesidad de buscar el mejor prospecto

de uno de los trenes para la construcción de esta maqueta. Los valores para los parámetros de evaluación son: Alto, Medio y Bajo, seleccionando de esta manera nuestra alternativa de construcción, esta selección se representa en la siguiente tabla.

Cada valor representa una cantidad en números así:

Alto = 10

Medio = 5

Bajo = 1

Tabla 2.1: Cuadro de Evaluación.

PARÁMETROS DE EVALUACION	OPCIONES DE CONSTRUCCIÓN		
	1	2	3
Operación	ALTO	ALTO	BAJO
Mantenimiento	ALTO	MEDIO	MEDIO
Materiales	BAJO	ALTO	MEDIO
Proceso de construcción	MEDIO	BAJO	ALTO
Costo de construcción	MEDIO	MEDIO	BAJO
Tamaño	MEDIO	ALTO	ALTO
Forma	ALTO	ALTO	ALTO

Tabla 2.2: Cuadro de Decisión.

PARÁMETROS DE EVALUACION	OPCIONES DE CONSTRUCCIÓN		
	1	2	3
Operación	10	10	1
Mantenimiento	10	5	5
Materiales	1	10	5
Proceso de construcción	5	1	10
Costo de construcción	5	5	1
Tamaño	5	10	10
Forma	10	10	10
TOTAL	46	51	42

2.5. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Después de haber realizado el análisis de los parámetros de evaluación para encontrar la mejor alternativa se llegó a la conclusión de seleccionar una de las opciones de construcción propuestas.

Una vez realizado el estudio técnico, el análisis de cada opción de construcción y la evaluación de los parámetros se escoge la segunda alternativa que es la más indicada ya que su configuración presenta mejores opciones para la construcción de la maqueta y representa un mejor modelo en el entendimiento de la estructura del tren y del mecanismo de los trenes de aterrizaje fijos.

CAPITULO III

DETERMINACIÓN DE REQUISITOS TÉCNICOS

3.1. GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS

3.1.1.-CONCEPTOS BASICOS

Fuerza.-

Es cualquier acción o influencia que modifica el estado de reposo o de movimiento de un objeto. La fuerza es un vector, lo que significa que tiene módulo, dirección y sentido. Cuando sobre un objeto actúan varias fuerzas, éstas se suman vectorialmente para dar lugar a una fuerza total o resultante. Esta fuerza total que actúa sobre un objeto, la masa del objeto y su aceleración están relacionadas entre sí a través de la segunda ley de Newton, llamada así en honor al físico y matemático del siglo XVII Isaac Newton. Esta ley afirma que la aceleración que experimenta un objeto multiplicada por su masa es igual a la fuerza total que actúa sobre el objeto. Por tanto, si una fuerza igual actúa sobre dos objetos de diferente masa, el objeto con mayor masa resultará menos acelerado.

Mecanismo.-

Estructura, complejo ordenado de las partes de una máquina o de una cosa adaptada a producir un efecto.

Aceleración.-

Se conoce también como aceleración lineal, y es la variación de la velocidad de un objeto por unidad de tiempo. La velocidad se define como vector, es decir, tiene módulo (magnitud), dirección y sentido. De ello se deduce que un objeto se acelera si cambia su celeridad (la magnitud de la velocidad), su dirección de movimiento, o ambas cosas. Si se suelta un objeto y se deja caer libremente, resulta acelerado hacia abajo. Si se ata un objeto a una cuerda y se le hace girar en círculo por encima de la cabeza con celeridad constante, el objeto también experimenta una aceleración uniforme; en este caso, la aceleración tiene la misma dirección que la cuerda y está dirigida hacia la mano de la persona.

Cuando la celeridad de un objeto disminuye, se dice que decelera. La deceleración es una aceleración negativa.

Velocidad.-

Variación de la posición de un cuerpo por unidad de tiempo. La velocidad es un vector, es decir, tiene módulo (magnitud), dirección y sentido. La magnitud de la velocidad, conocida también como rapidez o celeridad, se suele expresar como distancia recorrida por unidad de tiempo (normalmente, una hora o un segundo); se expresa, por ejemplo, en kilómetros por hora o metros por segundo. Cuando la velocidad es uniforme —constante— se puede determinar sencillamente dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo empleado. Cuando un objeto está acelerado, su vector velocidad cambia a lo largo del tiempo. La aceleración puede consistir en un cambio de dirección del vector velocidad, un cambio de su magnitud o ambas cosas.

Posición y Movimiento.-

son importantes si el mecanismo ha de cumplir un propósito previsto o si el mecanismo deberá moverse en un espacio limitado.

3.2. ANALISIS DE MECANISMOS

3.2.1. MECANISMO DEL TREN DE ATERRIZAJE FIJO

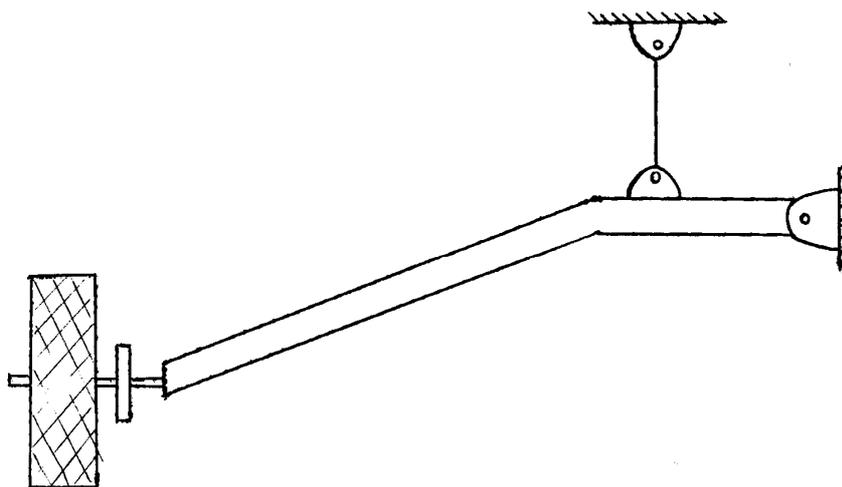


Figura 3.1. Esquema del Tren de Aterrizaje

El tren de aterrizaje Figura (3.1) constituye el sistema de suspensión del avión, siendo este del tipo de suspensión independiente. Figura (3.2)

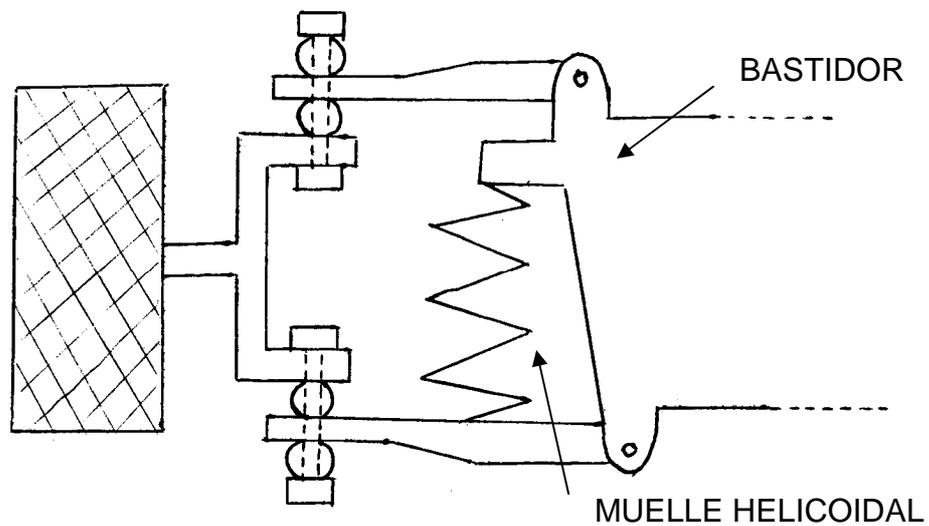
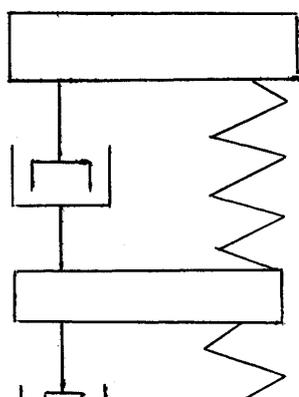


Figura 3.2. Sistema de Suspensión Independiente

La figura 3.3 esquematiza la composición de la suspensión. Las masas suspendidas son todas las que están soportadas por los elemento elásticos de la suspensión. Es decir cuya posición vertical esta fijada que hay sobre los elementos elásticos y por tanto su peso esta soportado por los elementos elásticos



1. Masas no suspendidas
2. Masas suspendidas

3. Neumáticos
4. Muelle de suspensión
5. Amortiguación interna del neumático
6. Amortiguador de suspensión

Figura 3.3. Esquematación de una suspensión pasiva por una rueda

Las masas no suspendidas son aquellas que están soportadas directamente por la rueda o neumático y se considera que se mueven con él.

