



# Tren de aterrizaje



# Serie: Recursos didácticos

Tapa:  
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada  
por el telescopio Hubble - NASA.



# a u t o r i d a d e s

---

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

**Dr. Néstor Kirchner**

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Lic. Daniel Filmus**

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. María Rosa Almandoz**

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**



# Tren de aterrizaje

José Fernando Viscomi

Colección Serie "Recursos didácticos".  
Director del Programa: Juan Manuel Kirschenbaum.  
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0537-9

Viscomi, José Fernando  
Tren de aterrizaje / José Fernando Viscomi;  
coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.  
- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2006.  
152 p. + 1 CD ROM; 22x17 cm. (Recursos didácticos; 28)

ISBN 950-00-0537-9

1. Ingeniería Neumática. 2. Tren de Aterrizaje.  
I. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. II. Título

CDD 621.51

Fecha de catalogación: 3/01/2006

Impreso en MDC MACHINE S. A., Marcelo T. de Alvear 4346 (B1702CFZ), Ciudadela,  
en marzo 2006

Tirada de esta edición: 2.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y de motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibra óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA –características físicas de los materiales de construcción–
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas
- 11 Biodigestor
- 12 Entrenador en lógica programada
- 13 Entorno de desarrollo para programación de microcontroladores PIC
- 14 Relevador de las características de componentes semiconductores
- 15 Instalación sanitaria de una vivienda
- 16 Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- 17 Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electroneumático
- 18 Biorreactor para la producción de alimentos
- 19 Ascensor
- 20 Pila de combustible
- 21 Generador eólico
- 22 Auto solar
- 23 Simuladores interconectables basados en lógica digital
- 24 Banco de trabajo
- 25 Matricería. Matrices y moldes
- 26 Máquina de vapor
- 27 Sismógrafo
- 28 Tren de aterrizaje
- 29 Manipulador neumático
- 30 Planta de tratamiento de aguas residuales

---

# LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
  - Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T- y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
  - Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación técnico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
  - Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317–.
  - Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.
- Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el periodo 2003-2007:

**Programa 1.** Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

**Programa 2.** Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

**Programa 3.** Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

**Programa 4.** Educación para el trabajo y la integración social.

**Programa 5.** Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

**Programa 6.** Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

**Programa 7.** Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

**Programa 8.** Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

**María Rosa Almandoz**

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.  
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

---

# LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativas ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica –CeRET– y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearon la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

**Juan Manuel Kirschenbaum**

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica.  
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

# LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

**1 Problemas tecnológicos en el aula.** En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.

**2 Encuadre teórico para los problemas.** En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

tecnológicos y conceptos científicos asociados.

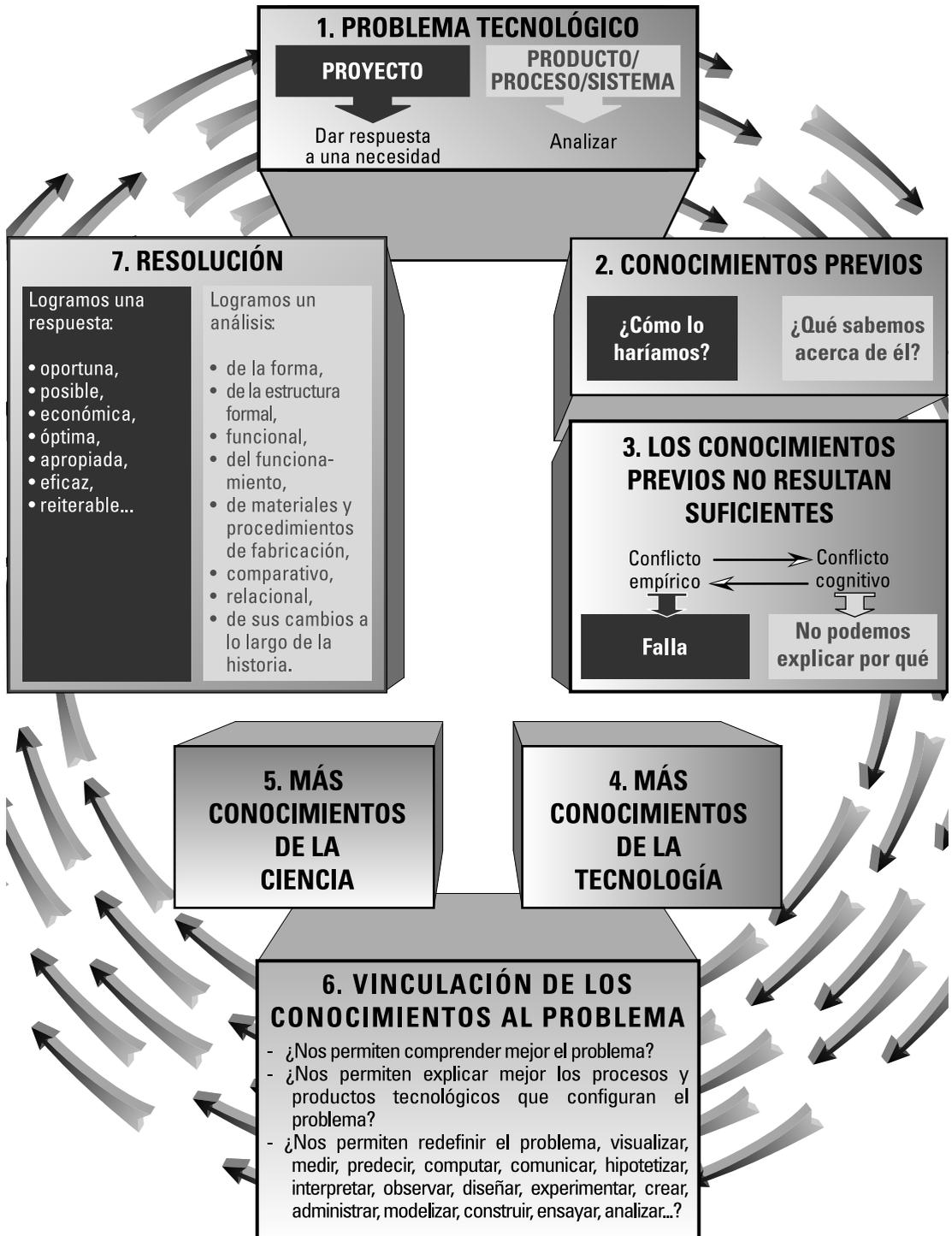
**3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.**

Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.

**4 El equipo en el aula.** En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.

**5 La puesta en práctica.** Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

entes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

*Haydeé Noceti*

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".  
Centro Nacional de Educación Tecnológica





# 28. Tren de aterrizaje

Este material de capacitación fue desarrollado por:

### **José Fernando Viscomi**

Es técnico aeronáutico (ENET N° 1 "Jorge Newbery", Haedo, provincia de Buenos Aires), ingeniero aeronáutico (Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Haedo), especialista en Ingeniería Gerencial (UTN. FRH) y magíster en Administración de Negocios (UTN. FRH). Fue mecánico de a bordo (Fuerza Aérea Argentina) y, desde 1980, se desempeña en el área de materiales aeronáuticos de Aerolíneas Argentinas. Se inició como previsionista de material aeronáutico y, actualmente, tiene a su cargo la "Unidad Logística y Almacenes" de Aerolíneas Argentinas y Austral, donde dirige un equipo de trabajo que realiza tareas referidas al movimiento y a la distribución de materiales, la gestión de aduana de ingreso y egreso del país, la recepción, el almacenamiento y la distribución a los usuarios finales.

**Dirección del Programa**  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Coordinación general:**  
Haydeé Noceti

**Diseño didáctico:**  
Ana Rúa

**Administración:**  
Adriana Perrone

**Monitoreo y evaluación:**  
Laura Irurzun

**Diseño gráfico:**  
Tomás Ahumada  
Karina Lacava  
Alejandro Carlos Mertel

**Diseño de tapa:**  
Laura Lopresti  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Diseño de CD:**  
Sergio Iglesias  
Pablo Piloto

Con la colaboración  
del equipo de profesionales  
del Centro Nacional  
de Educación Tecnológica



# Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	VIII
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica.....	X
La serie “Recursos didácticos”.....	XII

<b>1 Problemas tecnológicos en el aula.....</b>	<b>4</b>
• El recurso didáctico que proponemos	
<b>2 Encuadre teórico para los problemas.....</b>	<b>12</b>
• Clasificación de trenes de aterrizaje	
• Análisis y diseño de los componentes de un tren de aterrizaje	
a. El tren de aterrizaje	
b. Los neumáticos	
c. Los frenos	
d. Los amortiguadores	
e. La cinemática de la extensión-retracción del tren de aterrizaje	
f. La flotación del avión	
g. La estimación del peso del tren de aterrizaje	
<b>3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.....</b>	<b>58</b>
• El producto	
• Los componentes	
• Los materiales, herramientas e instrumentos	
• La construcción	
• El armado	
<b>4 El equipo en el aula.....</b>	<b>101</b>
<b>5 La puesta en práctica.....</b>	<b>112</b>

# 1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

En el aula de tecnología, el trabajo por proyectos constituye una metodología para la enseñanza y para el aprendizaje. Esta metodología tiene como punto de partida una necesidad originada a través de un problema que, surgido en un ámbito de la realidad tecnológica, es planteado por el docente a sus alumnos, y al cual hay que hallarle una solución.

Un proyecto tecnológico es, entonces, un proceso que, desde el planteo y el análisis de un problema tecnológico se resuelve mediante la construcción de un objeto o sistema que cumple con los requisitos demandados.

Sabemos que el hecho de plantear a los alumnos un conflicto cognitivo de estas características les da la posibilidad de reorganizar sus conocimientos previos y de construir nuevos saberes relevantes, facilitándoles la apropiación de los contenidos y la inclusión, en este camino, de medios y de procesos técnicos. A diferencia de un problema matemático, un problema tecnológico puede dar lugar a una variada cantidad de soluciones, todas o casi todas ellas factibles, realizables y que dan una respuesta conveniente al problema planteado. Y, de aquí surge otro problema: la determinación de la solución a adoptar, es decir la selección de aquella que resulte la más apropiada.

Para ello deben tenerse en cuenta diversos aspectos: técnicos, sociales, económicos; porque, un recurso utilizado para satisfacer una necesidad en un determinado contexto tecnológico, social y cultural, puede no resultar satisfactorio en otro ámbito con características diferentes. Por ejemplo, la necesidad de calefaccionar un ambiente durante el invierno puede satisfacerse utilizando estufas eléctricas o a gas, lo que es factible en aquellos lugares en los cuales se dispone de estos recursos energéticos, pero no en otros, para los que esta solución no resulta la adecuada.

No es suficiente con identificar la necesidad o el problema, sino que es imprescindible contemplar las múltiples dimensiones involucradas en esa circunstancia.

Lo invitamos a leer, a modo de ejemplo, algunas situaciones problemáticas posibles, vinculadas con el eje de nuestro material de capacitación, el **tren de aterrizaje**.

Va a observar usted que, en estas aulas reales, los problemas constituyen el punto de partida de los aprendizajes. Concretar la tarea de este modo promueve la reflexión individual y grupal, el abordaje, la interrelación y la contextualización de contenidos, y la obtención de un objetivo determinado.

## ¿Qué es lo que lo sostiene cuando no está en el aire?

Gabriel, profesor de Polimodal en una escuela técnica con especialidad Aeronáutica, hace ya algunos años que tiene a su cargo la enseñanza de los sistemas y estructuras del avión.

Trabaja alrededor de los problemas que es necesario resolver para llegar a soluciones eficaces y, en general, no tiene mayores inconvenientes para que sus alumnos integren respuestas... excepto cuando su grupo tiene que analizar y dar propuestas acerca del mecanismo y la forma en que un tren de aterrizaje de un avión se extiende y se retrae. Año tras año sucede que los chicos, enfrentados a este problema, no logran comprender y conceptualizar cómo es que esto se produce: cómo se despliega, cómo se repliega, y cómo es que queda trabado y fijo en ambas posiciones.

Lamentablemente, la escuela no dispone ni de un avión para poder estudiar el caso, ni de esta parte de la estructura en forma separada. Así es que, hasta ahora, para presentar la situación desencadenadora de aprendizajes, el profesor se las viene arreglando con un "modelito" hecho de alambre y madera que construyó cuando él mismo era estudiante y cuando tuvo los mismos problemas que ahora tienen sus alumnos para encontrar una respuesta. Pero... no es lo mismo que uno real.

Frente a este desajuste didáctico, se dijo: "No puede ser que siga teniendo este problema; yo, que enseñé a resolver problemas. Pierdo un montón de tiempo hasta que los chicos comienzan a comprender cómo funciona un tren de aterrizaje... Si tuviera algo más parecido a uno verdadero en mis manos, algún modelo a escala... lo fácil que sería todo."

Y comenzó a pensar cómo llevar a cabo el proyecto en clase y con sus alumnos: ¿Cómo plantear la tarea? ¿Qué materiales se necesitarían? ¿Cuáles son los procesos de mecanizado y las máquinas-herramienta a utilizar?

## Peldaño por peldaño...

Los alumnos de tecnología de 2º año del Polimodal orientación *Producción de bienes y servicios* están analizando una consigna de trabajo; su tarea es expresar primeras opiniones acerca de esa situación y hallar alguna solución inicial que, luego, va a ser analizada en conjunto.

La hoja contiene el siguiente texto:

Fernando y Susana se mudaron a su nueva casa hace unos pocos meses.

La casa tiene dos pisos (planta baja y primero) con techo a dos aguas. La planta superior está integrada por dos habitaciones, que dan hacia el frente de la vivienda, un hall central al que conduce la escalera desde la planta baja y un baño; en la parte posterior se ubican el lavadero y una pequeña terraza.

Como la cumbra es muy alta, deciden hacer una losa intermedia que resulte el techo de las habitaciones y que permita disponer de un pequeño altillo con acceso desde el lavadero.

La puerta del altillo es de 0.70 m de ancho, 1.70 m de altura y está ubicada a 3 m desde el piso, contra la medianera. Una de las ideas es poner una escalera tipo marinera o vertical para acceder a este espacio; pero, Susana no está muy de acuerdo con esta opción porque piensa que resulta incómoda; y mucho más si es necesario trasladar cosas.

Su idea es incluir una escalera común y corriente, con baranda o pasamanos, que tenga una inclinación aceptable -esto es, que se pueda subir y bajar sin necesidad de sujetarse-, con un ancho de unos 0.6 m o más y que no le quite espacio al lavadero. "Tenemos que hacer algo que esté cuando lo necesitamos y que no moleste cuando no lo necesitamos".

Para que lo vayas pensando, te paso los siguientes datos adicionales:

- el lavadero tiene 4 metros de largo por 2.6 de ancho;
- la puerta de acceso al lavadero desde el hall es de 0.80 m de ancho y se encuentra sobre la misma pared en la que está ubicada la del altillo (pero, en el otro extremo);
- contra la pared medianera están una mesada, una pileta y un lavarropas, ocupando el total de los 2.6 metros;
- en la pared opuesta a ésta hay un placard y una puerta de acceso a la terraza exterior.

Vamos... ¡A trabajar!

## Accidentes sobre ruedas

Profesora y alumnos del área "Mantenimiento" de la tecnicatura en *Aeronáutica* están analizando artículos de diario<sup>1</sup> que reseñan accidentes en los que están involucrados el mantenimiento de los sistemas y estructuras del avión, y, en particular, aquellos referidos al tren de aterrizaje:

### UN AVIÓN EN EMERGENCIA. GRAN MANIOBRA DEL PILOTO

*CON UNA RUEDA MENOS, LOGRÓ ATERRIZAR SIN PROBLEMAS.*

Un avión, con 155 personas a bordo, que se encontraba en emergencia, aterrizó ayer a la tarde, sin problemas y sin ningún pasajero lesionado, en el aeropuerto internacional de esta ciudad, tras desprenderse una de sus ruedas, según informaron fuentes militares y confirmó la empresa.

La aeronave, tipo MD-81, entró en emergencia luego de que una de sus ruedas se desprendiera del tren de aterrizaje principal izquierdo, en momentos en que despegaba del aeropuerto local.

El avión había partido a las 13.15 desde el aeropuerto y, cuando concretó su despegue, la rueda se

arrancó y colisionó contra las rejas que protegen la estación aérea.

Los comandantes de la aeronave decidieron sobrevolar la ciudad y sus alrededores para evaluar las condiciones de la máquina, declarar la emergencia y, luego, solicitar pista en el aeropuerto internacional de esta ciudad.

El avión, aterrizó cerca de las 14.25 en la estación aérea y allí fueron evacuados los pasajeros y la tripulación.

Luego del aterrizaje, el piloto de la aeronave relató a

<sup>1</sup> De estas noticias periodísticas hemos rescatado sólo los hechos puntuales a los que deseamos hacer referencia, sin mencionar nombre alguno de lugares, personas o empresas aéreas, si bien podemos decir que los tres hechos han ocurrido en tres lugares diferentes del planeta.

la prensa el procedimiento que hizo para arribar sin dificultades a tierra. "Después del despegue, alrededor de los dos mil metros de altura, la torre de control del aeroparque nos avisó que habíamos perdido una rueda. A partir de ese momento, mantuvimos la altura para no seguir el ascenso", comentó el piloto.

El piloto -acompañado por su copiloto- decidió declarar "la emergencia con la torre de control del aeropuerto internacional", ya que ese aeropuerto "tiene la pista más ancha del país y medidas de seguridad más adecuadas" que el aeródromo local.

El comandante agregó que el avión estuvo "una hora y veinte minutos" sobrevolando. "Instruimos a los pasajeros, para el caso de tener que evacuar la aeronave; pero, en ningún momento hubo pánico".

"Tuvimos el tiempo necesario para preparar la cabina y consumir el combustible para volver a aterrizar. Sabiendo que teníamos una rueda menos, no iba a arriesgar un aterrizaje inmediato, por lo que consumimos el combustible necesario para estar en el peso de aterrizaje", señaló el comandante, quien tiene más de 20 años de experiencia como piloto.

"Fue un aterrizaje normal. Yo, mentalmente, pensaba que tenía todas las ruedas para asegurar la maniobra", expresó el piloto, quien confirmó que durante el aterrizaje se desprendió otra rueda, que no ocasionó problemas.

En tanto, el vocero de la empresa aérea calificó al hecho como un "incidente menor", ya que fue "una falla que puede ocurrir en cualquier momento y avión".

## **ATERRIZAJE FORZOSO DE AVIÓN POR REVENTÓN DE UNA RUEDA**

Un avión, con 143 pasajeros a bordo, efectuó en la noche de hoy un aterrizaje de emergencia en el aeropuerto internacional de esta ciudad por el reventón de una rueda, tras sobrevolar durante tres horas la zona para gastar el máximo de combustible y minimizar riesgos al tomar tierra, informaron fuentes aeroportuarias.

El aparato, un Boeing 737 de la aerolínea, había despegado de ese mismo aeropuerto cuando el piloto detectó un problema en el tren de aterrizaje de la aeronave e informó a la torre de control.

El avión permaneció en el aire durante tres horas para gastar gran parte del combustible, a fin de minimizar el riesgo de aterrizaje y para permitir el despliegue de los servicios de emergencia, entre ellos un helicóptero de rescate de la Armada.

"El avión ha aterrizado de forma segura. Parece que ha sido un final feliz", comentó a la prensa un portavoz de la policía.

## **UN AVIÓN SUFRE EL INCENDIO DE UNA RUEDA DURANTE SU ATERRIZAJE**

**SIN HERIDOS ENTRE LOS 150 PASAJEROS**

Un avión Airbus-340 de la compañía aérea, que realizaba el trayecto entre dos ciudades distantes unos 500 km, ha sufrido un problema en el tren de aterrizaje que provocó que una rueda se incendiara al tomar tierra, por lo que tuvo que parar antes de llegar al lugar de estacionamiento que le correspondía en el aeropuerto de la ciudad de destino. Según informaron a la prensa fuentes de la compañía aérea,

ninguno de los 150 pasajeros del avión sufrió daños.

Alrededor de las tres de la tarde, el avión, que transportaba unos 150 pasajeros, se dispuso a tomar tierra. En un momento dado, surgió un problema en el tren de aterrizaje que provocó que una rueda se incendiara, por lo que tuvo que parar antes de llegar a su aparcamiento.

Las fuentes informantes indicaron que, posiblemente, el propio rodamiento provocó que el neumático saliera ardiendo y que los técnicos del aeropuerto se están encargando de la investigación.

Seguidamente, se activaron los servicios de emergencia del aeródromo y los bomberos consiguieron extinguir el fuego que se originó en los ocho neumáticos de los dos ejes traseros del Airbus 340, en pocos minutos.

Mientras la aeronave frenaba sobre la pista de aterrizaje, los bomberos derramaron espuma carbónica sobre el suelo, para evitar la propagación del incendio, y procedieron a sofocar las llamas en los neumáticos.