Entre las masas suspendidas y no suspendidas se interponen los muelles o resortes y los amortiguadores, que son los órganos elásticos de lo que se conoce como sistema de suspensión.

La finalidad de la suspensión es la de permitir el control de la trayectoria del vehículo gracias a la calidad del contacto rueda – suelo, asegurando la estabilidad de vehículo.

Además también cumple con funciones complementarias:

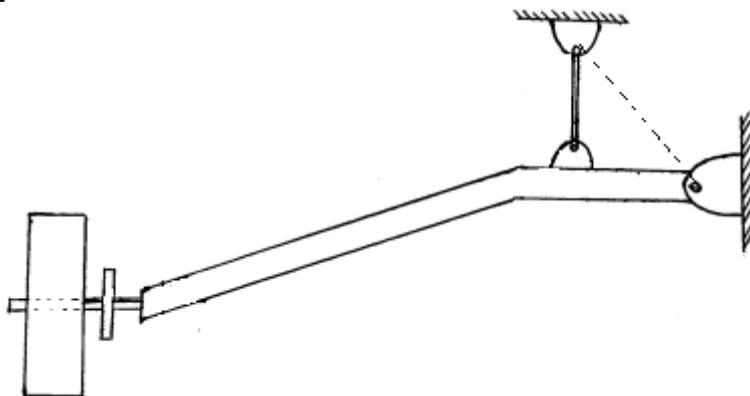
- Transmite las fuerzas de aceleración y de frenada entre los ejes y el bastidor
- Resiste el par motor y de frenada
- Resiste los efectos de las curvas

- Conserva el ángulo de dirección en todo el recorrido
- Conserva el paralelismo entre los ejes y la perpendicularidad del bastidor
- Proporciona una estabilidad adecuada al eje de balanceo
- Aguanta la carga del vehículo

En referencia al tren de aterrizaje en estudio, éste no contiene elementos elásticos tales como muelles helicoidales; en su lugar posee un eslabón pivotado con amortiguadores concéntricos (Bloques de Diuretano) cuya función es la de absorber la carga al momento de aterrizar y recuperar la posición del tren.

El mecanismo que conforma el tren, es un eslabonamiento de cuatro barras de cadena cinemática abierta. Cada par cinemático es de un grado de libertad

(figura. 3.4)



1. Eje de carga
2. Bastidor
3. Brazo
4. Neumático

Figura 3.4. Par cinemático de un grado de libertad

El neumático al hacer contacto con la pista, y considerando a esta como un quinto eslabón, forma un par cinemático con dos grados de libertad (figura 3.4)

Considerando los eslabones 1-2-3 figura 3.5, se lo puede considerar como un elemento rígido ya que su movilidad es $m = 0$

Como elemento rígido ya que su movilidad $e = 0$

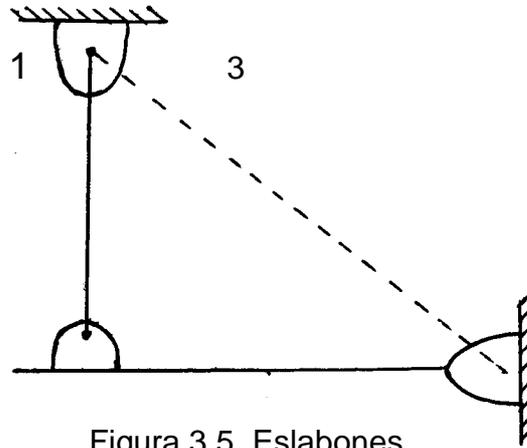


Figura 3.5. Eslabones

$$m = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \quad (3.1)$$

$$n = 3$$

$$j_1 = 3$$

$$j_2 = 0$$

$$m = (3)(3-1) - 2(3) - 0$$

$$m = 0$$

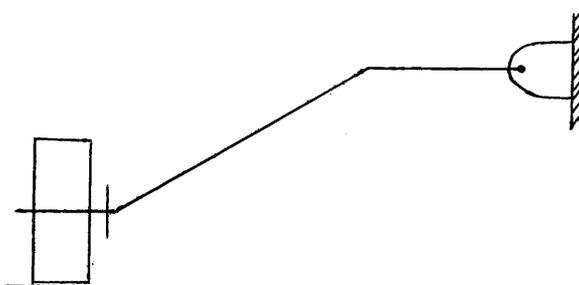
Donde

$n = \#$ de eslabones

$j_1 = \#$ de pares con 1 G.L.

$j_2 = \#$ de pares con 2 G.L.

Tomando a este elemento rígido como marco de referencia, el neumático (eslabón 4) y la pista (eslabón 5). Tenemos:



$$n = 3$$

$$j_1 = 2$$

$$j_2 = 1$$

figura 3.

$$m = 3(3-1) - 2(2) - 1$$

$$m = 6 - 4 - 1 = 1$$

Figura 3.5.1. Grados de libertad

La movilidad es igual a $m = 1$, por tanto se tiene un parámetro independiente de entrada que controlar, mismo que es al momento del aterrizaje.

El mecanismo opera de la siguiente manera:

Al tomar contacto el neumático gira sobre el eje y se desplaza a lo largo de la pista; la carga que soporta el neumático obliga a rotar al brazo en sentido anti horario desplazando un ángulo θ mismo que es transmitido al pivot del brazo en el bastidor. Al rotar θ^0 el brazo, la barra de carga de igual manera gira un ángulo β .

Figura 3.6.

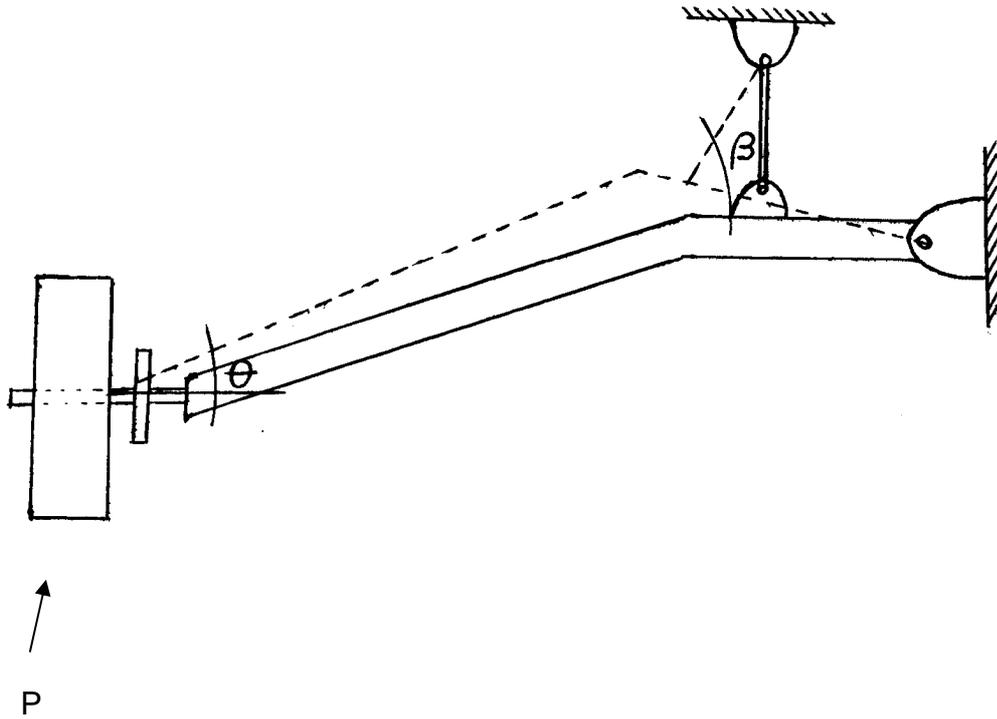


Figura 3.6. Movimiento del tren al aterrizar

Estos desplazamientos generados por la carga son recuperados y la carga absorbida por los bloques de Diuretano, mismos que son concéntricos a la barra de carga.

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA

4.1. DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS

Este capítulo tiene como objetivo, resumir las principales consideraciones de procesos de manufactura y ensamble para llevar a cabo la construcción de los diferentes sistemas y piezas de la maqueta.

La construcción del mecanismo del tren de aterrizaje fijo se la realizó por etapas con el fin de optimizar los recursos y el tiempo de una mejor manera. A continuación se detalla el plan que se siguió para la construcción:

Secuencia de construcción:

1. Estructura.

- Puntal en Y
- Platos de separación
- Apoyos laterales
- Placa de sujeción
- Caja

2. Sistema de movimiento

- Tornillo
- Boques de amortiguación
- Accesorios de sujeción

3. Pegado y ensamblado de la maqueta

Para la obtención de los distintos elementos de la maqueta, se utilizaron varias máquinas herramientas existentes en el taller de mi casa y los del taller alquilado.

Tabla 4.1: Características técnicas de las máquinas y herramientas utilizadas en el proyecto

MAQUINAS Y HERRAMIENTAS
Sierra Eléctrica
Taladro
Cepillo Pulidor
Horno eléctrico
Lija de agua

En la construcción de las partes de la maqueta del mecanismo se demuestra el número de horas de operación de las maquina y herramientas las

cuales por medio de la utilización de una representación alfabética se a identificado el trabajo realizado, así:

Representación :

- A : Cortado
- B : Formado
- C : Taladrado
- D : Lijado
- E : Pulido
- F : Comprobación
- G : Ensamblado
- H: Pegado

La representación de las horas de trabajo de las máquinas y herramientas en la fabricación de las diferentes piezas de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo se representa en la siguiente tabla:

Tabla 4.2: Tiempo de operación de las máquinas y herramientas

ELEMENTO	TRABAJO EN HORAS								
	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Estructura	1	1	1	4	4	1	4	3	19
Sist. De Amortiguac.	1	1	1	1	0	1	1	3	9
Total por Trabajo	2	2	2	5	4	2	5	6	28

Existen algunas operaciones realizadas, donde no se pueden determinar un número de horas de operación tales como montaje de la materia prima en las máquinas, puntos de pegado, mediciones, etc.

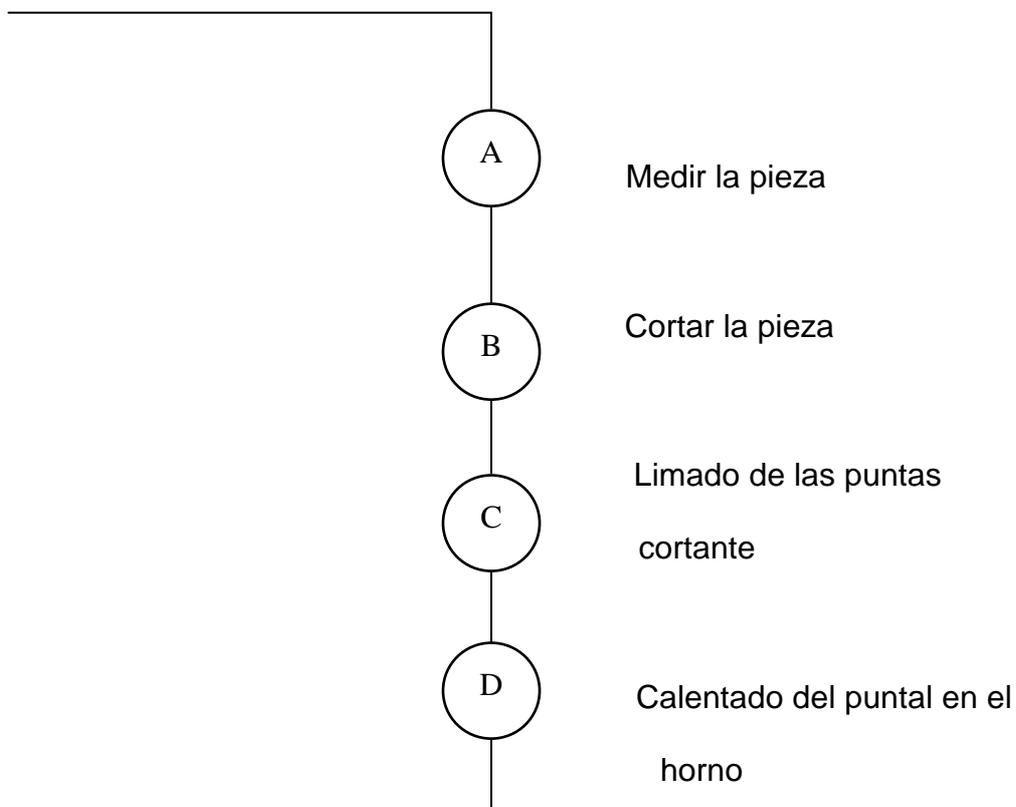
4.1.1. DIAGRAMAS DE PROCESOS

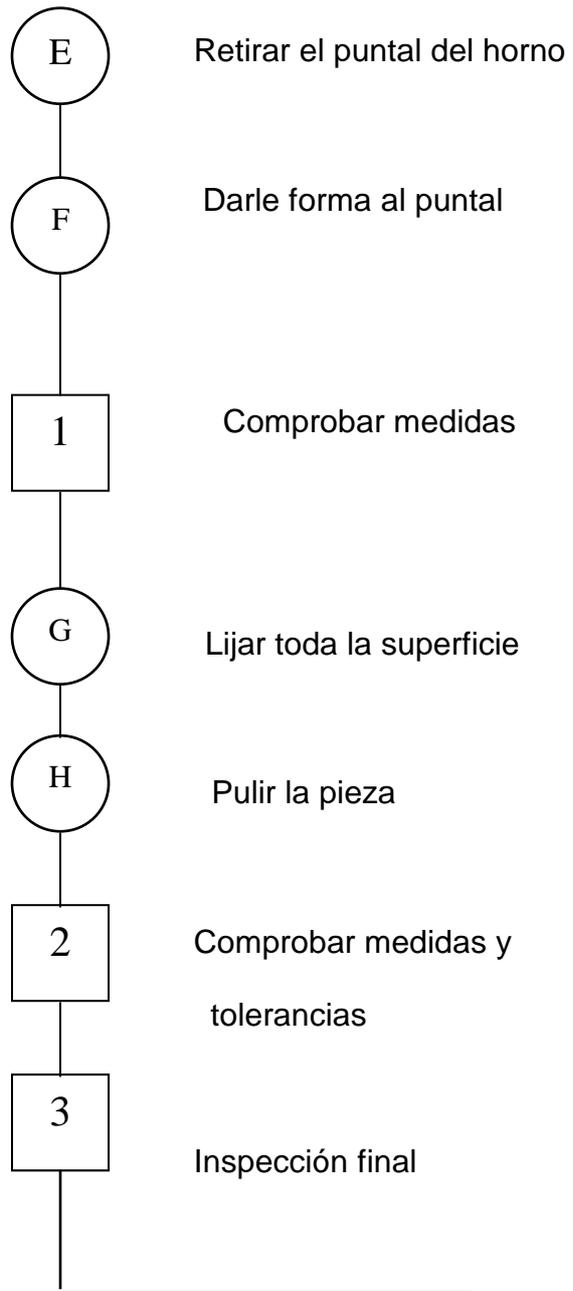
En esta parte del capítulo se presentan los diagramas de construcción de las diferentes partes del mecanismos de la maqueta, estos son los siguientes:

4.1.1.1.- Diagrama de proceso de fabricación del Puntal en Y del tren de aterrizaje fijo