Uno de los pasajeros explicó que los dos ejes de los trenes de aterrizaje traseros "han reventado". Señaló, además, que el avión había tomado tierra y "de pronto, hemos oído un reventón como de un coche en el lado izquierdo y, luego, se ha reventado el otro. Se ha visto el fuego y ha frenado de golpe, en

seco", tras lo que los miembros de la tripulación informaron la situación y tranquilizaron a los pasajeros.

El pasajero aclaró que "no ha habido escenas de pánico" y que "ha mantenido la calma todo el mundo" hasta la llegada de los servicios de emergencia.

Un matrimonio aseguró que se oyó un "ruido" con "dos golpes secos" cuando la aeronave había tomado pista, tras lo que se pudo apreciar "humo, pero no fuego".

"En ningún momento hemos sentido sensación de peligro", remarcaban, aunque sí recordaron que, en el aeropuerto de partida, "los bomberos estaban apostados detrás del tren de aterrizaje, antes de despegar".

Mientras tanto, los pasajeros fueron trasladados en un autobús desde la parte de la pista en la que se tuvo que parar el avión hasta la terminal de usuarios. No se registró ningún daño personal.

La profesora tiene preparada una estructura de interrogantes para ir guiando el análisis de sus alumnos, por si la discusión se estanca y resulta necesaria su intervención.

- ¿Qué les parece que pudo haber ocasionado el desprendimiento de la rueda en el primero de los accidentes?
- Para ustedes, ¿pudo haberse debido a una falla mecánica, a una falla humana, a las dos o, simplemente, a una fatalidad?
- ¿Cómo está sujeta la rueda del tren de aterrizaje al cuerpo principal?
- ¿Por qué razón se desprendió también la otra rueda, cuando el avión tocó la pista?
- En la segunda nota se menciona que el piloto detectó el problema en el tren de aterrizaje. Esto, ¿puede ser cierto? ¿Qué tipo de indicaciones de falla, referidas al tren de aterrizaje, tiene el piloto en la cabina? En el caso de reventón de un neumático, ¿tiene algún tipo de aviso?
- Según puede deducirse de la nota, la rueda reventó durante la carrera de despegue o bien luego de haberse realizado éste. ¿Cuál o cuáles pueden haber sido las causas de este inconveniente?
- En los dos primeros artículos se menciona que el piloto hizo sobrevolar al avión un determinado tiempo antes de aterrizar. ¿Por qué razones es necesario realizar esta maniobra?
- En el tercero de los casos, el accidente ocurrió durante el aterrizaje. Según su opinión, ¿hubo fuego o solamente humo? De haberse producido un incendio, ¿qué pudo haberlo ocasionado?
- ¿A qué se debió el o los ruidos que escucharon los pasajeros?
- ¿Por qué piensa que los bomberos estaban trabajando en el tren de aterrizaje antes del despegue?
- En todos los casos analizados, ¿sobre qué controles pudo haber actuado el piloto para compensar la pérdida de los neumáticos?

## Problemas con el mecanizado. O: ¿Con o sin arranque de viruta?

Los alumnos de "Diseño tecnológico" están trabajando en torno a un problema que demanda de ellos competencia en el manejo de procesos con arranque de viruta, analizando diferentes formas de hacerlo, las máquinas-herramienta necesarias y su funcionamiento, operación, características generales, etc.

La tarea consiste en desarrollar, diseñar y realizar un modelo a escala de algunas de las partes del avión. Los modelos que produzcamos van a servir para que los alumnos de primer año puedan contar con recursos didácticos para su aprendizaje.

El modelo a escala:

- Puede estar compuesto por más de una pieza.
- No debe superar los 30 cm de largo y los 10 cm de ancho.
- Tiene que tener una funcionalidad similar a aquella que tiene en el avión.
- Para su construcción debe utilizar, como mínimo, una máquina-herramienta (torno, fresa, perforadora, etc.).
- La sección transversal no debe ser igual en toda su longitud.
- Ha de presentar alguna parte roscada, pudiendo realizar este procedimiento utilizando el torno, un macho o terraja.

Las tareas de cada grupo:

- Realizar el diseño de la o las piezas.
- Justificar la elección del material.
- Indicar los procesos de mecanizado y las etapas de fabricación.

Disponen para ello de todas las herramientas y máquinas que tenemos en el taller, y de cilindros y barras de diferentes medidas en aluminio y acero.

Organícense en grupos de trabajo. Realicen un plan de trabajo.

Coordinen con los otros grupos la utilización de las máquinas herramientas, para no superponerse, y planifiquen las tareas a efectuar en consecuencia.

Para orientarlos frente a cualquier duda o consulta, estoy a su disposición.

# El recurso didáctico que proponemos

En estas situaciones de enseñanza y de aprendizaje, contar con un **Tren de aterrizaje** como recurso didáctico puede servir para el análisis de una alternativa de respuesta.

El que proponemos es un modelo a escala de un tren de aterrizaje de un avión de tipo comercial, de uso en la actualidad.

Y le proponemos que lo desarrolle con sus alumnos a través de un proyecto tecnológico. Hacerlo de este modo es, sin lugar a dudas, mucho más rico, en cuanto a la construcción de aprendizajes, y a la adquisición de actitudes y de procedimientos que podrán realizar los alumnos a partir de esta experiencia.

Tres de las situaciones problemáticas propuestas involucran directamente al tren de aterrizaje. Porque, si bien éste se relaciona explícitamente con el problema "¿Qué es lo que lo sostiene cuando no está en el aire?" -que requiere de su modelización-, también se vincula con "Problemas con el mecanizado...", ya que en su contexto es posible concretar varias de las partes componentes del tren.

En el análisis de las situaciones reales planteadas en "Accidentes sobre ruedas", contar con un modelo a escala de una de las patas del tren nos sirve como base para el análisis de su estructura, de las partes involucradas, de los esfuerzos que sufren éstas durante el carreteo, el despegue y el aterrizaje, de los puntos de fijación (sobre todo de las ruedas), de los demás componentes que pueden llegar a encontrarse en la rueda de un avión, etc., de modo tal de tener una clara

idea no sólo de aquellos aspectos concernientes al diseño y al dimensionamiento de un tren de aterrizaje sino también en lo que respecta a puntos clave referidos al mantenimiento y a la reparación de aeronaves.

En la consigna "Peldaño por peldaño", el análisis de los mecanismos de retracción y extensión del tren y los dispositivos de traba en ambas posiciones finales, puede transferirse al problema de la escalera -obviamente, con las modificaciones necesarias para este caso en particular-, ya que las leyes físicas aplicables en esta situación doméstica son similares a las que tendríamos que tener en cuenta para el del tren de aterrizaje.

El recurso didáctico que presentamos está basado en trenes de aterrizaje de aviones de transporte. Consta, básicamente, de:

- un amortiguador cuyo cilindro externo es el cuerpo principal de la estructura del tren y cuyo cilindro interno contiene al eje de las ruedas,
- un parante de resistencia al impacto,
- un parante lateral articulado sobre el cual está desarrollado el mecanismo de traba abajo del tren,
- una barra de reacción donde se llevan a cabo los movimientos referentes al accionamiento del tren y de ayuda para que la maniobra de extensión y retracción se realice con menor fuerza y en poco espacio
- una viga móvil, entre otros elementos.

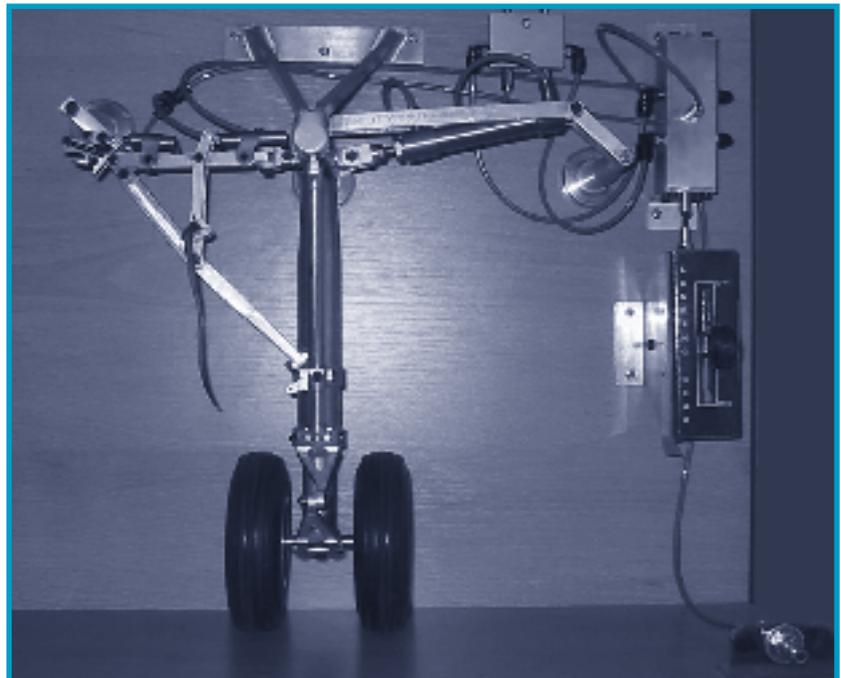
La mayor parte de los elementos mencionados puede encontrarse tanto en el tren de nariz como en el principal.

Intentamos que, a partir de nuestra propuesta, los docentes de las distintas áreas tengan la posibilidad de trabajar con sus alumnos diversos contenidos:

- Para *Tecnología aeronáutica*, aquellos referidos a la comprensión y a la manipulación de materiales y componentes de las aeronaves, y a los principios básicos de funcionamiento, así como también del uso de herramientas e instrumentos de medición y de la documentación técnica específica, sin descuidar la formación en temas relacionados con las normas de seguridad y el comportamiento social.
- En lo que corresponde al área de *Mantenimiento de aeronaves*, a través del equipo es posible considerar el mantenimiento predictivo, el mantenimiento propiamente dicho de partes, componentes y sistemas de la aeronave, la reparación y/o reconstrucción, y la puesta en servicio, integrando la planificación, la recolección de información necesaria para llevar a cabo el

mantenimiento, la definición de tareas, la estimación de tiempos, la realización, el montaje, la prueba de funcionamiento y la confección de la documentación técnica respectiva.

- Por último y refiriéndonos al área de *Proyecto de aeronaves y sus sistemas*, se desarrollan de manera integrada las capacidades profesionales relacionadas al proyecto, diseño y cálculo de aeronaves, sistemas, componentes y partes aeronáuticas. Con la integración del tren de aterrizaje, las actividades a realizar por los alumnos comprenden la identificación de los parámetros de diseño del tren, las etapas del anteproyecto, el desarrollo de estas etapas, la construcción del prototipo y su evaluación, por un lado; y la gestión y ejecución de alteraciones estructurales, por el otro.



## 2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

### Clasificación de trenes de aterrizaje

El **tren de aterrizaje** es uno de los sistemas funcionales más importantes del avión y está compuesto, en la mayoría de los casos, por: ruedas, amortiguadores, soportes, entre otros dispositivos. Cada uno de ellos presenta determinadas características que vamos a analizar de aquí en más.

Aunque, generalmente, se lo denomina tren de aterrizaje -o bien, tren de despegue y aterrizaje-, cumple también otras funciones: debe permitir al avión realizar las operaciones o maniobras en superficie -éstas incluyen su movimiento, direccionamiento y frenado-, además de servir de soporte al avión y de amortiguar los impactos durante el aterrizaje.



Existen varios criterios que nos permiten clasificar un tren de aterrizaje. Se clasifican por el tipo, por su característica de articulación, por el sistema de suspensión, por la geometría de suspensión, etc. Entre ellos, citamos:

**Según la superficie en la cual va a operar el avión.** Es posible identificar:

Los **trenes de rodadura** se utilizan para movimientos en tierra; constan de un conjunto de ruedas dispuestas, generalmente, en forma de triángulo.



Los **trenes con flotadores** son aquellos adaptados al agua; se componen de flotadores ubicados a ambos lados del avión en el sentido longitudinal. Algunos aviones también son capaces de amerizar gracias a la forma de quilla de barco en la parte baja del fuselaje.



Los **trenes con esquíes** permiten la operación sobre la nieve; tienen la misma disposición que aquellos con flotadores.



Otros tipos son aquellos en los cuales el tren de aterrizaje está especialmente adaptado a un tipo particular de superficie o a otras condiciones, como por ejemplo el módulo lunar. También pueden considerarse dentro de este grupo aquellos que poseen una combinación de dos de los anteriormente mencionados; por ejemplo, los que poseen flotadores y, además, disponen de su tren normal de rodadura, para no limitar su uso a un solo medio. En este último caso, es muy común que uno de los sistemas sea retráctil, para no interferir con el otro.

**Según la cantidad y disposición de las ruedas o patas de tren.** En este ítem encontramos los trenes biciclo (dos patas colocadas en tándem), triciclo, cuadriciclo, multiciclo, etc.

De los mencionados, los que se utilizan más comúnmente son aquellos que poseen tres o más soportes dispuestos en forma triangular. Éstos se componen de:

- un **tren principal**, diseñado para soportar el peso del avión y absorber los impactos del aterrizaje, y de
- una **rueda secundaria** que, además de servir de apoyo estable al avión, puede tener capacidad direccional.

El tren triciclo propiamente dicho es aquel que posee una rueda delantera (secundaria), ubicada debajo de la nariz del avión, que puede girar unos 20 ó 30° a cada lado; mientras, las del tren principal se ubican detrás del centro de gravedad del avión, generalmente en el fuselaje, a la altura del encastre de las alas o bien debajo de éstas.

El tren llamado convencional tiene un patín o rueda de cola; en este tipo de tren, las ruedas principales se ubican delante del centro de gravedad del avión, y la secundaria (rueda o patín de cola) se ubica en la cola del avión y suele tener un radio de giro de entre 15 y 20° para cada lado.

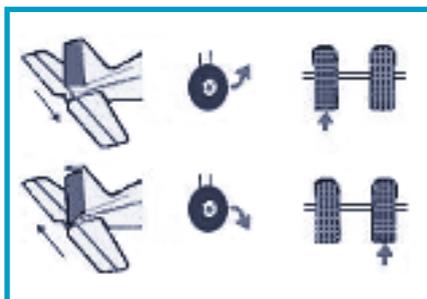
En la actualidad, este tipo de tren no es muy utilizado y su uso se limita casi exclusivamente a aviones acrobáticos, de fumigación o de extinción de incendios.

pedal, se actúa sobre el freno de la rueda correspondiente.

**Deflexión del timón de dirección.** Es la desviación de la posición normal del timón de dirección; o sea el giro, hacia uno y otro lado, de la superficie móvil montada en la parte posterior del empenaje vertical de la cola del avión, que provoca el movimiento de guiñada del avión sobre su eje vertical. Se utiliza, por ejemplo, para el equilibrio de fuerzas durante el viraje.



*Tipos de tren principal y rueda direccional (M. A. Muñoz. [www.manualvuelo.com](http://www.manualvuelo.com))*



*Respuesta a los pedales (M. A. Muñoz. [www.manualvuelo.com](http://www.manualvuelo.com))*

El movimiento de la rueda secundaria -tanto en el caso del tren triciclo como, generalmente, en aquel con patín de cola- está conectado mediante un sistema de cables y poleas a los pedales de la cabina que mueven el timón de dirección, y puede dirigirse hacia un lado u otro. De esta manera, la rueda dirigitible permite controlar la dirección de la aeronave durante las operaciones en el suelo, ayudando un poco la deflexión del timón de dirección. Los pedales están diseñados de manera que:

- desplazándolos hacia adelante o atrás, se actúa sobre la rueda direccionable y el timón de dirección; y,
- presionando sobre la parte superior del

**Según su característica de articulación.** Podemos distinguir dos grandes grupos: los trenes fijos y los retráctiles.

Los **trenes fijos** están anclados directamente al fuselaje o a las alas. Son mucho más simples que los retráctiles; pero, como desventaja, provocan un aumento de resistencia en vuelo y, en consecuencia, un mayor gasto de combustible y una menor velocidad para una determinada potencia. Para disminuir estos efectos, se suelen colocar carenados en las ruedas del tren fijo.

Los **carenados** son revestimientos de fibra de vidrio, plástico u otro material que se adapta a las motocicletas, vehículos que se desplazan generalmente a elevada velocidad o, como en nuestro caso, a las ruedas del avión, con fines ornamentales y/o aerodinámicos.



**Tren fijo**

Los trenes retráctiles disponen de unos compartimentos -ubicados en el fuselaje o en las alas, para el tren principal; y, en el fuselaje, para la rueda del morro- donde el tren es alojado cuando se lo retrae. Los habitáculos para el tren se cierran mediante unas puertas, una vez que éste está totalmente retraído, lo que permite mantener en vuelo la línea aerodinámica del avión. En este tipo de tren se necesita no sólo de un mecanismo para extender/retraer el tren, sino de amortiguadores para absorber el impacto, de frenos, y de un dispositivo de bloqueo de las patas del tren cuando está extendido, el que impide que la rueda se retraiga una vez que ha tocado suelo.



**Tren retráctil**

Ambos tipos de trenes cuentan con un sistema de amortiguación y freno en las ruedas.

En cuanto a la forma de retracción del tren de aterrizaje, ésta puede ser: retracción lateral, retracción hacia atrás y retracción hacia delante.

El tren retráctil tiene ventajas sobre el tren fijo en cuanto a que, al generar menos resistencia, es posible obtener mayor velocidad y menor consumo de combustible; pero, como contra, su mecanismo exige mayores cuidados, y es más costoso y delicado.

Una regla lógica es que la posibilidad de averías de un sistema se incrementa en proporción al número de componentes de dicho sistema. Y el tren de aterrizaje no se escapa a esta regla lógica.

Al tener menos componentes y menos parámetros en su diseño, un tren fijo suele ser más robusto y fiable que un tren retráctil.

**Según el sistema de amortiguación.** La amortiguación -sistema de suspensión del tren- sirve, principalmente, para disminuir el golpe de la impulsión. De este modo, se evita el deterioro de la estructura del avión, dando una mayor comodidad y seguridad a los pasajeros o carga transportados. Según el tipo de amortiguador que utilizan, los trenes de aterrizaje se pueden clasificar en: neumáticos, hidráulicos, óleo-goma, óleo-resorte; óleo-neumático, resorte de fricción, etc.

**Según la geometría de la suspensión.** Esta clasificación se refiere a los trenes del tipo retráctil y, en particular, a la forma del montante. En este aspecto encontramos trenes con suspensión telescópica y de palanca.

En cuanto a los **trenes telescópicos**, éstos cuentan con dos cilindros, uno exterior y otro interior.

Los **trenes de palanca o articulados** tienen brazos articulados por pernos, que crean brazos de palanca que permiten una mejor absorción de las fuerzas. Éstos provocan una menor carga en el terreno.

**Según el sistema de extensión y retracción del tren.** También referido a aquellos retráctiles, se pueden observar trenes de accionamiento hidráulico, de accionamiento neumático, de accionamiento eléctrico, de accionamiento manual y combinados.

La extensión y retracción del tren se realiza en respuesta a una orden manual dada por el accionamiento de una palanca situada en la cabina de mando.

En caso de falla de este mecanismo, es posible -sobre todo, en aviones de transporte de gran porte- accionar el tren en forma manual. Existen procedimientos a seguir, detallados en los correspondientes manuales de operaciones, previos a proceder a la bajada manual del tren de aterrizaje y que se refieren, principalmente, a la comprobación y búsqueda de la posible falla.

Si ninguno de los pasos diera resultado y ni siquiera pudiera bajarse en tren en forma

manual, el éxito del aterrizaje dependerá de la pericia del piloto. El mejor de los casos que se puede presentar es aquel en el que falla la pata del tren de nariz, pero el tren principal ha descendido y está trabado. En el caso de falla en la extensión de alguna de las ruedas del tren principal, la mejor opción y la más segura, es subir por completo el tren y prepararse a aterrizar sin él.

Con el fin de evitar producir daños estructurales en el tren, deben respetarse ciertas velocidades máximas y mínimas.

Las primeras se refieren a la máxima velocidad a la cual puede mantenerse el tren extendido y las segundas a aquellas que deben alcanzarse antes de proceder a extenderlo.



El modelo didáctico propuesto representa a una de las "patas" de un tren principal de tipo retráctil, de un avión comercial, con doble rueda por cada "pata". Si bien este tipo de trenes tiene, generalmente, accionamiento hidráulico, el tipo de energía que hemos seleccionado para los movimientos de extensión y retracción es neumática, por las razones que detallamos al explicarle la construcción del equipo. La suspensión -que, en un tren real como el que intentamos representar, sería un amortiguador óleo-neumático-es aquí simulada por un resorte interno al cilindro principal.



# Análisis y diseño de los componentes de un tren de aterrizaje

Componentes	
●	a. El tren
●	b. Los neumáticos
●	c. Los frenos
●	d. Los amortiguadores
●	e. La cinemática de la extensión-retracción del tren de aterrizaje
●	f. La flotación del avión
●	g. La estimación del peso del tren

## a. El tren de aterrizaje

En las últimas décadas, el diseño de un tren de aterrizaje se ha convertido en uno de los aspectos fundamentales en lo que respecta al proyecto de un avión, al estar relacionado con numerosos criterios de diseño tales como aquellos concernientes a estructuras, pesos, pistas, aspectos económicos, etc.