MATERIAL : Acrílico 6 mm

Puntal 20 cm

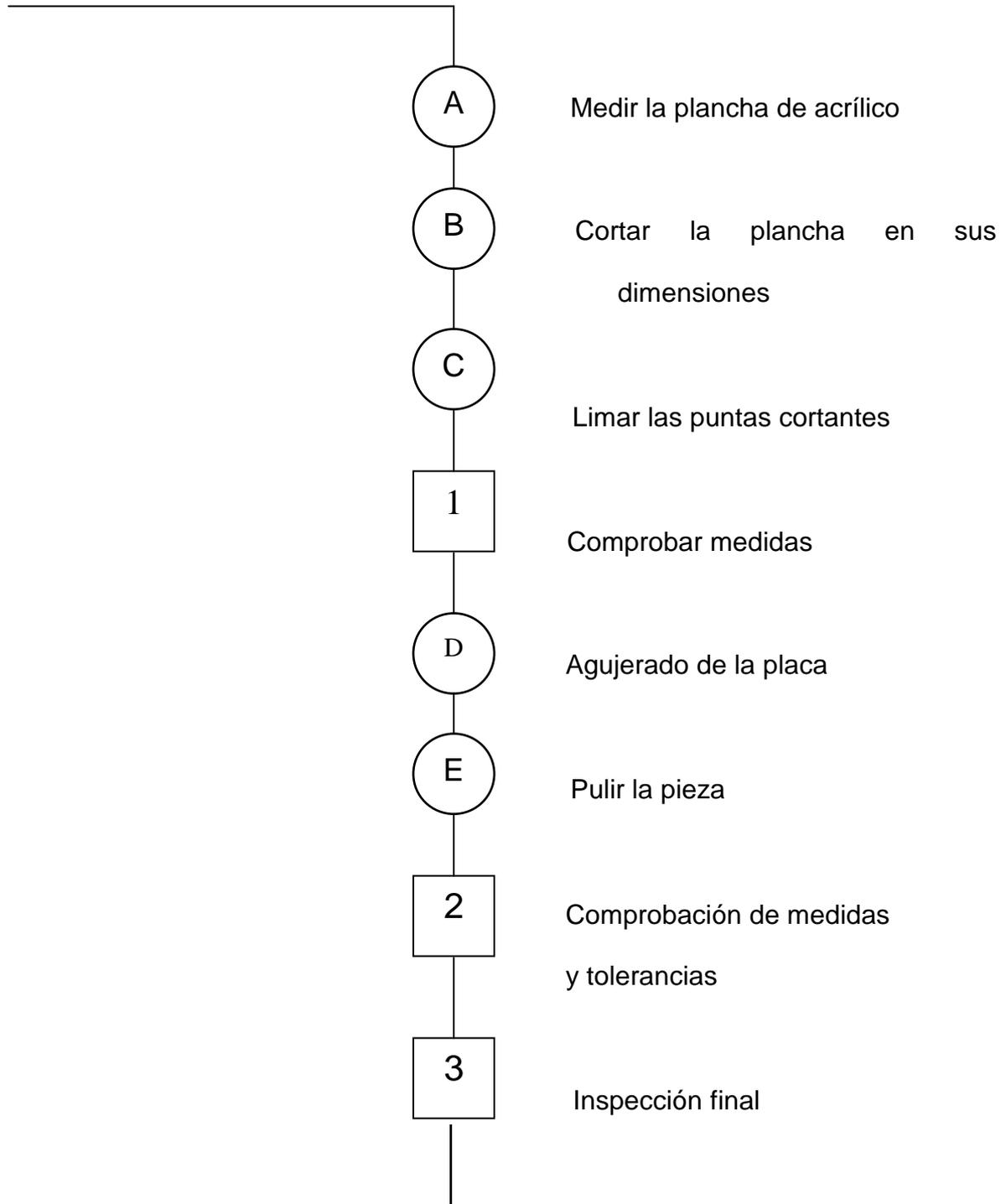




4.1.1.2.- Diagrama de proceso de fabricación de la Placa de Sujeción Superior

MATERIAL : Acrílico 4*2

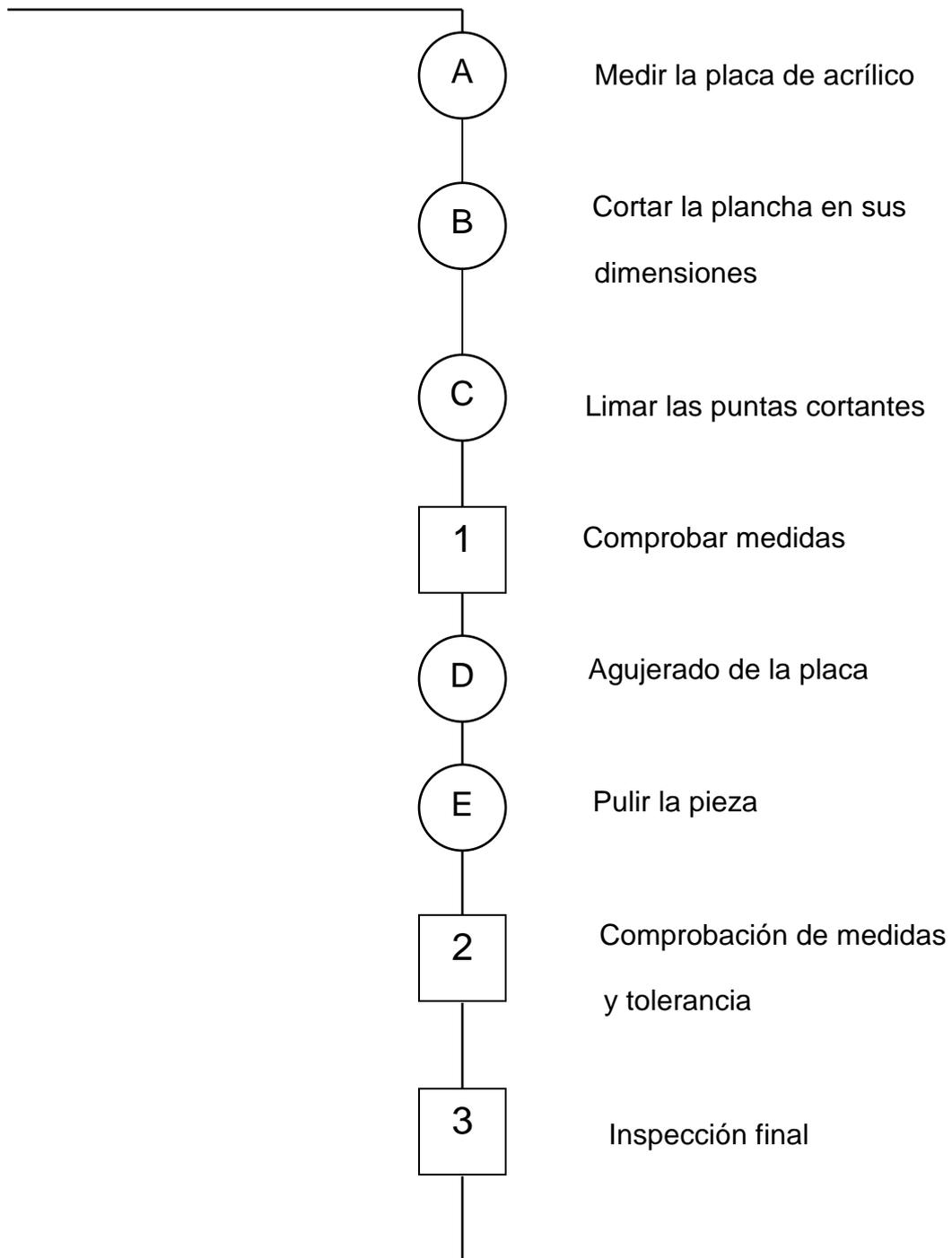
Placa de Sujeción de 5 cm



4.1.1.3.- Diagrama de proceso de fabricación de las Placas de Separación de los Bloques de Amortiguación

MATERIAL : Acrílico 4*2

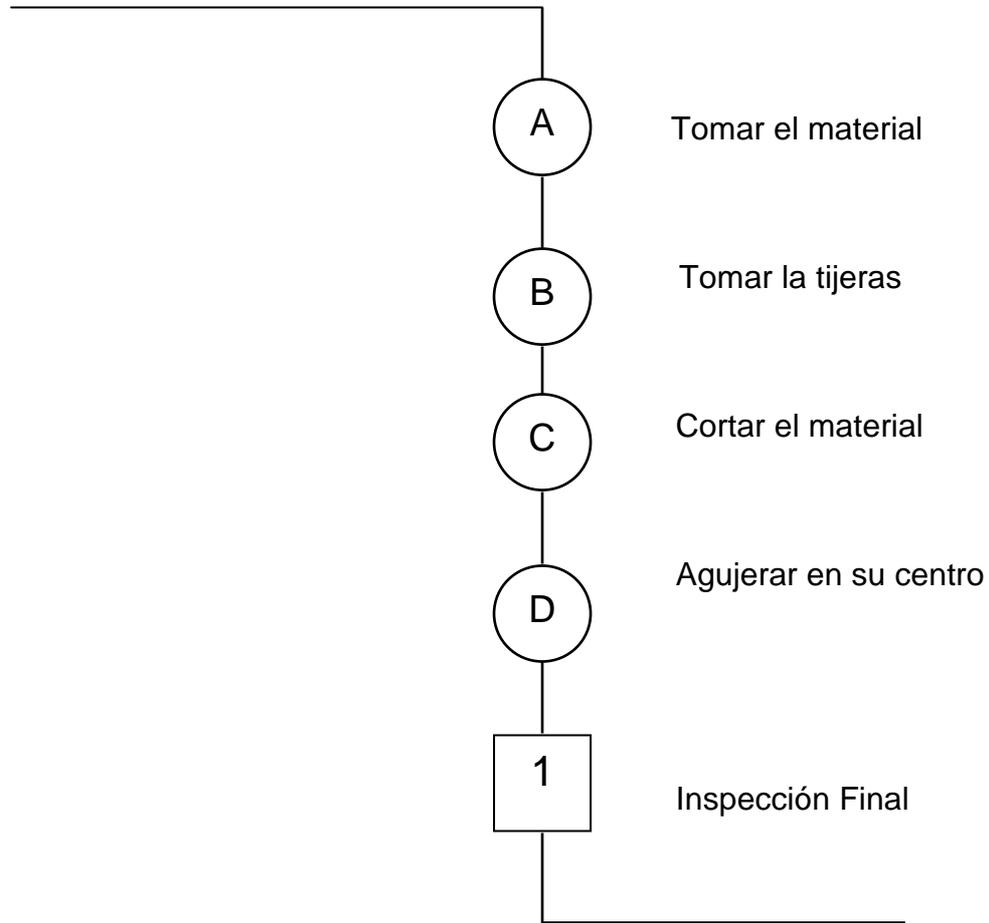
Placas de Separación; Total 3



4.1.1.4.- Diagrama de proceso de fabricación de los Bloques de Amortiguación del ten de aterrizaje fijo

MATERIAL : ESPUMA FLEX

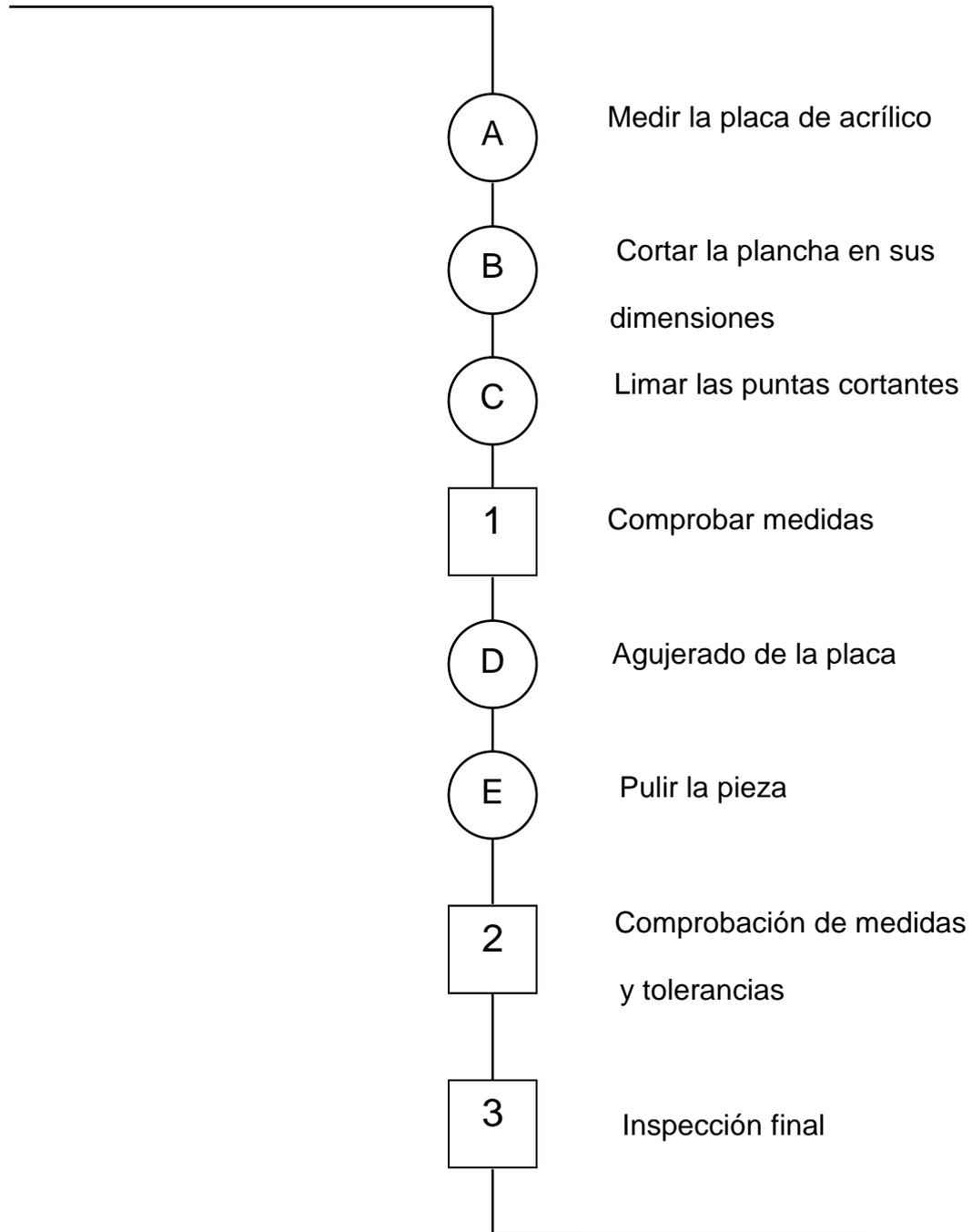
Bloques de Amortiguación



4.1.1.5.- Diagrama de proceso de fabricación de los Apoyos Laterales del mecanismo del tren de aterrizaje fijo

MATERIAL : Acrílico 4*2

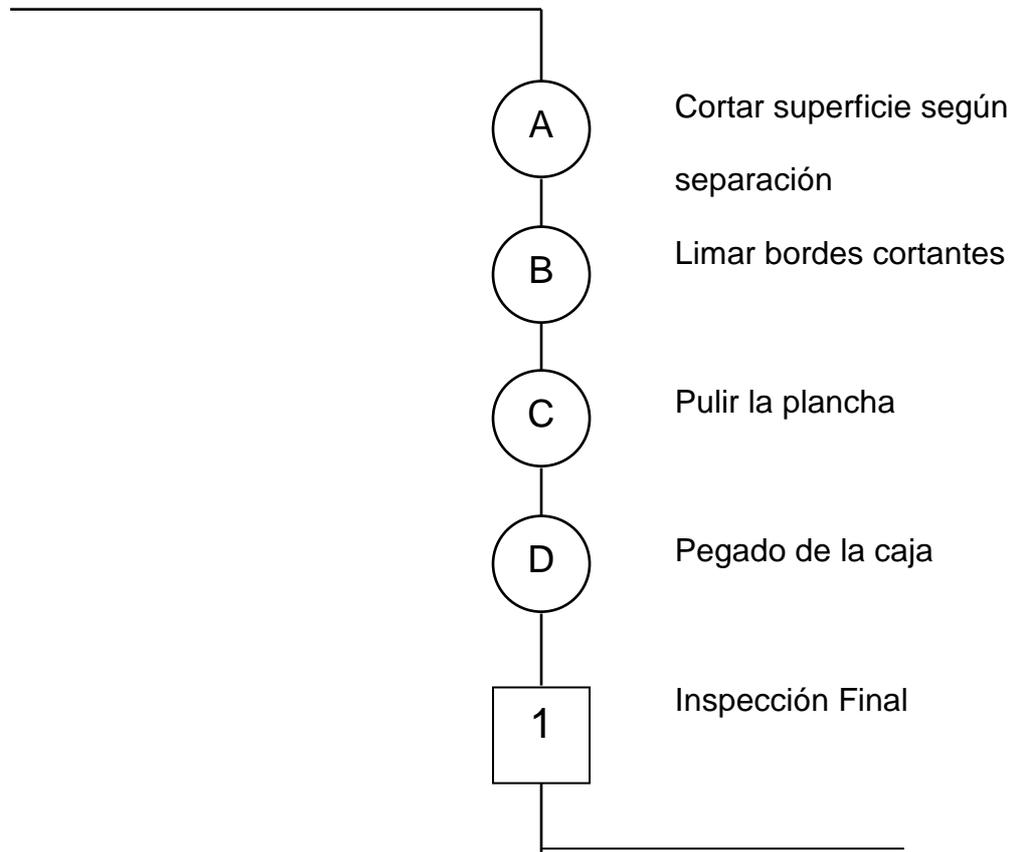
Apoyos Laterales; Total 2



4.1.1.6.- Diagrama de proceso de fabricación de la Caja que encierra al mecanismo del tren de aterrizaje fijo

MATERIAL : Acrílico 4mm

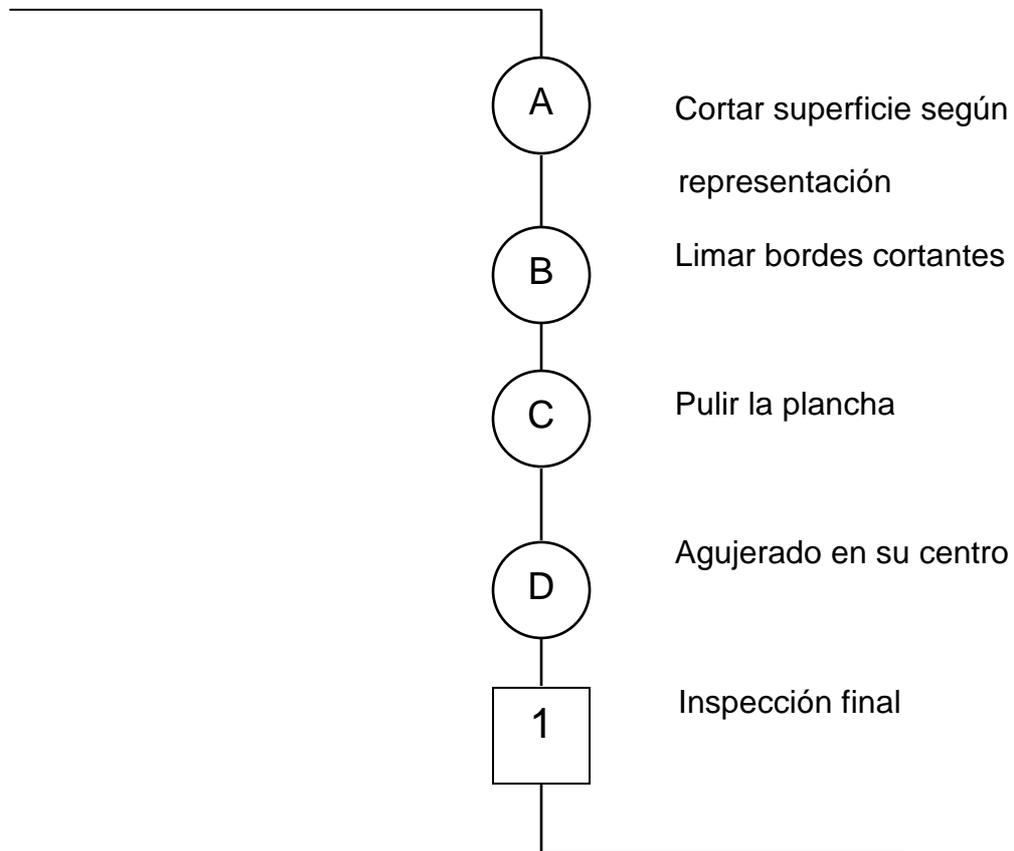
Caja de 27*26 cm y 6 de altura



4.1.1.7.- Diagrama de proceso de fabricación de la Llanta del tren de aterrizaje fijo