Realizamos nuestro análisis basándonos en aquellos aspectos concernientes a un tren de aterrizaje para un avión de transporte, ya sea para pasajeros o carga.

Criterios de diseño del tren de aterrizaje	
●	1. Centro de gravedad del avión
●	2. Concepto de tren de aterrizaje seleccionado
▶	2.1. Configuración
▶	2.2. Ubicación
●	a. Ángulos de cabeceo y rolido durante el despegue y el aterrizaje
●	b. Ángulo de ladeo
●	3. Consideraciones referidas al direccionamiento y al frenado
●	4. Longitud del tren

**1. Centro de gravedad del avión.** Una de las primeras consideraciones que se tienen en cuenta cuando se piensa en la inclusión de un tren de aterrizaje, es ubicarlo adecuadamente. Y esta ubicación depende, principalmente, del rango de variación o corrimiento del centro de gravedad. Esto es esencial tanto para determinar el posicionamiento del tren de aterrizaje como para la mecánica, la estabilidad y el control en vuelo, por ejemplo.

La ubicación del centro de gravedad del avión es uno de los aspectos críticos referidos al diseño y ubicación del tren de aterrizaje. Depende de cada aeronave en particular y está asociado con la geometría, el peso y al destino que se le dará al avión.

En cuanto a la posición del centro de gravedad que depende de la geometría del avión, es necesario tener en cuenta el fuselaje, las alas y el empenaje. La ubicación de éstos es prácticamente invariable una vez que se ha proyectado el avión. En consecuencia, es de esperar que rango de variación del centro de gravedad se defina cerca del centro volumétrico de los componentes y es difícil que se modifique.

La ubicación de los componentes secundarios -por ejemplo, aquellos correspondientes al equipamiento y a dispositivos de operación- varía de una aeronave a otra, dependiendo de las preferencias y la filosofía del fabricante. En general, debido a su reducido tamaño, éstos pueden ubicarse en cualquier espacio que quede disponible en la aeronave, siempre y cuando conserven la dis-

posición y funcionalidad requeridas. En consecuencia, el rango correspondiente del centro de gravedad se define por las limitaciones delanteras y traseras del espacio destinado al alojamiento dentro del cual se ubica dicho dispositivo.

Pueden producirse variaciones en la ubicación del centro de gravedad total del avión por la ubicación y/o distribución de la carga paga y de los pasajeros, aunque éstos están confinados a la zona de carga y cabina. De manera similar, se produce la variación de la ubicación del centro de gravedad del combustible, en función del tiempo, a medida que se consume durante el viaje.

**El fuselaje** de un avión es el cuerpo principal de su estructura. Como funciones principales tiene las de alojar a la tripulación, los pasajeros y/o la carga, a la vez que sirve de soporte o alojamiento para los diferentes sistemas y estructuras que conforman la aeronave. Su nombre viene del francés *fuselé* que significa "ahusado". Un buen fuselaje debe ofrecer la menor resistencia aerodinámica. Entre los más comunes podemos encontrar los de sección circular, elíptica u oval, y de forma alargada y ahusada.

**El empenaje** es la superficie situada en la parte posterior del avión, que conforma su cola. Tenemos dos tipos, el vertical y el horizontal, que además de contener a los estabilizadores, ubican a las superficies móviles de control primario del avión: el timón de dirección (controla la guiñada del avión) y el de profundidad (produce el cabeceo del avión), respectivamente.

## 2. Concepto de tren de aterrizaje seleccionado.

La posición y el diseño de un tren de aterrizaje están establecidos por las características particulares de cada avión, en lo que hace, por ejemplo, a la geometría, el peso y el uso que se le va a dar. Conocidos el peso y el rango de variación del centro de gravedad, existen varias posibilidades de configuración que, además, deben ser acordes a la estructura del espacio aéreo, a las características de flotación y a los requisitos de operación.

Las características esenciales -como, por ejemplo, la medida de las cámaras y de las ruedas, los frenos, el mecanismo de absorción de choque o amortiguador- deben decidirse antes de que el proyecto de diseño del avión pase de su etapa de formulación. Pasada esta fase, resultaría muy difícil y aún imposible cambiar el diseño.

Los factores fundamentales a tener en consideración durante el diseño de un avión pueden incluir: el ángulo de cabeceo y de roldo durante el despegue y el aterrizaje, la estabilidad en el aterrizaje y

durante el carreteo, las cualidades de frenado y direccionamiento, la longitud del tren, los dispositivos accesorios del tren de aterrizaje, el radio de giro del avión y la dirección de la línea central de carreteo. Todos estos aspectos deben ser tenidos en cuenta a la hora de decidir la ubicación del tren.

El **roldo** -del inglés *roll*- también se denomina alabeo; es el giro alrededor del eje longitudinal del avión -esto es, del eje que va desde la nariz hasta la cola-. Se produce cuando un ala se levanta y la otra desciende.

**2.1. Configuración del tren de aterrizaje.** El tren tipo triciclo con rueda de nariz es la configuración más adoptada para los transportes de pasajeros. Éste mantiene el fuselaje nivelado y, en consecuencia, el piso de la cabina cuando el avión está en tierra. La característica más atractiva de este tipo de configuración es la de poseer la mejor estabilidad durante el frenado y las maniobras en tierra.



Dado que, a través de nuestro modelo, nos propusimos, fundamentalmente, comprobar la secuencia y modo de funcionamiento del tren en sus operaciones de extensión y retracción, no hemos dispuesto en él los frenos -si bien, más adelante, nos referimos a éstos-



En condiciones normales de aterrizaje, la ubicación relativa del conjunto principal al centro de gravedad del avión produce un momento de cabeceo (nariz abajo) en el momento del toque del aterrizaje. Este momento ayuda a reducir el ángulo de ataque del avión y, de esta forma, la sustentación generada por el ala. Además, las fuerzas de frenado -que actúan detrás del centro de gravedad del avión- tienen un efecto estabilizador, permitiéndole al piloto efectuar un aprovechamiento total o completo de los frenos. Todos estos aspectos contribuyen a un menor requerimiento en cuanto a la longitud de pista necesaria para aterrizar y para detener el avión.

El diseño preliminar de la rueda de nariz del tren tipo triciclo está limitado por la ubicación del tren principal. Con el incesante aumento del peso de despegue de los aviones, el número de "patas" del tren principal ha aumentado desde 2 hasta 4, de modo

tal de facilitar la disposición de la cantidad de ruedas requeridas para distribuir el peso en una superficie mayor. Sin embargo, existen pocos lugares donde puede llegar a ubicarse el tren principal debido, principalmente, a aspectos concernientes a la estabilidad y a la funcionalidad del avión.

Esto representará un gran inconveniente en el diseño de futuras aeronaves más grandes, en las cuales deberá aumentarse no sólo la cantidad de ruedas sino, también, los soportes requeridos para éstas, a los efectos de aliviar la distribución del peso sobre el pavimento.

**2.2. Ubicación del tren de aterrizaje.** La disposición del tren de aterrizaje se basa, principalmente, en consideraciones referidas a la estabilidad durante el carreteo, el despegue y el aterrizaje; esto es, no debe existir el riesgo de que el avión se desestabilice hacia uno de sus lados, una vez que tocó el suelo.

**a. Ángulos de cabeceo y roldo durante el despegue y el aterrizaje.** El ángulo de cabeceo ( $\theta$ ) en el despegue y en el aterrizaje debe ser igual o mayor a los requisitos impuestos por las características de vuelo o actuación. Una limitación geométrica del ángulo de cabeceo va en detrimento de la velocidad de despegue y, por consiguiente, de la longitud de pista requerida para tal maniobra.

De manera similar, una limitación geométrica en el ángulo de roldo ( $\phi$ ) puede llegar a ser un límite de operación no deseable durante un aterrizaje con condición de viento cruzado.

Estos ángulos están relacionados entre sí y dependen -para las condiciones de despegue

y aterrizaje- de la altura del tren principal, de la envergadura y de la distancia entre ruedas (trocha), entre otros factores.

Dado que la mayoría de los datos aerodinámicos no son conocidos en la etapa de diseño conceptual, se toma como valor de  $\theta_{LOF}^2$  entre 12 y 15°. Este valor surge de considerar que, en la mayoría de los aviones, la parte posterior del fuselaje se diseña de modo tal que el avión no pueda girar un ángulo mayor a éste, evitando que toque el suelo.

En el momento del aterrizaje, el avión se encuentra con los flaps<sup>3</sup> completamente deflectados y el ángulo de ataque crítico del ala es menor que durante el despegue. Por lo tanto, el ángulo de rolido durante el aterrizaje es, generalmente, menor. De no existir mayores datos, el ángulo de rolido para el aterrizaje se considera igual al de rotación; esto es:

$$\theta_{TD} = \theta_{LOF}$$

En el momento del toque de la pista y durante el carreteo, la estabilidad estática del avión se determina examinando la ubicación de las fuerzas aplicadas y del triángulo formado entre el tren de nariz y el tren principal. Cuando la resultante de las fuerzas del aire y de la masa cruza a la tierra en un punto fuera de este triángulo, el suelo no será capaz de ejercer la fuerza de reacción suficiente para evitar la caída del avión. Como resultado de esto, el avión se inclinará hacia el lado

del triángulo más cercano al punto de intersección de la fuerza resultante con el piso.

Si asumimos, en primer lugar, que la ubicación del tren de nariz es fijo, el límite inferior de la distancia entre ruedas del tren principal queda definido por la línea que pasa por el centro del conjunto de nariz y la línea tangencial a un círculo de radio 0,54 veces la altura del centro de gravedad del avión -hcg- desde el piso, centrado en la ubicación más adelantada del centro de gravedad. Esta constante de 0,54 está basada en consideraciones de inestabilidad estática y dinámica en el toque y durante el carreteo.

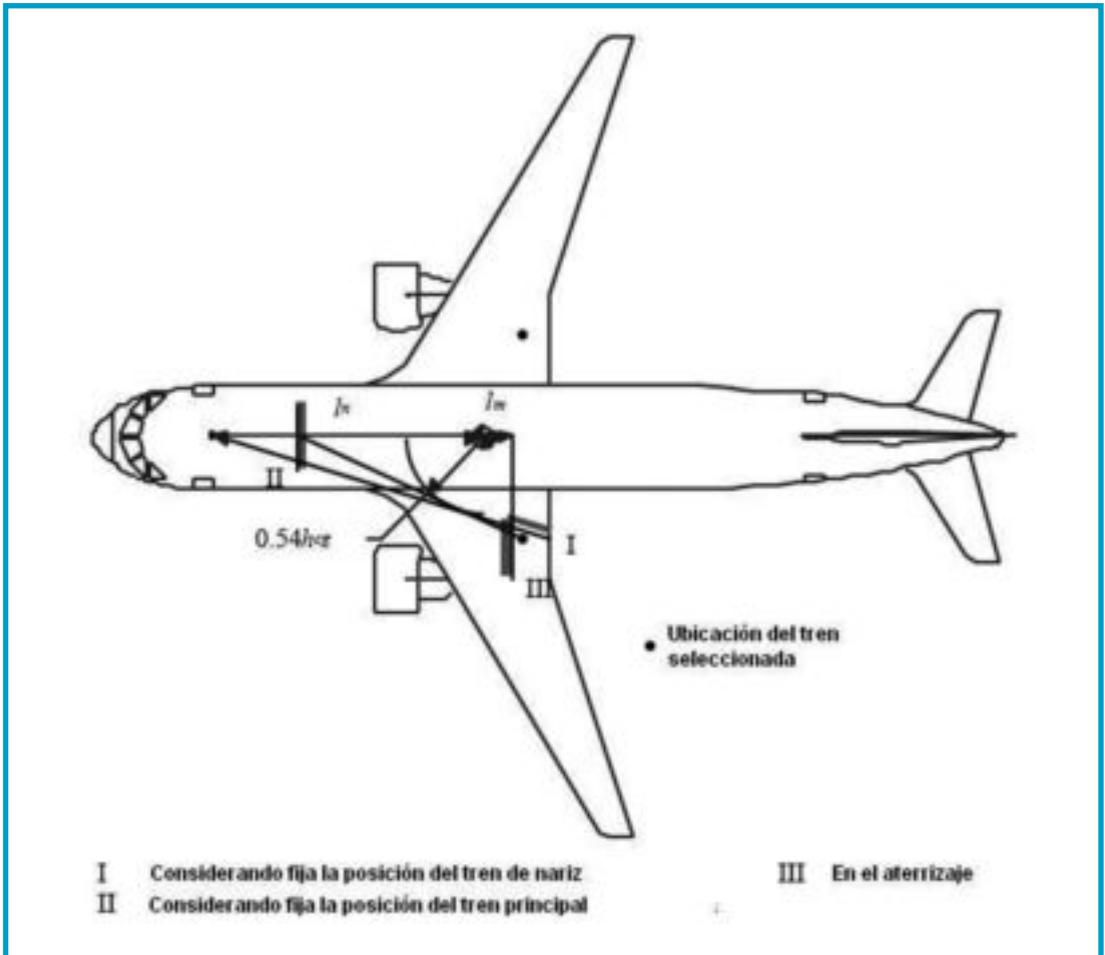
De modo inverso, si consideramos fija la ubicación del grupo principal, la ubicación más retrasada del conjunto de nariz queda definida por la intersección de la línea central del avión con la línea que pasa por el tren principal y que es tangencial a un círculo de radio 0,54 veces la altura del centro de gravedad.

Debe haber una distancia determinada entre la nariz y el tren principal, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal de una aeronave, de modo tal que ésta no corra riesgos de inclinarse o girar hacia un lado, dentro de todo el rango de variaciones posibles del centro de gravedad. También influye la distribución del peso del avión. Esta distribución está relacionada con las distancias del centro de gravedad al tren de nariz y al conjunto de tren principal. Se toma como referencia que el tren principal debe ser capaz de sostener o mantener entre un 85 y un 92 % del peso máximo de despegue del avión -MTOW; *Maximum Take Off Weight*-, para garantizar el frenado del avión en una determinada longitud de pista.

<sup>2</sup> LOF: *Lift Off*; despegue.

TD: *Touch Down*; aterrizaje.

<sup>3</sup> Flaps: Partes móviles del perfil principal del ala que, al moverse respecto de él, varían la curvatura, aumentándola y consiguiendo, entre otras cosas, un aumento del coeficiente máximo de sustentación.



*Límites para la disposición del tren, basados en consideraciones de estabilidad (Landing Gear Integration in Aircraft Conceptual Design. Sonny Chai and William Mason. [www.aoe.vt.edu/~mason/Mason\\_fm96SC.html](http://www.aoe.vt.edu/~mason/Mason_fm96SC.html))*

Esto nos dará, en consecuencia, la ubicación posible del tren principal y el posicionamiento del de nariz.

Durante el toque de pista, la condición más desfavorable sería un aterrizaje con una ubicación del centro de gravedad en su posición más retrasada, que puede llegar a conducir a una inclinación excesiva y al roce de la cola.

Suponiendo que no existen fuerzas contrarias -por ejemplo, una carga que la haga girar hacia arriba-, se necesitará una fuerza vertical que actúe a una cierta distancia detrás del centro de gravedad del avión para producir un momento que gire la nariz hacia abajo. De esta forma, la compensación mínima requerida entre la posición más retrasada del centro de gravedad y la ubicación del

conjunto principal -identificada como punto III en la figura-, se determinará usando la siguiente expresión:

$$l_m \geq (h_{cg} + e_s) \tan \theta_{TD}$$

Donde:

- $e_s$  es la deflexión estática total del parante del amortiguador y la rueda.
- $\theta_{TD}$  es el ángulo de cabeceo en el toque.

Note que la distancia compensada depende del valor del ángulo de cabeceo, cuyo valor es similar al ángulo de cabeceo en la rotación; esto es, entre 12 y 15°.

Para un avión de pasajeros de ala baja, la  $h_{cg}$  puede aproximarse, asumiendo una carga completa de pasajeros y sin combustible en el ala. Esto, generalmente, da como resultado una posición vertical del centro de gravedad en la cabina principal de pasajeros.

**b. Ángulo de ladeo.** Las fuerzas laterales que actúan sobre el avión durante una condición

de aterrizaje con viento cruzado o un giro a alta velocidad durante el carreteo, pueden ocasionar que el avión se incline hacia un costado. De modo tal que sería deseable mantener el **ángulo de ladeo** ( $\psi$ ) tan bajo como sea posible. Este ángulo se determina utilizando la expresión:

$$\tan \psi = h_{cg} \div l_n \text{ sen} \delta$$

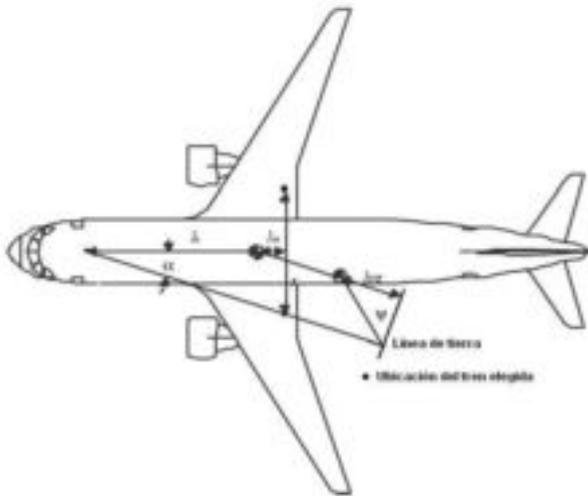
Donde:

$$\tan \delta = t \div 2 (l_m + l_n)$$

Aquí:

- $\delta$  se define como el ángulo entre la línea central del avión y la línea que conecta el centro de los conjuntos de tren de nariz con el tren principal.

El límite inferior para la huella del tren principal estaría, entonces, determinado por la condición que resulte más crítica entre el ángulo máximo permisible de ladeo (considerado, generalmente, de 63°), o bien las consideraciones de estabilidad durante el carreteo, despegue y aterrizaje.



*Cálculo del ángulo de ladeo (Landing Gear Integration in Aircraft Conceptual Design. Sonny Chai and William Mason. [www.aoe.vt.edu/~mason/M96SC.html](http://www.aoe.vt.edu/~mason/M96SC.html))*

**3. Consideraciones referidas al direccionamiento y al frenado.** El conjunto de nariz debe ubicarse lo más adelante posible, para maximizar las condiciones de flotación y de estabilidad del avión. Sin embargo, debería mantenerse un balance adecuado en términos de distribución de carga entre el conjunto de nariz y el tren principal. Cuando la carga en la rueda de nariz es menor que el 8 % del peso máximo de despegue -MTOW-, se vuelve muy difícil el control en tierra, particularmente con condición de viento cruzado. Este valor también permite aumentar el largo del fuselaje en aviones más grandes.

Por otra parte, cuando la carga estática en la rueda de nariz excede alrededor del 15 % del MTOW, se deteriora la calidad del frenado o de los frenos, la carga dinámica en el conjunto de nariz resulta excesiva y se requiere un mayor esfuerzo para la dirección.

**4. Longitud del tren.** La longitud del montante del tren debe de ser lo suficientemente grande como para mantener un adecuado espacio libre entre la pista y cualquier otra parte del avión -por ejemplo, las punteras de ala, las barquillas del motor, etc.-. Una de las situaciones más críticas en este aspecto se da en aquellos aviones de ala baja con motores montados debajo de las alas; esto influye sobremanera en el ángulo de roldo permisible en el aterrizaje. El mínimo absoluto permitido (FAR<sup>4</sup> parte 25 es de 7 pulgadas (17.78 cm) entre el suelo y los propulsores. En el Boeing 737-300, -400 y -500, esta distancia es de 15 pulgadas (38.1 cm). En cuan-

to a la longitud de la "pata" de la rueda de nariz, ésta se basa, generalmente, en los requisitos que establecen que el fuselaje debe estar horizontal o levemente inclinado nariz abajo, cuando el avión está en tierra.

La construcción de aeronaves más grandes y pesadas trae aparejados nuevos aspectos a tener en consideración a la hora de decidir las dimensiones y la disposición de las ruedas del tren de aterrizaje, ya que resultaría demasiado costoso redimensionar y/o reforzar las pistas de aterrizaje actuales. La resistencia del pavimento, las variaciones o degradación de éste -dependiendo del lugar de aterrizaje-, el largo, ancho y la geometría de las pistas son factores determinantes. Por ejemplo, considerando estos dos últimos, si la separación entre las "patas" del tren principal fuera muy grande, podría llegar a ocurrir que, ante un giro de 180° durante el carreteo de un avión, una de las ruedas quedara fuera de la pista.



El tren que está representado en nuestro modelo, corresponde a un avión de bajo porte; por lo tanto, estas consideraciones no son aplicables.



## b. Los neumáticos

**Cráterios respecto de los neumáticos**

- ▶ **1. Tipo, medida y presión de inflado de las ruedas**
  - ▶ 1.1. Tipos constructivos de neumáticos
  - ▶ 1.2. Medida del neumático
  - ▶ 1.3. Presión de inflado
- ▶ **2. Diseño de las ruedas**

<sup>4</sup> FAR -Federal Aviation Regulation- Constituyen las reglas o normas norteamericanas que regulan la aviación comercial. Las normas argentinas son DNAR y las europeas JAR.

La cantidad de neumáticos requeridos para una aeronave determinada depende, en gran medida, de las características de flotación. Asumiendo que se conocen la cantidad y el patrón de distribución de los neumáticos, debe seleccionarse el tipo de neumáticos, el peso y la medida de las ruedas, y los frenos.

De los catálogos de los fabricantes se pueden adoptar, según los criterios de selección, las medidas mínimas, el peso y la presión de los neumáticos, así como también las correspondientes ruedas. En cuanto al dimensionamiento de los frenos, generalmente se utilizan datos estadísticos.

Los neumáticos se inflan con nitrógeno.

**1. Tipo, medida y presión de inflado de las ruedas.** El proceso de selección de un neumático involucra listar todos aquellos "candidatos" que cumplan con los requerimientos de funcionalidad. La primera consideración es la capacidad de transporte de carga del neumático durante el régimen de velocidad aplicable, normalmente, en los ciclos de despegue y aterrizaje.

Además, la cantidad de capas o telas, y el tipo de construcción -que determinan el peso del neumático y su vida útil- son aspectos importantes desde el punto de vista económico. Otras consideraciones incluyen la presión de inflado y la medida de la rueda. La primera debe elegirse de acuerdo con la capacidad de soporte del campo aéreo en el cual la aeronave deba operar, mientras que la segunda debe tener la suficiente capacidad para alojar el conjunto de freno.

**1.1. Tipos constructivos de neumáticos.** Los neumáticos radiales tienen una gran y creciente aceptación casi desde su introducción en el mercado aéreo. En un principio, la desconfianza en este tipo de neumáticos estaba basada en la compatibilidad con neumáticos convencionales y en la posibilidad de recaparlos. La combinación entre neumáticos radiales y convencionales -o, más aún, entre radiales de construcción diferente-, a veces no es conveniente y depende de la distribución de la carga.

Lo importante de un neumático no es cuántos recapados pueda soportar -ya que esto implica que deba ser retirado repetidas veces para efectuarle dicho proceso, resultando en un perjuicio para las aerolíneas; además, estaría denotando un neumático de bajo rendimiento en lo que respecta al desgaste de su dibujo- sino en la forma de prolongar el promedio de vida útil de la carcasa.

En los radiales, los esfuerzos de corte de la matriz de goma se han reducido y las cargas son distribuidas eficientemente en toda la rueda. Aún cuando se utilizara en las radiales el mismo material básico que se usa en las convencionales, la cantidad de material requerido para una misma aplicación se vería reducido. Como resultado de esto se consigue un ahorro de peso de hasta el 20 %. Además, el menor deslizamiento (o la mayor adherencia) entre el neumático y la superficie de contacto, y el casi óptimo ajuste de la banda de rigidez que conlleva una construcción radial, contribuyen a mejorar la actuación del neumático.

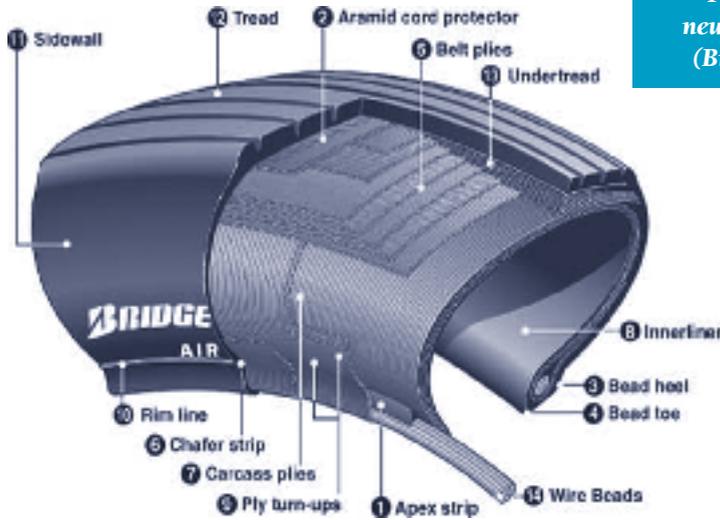
En la realidad, los neumáticos radiales soportan hasta el doble de aterrizajes por pisada que los convencionales.

También se ha demostrado que soportan mejor las sobrecargas y toleran mejor el inflado en exceso. Un incremento de, aproximadamente, un 10 % del área de pisada mejora las características de flotación y reduce la posibilidad de hidroplaneo sobre superficies mojadas. Tampoco fallan tan a menudo como lo hacen

los convencionales.

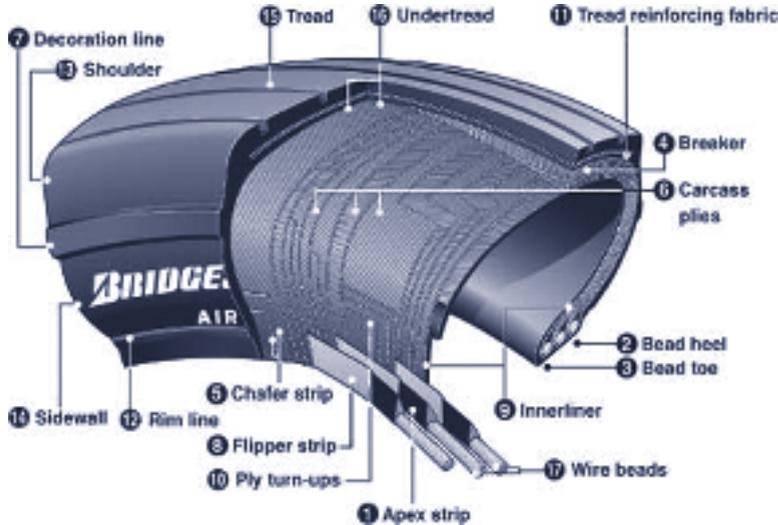
El neumático convencional tiene el trenzado de lonas de la carcasa al bias, con orientaciones distintas. En el radial, la carcasa está trenzada con cuerdas radiales, formando una especie de herradura, desde un talón hasta el opuesto.

### Partes de un neumático radial (Bridgestone®)



1. **Apex Strip:** Pieza triangular de caucho rígido que se fija en el centro del talón y que acompaña la reducción de la rigidez desde el talón hacia la zona de mayor flexibilidad del flanco del neumático.
2. **Aramid cord protector:** El neumático se construye con una capa de aramida insertada entre la banda de rodamiento y la parte superior del cinturón, para evitar que éste se dañe.
3. **Bead heel:** Eje exterior del talón.
4. **Bead toe:** Eje interior del talón.
5. **Belt plies:** Conjunto de telas y/o alambre utilizados para reforzar la banda de rodamiento de un neumático. En neumáticos radiales, también limita al diámetro exterior contra la presión de inflado y la fuerza centrífuga.
6. **Chafer strip:** Material revestido de caucho resistente a la abrasión, que ayuda a impedir que la llanta dañe o desgaste los talones.
7. **Carcass plies:** Capas de telas con una estructura revestida en caucho, que forman el cuerpo de cordones radiales de un neumático y que cruzan de talón a talón. Provee una rigidez adicional a los flancos del neumático.
8. **Innerliner:** Capas de caucho de baja permeabilidad que se laminan en el interior de un neumático sin cámara para asegurar la retención de aire.
9. **Ply turn-ups:** Extremos doblados de las telas alrededor del talón. Otras telas terminan en el lugar.
10. **Rim line:** Una línea ubicada cerca del talón, que permite visualizar el calce entre el neumático y la llanta.
11. **Sidewalk:** Banda lateral o flanco del neumático, entre el hombro de la banda de rodamiento y el talón de la llanta. Compuesta de caucho que protege al casco de posibles daños.
12. **Tread:** Banda de rodamiento; esto es, la parte de un neumático en contacto con la superficie del piso.
13. **Undertread:** Capa de caucho ubicada debajo de la banda de rodamiento y que se conserva en el recapado del neumático. Provee la adhesión de la banda de rodamiento con el casco del neumático. Debería ser lo suficientemente gruesa como para permitir una mayor cantidad de recapados.
14. **Wire beads:** Dos conjuntos de alambres (uno en cada talón) que ayudan a mantener la forma del neumático y lo aseguran a la llanta.

Partes de un neumático convencional (Bridgestone®)



1. **Apex Strip:** Pieza triangular de caucho rígido que se fija en el centro del talón y que acompaña la reducción de la rigidez desde el talón hacia la zona de mayor flexibilidad del flanco del neumático.
2. **Bead heel:** Eje exterior del talón.
3. **Bead toe:** Eje interior del talón.
4. **Breaker:** Capas ubicadas directamente por encima de las telas, debajo del caucho de la banda de rodamiento. Dispersan el esfuerzo por todo el neumático. No son muy utilizadas en los neumáticos de aviación.
5. **Chafer strip:** Refuerza los talones y protege a los cordones de telas de la fricción con la llanta, o del daño cuando se reemplaza la llanta.
6. **Carcass plies:** Cada una de las telas de nylon se sujeta al neumático por cables para mantener el esfuerzo de tensión en un nivel adecuado; éstas se doblan hacia la banda lateral. Las telas están dotadas con caucho que sirve de amortiguador y que permite reducir el esfuerzo de corte producido entre los cordones del neumático cuando éste se deforma. En los neumáticos convencionales, la carcasa o casco está formada por cordones múltiples de nylon revestido, dispuestos en forma diagonal y cruzados entre sí.
7. **Decoration line:** Línea en relieve, sobresaliente, diseñada entre el hombro y la banda lateral. Es solamente decorativa.
8. **Flipper strip:** Tira de material que envuelve a todo el talón para aportarle solidez y que acompaña el estrechamiento hacia la banda lateral.
9. **Innerliner:** Capas de caucho especial que se laminan en el interior de un neumático sin cámara para asegurar la retención de aire.
10. **Ply turn-ups:** Extremos doblados de las telas alrededor del talón. Otras telas terminan en el lugar.
11. **Tread reinforcing fabric:** Cordones de nylon ubicados en la banda de rodamiento entre el surco y la tela exterior del casco; reducen la torsión y aumentan la velocidad para altas velocidades.
12. **Rim line:** Línea ubicada cerca del talón que permite visualizar el calce entre el neumático y la llanta.
13. **Shoulder:** Bordes exteriores de la banda de rodamiento del neumático, desde ésta hasta la banda lateral.
14. **Sidewall:** Banda lateral o flanco del neumático, entre el hombro de la banda de rodamiento y el talón de la llanta. Compuestas de caucho, protegen al casco de posibles daños.
15. **Tread:** Capa de caucho en la circunferencia exterior de un neumático. Sus principales funciones son las de proteger contra cortes, soportar las altas velocidades durante el despegue y el aterrizaje, proveer tracción, resistir el uso, garantizar durabilidad bajo condiciones extremas de temperaturas y asegurar la estabilidad (en particular, descargar el agua en pistas mojadas).
16. **Undertread:** Es una capa de caucho, ubicada debajo de la banda de rodamiento, que se conserva en el recapado del neumático. Provee la adhesión de la banda de rodamiento con el casco del neumático. Debería ser lo suficientemente gruesa como para permitir una mayor cantidad de recapados.
17. **Wire beads:** Alambres de acero cubiertos de caucho que ayudan a mantener la forma del neumático y lo aseguran a la llanta.

En sí, una cubierta es un conjunto fundido de caucho sintético (elaborado en laboratorios, partiendo de un subproducto del petróleo), y varias capas de telas de nylon o rayón sintético. Algunas cubiertas pueden llegar a tener una malla de acero flexible. Todos estos elementos intervienen en la resistencia. Existe una relación entre la cantidad de telas, y el peso y la velocidad del avión en el aterrizaje.

En una cubierta podemos distinguir cuatro partes fundamentales:

**Talón.** Es la parte más resistente; está constituido por uno o más alambres de acero embebidos en pliegos de caucho y capas de nylon (lonas). Estos alambres evitan la deformación del talón y permiten un perfecto ajuste con el neumático, a presión, en las pestañas de la llanta de la rueda. En los radiales tiene un anillo y tres en los convencionales.. Para el caso de cubiertas sin cámara, la pestaña es alta y casi a 90°. El talón sufre el calor de la frenada.

**Carcasa.** Está formada por capas sucesivas de nylon o rayón revestidas de caucho, que reciben el nombre de lonas; éstas se cortan en trozos y se orientan al bias, a distintos ángulos. Hay neumáticos con cámara y sin ella. La superficie interior de estos últimos es caucho natural, material menos permeable que la mezcla empleada en los neumáticos con cámara. Se prevén pequeños orificios para escape del aire y para impedir la formación de ampollas.

**Banda de rodadura:** Está fabricada en caucho y es la zona del neumático en contacto con el pavimento, por lo que sufre el desgaste. Está

provista de ranuras u hoyuelos en forma de dibujo.

- Si se desgasta por los lados, significa que la rueda está floja.
- Si se desgasta por el centro es que tiene demasiada presión.

**Flancos:** Son las partes laterales. Las grandes deformaciones elásticas de los neumáticos de aviación se producen justamente, en los flancos. El aplastamiento del flanco produce calor y todo daño en él demanda un cambio de neumático.

Los neumáticos para aviación se clasifican por su medida, estructura, índice de capas o lonas, patrón de pisada o dibujo, así como también por la presión de inflado y el perfil de la cubierta.

Algunos de los tipos más comunes son los siguientes:

- **Tipo I:** De contornos suaves.
- **Tipo III:** De alta presión; generalmente, utilizados para aviones con motor de émbolo, se identifican por el ancho de la sección (W) y el diámetro del asiento del talón de la llanta. La sección de este neumático es grande, en comparación con el diámetro de la cubierta; de esta forma, se consigue mejorar las características de amortiguación y flotación obtenidas a baja presión.
- **Tipo VII:** De presión extra-alta. Se utiliza, generalmente, en los aviones jet o turbo-propulsados actuales. Se caracteriza por su forma transversal convencional y por sus altas capacidades de carga.

- **Tipo Three Part.** Todas las medidas creadas recientemente se clasifican como *Three Part Type*. Este grupo está diseñado para reunir requisitos operacionales tales como altas velocidades de carreteo u operaciones con sobrecargas.
- **Medidas métricas -Metric Sizes-:** Sus características coinciden con las del tipo *Three Part Type* excepto que, en éstas, las medidas están expresadas en milímetros.

Con respecto a su diseño, podemos encontrar las siguientes variantes:

- La mayoría de los neumáticos de aviación radiales y los convencionales de nueva generación utilizan el **diseño de costilla central** -CB; *Center Rib*-. Éste consiste en costillas ubicadas en la circunferencia del neumático y se caracteriza por su excelente resistencia al desgaste, por un mejor frenado y, además, por su estabilidad direccional.
- Todas las cubiertas pueden traer la denominación "Chine" o de *aleta deflectora*. Este diseño fue desarrollado para aviones con motores en la parte posterior y se refiere a una saliente o nervio en su

banda de rodamiento, la que desvía el agua, volviéndola a la pista; así, evita que sea "ingerida" por las turbinas del avión. Esta aleta puede encontrarse a uno o ambos lados de la banda.



**Diseño de neumático radial (Bridgestone®)**



**Diseño de neumático de costilla central (Bridgestone®)**



**Diseño de neumáticos de simple y doble aleta deflectora (Michelin®)**

Independientemente del tipo de cubierta, los neumáticos se identifican por una serie de números. Observemos la siguiente tabla:

Medida de las cubiertas					
	Diámetro total nominal	Ancho nominal de la sección	Código de construcción	Diámetro nominal de la llanta	Índice de telas (PR)
Tipo III		12.50	----	16	12 PR
Tipo VII	49	17	----		32 PR
<i>Three Part</i>	52	20.5	----	23	30 PR
Métrica	1050	395	R	16	28 PR

**Notas:**

- Tanto en el Tipo III como en el Tipo VII y en el *Three Part*, las medidas están dadas en pulgadas.
- PR -*Ply Rating*-. Identifica la carga máxima que puede soportar la cubierta, bajo condiciones específicas. Es, también, un indicador de la resistencia o solidez de la cubierta, y no indica el número real de capas o telas.
- R: Construcción radial.

Damos a continuación algunos ejemplos acerca de las características (según datos de la empresa Bridgestone®) de los neumáticos utilizados en aviones de transporte:

Fabricante	Modelo	Carga (Lb)	Presión (Psi)	Velocidad (MHP)	Tren principal		Tren principal	
					Medida del neumático	Índice de telas (PR)	Medida del neumático	Índice de telas (PR)
Boeing	B747-200	46700/50400	195	225	49 x 17	30/32	49 x 17	30/32
Airbus	A310-200/300	41800/44800	210/225	225	46 x 16	28/30	40 x 14	22/24
		46700/50400	195	225	49 x 17	30/32		
		46000	222	225	46 x 17R20	30		

De acuerdo con su designación, cada tipo de cubierta posee su correspondiente presión máxima de inflado-tomado este valor a temperatura ambiente, entre 15 °C y 21 °C- que debe ser estrictamente respetado y controlado periódicamente, puesto que el mayor número de reventones en las cubiertas es originado por la disminución de la presión de inflado producida a causa de la elevación de la temperatura por trabajo mecánico entre la tela y el caucho. Esto origina el "despegado" del conjunto, la pérdida de resistencia y, consecuentemente, la explosión. La presión de inflado indicada en las tablas es para neumáticos sin carga (esto es, aquellos que no han sido montados en la aeronave). Cuando están bajo carga, la presión del neumático aumenta en, aproximadamente, un 4 %, como resultado de la reducción del volumen de la cámara de gas debido a la deflexión de la rueda.

La presión de inflado se mide cuando el neumático está frío.

Consideremos un ejemplo del ajuste de presión en diferentes condiciones de carga: Supongamos un neumático que posee una capacidad de carga estática máxima de 43200 libras y una presión máxima de inflado de 180 psi. Esta presión de inflado corresponde al neumático sin carga; bajo carga máxima, la presión aumentaría en un 4 %; por lo tanto, tendríamos  $180 \cdot 1.04 = 187$  psi.

Si la carga estática fuera de 40000 libras, tendríamos que realizar el siguiente cálculo:

Presión de inflado sin carga:

$$40000 / (43200 \cdot 180) = 167 \text{ psi}$$

Presión de inflado cargado:

$$40000 / (43200 \cdot 180 \cdot 1.04) = 173 \text{ psi}$$

A menos que se especifique lo contrario, un neumático debe ser capaz de soportar al menos 4 veces la presión de inflado máxima por un período de 3 segundos.

Para visualizar el deslizamiento de la cubierta por la baja presión, se practican marcas visibles entre el talón y la masa. Si el avión tiene que mantenerse estacionado por largos períodos, se debe cambiar la posición del neumático, para evitar que el peso apoye siempre sobre la misma área de la cubierta y la deforme; también debe controlarse la presión de inflado.

Cada cubierta lleva un número de serie único e identificatorio, que sirve para controlar su vida útil o bien la cantidad de recapados realizados.

**1.2. Medida del neumático.** La medida del neumático está en relación directa con el peso que éste deba soportar. Para el caso de las ruedas del tren principal, se toman en cuenta las cargas estáticas. La carga total en el tren principal se calcula considerando que el avión está carreteando a baja velocidad sin la aplicación de los frenos, según la siguiente ecuación:

$$F_m = I_n \cdot W \div (I_m + I_n)$$

Donde:

- W es el peso del avión.
- $I_m$  y  $I_n$  son las distancias tomadas desde el centro de gravedad del avión al tren principal y al de nariz, respectivamente.

Para el cálculo, se toma el peso máximo en el despegue y el centro de gravedad en su posición más retrasada.

Para configuraciones de eje único, la carga total en cada montante se divide por la cantidad de ruedas; mientras que, para configuraciones en tándem, la carga en cada rueda

depende de la ubicación del punto de pivote: para reducir sobrecargas de las ruedas delanteras durante el frenado, el pivote se ubica, generalmente, de modo tal que la distancia entre él y los ejes de las ruedas traseras y delanteras esté en alrededor del 45 y el 55 % de la viga de unión de ambos, respectivamente.

Para los neumáticos de la rueda de nariz, se considera la carga sobre la rueda de nariz ( $F_n$ ) durante la máxima sollicitación de frenado. Se calcula bajo una desaceleración constante, según:

$$F_n = \frac{I_m}{I_m + I_n} (W-L) + \frac{hcg}{I_m + I_n} \left[ \frac{ax}{g} W - D + T \right]$$

Donde:

- L es la sustentación.
- D es la resistencia.
- T es el empuje.
- hcg es la altura del centro de gravedad del avión desde la línea del suelo.