MATERIAL : Acrílico 4mm

Llanta de 3 cm de grosor



4.2. DIAGRAMAS DE ENSAMBLE.

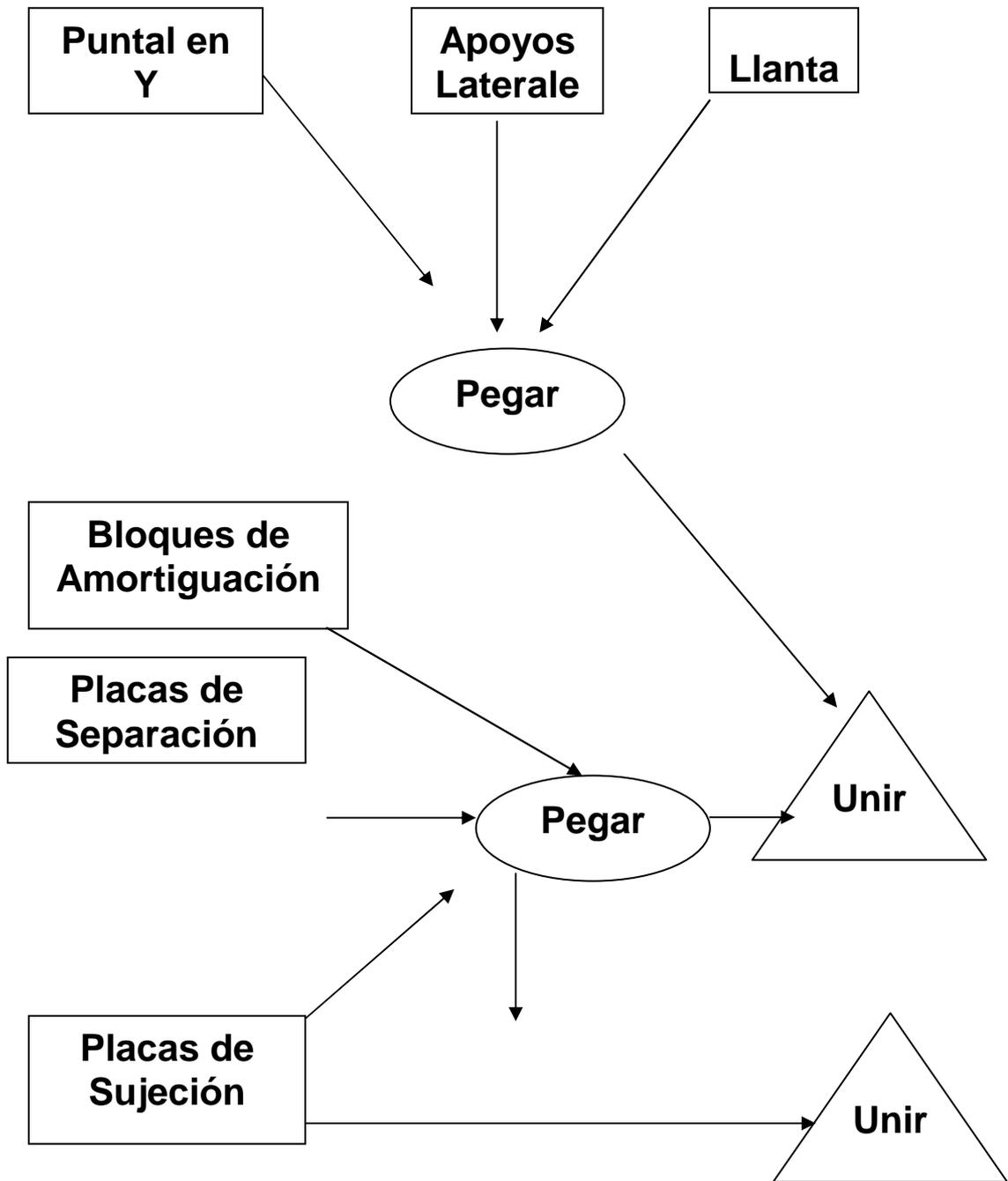
En este subcapítulo se representará el diagrama de ensamble de las diferentes piezas del mecanismo del tren de aterrizaje fijo, como el diagrama de montaje del mismo. En la realización de este trabajo se debe tomar muchas precauciones para no causar ningún desperfecto en su configuración y obtener buenos resultados en el funcionamiento de todo el mecanismo.

En la construcción de la maqueta se tendrá que tomar en cuenta la buena configuración de cada una de las partes de la maqueta para tener buenos resultados en el ensamble del mecanismo.

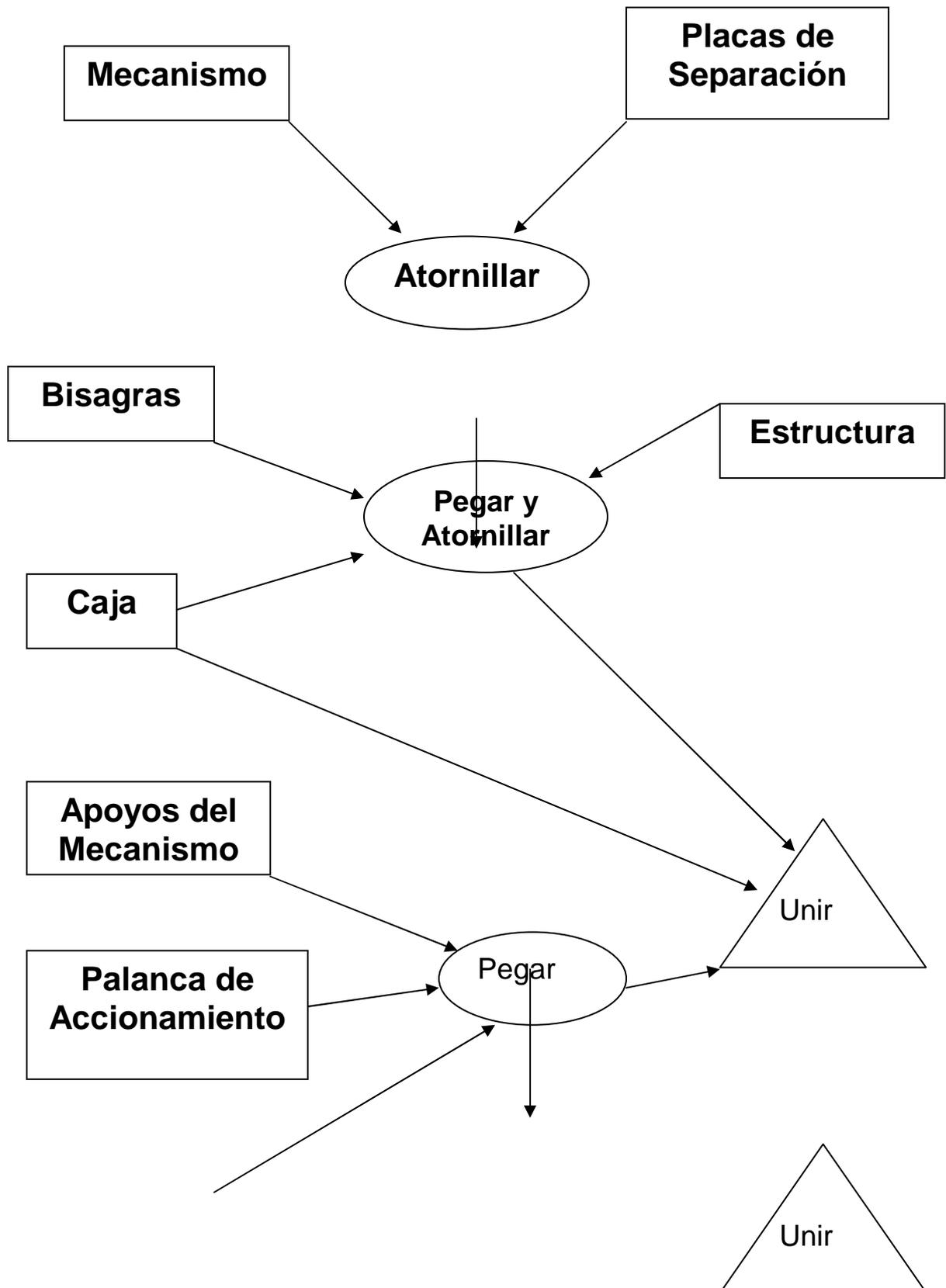
Se debe tener precaución en la parte de amortiguación del mecanismo del tren de aterrizaje fijo debido a la utilización de una esponja muy frágil la cual puede sufrir desperfectos en la unión con el otro material al momento de estar accionando el mecanismo.