Los valores típicos para  $ax/g$  sobre cemento seco varían desde 0,3 -para un sistema de frenos simple- hasta 0,45 -para un sistema de control de presión de frenado automático-.

Como tanto D como L son positivos, la carga máxima del tren de nariz ocurre a baja velocidad. El empuje inverso disminuye la carga del tren de nariz, de aquí que este valor sea máximo para  $T = 0$ ; esto es:

$$F_n = \frac{I_m + hcg (ax / g)}{I_m + I_n} W$$

Las condiciones tenidas en cuenta para el diseño son: MTOW con el centro de gravedad en su posición límite delantera.

Para asegurarse que las cargas estimadas no excedan las condiciones estáticas y de frenado, se toma un factor de seguridad del 7 % en el cálculo de las cargas aplicadas. Además, para evitar costosos rediseños -ya que el peso del avión varía durante esta etapa- y para compensar futuros aumentos de peso debido a las posibilidades de aumentar el tamaño del avión, las cargas calculadas se incrementan, aún, en otro 25 % antes de la selección del neumático.

**1.3. Presión de inflado.** Si consideramos que el peso de la rueda y la configuración del tren de aterrizaje son invariables, el peso y el volumen del neumático disminuirán con un incremento en la presión de inflado. Desde el punto de partida de la flotación, una disminución en el área de contacto del neumático inducirá un esfuerzo mayor en el pavimento, eliminando, de esta forma, ciertos aeropuertos como base de operación del avión; es decir, la capacidad de absorción de carga de la pista impondrá un límite a la presión de inflado.

Los frenos también serán menos efectivos debido a la reducción de la fuerza de fricción entre el neumático y el suelo. En otras palabras, el área de contacto de los neumáticos con la pista es inversamente proporcional a la presión de inflado, haciendo que el frenado se haga más dificultoso si se utiliza una elevada presión de inflado.

Además, un menor tamaño de neumático y, en consecuencia, del tamaño de la rueda,

podría ser un inconveniente si los frenos internos deben fijarse dentro de las llantas de la rueda.

En el caso de operación con pista mojada y teniendo los neumáticos de perfil adecuado, la velocidad de *acquaplaning* o hidroplaneo dependerá, fundamentalmente, de la presión de inflado.

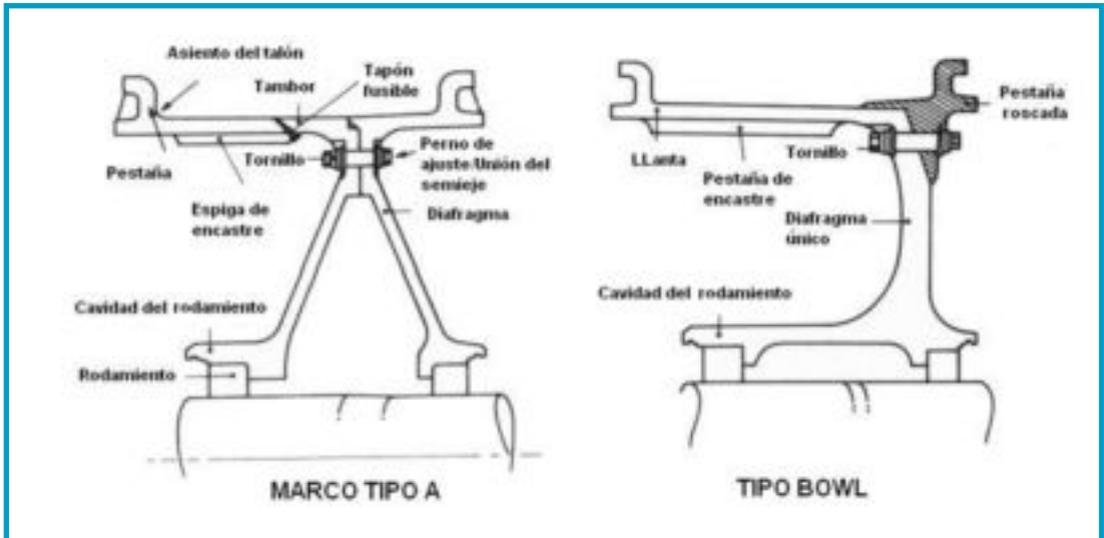
Las razones expuestas en contra de las altas presiones de inflado son de tal magnitud que los operadores comerciales prefieren, generalmente, presiones menores, para maximizar la vida útil del neumático y para minimizar los esfuerzos de las pistas.

**2. Diseño de las ruedas.** Está principalmente influenciado por la necesidad de acomodar el neumático seleccionado, resultar lo suficientemente grande como para alojar el freno y acompañar lo anteriormente expuesto con la máxima vida útil y el menor peso.

Tal como se muestra en la figura, actualmente se dispone de dos posibles configuraciones:

- con estructura tipo A *-A-frame-* y
- con estructura tipo cuenco o taza *-Bowl-type-*.

La primera es, estructuralmente, la más eficiente y, en consecuencia, la más liviana que puede encontrarse. Sin embargo, este diseño tiene un espacio limitado para el alojamiento del freno, si lo comparamos con el tipo Bowl. En consecuencia, a medida que las exigencias en cuanto a la energía de frenado aumentan con el peso de la aeronave y, por lo tanto, la medida del disco de freno requerido, podría ser necesario seleccionar el tipo Bowl, aunque éste sea más pesado.



### Configuración básica de la rueda

Hoy en día existe una gran preponderancia de las ruedas de aleaciones de aluminio forjado sobre las demás variantes. Las ruedas de acero son demasiado pesadas y las de aleaciones de magnesio -si bien poseen una mayor capacidad de disipación térmica- presentan serios problemas de corrosión.

En realidad, las más convenientes son las ruedas de titanio; pero, aún resultan demasiado caras. Esto se debe, en gran parte, al encarecimiento del proceso de forjado, que llega a ser entre 10 y 11 veces más costoso que aquel para aleaciones de aluminio. Además, en las piezas de titanio forjadas, todavía no se ha alcanzado la precisión lograda con los materiales de aluminio, haciendo necesario el mecanizado posterior de todas las superficies, para controlar el peso y obtener la forma deseada.

En la unión de las dos semimasas que conforman la rueda se coloca una junta sello o

pasta sellante, para permitir que se mantenga la hermeticidad del conjunto. Esta pasta sellante es resistente a las altas temperaturas.

Todas las masas de los aviones actuales poseen una válvula de alivio térmico, también llamado fusible térmico de ruedas, para evitar los reventones en las ruedas por el excesivo calor durante los aterrizajes continuos. Esta válvula tiene, generalmente, una goma o un tapón metálico el cual -al estar sometido a elevadas temperaturas- se derrite y es expulsado al exterior por la misma presión existente en el neumático, aliviando de esta forma las fuerzas internas a las que éste está sometido y evitando el estallido.



En nuestro modelo hemos utilizado ruedas de goma de 114 mm de diámetro, que son las que más se acercan a las reales y a la escala adoptada.



## c. Los frenos

### Criterios respecto de los frenos

1. Material de los discos de freno
2. Frenado automático
3. Sistema antideslizante

Además de su principal tarea que es la de frenar al avión, los frenos se utilizan para controlar la velocidad durante el carreteo, para dirigir al avión bajo acción diferencial, y para mantener al avión quieto (estacionario) cuando está estacionado o durante el arranque del motor.

El dispositivo de frenado de los aviones es similar al de los automóviles: Consta de un disco metálico acoplado a cada rueda que frena todo el conjunto, debido a la presión que ejercen unas pastillas de freno ubicadas en ambos lados del disco, las que son accionadas por un impulso hidráulico.

El sistema de frenos de los aviones tiene dos características especiales:

- sólo dispone de frenos en el tren principal, nunca en las ruedas directrices;
- cada rueda del tren principal (o conjunto de ruedas de un lado en trenes complejos) dispone de un sistema de frenado independiente.

El sistema general se alimenta del líquido contenido en un recipiente común; desde este depósito, unos conductos llevan el líquido a dos bombines (uno por sistema) situados en la parte superior de los pedales. Al presionar un pedal, el líquido contenido en el bombín de su lado es bombeado hacia la

rueda correspondiente; en la rueda, otro bombín recibe esta presión y empuja a las pastillas; éstas oprimen al disco metálico y frenan la rueda. Al presionar el otro pedal, sucede lo mismo con el sistema de ese lado; y, obviamente, al presionar los dos pedales se opera sobre ambos sistemas. Es notorio, pues, que cada pedal actúa sobre los frenos de su lado y que, para actuar sobre los frenos, debe pisarse la parte de arriba de los pedales.

Este sistema de frenos independientes supone una ayuda para dirigir a la aeronave en tierra; pues, aplicando freno a una u otra rueda, el piloto puede reforzar el giro de la rueda directriz.

Para mantener el avión frenado en el suelo, el sistema cuenta, además, con un freno de estacionamiento *-parking brake-* que actúa sobre ambas ruedas. El mando de este freno varía de un avión a otro: puede ser un mando de varilla que, teniendo los frenos pisados, los bloquea y se desactiva al volver a pisar los frenos (Cessna); puede ser una palanca que, al ser tirada, bloquea los frenos con un botón para mantenerla en posición de bloqueo (Piper); puede ser un dial que, al girarse hacia un lado, activa este freno y, hacia el otro, lo desactiva (Tobago); etc.

Como en todos los demás sistemas, un buen uso de los frenos mejora la efectividad y alarga la vida de este sistema. Por

ejemplo, en la carrera final del aterrizaje, conviene dejar que el avión pierda algo de velocidad antes de aplicar los frenos; y, al aplicarlos, hacerlo por emboladas.

**Embolada.** Cada uno de los movimientos de vaivén que hace el émbolo cuando está funcionando dentro del cilindro.

Además, hacer girar al avión sobre una rueda completamente frenada supone una tensión excesiva sobre las gomas de las ruedas.

**1. Material de los discos de freno.** A pesar de que los discos de freno son una parte significativa del peso total del tren de aterrizaje, hay un esfuerzo continuo para reducir su peso utilizando materiales avanzados, a partir de carbón.

Las características del acero y del carbón se comparan en la siguiente tabla. Según puede observarse en ella, el alto calor específico del carbón y su baja conductividad térmica lo hacen altamente deseable como absorbedor de calor. La primera de estas características nos proporciona una reducción del peso del conjunto de freno, mientras que la segunda asegura que la transferencia de calor a través del disco de freno ocurra más uniformemente y a una mayor velocidad. Además, el carbón retiene la mayor parte (o mucho) de su esfuerzo específico -definido como la relación entre la resistencia máxima a la tensión dividida por la densidad- a alta temperatura; en cambio, el acero pierde casi toda su resistencia.

Desde una mirada económica, la larga vida útil y los bajos requisitos de mantenimiento para los frenos de carbón demuestran otra ventaja sobre los de acero. Se ha estimado que los de carbón resisten, antes de su reemplazo, entre 5 y 6 veces más aterrizajes que los de acero y requerirían, por lo tanto, menos horas-hombre para su mantenimiento.

Sin embargo los frenos de carbón requieren de mayor volumen para absorber la misma cantidad de energía que los de acero. También pierden repentinamente la resistencia debido a la oxidación del carbón, sufren pérdidas temporarias de efecto de frenado debido a contaminación por la humedad y tienen un alto costo inicial. No obstante, estas desventajas son pequeñas comparadas con la funcionalidad y los aspectos económicos de los discos de freno de carbón.

Los frenos de carbón están compuestos, principalmente, de rotores y estatores forzados en conjunto para generar fricción, la cual es transformada en calor.

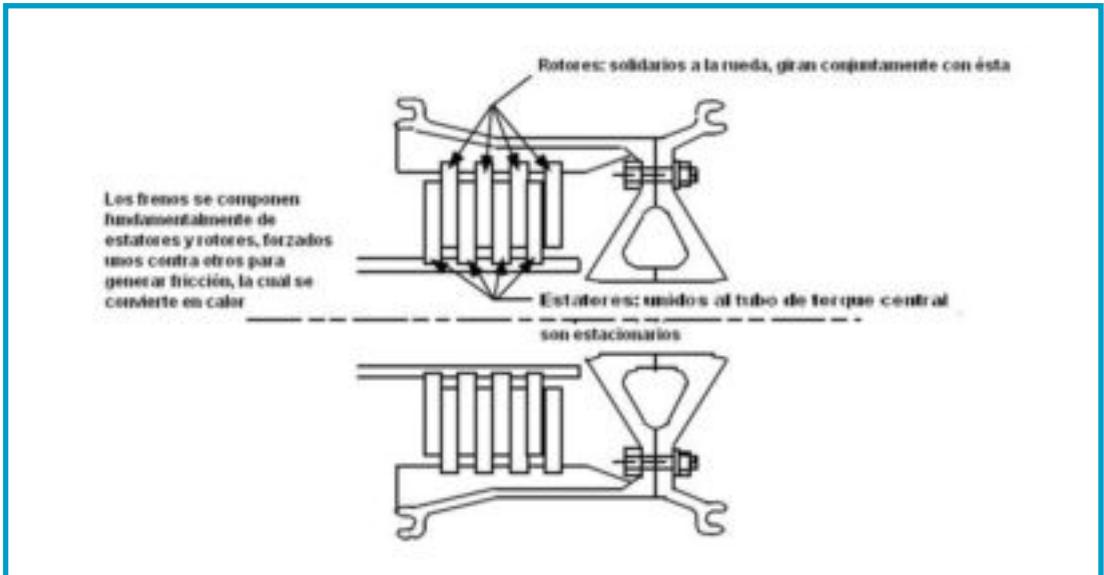
Comparación de materiales de los discos de freno <sup>5</sup>			
Propiedad	Acero	Carbono	Deseado
Densidad, lb/in <sup>3</sup>	0.283	0.061	Alto
Calor específico a 500 °F, Btu/lb . °F	0.13	0.31	Alto
Conductividad térmica a 500 °F, Btu/h . ft <sup>2</sup> . °F	24.0	100.0	Alto
Expansión térmica a 500 °F, 1.0E-6 in . °F/in	8.4	1.5	Bajo
Índice de resistencia al impacto térmico, x 105	5.5	141.0	Alto
Límite de temperatura, °F	2100	4000	Alto

<sup>5</sup> BTU -British thermal unit-. Es una unidad de energía. Una BTU es igual a la cantidad de calor requerida para levantar la temperatura de una libra de agua en estado líquido en un grado Fahrenheit, a su máxima densidad. Esto ocurre a una temperatura de 39.1 grados Fahrenheit. Es aproximadamente igual a 251.9 calorías o 1055 joule.

Lb: Libra; unidad de medida de peso aproximadamente igual a 454 gramos.

In -inch; pulgada- Es una medida de longitud antropométrica que equivalía a la longitud de un pulgar. Es aproximadamente igual a 2,54 cm.

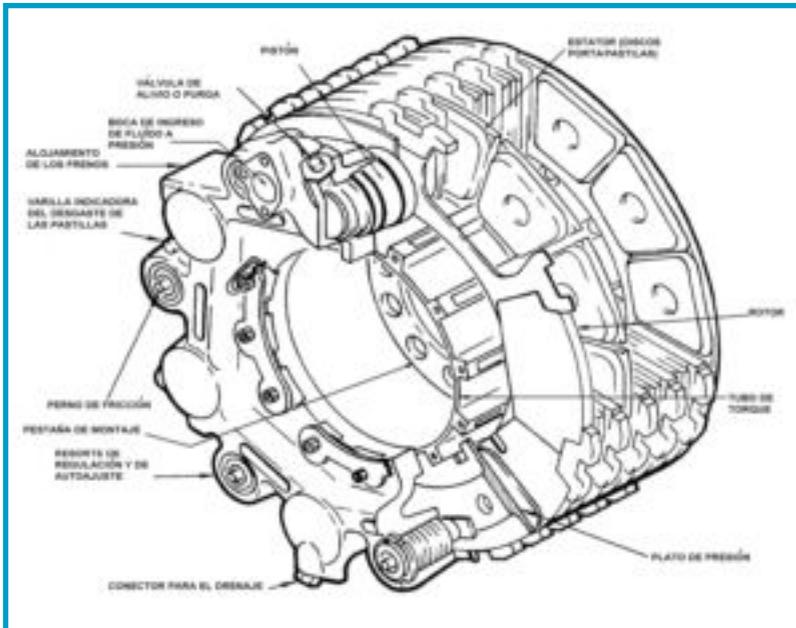
°F: Grado Fahrenheit; es una unidad de temperatura propuesta por Gabriel Fahrenheit en 1724, cuya escala fija el cero y el cien en las temperaturas de congelación y evaporación del cloruro amónico en agua. Similar a lo que fija la escala celsius con la congelación y evaporación del agua. En la escala Fahrenheit, el punto de fusión del agua es de 32 grados, y el de ebullición es de 212 grados. Una diferencia de 1,8 grados Fahrenheit equivale a la de 1 grado centígrado.



### Conjunto de frenos

Consideremos los componentes y funciones de un freno multidisco. El conjunto de frenos está integrado, principalmente, por dos masas unidas entre sí por una serie de

bulones. Se realizan en dos partes, por razones de comodidad. La masa se desliza por medio de dos cojinetes sobre el eje de la rueda.



### Frenos

Los componentes principales son:

- Pistones: Generalmente, tiene 6 cuya misión es la de transmitir la presión hidráulica al conjunto de freno.
- Válvula de purgado o de alivio: Permite sacar el aire del interior de las tuberías y dentro del conjunto de freno, en caso de existir.
- Boca de ingreso del fluido a presión: Conexión de alimentación de hidráulica.
- Varilla indicadora del desgaste de las pastillas de freno: Generalmente, tiene una indicación visual por medio de dos colores. Si la válvula se encuentra en la zona verde, las pastillas están en buen estado. Si se encuentra en la zona roja, significa que está desgastada.
- Tubo de torque: Es el alojamiento deslizante de los discos portapastillas. Generalmente está realizado en una pieza de fundición que, luego, es maquinada. Es de aleación de acero al cromo, níquel, molibdeno y vanadio.
- Pestaña de montaje: Es una pestaña que vincula el tubo de torque con el eje de la rueda.
- Conector para el drenaje: Válvula de alivio de la presión hidráulica.
- Placa o plato de presión: Su misión es la de transmitir una presión amplificadas a los discos.
- Rotor: Discos que, en realidad, se construyen de pequeños segmentos unidos unos con otros. Su función es la de pre-

sionar a las pastillas produciendo, de esta forma, el frenado. Está realizado en una aleación de cromo, molibdeno y tungsteno, que le brinda una mayor resistencia.

- Estator: Discos que contienen las pastillas de freno, hechos de una aleación de acero al cromo molibdeno. Las pastillas están tomadas a los estatores por medio de remaches de material blando, para no dañar la superficie de los discos.
- Pastillas de freno: En su interior poseen una mezcla prensada de hierro en forma de fundición de hierro y un elemento no metálico: ferodo (sustancia compuesta de amianto, derivados minerales y resinas sintéticas). Suelen tener, también, un porcentaje muy bajo de lubricante sólido de origen mineral -disulfuro de molibdeno-, para evitar un rozamiento en seco entre las pastillas y los discos.
- Dispositivo de autoajuste y resorte de regulación: Se trata de un mecanismo que compensa el desgaste de las pastillas de freno, manteniendo al conjunto con una leve fricción. Al existir presión hidráulica en el plato de presión, éste arrastra consigo un eje que posee un maquinado especial que le permite pasar pero no volver; esto permite mantener una luz -de, aproximadamente, 3 mm- entre las pastillas.

Un conjunto de freno puede ser fácilmente reemplazado por otro, sin tener la necesidad de agregar fluido hidráulico al sistema ni de purgar la cañería, debido a que posee conectores rápidos.

**2. Frenado automático.** En los aviones modernos, existe la posibilidad de efectuar un frenado programado automático, independiente de la acción del piloto sobre los pedales. Este sistema posibilita que el avión realice una desaceleración progresiva de su velocidad en la carrera de aterrizaje, dependiendo de las condiciones de frenado preseleccionadas por el piloto, y protegiendo a los frenos y a las ruedas de un recalentamiento y desgaste prematuro que pudieran ocurrir por la acción de un frenado brusco.

Consiste de una llave selectora (eléctrica), ubicada en la cabina de tripulantes, donde se puede seleccionar la condición de frenado, de acuerdo con la longitud y estado de la pista. El sistema es armado por el piloto antes del aterrizaje o, en tierra, antes del despegue. Esta señal eléctrica es recibida por una pequeña computadora que regula la presión hidráulica que será transmitida al sistema de auto frenado *-auto-brake-*. Sin embargo, con cualquier condición, el piloto tiene la posibilidad de frenar utilizando los pedales, anulando, si así lo hiciera, la acción de frenado automático.

Este sistema brinda, además, la posibilidad de que el piloto se concentre solamente en la maniobra de aterrizaje.

Además de lo anteriormente expuesto, podemos decir que el sistema de frenado automático debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Optimizar la frenada del avión y mantener desaceleración constante.
- Suministrar máxima presión de frenada

en caso de despegue abortado.

- Frenada simétrica.
- *Fail safe* -seguro ante fallas-.
- Compatibilidad con el sistema de anti-deslizamiento.
- Desgaste normal de frenos y neumáticos en operaciones normales.
- Desarme del sistema por avería, por aplicación de frenos por parte del piloto.
- Etc.

**3. Sistema antideslizante.** Este sistema impide que las ruedas se bloqueen ante un frenado, evitando así que el avión efectúe un viraje brusco no deseado.

El bloqueo de la rueda también puede producirse bajo los efectos del hidroplaneo o *aquaplane*.

En general, se clasifican se trata de sistemas "On-Off" y proporcionales (que tienen la facultad de modular la presión hidráulica de los frenos en función de las señales recibidas). Este último es el más preciso y confiable.

El sistema es electrónico y relaciona permanentemente la velocidad de rotación de la rueda con la apertura de las válvulas *anti-skid* que derivan la presión que se dirige a los frenos al conducto de retorno, evitando que la rueda deje de girar -es decir, que se bloquee-.

Esta señal recibida por la válvula hace modular posiciones intermedias entre la apertura y el cierre total, dependiendo de la velocidad de la rueda.

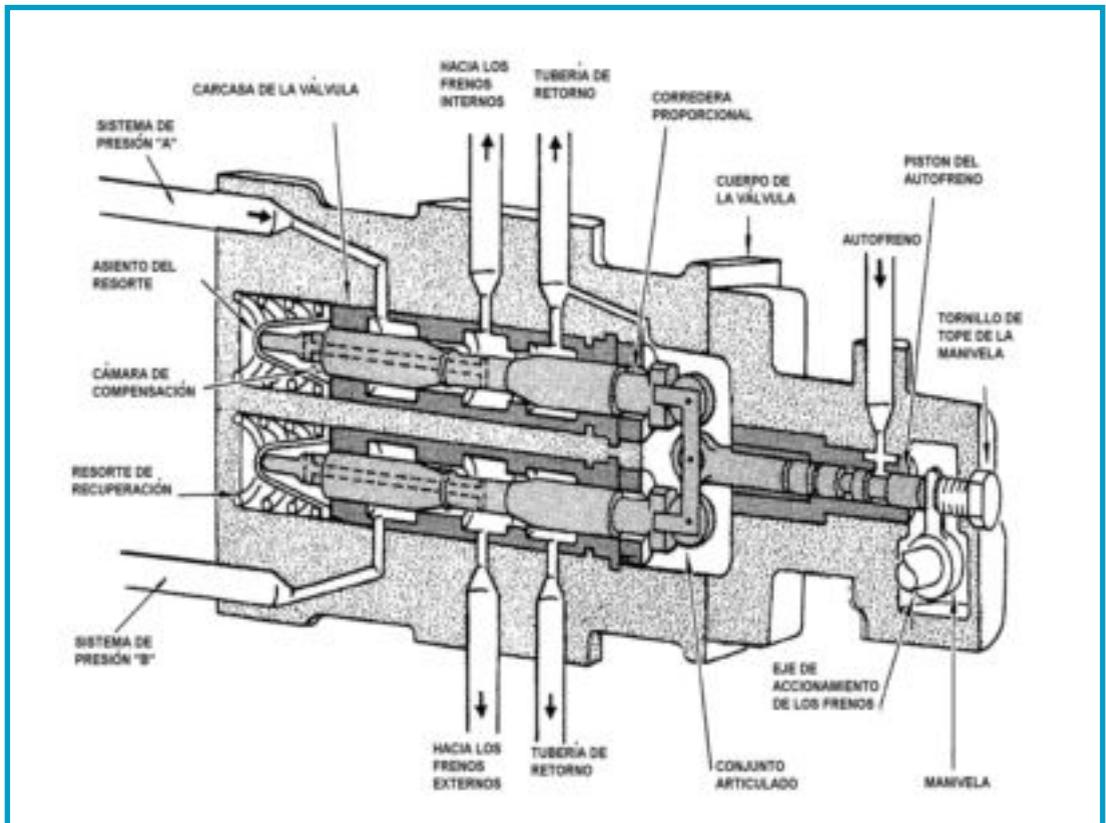
Cada una de las válvulas *anti-skid* trabaja sobre las ruedas en forma independiente. La gama de trabajo de esta válvula oscila entre 5 y 10 revoluciones por minuto; fuera de estas rpm, la válvula permanece cerrada. Fundamentalmente, el sistema evita reven-tones por deslizamientos de las ruedas.

Los componentes básicos del sistema anti-deslizante son:

- Transductor de velocidad de la rueda. Señal eléctrica proporcional a la velocidad de la rueda; se aloja en la propia rueda.

- Unidad de control. Tiene tres funciones básicas:
  - Conversión de la señal de corriente alterna a continua.
  - Computación de la señal.
  - Generación de la señal de salida para la actuación de la válvula antideslizante.
- Válvula antideslizante. Previene el deslizamiento de la rueda por la pista, cuando se aplica presión excesiva de frenada. La válvula es *fail safe*.

El sistema antideslizante de activa con un interruptor de cabina.

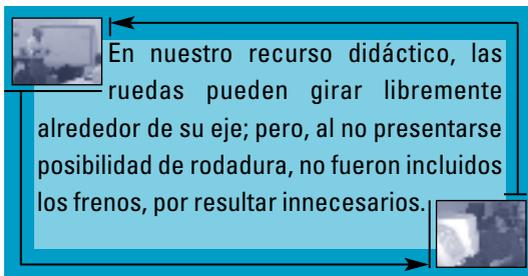


Válvula de frenado proporcional

El funcionamiento de la válvula de frenado proporcional es sencillo: Al apretar el pedal del freno, el movimiento es transmitido a la leva y, de ésta, al eje central de la válvula. Este eje transmite el movimiento a los balancines (o corredera proporcional) que abren los dos conos de la válvula; se permite, así, que pase fluido hidráulico a presión hasta las ruedas. La cantidad de fluido hidráulico dependerá del grado de apertura de la válvula; es decir, del desplazamiento de la corredera.

Pero, de esta forma, las ruedas se bloquearían, apenas el piloto apretase el pedal del freno. Para evitarlo, en la parte posterior de la válvula existe un compartimiento donde se alojan un resorte y un capuchón. El resorte se encarga de oponerle una resistencia al pedal del freno. Como el resorte necesita de una fuerza que se le oponga, para evitar que la resistencia sea demasiado elevada, el capuchón aloja cierta cantidad de fluido hidráulico a presión, proveniente de la válvula, y logra compensar la acción del resorte.

El fluido hidráulico se deriva en el sistema de autofrenado y éste es el que mueve los balancines de las válvulas. Si alguna de estas válvulas fallara, contaríamos con la otra; y, si fallaran las dos, se dispone de unos depósitos con fluido a presión.



En nuestro recurso didáctico, las ruedas pueden girar libremente alrededor de su eje; pero, al no presentarse posibilidad de rodadura, no fueron incluidos los frenos, por resultar innecesarios.

## d. Los amortiguadores

### Criterios respecto de los amortiguadores

1. Diseño del cilindro óleo-neumático
2. Materiales constitutivos
3. Cálculo de la deformación del amortiguador en el momento del toque con la pista
4. Relaciones de compresión
5. Longitud del cilindro interior

La función básica de un amortiguador es absorber y disipar la energía cinética en el momento del impacto, hasta que la aceleración de la aeronave se reduzca a niveles tolerables.

Los amortiguadores se dividen en dos clases, dependiendo del medio elástico que utilicen:

- aquellos que usan un resorte (sólido) hecho de acero o goma, y
- los que utilizan un medio elástico fluido -gas, aceite o una mezcla de ambos- a los que llamamos óleo-neumáticos; para aviones de transporte comerciales el más utilizado es éste de tipo óleo-neumático.

**1. Diseño del cilindro óleo-neumático.** Un cilindro con aire y aceite a presión provee la función básica de soportar el peso en los amortiguadores óleo-neumáticos. En condiciones dinámicas, tiene una eficiencia elevada, tanto en lo que hace a la absorción como a la disipación de la energía. En la figura se muestra un esquema de un amortiguador con un actuador de efecto simple. Éste es el diseño que suele ser más utilizado en aviones comerciales.



*Amortiguador*

Este tipo de amortiguadores absorbe energía; en principio, lo hace forzando o empujando al fluido hidráulico que se encuentra alojado en una cámara contra otra cámara que contiene aire seco o nitrógeno<sup>6</sup>, y, luego, comprimiendo el gas y el aceite.

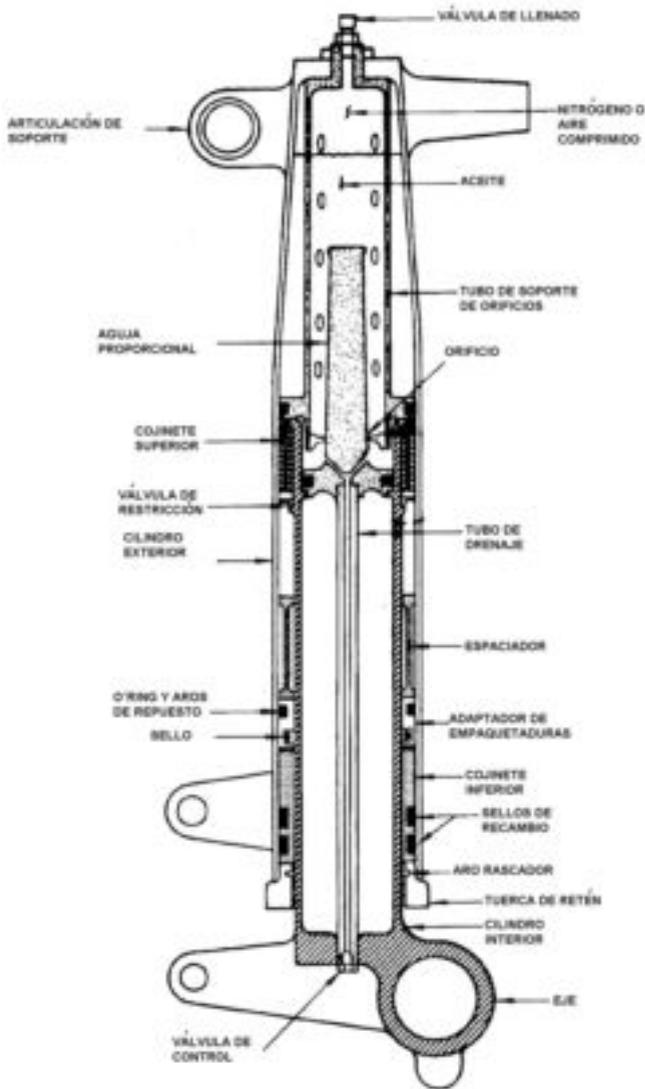
<sup>6</sup> Generalmente, el gas utilizado es nitrógeno, ya que el aire -al contener oxígeno- podría combinarse químicamente con las partes metálicas del amortiguador, produciendo óxidos que se depositarían tanto sobre los componentes metálicos como sobre los no metálicos. Además, el aire -si no es tratado convenientemente- también contiene agua en suspensión, que contribuiría a la corrosión de las partes metálicas, con el consecuente daño al amortiguador.

Durante el proceso de compresión, el gas y el aceite permanecen separados o se mezclan -dependiendo esto del diseño-.

El aceite pasa a la cámara de gas (o superior) a través de un orificio; dependiendo del tamaño de éste, al fluido hidráulico le costará un mayor o menor esfuerzo atravesar este orificio hacia la otra cámara. Esto reducirá, en parte, la fuerza de impulsión. Además, el aire o nitrógeno que ocupa la cámara superior ofrece una resistencia a ser comprimido por el aceite que ingresa. Esto también ayuda a reducir la fuerza del impacto que será transmitida a la estructura del avión. En definitiva, éste soportará un esfuerzo de menor magnitud y aplicado en forma progresiva.

Después del impacto inicial, la energía se disipa, ya que la presión de aire obliga al aceite a regresar a su cámara a través del orificio destinado a tal efecto.

Aunque un simple agujero en una placa puede servir como orificio de compresión, la mayoría de los diseños tiene una aguja proporcionadora o proporcional, que pasa a través del orificio de la placa. Variando la posición de la aguja, cambia el área total del orificio. Esta variación se ajusta de modo tal que la carga sobre la estructura se mantenga prácticamente constante bajo cargas dinámicas. Si se pudiera hacer constante, la eficiencia del tren sería del 100 %; pero, en la realidad, este valor oscila entre el 80 y el 90 %.



*Amortiguador oleo-neumático  
de un avión moderno*

- **Tuerca de retén:** Tiene como función mantener cerrado al cilindro exterior, evitando el escape del fluido hidráulico. Contiene a los aros de repuesto.
- **Tuerca de drenaje:** Permite realizar el drenaje del fluido hidráulico.
- **Aro rascador y sellos de recambio:** Ubicados en la tuerca de retén.
- **Cojinete inferior:** Mantiene fija y uniforme la distancia entre pistón y cilindro.
- **Adaptador de empaquetaduras o adaptador de sellado:** Impide o evita pérdidas de fluido hidráulico.
- **Cilindro interior:** Comprime al fluido hidráulico en el momento del impacto, cuando el avión aterriza; está fijado al eje de la rueda.
- **Tubo de drenaje:** Es un tubo por el cual se puede drenar fluido hidráulico.
- **Cojinete superior:** Mantiene la distancia entre pistón y cilindro. Hace que el amortiguador resulte más eficiente.
- **Válvula de restricción o de contención:** Posee intersticios por los cuales permite el pasaje de fluido hidráulico hacia el cilindro interior, cuando el amortiguador recibe la fuerza del impacto. Luego, cuando se produce el movimiento de expansión del amortiguador, el fluido hidráulico tenderá a volver hacia la cámara, en sentido inverso, presionando a la válvula contra el espaciador y obturando, de esta forma, casi totalmente, los orificios por los cuales había pasado anteriormente.
- **Espaciador:** Mantiene en posición correcta a la válvula de restricción.
- **Aguja proporcional:** Es una aguja de forma cónica que cierra paulatinamente el orificio restringido para que al aceite le resulte más difícil pasar hacia la otra cámara.
- **Cilindro exterior:** Contiene las cámaras de fluido hidráulico y de gas.
- **Tubo soporte de orificios:** En su interior se encuentra el gas (aire o nitrógeno). Posee un tabique con un orificio (que está atravesado por la aguja cónica) por el cual pasa el fluido hidráulico desde la cámara superior. En sus paredes posee orificios que permiten la circulación del fluido hacia la cámara anterior, cuando el amortiguador es comprimido, pero que dificultan su "vuelta" hacia la cámara inferior cuando el gas comprimido ejerce presión sobre él, haciendo que la extensión del amortiguador se produzca más lentamente.
- **Válvula de llenado o de carga:** Se encuentra en la parte superior del amortiguador. Sirve para el reabastecimiento (relleno) tanto del fluido hidráulico como del gas utilizado.

**2. Materiales constitutivos.** Si bien podemos encontrar variaciones en los materiales de las diferentes partes de un amortiguador, en general encontramos los siguientes:

- Los cilindros interior y exterior son forjados y maquinados, realizados de aleación de acero al níquel cromo molibdeno, pues tienen que ser resistentes a la corrosión.
- La aguja proporcionadora es de acero.
- El espaciador, el tubo de orificio restringido y la válvula de contención son de aleaciones de aluminio.
- Las empaquetaduras, los aros y los sellos pueden ser tipo *O-Ring*, *Square Ring* o *Z-Ring*, según su ubicación, y de goma sintética, de bronce-aluminio o de bronce (blando).
- Los cojinetes son de bronce fosforoso o bien de bronce-aluminio.

Los procedimientos a seguir para el cambio de las empaquetaduras y el rellenado de fluido hidráulico y nitrógeno:

1. Aliviar la presión de nitrógeno en la cámara superior, para evitar que el fluido hidráulico salga, dada la elevada presión a la que está sometido. Para ello se debe aflojar la tuerca que posee el amortiguador en su parte superior.
2. Drenar completamente el fluido hidráulico; esto se hace porque, si las empaquetaduras están deterioradas, habrán permitido pasar cierta cantidad de fluido hidráulico.
3. Aflojar la tuerca de retén y cambiar los aros de sello. Luego, volver a apretar la tuerca.
4. Por su parte superior, cargar el amortiguador con la cantidad indicada de fluido hidráulico y con nitrógeno a la presión preestablecida, según las características de cada avión en particular.

El amortiguador debe ser periódicamente expuesto a una revisión completa y a una comprobación del funcionamiento de cada una de sus partes, así como también a la comprobación o inspecciones de pérdida e inflado.

Generalmente, se recomienda cambiar el amortiguador entre las 12000 y 18000 horas de vuelo, ya que ésta su vida útil.

### 3. Cálculo de la deformación del amortiguador en el momento del toque con la pista.

Para el cálculo de la deflexión necesaria del amortiguador (S), lo primero que tenemos que hacer es realizar el diseño del factor de reacción (N)<sup>7</sup>. Para un avión de transporte, este factor de carga en el aterrizaje varía de 0.7 a 1.5, siendo 1,2 el que más se utiliza.

La velocidad en el momento del impacto ( $V_s$ ) está legislada por la autoridad de regulación pertinente, para cada tipo de avión. La FAA<sup>8</sup> requiere que los aviones de

En la práctica, difícilmente se alcancen estas velocidades, debido al efecto suelo y al aumento de sustentación del avión que ocurre en el momento previo al toque.

<sup>7</sup> A veces también es llamado factor de carga de aterrizaje. No debe confundirse con el factor de carga del avión, que depende de las maniobras o de disturbios atmosféricos.

<sup>8</sup> FAA -Federal Aviation Administration-. La Administración Federal de Aviación, es un organismo administrativo dependiente del gobierno de los Estados Unidos, con influencia en el resto de las legislaciones. Entre sus funciones se encuentran las de: elaborar las normas que regulan la aviación, garantizar su cumplimiento, promover el desarrollo de la aviación, certificar aeronaves, acreditar titulaciones de profesionales y aficionados, etc.

transporte comercial sean capaces de resistir el choque del aterrizaje a una velocidad de 10 ft/s para el peso de diseño para el aterrizaje y de 6 ft/s para el peso máximo total.

La energía total (E) del avión en el instante del toque, está compuesta de la energía cinética y la potencial:

$$E = \frac{Wv^2}{2g} + (W - L) (S + S_t)$$

Donde:

- W es el peso del avión.
- v es la velocidad del avión en el momento del impacto.
- g es la aceleración de la gravedad.
- L es la sustentación del ala.
- $S_t$  es la deformación del neumático.
- S es la contracción producida por el golpe en el amortiguador que es lo que tratamos de encontrar.

Dado que la energía cinética total del amortiguador y del neumático deben ser iguales a la energía total, la ecuación anterior se convierte en:

$$\eta_s SNW + \eta_t S_t NW = \frac{Wv^2}{2g} + (W - L) (S + S_t)$$

Donde:

- $\eta_s$  y  $\eta_t$  son los factores de eficiencia de absorción del amortiguador y del neumático, respectivamente.

$$\eta_s = \frac{\text{Energía absorbida por el amortiguador}}{F_m \cdot S}$$

y

$$\eta_t = \frac{\text{Energía absorbida por el neumático}}{F_m \cdot S_t}$$

Para el primero se toma, generalmente un valor de 0,47; para el segundo se aplica 0,8 para un amortiguador óleo-neumático.

Para mantener un adecuado margen de seguridad, al valor de S obtenido se le agrega una pulgada extra.

**4. Relaciones de compresión.** Se refiere a la relación entre las presiones existentes en una condición determinada, comparada con la presión existente en otra condición -por ejemplo, completamente comprimido y estático-. Se consideran, generalmente, dos relaciones de compresión: condición estática a completamente extendida, y completamente comprimida a estática.

Para aviones comerciales de transporte donde es importante la variación en altura del piso, una relación de 4:1 para el caso de estático a extendido y de 3:1 para el comprimido a estático resultaría satisfactoria.

Por ejemplo, si consideramos una presión estática ( $P_2$ ) de 1500 psi, que permite la utilización de compresores estándar en el caso de mantenimiento y que, además, brinda un suficiente margen, teniendo en cuenta la posibilidad de desarrollo de las aeronaves, las presiones para las condiciones extendido

( $P_1$ ) y comprimido ( $P_3$ ) se calculan utilizando las relaciones mencionadas anteriormente.

Tenga en cuenta que tanto el área del pistón (A) como el volumen desplazado (d) están relacionados con la presión estática:

$$A = F / P_2$$

$$d = S \cdot A$$

Donde:

- F es la carga estática máxima por "pata".

La energía absorbida por el montante del amortiguador durante su deflexión, se obtiene integrando el área debajo de la curva carga-deflexión, que relaciona la magnitud de las cargas aplicadas en tierra con la deflexión producida. Comúnmente, se utilizan:

- el subíndice 1 para denotar la posición completamente extendida,
- el subíndice 2 para la posición estática y
- el subíndice 3 para indicar la posición completamente extendida.