A continuación se representa los diagramas de ensamble de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo:

4.2.1.1.- Diagrama de ensamble de la estructura del mecanismo del tren de aterrizaje fijo



4.2.1.2.- Diagrama de montaje del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.



Tapa

4.2.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS

PIEZAS

Finalizado una vez los procesos de construcción y ensamble del mecanismo del tren de aterrizaje fijo se procede a hacer una verificación de la configuración de todos los elementos de la maqueta para obtener un correcto funcionamiento del mecanismo en conjunto analizando el estado de los elementos.

Para la verificación la situación del buen funcionamiento de las partes del mecanismo, realizaremos una tabla con el listado de todas las piezas, verificando con esto la buena configuración de cada una de las partes.

Tabla 4.3: Situación de los componentes de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

COMPONENTES	CONFIGURACIÓN BUENA
Pierna	SI
Soportes	SI
Placa de Sujeción	SI
Apoyos Laterales	SI
Llanta	SI
Caja	SI
Tornillos y pasadores	SI
Bloques de Amortiguación	SI
Placas de Separación	SI
Palanca de Accionamiento	SI
Brazo	SI

Realizado una vez la verificación de la situación de configuración del mecanismo, se puede acotar que el funcionamiento de toda la maqueta en una forma global esta perfectamente cumpliendo con los objetivos propuestos en su construcción.

A continuación se presenta a la maqueta en construcción, construida y en condiciones de funcionamiento.

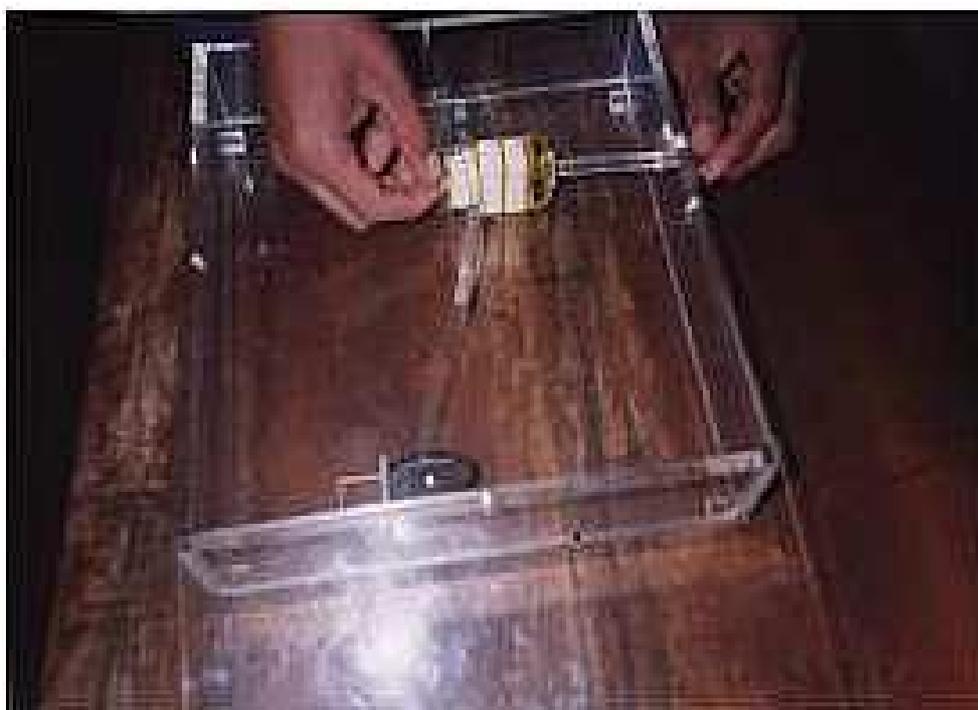


Figura 4.1: Maqueta en construcción



Figura 4.1.1: Maqueta en construcción



Figura 4.2: Maqueta construida



Figura 4.3: Maqueta en funcionamiento

CAPITULO V

ESTUDIO ECONOMICO

5.1. IDENTIFICACIÓN

En el estudio económico se va encontrar el costo de la construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo, haciendo mención de todas los costos involucrados en esta construcción.

La elaboración de esta maqueta es con el afán de proporcionar al Instituto un apoyo didáctico y contar con un sostén en el desarrollo intelectual y técnico de la realización de nuestra actividad de aprendizaje, y poder contar con un requisito para obtener el título de Tecnólogo más no es realizado como parte de un proyecto que persigue un fin económico fuera de la Institución.

5.2. PRESUPUESTO

Al comienzo del estudio de este proyecto se llegó a la conclusión de que la construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo costaba alrededor de 430 USD., pero ya realizando dicha construcción se sacó otros valores que se anuncian en el transcurso del capítulo.

5.3. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA CONSTRUCCION

En este subcapítulo se representan cuatro subtotales principales de los cuales se sacará el total final, dentro de estos subtotales se encuentran cuatro factores que son los que determinarán la construcción de la maqueta y estos son los siguientes:

1. Subtotal 1

- Materiales

2. Subtotal 2

- Máquinas y Herramientas

3. Subtotal 3

- Mano de Obra

4. Subtotal 4

- Varios

5.3.1. SUBTOTAL 1.- En este subtotal se describe todos los factores de los materiales utilizados para construir la parte estructural y mecánica de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

Tabla 5.1: Registro del costo de materiales de la maqueta

DESCRIPCIÓN	VALOR EN USD.
Puntal en Y de Acrílico de 6mm y 20cm	100.00
3 Placas de Separación 4*2 mm	80.00
Placa de sujeción Acrílico de 3 mm	50.00
3 Bloques de Amortiguación	10.20
Caja de Acrílico de 4mm y 27*26 cm	120.00
Tornillos	0.50
Apoyos Laterales de Acrílico de 4*2 mm	30.00
Accesorios de sujeción	0.30
Pega	5.00
Lijado	1.50
otros	3.00
TOTAL	400.50

5.3.2. SUBTOTAL 2.- En el segundo subtotal para la construcción de la maqueta, se utilizó principalmente las máquinas herramientas que existentes en el taller de mi propiedad, aunque también se requirió la utilización de otro taller alquilado para poder realizar todos los trabajos en conjunto de cortado, doblado, lijado, pulido, pegado, entre otros para la realización de la maqueta.

Es necesario también hacer mención que todos los materiales utilizados para la construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo se los adquirió por medio del Sr. Jaime Avilés dueño del negocio de Gamacril que se dedica a la venta de ACRÍLICO, que fue el tipo de material que se utilizó en la construcción.

De acuerdo a lo estipulado se presenta un cuadro del listado de las máquinas y herramientas alquiladas que se utilizaron para la fabricación de esta maqueta y que son las que rigen en la fabricación de topo acrílico, como también para este trabajo se requirió la ayuda de una persona con experiencia en este trabajo. Es necesario anotar el número de horas de trabajo de cada una de las máquinas y herramientas.

Tabla 5.2: Descripción del costo de utilización de las máquinas-herramientas

MAQUINA HERRAMIENTA	VALOR EN USD/HORA
Horno	5.00
Sierra	1.50
Cepillo pulidor	2.00
Taladro	0.00
TOTAL	8.50

5.3.3. SUBTOTAL 3.- Los costos que se realizaron en el subtotal 3 que se refiera a la mano de obra utilizada y están comprendidos principalmente por el montaje, manufactura, lijado, pegado, etc; también se hace mención en la tabla 5.4 de las piezas elaboradas por terceras personas con más experiencia.

Tabla 5.3: Costos de mano de obra

DESCRIPCIÓN	VALOR EN USD.
Montaje	20.00
Lijado	5.00
Manufactura	3.00
MANO DE OBRA	28.00

En la tabla siguiente se describe la fabricación y el costo de las piezas que fueron elaboradas por una persona de mayor experiencia que la mia.

Tabla 5.4: Descripción del costo de fabricación de las piezas de la maqueta

DESCRIPCIÓN	VALOR EN USD.
Estructura	25.00
Sistema de Amortiguación	10.00
Pegado	5.00
TOTAL	40.00

5.3.4. SUBTOTAL 4.- Este costo se refiere a los gastos de realización de planos, impresión de planos, compra de materiales, transporte, etc.

Tabla 5.5: Descripción del costo realizado en el subtotal 4

DESCRIPCIÓN	VALOR EN USD.
TOTAL DE VARIOS	200.00

Realizado una descripción parcial de los gastos realizados en la fabricación de la maqueta mencionaremos el costo total de la construcción y simulación del mecanismo de trenes de aterrizaje fijo es:

Tabla 5.6: Descripción del costo total de la maqueta

DESCRIPCIÓN	VALOR EN USD.
Subtotal 1	400.50
Subtotal 2	8.50
Subtotal 3	68.00
Subtotal 4	200.00
TOTAL	677.00

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Al finalizar con el proyecto de construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo se a llegado a las siguientes conclusiones:

- Durante todo el tiempo de construcción de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje se adquirió gran experiencia al trabajar con un material que es el Acrílico el mismo que al darle forma deja unas piezas y figuras muy vistosas.
- En el ITSA es de gran ayuda contar con el material didáctico necesario para el aprendizaje del estudiante para lo cual se ha visto factible construir uno de estos apoyos como es una maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo en la cual se puede observar el funcionamiento de los trenes de aterrizaje fijos.
- La elaboración de las piezas de la maqueta se realizaron con la supervisión de una persona con la experiencia necesaria en los trabajos de tipo Acrílico por lo que se alcanzó una experiencia maravillosa, y con

la finalización de la misma se puede asegurar que cumple con todos los objetivos propuestos al inicio del proyecto.

- La maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo está elaborada de Acrílico que es un material resistente y apto para la construcción de este tipo de proyectos, en los cuales se buscan proyectar ciertas figuras y mecanismos por medio de un proyector, para de esta forma observar ya sea el funcionamiento o la forma del documento que se esté proyectando.
- Los servicios prestados por este proyecto servirán para dar nuevas expectativas en la construcción de estos tipos de recursos didácticos para el avance en el aprendizaje de una forma más clara y sencilla.

6.2. RECOMENDACIONES

- Dadas las necesidades de contar con una maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo, se construyó este proyecto para que el estudiante tenga donde apoyarse y poder desenvolverse en las actividades diarias del que hacer estudiantil, sin tener que tropezar con la falta de material de biblioteca.
- Esta maqueta garantiza el buen aprendizaje de los estudiantes en el área de aviación, consiguiendo con esto la satisfacción del deber cumplido.

- La culminación del proyecto tiene la satisfacción de haber aportado con un granito más de arena para el enriquecimiento de la biblioteca en su interminable camino de adquisición de material para que el estudiante tenga la facilidad de aprender y transmitir sus conocimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Shigley Joseph Edward R. (1983). Teoría de Máquinas y Mecanismos. Quinta Edición. México. McGrawHill.
- Oñate Antonio Esteban (1993). Conocimientos de la Aeronave. Editorial Paraninfo. España.
- E. J. Crane (1970). Mecánica de Máquinas. Primera Edición. México. Copyright.
- C. W. Han (1970). Mecánica de Máquinas. Primera Edición. México. Copyright.
- W. L. Rogers (1970). Mecánica de Máquinas. Primera Edición. México. Copyright.
- Manual de Mantenimiento del BHC – 6 TWIN OTTER, serie 300.
- Manual de Mantenimiento del ARAVA.
- Manual de Mantenimiento del AVRO 170.

ANEXO

A

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL USO DE
LA MAQUETA DEL MECANISMO DEL TREN DE
ATERRIJAJE FIJO**

1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

En el manual, se establece los distintos procedimientos según los requerimientos de verificación, operación y mantenimiento, además de instructivos para que el estudiante pueda realizar un correcto mantenimiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

La configuración de la maqueta y los procedimientos de mantenimiento se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1.1: Configuración de los procedimientos de ensayo de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo

SEGUIMIENTO
Mantenimiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje

fijo
Verificación de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo
Operación de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo
Funcionamiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo
Daños de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo

Los procedimientos que a continuación se detallarán, nos permitirán conseguir una verdadera visión de los mismos con el fin de obtener un trabajo de calidad.

ITSA	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Revisión No. : 1



	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DEL MECANISMO DEL TREN DE ATERRIZAJE FIJO	Fecha :2001/09/27
	Elaborado por: Cbos. Danny E. Borja P.	
E.M.A.	Aprobado por: Sgop. Chávez Joselo	

1. OBJETIVO:

Elaboras el procedimiento para el mantenimiento de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

2. ALCANCE:

Tener un manual de mantenimiento para la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo; ubicado en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

3. DEFINICIONES:

3.1 Limpieza general: Eliminar suciedades superficiales en la maqueta.

4. PROCEDIMIENTO:

El Estudiante realiza los siguientes tipos de mantenimiento:

4.1. Cada vez que utilice la maqueta para clases

4.2. Realiza una limpieza cada tres meses para evitar que ingrese polvo al interior de la maqueta.

4.3. Realizará una verificación del estado de la maqueta por lo menos una vez por año.

Firma del Responsable

ITSA	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Revisión No. : 1
		

	VERIFICACIÓN DE LA MAQUETA DEL MECANISMO DEL TREN DE ATERRIZAJE FIJO	Fecha :2001/09/27
	Elaborado por: Cbos. Danny E. Borja P.	
E.M.A	Aprobado por: Sgop. Chávez Joselo	

1. OBJETIVO:

Elaborar el procedimiento para la verificación de la maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

2. PROCEDIMIENTO:

2.1 El alumno realiza la verificación de esta maqueta del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

2.2 Limpia bien las superficies sobre las cuales se va a trasladar la luz que va a proyectar el mecanismo.

2.3. Verifica si la palanca de accionamiento tiene algún desperfecto.

2.4. Verifica si los soportes de apoyo para fijar el mecanismo a la caja estén correctamente ubicados en la superficie de esta.

Firma del Responsable

ITSA	MANUAL DE MANTENIMIENTO	
-------------	--------------------------------	--

	OPERACIÓN DE LA MAQUETA DEL MECANISMO DEL TREN DE ATERRIZAJE FIJO	Revisión No. : 1
		Fecha :2001/09/27
	Elaborado por: Cbos. Danny E. Borja P.	
E.M.A.	Aprobado por: Sgop. Chávez Joselo	

1. UBICACIÓN DEL MECANISMO:

Biblioteca

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

3. NORMA DE OPERACIÓN:

3.1. Prepare un retroproyector

3.2. Coloque la maqueta sobre el retroproyector y enciéndalo.

3.3. Utilice la palanca de accionamiento para el funcionamiento del mecanismo del tren de aterrizaje fijo.

3.4. Explique a los estudiantes la forma de funcionamiento del tren de aterrizaje fijo.

4. PRECAUCIONES:

4.1. La utilización de la maqueta debe realizarse con extremo cuidado, debido a la fragilidad de sus componentes.

4.2. Al proyectar el mecanismo del tren de aterrizaje fijo cerci6rese que esta maqueta est6 limpia para que tenga una mejor visi6n.

4.3. Revisar que la palanca de accionamiento est6 bien asegurada para no causar ning6n desperfecto en el mecanismo.

5. DESIGNACI6N DEL TRABAJO:

5.1. Maqueta de un mecanismo de tren de aterrizaje fijo para uso did6ctico.

6. PRESTACION DE SERVICIOS:

6.1. Instituto Tecnol6gico Superior Aeron6utico

6.2. Biblioteca.

6.3. Escuela de Mecánica Aeronáutica.

6.4. Mecánica: Motores y Estructura.

Firma del Responsable

ITSA



E.M.A.

REGISTROS

Mantenimiento de la Maqueta del Mecanismo del Tren de
Aterrizaje Fijo

Inspección No.:

NO.	FECHA INICIO	FECHA FINALIZACIÓN	TRABAJO REALIZADO	Observaciones
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		
	/ /	/ /		

Responsable

ITSA



E.M.A.

REGISTROS

**Funcionamiento de la Maqueta del Mecanismo del Tren de
Aterrizaje Fijo**

Inspección No.:

FECHA	CAUSA	PRUEBAS REALIZADAS	OBSERVACIONES
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			
/ /			

Responsable

ITSA



E.M.A.

REGISTROS

Daños de La Maqueta del Mecanismo del Tren de Aterrizaje
Fijo

Inspección No.:

NO.	FECHA	DAÑO PRODUCIDO	ACCIÓN CORRECTIVA	OBSERVACIONES
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			
	/ /			

Responsable

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

Apellido:	Borja Ponce
Nombre:	Danny Edmundo
Fecha de Nacimiento:	15 de Julio de 1978
Lugar de Nacimiento:	Carchi – Mira – Juan Montalvo
Edad:	23 Años
Estado Civil:	Soltero
Profesión:	Militar

ESTUDIOS REALIZADOS

Pre – Primaria:	Jardín de Infantes San Francisco
Primaria:	Escuela “14 De Agosto”
Secundaria:	Colegio Nacional Juan Montalvo Colegio Nacional Carlos Martínez Acosta
Superior:	Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico
Títulos Obtenidos:	Bachiller en Ciencias Químico - Biológicas

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

CBOS. BORJA PONCE DANNY EDMUNDO

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. CASTILLO EDUARDO
MAYO. TEC. AVC.

Latacunga - Diciembre del 2001