A los efectos de contemplar el exceso de energía producida durante un aterrizaje pesado o de casi colisión, los amortiguadores se diseñan de modo tal que el pistón no esté completamente contraído, aún en la posición comprimido -es decir:  $V_3$  distinto de 0-.

El volumen de aire de reserva, que se asume como del 10 % del desplazamiento, permite que el amortiguador, sometido a una carga determinada, se mueva una distancia extra, absorbiendo el exceso de energía por el tra-

bajo realizado. De aquí que el volumen de aire en la posición completamente extendido sea aproximadamente igual a:

$$V_1 = V_3 + d$$

Las presiones comprendidas entre las posiciones estática y extendida, quedan establecidas por la curva de compresión isotérmica, la cual es representativa de la actividad de manejo normal en tierra.

$$P_1 \cdot V_1 = P_x \cdot V_x$$

$$P_1 \cdot V_1 = \text{cte}$$

Luego, la presión para una deflexión X determinada puede ser obtenida de la siguiente expresión:

$$P_x = P_1 \cdot V_1 / V_x$$

$$P_x = P_1 (V_3 + d) / (V_1 - X \cdot A)$$

$$S_{\text{extend}} < X < S_{\text{estático}}$$

Estas presiones obtenidas deben ser multiplicadas por el área del pistón para obtener las cargas de diseño.

En una compresión politrópica -es decir, para un gas real- se consideran los estados de estático a comprimido. Esto es representativo de aquellos casos en los que se produzca una compresión dinámica, como puede llegar a ser el del impacto del aterrizaje y el choque transversal. Como se basa en la ecuación  $P \cdot V_n = \text{cte}$ ; entonces:

$$P_x = P_2 \cdot [V_2 \div (V_1 - X \cdot A)]^n$$

$$S_{\text{estático}} < X < S_{\text{comprimido}}$$

La constante  $n$  puede ser 1.35 o 1.1; la primera se utiliza cuando el gas y el aceite están separados; la segunda, cuando se mezclan durante la compresión.

Los datos estadísticos indican que los aviones de tipo comercial tienen, típicamente, una mayor compresión más allá de la posición estática de alrededor del 16 % de la deflexión total, una figura que tiende a dar un duro recorrido durante el carreteo.

Los valores obtenidos de  $P_1$  y  $P_3$  deben ser chequeados, de modo tal de asegurar que el primero no sea inferior a 60 psi, para evitar la adhesión debido a la fricción entre el pistón y la pared del cilindro; el segundo, por su parte, no debería superar los 6000 psi, para prevenir la pérdida a través de los sellos.

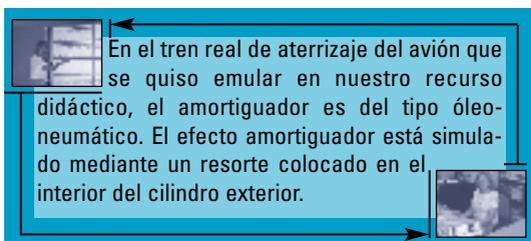
**5. Longitud del cilindro interior.** Las normas MIL-L-8552 especifican que la distancia entre los límites exteriores de los rodamientos no debe ser inferior a 2,75 veces el diámetro exterior del cilindro/pistón interno. De esta forma, la longitud mínima de pistón requerida es:

$$L_{pist} = S + 2.75 \cdot D$$

Donde:

$$D = \sqrt{4 \cdot A \div \pi}$$

En el tren real de aterrizaje del avión que se quiso emular en nuestro recurso didáctico, el amortiguador es del tipo óleo-neumático. El efecto amortiguador está simulado mediante un resorte colocado en el interior del cilindro exterior.



## e. La cinemática de la extensión-retracción del tren de aterrizaje

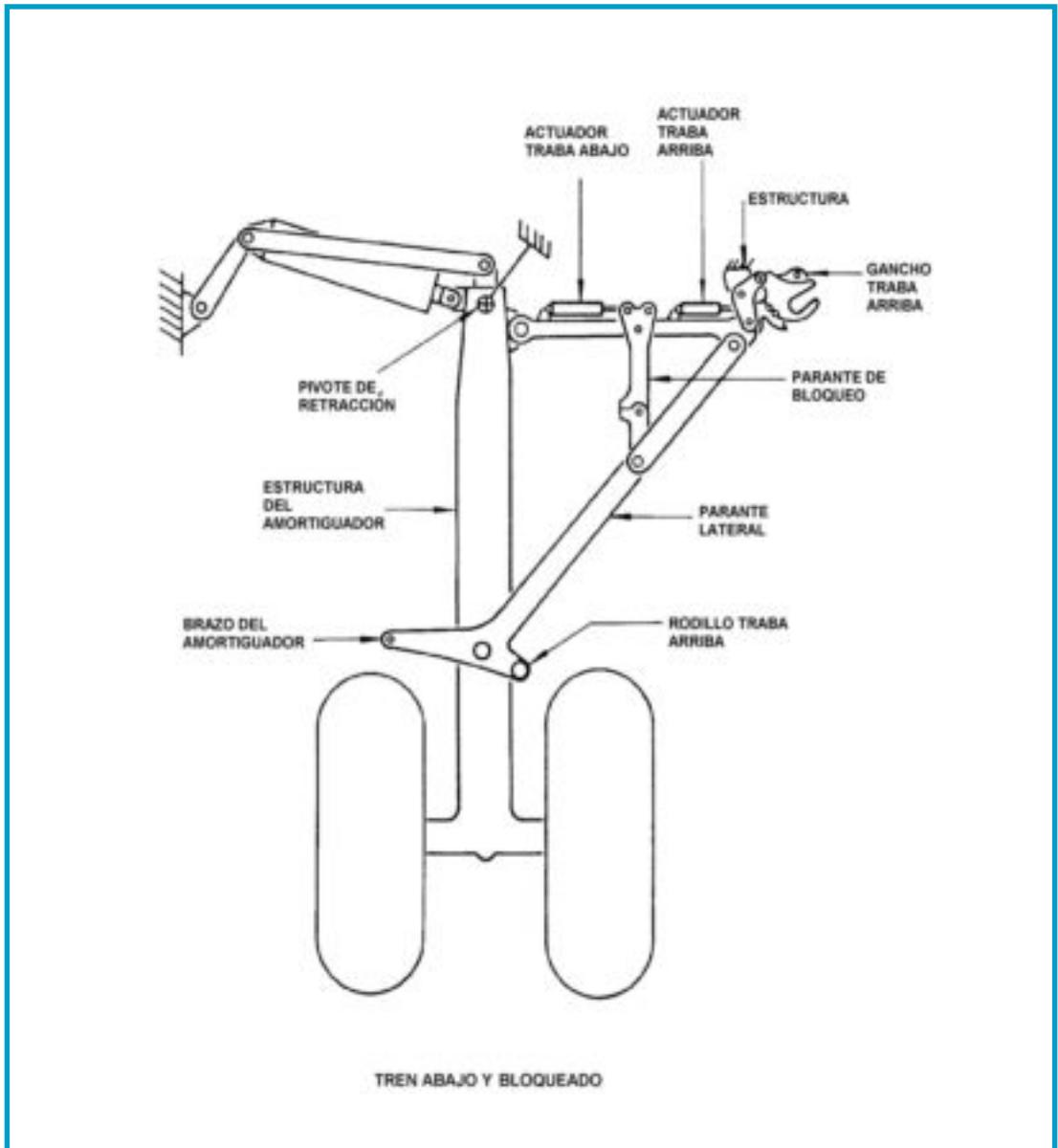


La cinemática permite el diseño y al análisis de aquellas partes utilizadas para retraer y extender el tren de aterrizaje. Se otorga una atención especial tanto a la determinación de la geometría de las posiciones extendidas y retraídas del tren de aterrizaje, como al volumen de barrido involucrado en las maniobras de extensión y retracción.

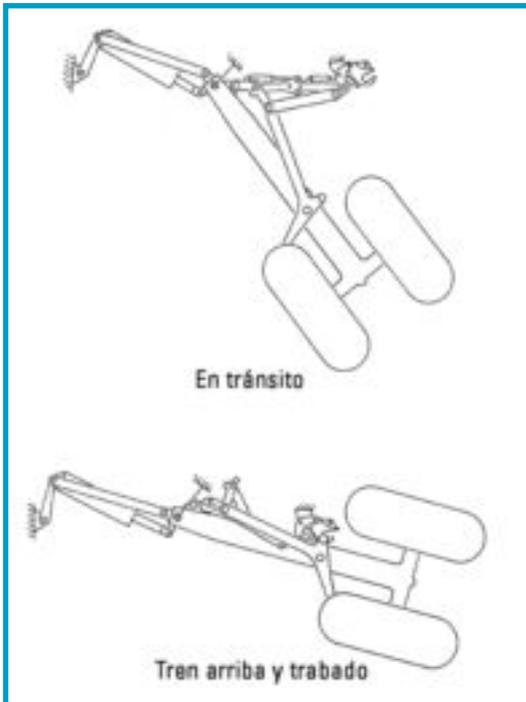
El objetivo es desarrollar un esquema de extensión-retracción que conlleve la menor cantidad de volumen para el alojamiento, evitando al mismo tiempo que se ocasionen interferencias entre el tren de aterrizaje y la estructura del avión. Los requerimientos en cuanto a simplicidad implican, sobre todo, un aspecto económico. Según se ha demostrado por la experiencia de funcionamiento (o de operación), la complejidad -referida a la forma en que ha aumentado la cantidad de partes involucradas y han

bajado los tiempos de mantenimiento- hace que los costos totales aumenten de manera más rápida que el peso. Sin embargo, los

problemas de interferencia pueden conducir a un sistema muy complejo para retraer y guardar el tren en su alojamiento.



*Secuencia de operación del tren de aterrizaje*



**Secuencia de operación del tren de aterrizaje**

Se han desarrollado algoritmos para establecer la alineación del eje de pivote para permitir tanto que la retracción-extensión del tren de aterrizaje se desarrolle de la manera más efectiva posible, como para la determinación en la posición retraída del conjunto, de los límites del alojamiento y de la interferencia con la estructura.

**1. Esquema de retracción.** Por razones de seguridad, se prefiere un esquema de retracción hacia delante para aquellos conjuntos montados en el fuselaje. Porque, en una situación de falla hidráulica total, con la liberación manual de la "traba arriba", la gravedad y la resistencia del aire servirían para desplegar y trabar abajo el conjunto, evitando así un aterrizaje con las ruedas arri-

ba -esto es, sin extender-. En el caso de los conjuntos montados en el ala, la tendencia actual aconseja utilizar un esquema de retracción interior, que guarde el tren en el espacio que queda directamente detrás del larguero trasero del ala.

El tren de aterrizaje del tipo *carretón* tiene que disponer de un grado de libertad extra sobre el cual la estructura de transporte pueda rotar alrededor del punto de pivote del carro requiriendo, de esta forma, un espacio mínimo cuando está retraído.

Vamos a describir esquemas de tren y mecanismos:

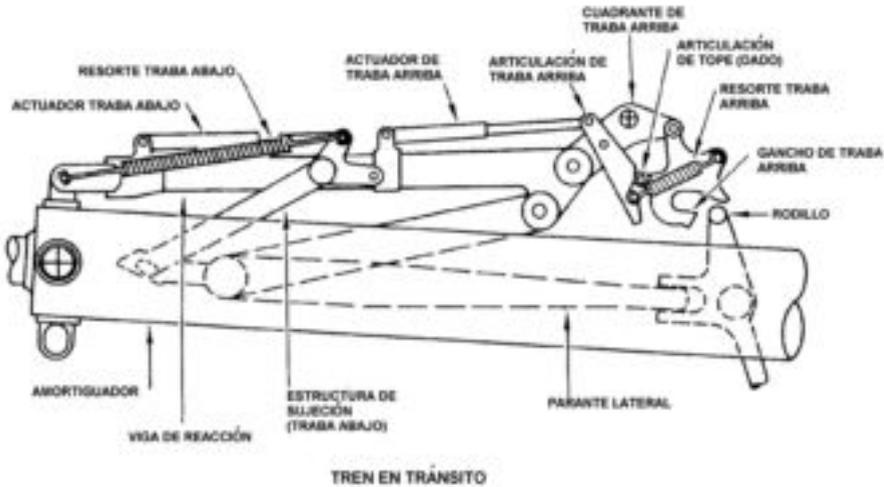
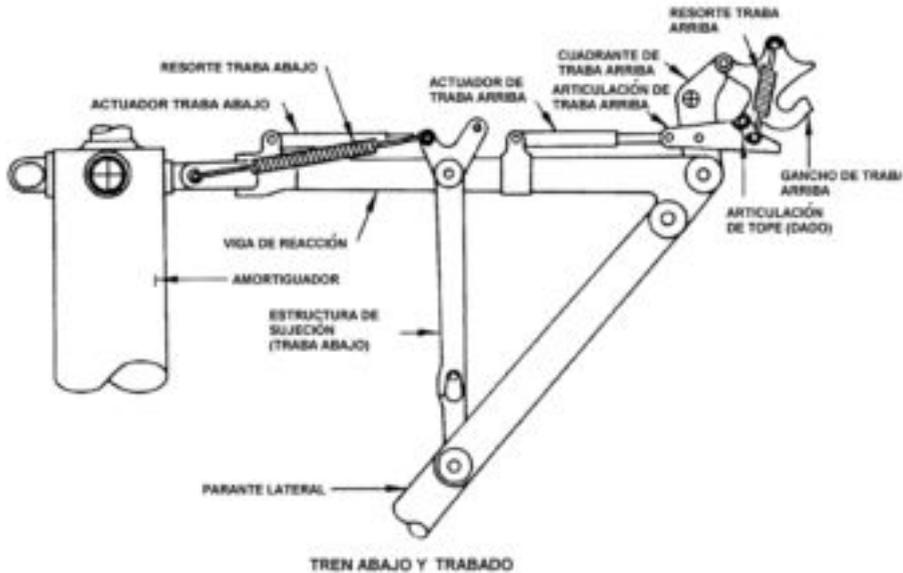
**Mecanismo de traba abajo.** En este mecanismo el resorte quiebra el parante lateral, sacándolo de la línea de centro; de esta manera, al recibir el impacto del aterrizaje, con el parante en la posición quebrada, contribuye al aseguramiento de la traba abajo.

*Sistema de destraba.* En él entra en funcionamiento el actuador de traba abajo que, venciendo la acción del resorte, quiebra el parante lateral pero en sentido inverso al anterior; de esta forma, el tren queda en posición para ser recogido. Esta función es cumplida por el actuador principal -*Main Gear Actuator*-.

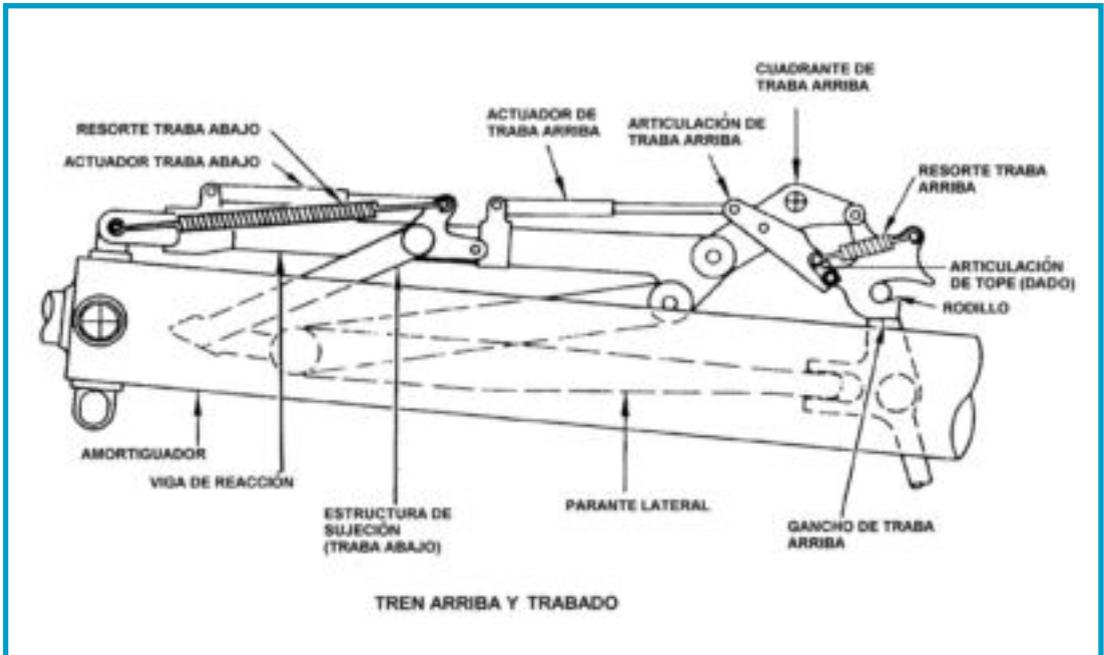
**Mecanismo de traba arriba.** El rodillo fijado en el parante principal desplaza el gancho de traba arriba; éste, a su vez, produce el desplazamiento del dado (articulación de tope) en sentido de las agujas del reloj, trabando el tren. En esa posición, el resorte asegura la traba.

Sistema de destraba. En la destraba, el actuador de traba arriba vuelve la articulación de tope a su posición inicial; así, el rodillo del

parante principal queda libre y permite la extensión del tren.



Esquemas de los mecanismos de extensión y retracción



*Esquemas de los mecanismos de extensión y retracción*

Como nuestra principal intención es la de demostrar los movimientos realizados por el tren en su extensión y retracción, en nuestro equipo didáctico tratamos de respetar al máximo tanto las piezas involucradas en estos movimientos como la escala de todos los componentes de estos mecanismos.

## 2. Circuitos de extensión y retracción del tren de aterrizaje.

Los circuitos de extensión y retracción de los trenes de aterrizaje pueden ser: mecánicos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos.

**Mecánicos.** Un ejemplo de un sistema mecánico es el que posee el tren de aterrizaje del avión *Gruman*. Consiste en una manivela accionada manualmente desde la cabina de tripulantes que transmite el

movimiento por medio de cables y poleas -o bien por barras de torsión- hacia una caja de engranajes, tornillo sinfín y cremallera, que es el mecanismo que produce el movimiento de retracción y extensión del tren de aterrizaje.

**Eléctricos.** Consisten, esencialmente, de un motor eléctrico que reemplaza al accionamiento manual; el resto del sistema se mantiene igual al mecánico. El motor eléctrico puede estar ubicado en cualquier lugar del avión; pero, generalmente, se lo dispone cercano al tren de aterrizaje, para evitar el peso producido por las barras de transmisión de movimientos y/o los extensos recorridos de los cables de control. En este caso, el motor eléctrico recibe la energía desde un interruptor ubicado en la cabina de tripulantes.

**Neumáticos e hidráulicos.** Son aquellos que utilizan actuadores alimentados por aire comprimido (neumáticos) o con fluido hidráulico (hidráulicos). Estos actuadores son, generalmente, de doble efecto: con conexiones en ambos extremos que posibilitan la alimentación y la descarga alternativas de las cámaras del cilindro. En la mayoría de los aviones modernos que poseen tren del tipo retráctil, el accionamiento principal del tren utiliza actuadores hidráulicos, debido a la gran densidad de potencia de éstos, comparados con los neumáticos<sup>9</sup>. Sin embargo, podemos encontrar diferencias en cuanto a la disposición y complejidad de sus componentes.

Describimos, a continuación, cuáles son los componentes y funciones.

La palanca selectora está ubicada en el panel principal de instrumentos, cercana a la posición del copiloto. Generalmente, es bastante robusta y posee una pequeña rueda de plástico similar a las del avión.



*Palanca del tren de aterrizaje en cabina*

<sup>9</sup> La densidad de potencia es aquella que surge de relacionar la fuerza que es capaz de ejercer un actuador con sus dimensiones y que depende, fundamentalmente, de las presiones que transmitan los fluidos utilizados.

Posee un resorte que la hace "descansar" en las diferentes posiciones (*Up*, *Off*, *Down*). Los últimos aviones presentan solamente dos posiciones (*Up* y *Down*). Para cambiar la palanca de posición, se debe vencer la acción de este resorte.

La posición ***Up*** cuenta, normalmente, con las siguientes protecciones:

- Bloqueo de la retracción cuando alguno de los amortiguadores no está completamente extendido, o la rueda de proa o de nariz no está centrada.
- Detención automática del giro de las ruedas del tren principal y de proa, con anterioridad a la apertura de las compuertas del tren o antes de su retracción.

La posición ***Down*** cuenta con:

- Extensión automática cuando la velocidad del aire desciende de un cierto valor.

La palanca transmite el movimiento -por medio de cables, poleas y cuadrantes- al eje central de la válvula selectora. Según la posición de la palanca, esta válvula deriva fluido hidráulico o neumático hacia uno u otro extremo del actuador y, además, posibilita la circulación del fluido que está saliendo del otro extremo del actuador. Si la palanca está en la posición *Down*, por ejemplo, la corredera de la válvula se desplaza de modo tal de dirigir el fluido hacia la cámara que está del lado del émbolo del actuador; entonces, éste se extiende y el tren desciende. La válvula está compuesta de un cuerpo y una corredera, y tiene un conducto de alimentación **P**, un conducto de retorno **T**, y dos conductos de trabajo **A** y **B**.

Cuando el tren debe descender, la válvula se posiciona de manera tal que el fluido entrante desde la tubería **P**, se dirige hacia la salida **A**, mientras que el retorno se produce desde **B** hacia **T**. Desde la válvula, el fluido hidráulico se dirige hacia ambos actuadores -el actuador principal y el de traba arriba-. Observamos que, de llegar simultáneamente la alimentación a ambos actuadores, existiría una superposición de fuerzas, al querer extenderse ambos al mismo tiempo; y, por lo tanto, el tren no descendería. Debido a esto, en todos los sistemas de tren de aterrizaje debe existir una secuencia que permita:

- destrabar el tren actuando, en este caso, sobre el actuador de traba arriba; y
- posteriormente, cuando el gancho de traba arriba ha liberado al rodillo, activar el actuador principal que hace descender al tren.

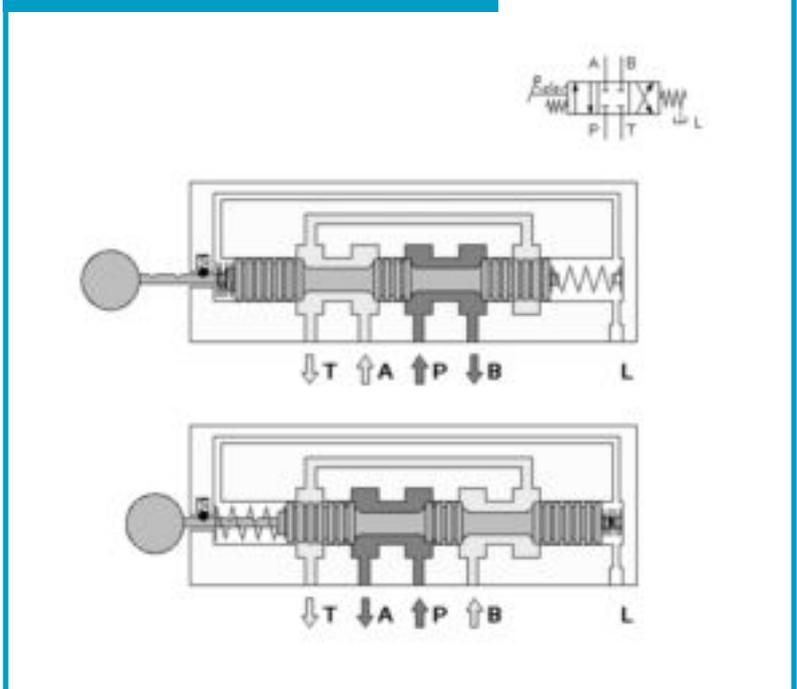
De existir compuertas de tren, este dispositivo deberá permitir:

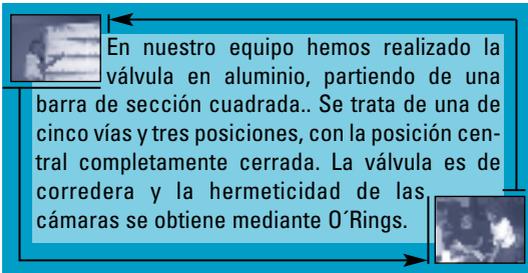
- abrir las puertas,
- destrabar el tren y
- bajarlo.

Los dispositivos de secuencia son de formas variadas; uno de ellos es mediante la *Timing Valve* -válvula de secuencia-. Como hemos mencionado, desde la válvula el fluido hidráulico se dirige tan-

to al actuador de traba arriba, como al actuador principal; pero, con este último, lo hace por intermedio de la válvula de secuencia. Esta válvula estará cerrada al paso de fluido, asistida por la acción de un resorte interno. Una vez que el actuador de traba arriba se ha desplazado y liberado la traba del tren, empieza a aumentar la presión en el conducto; ahora sí, resulta suficiente para vencer la oposición del resorte interno de la válvula de secuencia y pasar, a través de ésta, hacia el actuador principal. Por otra parte, el fluido que es desalojado del actuador se ve obligado a atravesar una válvula restrictora o de estrangulación, que trabaja regulando el caudal que permite circular hacia su salida; esto actúa como una contrapresión en la cámara del vástago del actuador, limitando su velocidad de avance y controlando, así, el movimiento del tren.

**Válvula distribuidora con mando manual**





En nuestro equipo hemos realizado la válvula en aluminio, partiendo de una barra de sección cuadrada.. Se trata de una de cinco vías y tres posiciones, con la posición central completamente cerrada. La válvula es de corredera y la hermeticidad de las cámaras se obtiene mediante O'Rings.

Cuando debe retraerse el tren de aterrizaje, los procedimientos que se realizan son prácticamente los mismos que para la extensión. Cuando la palanca es llevada a la posición *Up*, el eje o corredera de la válvula selectora se desplaza en el otro sentido, conectando ahora la alimentación **P**, con la salida **B**, mientras que el retorno se produce desde **A** hacia **T**. En este caso, la *Timing Valve* deriva el fluido hacia el actuador de traba abajo; luego, permite la alimentación hacia el actuador principal (cámara del lado del vástago) y, por último, a las compuertas del tren -si las hubiere-.

**3. Sistemas de extensión del tren en emergencia.** Tal como hemos mencionado en apartados anteriores, debe ser posible hacer descender al tren aún con la falla de cualquiera de los sistemas que lo controlan (eléctricos, mecánicos, hidráulicos o neumáticos).

En los circuitos analizados, la conexión de alimentación de la válvula selectora se encuentra permanentemente alimentada desde dos o más sistemas hidráulicos -generalmente, son tres- que trabajan en forma independiente. De esta forma, se asegura que si alguno de ellos eventualmente fallara, los otros dos serán capaces de suministrar el caudal necesario para el funcionamiento nor-

mal del tren. Por lo tanto, puede considerarse que, en este sistema, las fallas de este tipo son prácticamente inexistentes.

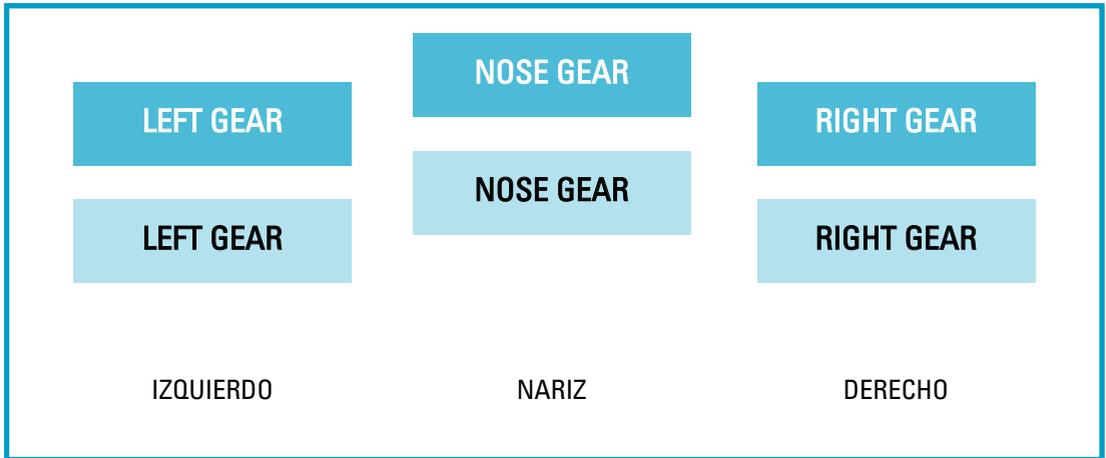
En el caso de que ninguno de los sistemas -principal o auxiliares- funcionara, contamos, además, con un sistema de alimentación de emergencia constituido por tres manijas, una para cada una de las patas del tren (en el caso de ser del tipo triciclo), ubicadas generalmente bajo el piso de la cabina de tripulantes y protegidas por una tapa de color rojo con la leyenda *Emergency Landing* -aterrizaje de emergencia-. Tirando de estas manijas y transmitiendo el movimiento por medio de cables, se logra vencer la acción del resorte del mecanismo de traba arriba, liberando al tren de aterrizaje. Éste va a caer por su propio peso y a trabarse en la posición abajo.

La prueba de funcionamiento de este sistema de emergencia debe ser realizada periódicamente en tierra, cada vez que el avión es inspeccionado en los talleres, elevándolo por medio de criques.

**4. Sistemas de indicación de posición y alarma de extensión y retracción de tren.** Por indicación de las autoridades competentes que rigen la fabricación de aeronaves, todo avión moderno debe poseer tres sistemas paralelos e individuales de indicación de la posición.

La indicación eléctrica consta de un sistema de luces<sup>10</sup> que se encuentran totalmente apagadas en la posición arriba y trabado.

<sup>10</sup>Por las características del diseño gráfico de este material de capacitación no resulta posible mantener los colores originales de estas luces: en la realidad, las superiores son rojas y las inferiores son verdes.



Cuando el tren se encuentra abajo y trabado, las luces verdes se encuentran encendidas. Las luces rojas se encenderán cuando el tren se encuentra en condición de tránsito entre ambas posiciones y sólo permanecerán encendidas cuando:

- La palanca selectora del tren en posición abajo (*Down*) y el tren no destrabó.
- El tren ha bajado, pero no trabó en la posición abajo.
- El piloto reduce la aceleración durante el vuelo, por debajo de un determinado valor y/o extiende los flaps; porque, estas operaciones corresponden a maniobras propias del aterrizaje e indicadores de que el tren debe ser extendido.

Algunos sistemas cambian el color de la luz roja por amarilla; otros, en cambio, incorporan una tercera luz color ámbar para indicar la condición de tránsito

Estos dispositivos están comandados por interruptores accionados por los dispositivos

de traba, aceleradores o palanca de flaps.

El sistema eléctrico se completa con una bocina de alarma que suena cuando las luces rojas están encendidas, con excepción de la condición de tránsito.

**5. Consideraciones respecto de integración y alojamiento del tren.** Para futuras aeronaves más grandes, la interferencia entre el conjunto de tren y la estructura se convertirá en uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de la cinemática de extensión-retracción. Con el aumento del número de puertas requeridas para cubrir la cavidad de alojamiento en tales aviones, se necesitará un esquema complejo de despliegue-retracción, tanto para el tren como para las puertas, de modo tal de asegurar que, bajo ninguna condición, ocurran interferencias. Además, la disponibilidad de volumen para su alojamiento puede llegar a convertirse en un problema de integración mayor, a medida que aumenta el número de neumáticos con el peso de despegue del avión.



Describiremos brevemente cuál es la cinemática de nuestro modelo:

- Partimos del tren en posición extendido y del circuito alimentado con aire comprimido.
- Una vez extraído el pin de seguro en tierra, colocamos la palanca de mando a la posición UP.
- La válvula distribuidora conmuta y, en forma directa, envía aire al actuador de traba abajo, que se extiende, quebrando la geometría de los dos brazos que conforman el mecanismo de la traba abajo.
- A su vez, la válvula también envía aire comprimido a la cámara posterior del actuador principal, a través de una válvula reguladora de caudal, para que comience la extensión del actuador, retrayendo al tren.
- Cuando éste llega arriba, el rodillo de traba arriba empuja al gancho de la traba homónima, forzando a que el dado cambie de posición, atrapando al rodillo mediante la acción de los dos resortes de traba arriba.

- Una vez que el tren se encuentra arriba y trabado, la palanca se coloca en la posición *off*, para despresurizar el circuito.

Cuando se desea bajar al tren:

- La palanca se sitúa en la posición DN (*down*).
- En esta posición, la válvula distribuidora conmuta y, en forma directa, envía aire al actuador de traba arriba, que se extiende soltando el rodillo del gancho de la traba y liberando, de esta forma, al tren.
- La válvula también envía aire comprimido a la cámara anterior del actuador principal, a través de una válvula reguladora de caudal, para que comience la extensión.
- Al llegar a la posición completamente extendido, el parante lateral adquiere una forma no lineal, para impedir su retracción accidental.
- Una vez el tren abajo y trabado, la palanca se coloca en la posición *off* para despresurizar el circuito.



## f. La flotación del avión

La configuración del tren de aterrizaje tiene un impacto directo sobre la flotación en tierra.

La cantidad y disposición de las

El término **flotación en tierra** es utilizado para describir la capacidad del pavimento y de otras superficies para soportar un avión.

ruedas, junto con el peso del avión y su distribución entre el conjunto de nariz y el principal, determina el espesor necesario de pavimento para un avión en particular. También debe tenerse en cuenta el tipo de pavimento que el avión encontrará en aquellos aeropuertos en los cuales va a operar.

Los tipos de pavimento existentes en las pistas y en los laterales, pueden agruparse en: rígidos y flexibles.

Un **pavimento flexible**, conocido comúnmente como asfalto, puede consistir de una o más capas de materiales bituminosos<sup>11</sup> y agregados; es decir: capa de superficie, capa base y sub-base que descansa sobre un estrato de calidad inferior.

Por otro lado, el **pavimento rígido** consiste de una losa de hormigón de cemento portland colocada sobre una capa de tierra preparada.

El espesor de cada una de las capas debe ser el adecuado para garantizar que las cargas aplicadas no dañen la superficie ni las capas subyacentes.

## g. La estimación del peso del tren de aterrizaje

### Criterios respecto de la estimación del peso

1. Tendencias actuales
2. Estimación analítica del peso estructural

El peso de un tren de aterrizaje oscila, generalmente, entre un 3 a un 6 % del peso máximo de despegue del avión. Con los avances tecnológicos -sobre todo, aquellos referidos a los materiales de las estructuras y al rendimiento del combustible-, estos porcentajes podrían llegar a incrementarse, en futuros aviones. Sin embargo, el hecho de poder reducir el peso del tren de aterrizaje redundará en beneficios ya que, entre otras cosas, aumentará la capacidad de carga paga

<sup>11</sup> **Bituminosos:** Que contienen betún. El betún es una sustancia de color negro que constituye la fracción más pesada del petróleo crudo. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeable de muros y tejados.

del avión; no obstante esto, deben mantenerse los coeficientes de seguridad requeridos.

Las ecuaciones estadísticas existentes para la determinación del peso -si bien permiten obtener, en forma rápida y precisa, el peso del grupo de tren- no siempre consideran todas aquellas variantes que se puedan realizar en los parámetros de diseño del avión; por otra parte, están basadas en datos de aviones ya existentes. En el caso de diseños para aviones de mayor tamaño, estos datos no existen. Ésta es otra de las razones que hacen imprescindible contar con un método analítico para la determinación del peso del avión.

Se han desarrollado algoritmos para la estimación de la medida y el peso de las partes estructurales del tren de aterrizaje. Los pesos de los componentes no estructurales se calculan utilizando ecuaciones estadísticas; luego, se combinan ambos para concluir el peso final del conjunto de tren.

**1. Tendencias actuales.** Uno de los principales defectos de los métodos estadísticos es que sólo consideran unos pocos parámetros que afectan al peso, tales como la longitud de la "pata", la resistencia última del material, la carga vertical y el número de ruedas. Esto hace que sea bastante difícil distinguir entre trenes de aterrizaje con diferentes configuraciones geométricas. Por otra parte, se basan en diseños hechos en el pasado; si tuviéramos que utilizar los datos para un nuevo diseño no convencional o un nuevo tipo de avión -como pueden ser aquellos de mayor capacidad que los actuales- los datos existentes no serían suficientes.

El método más simple utilizado en el análisis de medidas es aquel que utiliza ecuaciones que sólo consideran al peso del tren de aterrizaje, como una función del peso total de despegue del avión. Otros métodos incluyen la longitud del tren y, en alguna medida, consideran variaciones en los parámetros de diseño.

## 2. Estimación analítica del peso estructural.

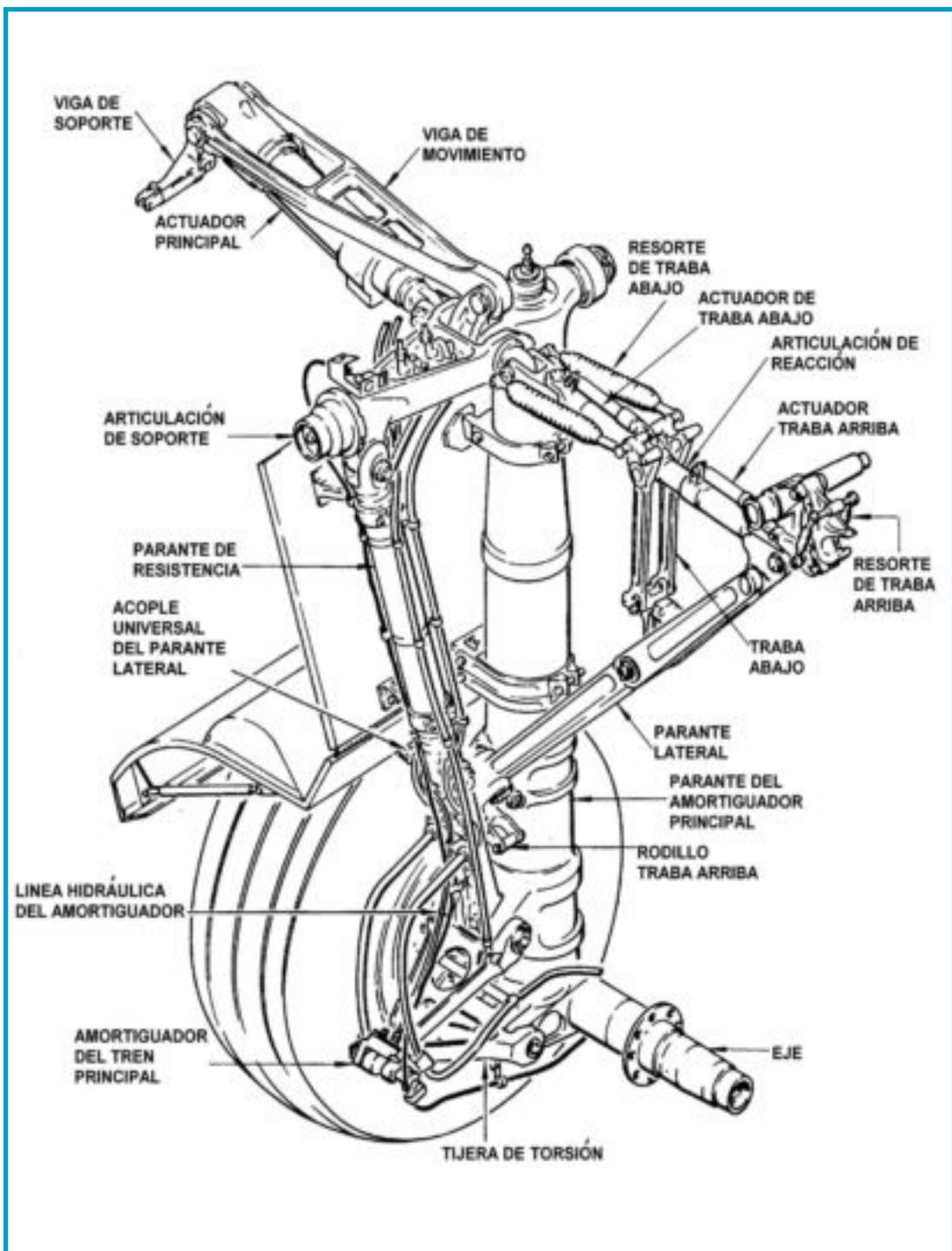
Los métodos analíticos permiten considerar configuraciones y geometrías variadas, además de definir parámetros que se utilizan en los métodos estadísticos.

Básicamente, el procedimiento consta de cinco pasos:

- definición de la geometría del tren,
- cálculo de las cargas aplicadas,
- resolución de las cargas en cada componente estructural,
- dimensionamiento de las áreas transversales de los componentes requeridos y
- cálculo de peso del componente y peso total.

Le recomendamos consultar estas páginas web.

- **[www.inicia.es/de/vuelo/SIF/SIF39.html](http://www.inicia.es/de/vuelo/SIF/SIF39.html)**  
Encontrará información sobre manuales de vuelo, sistemas funcionales y trenes de aterrizaje.
- **[www.boeing.com/assocproducts/aircompat/industrydocs/ctol.pdf](http://www.boeing.com/assocproducts/aircompat/industrydocs/ctol.pdf)**  
*Commercial Aircraft Design Characteristics.*
- **[www.aero.polimi.it/~l050263/bacheca/Dispense\\_EN/07w-LandGear.pdf](http://www.aero.polimi.it/~l050263/bacheca/Dispense_EN/07w-LandGear.pdf)**  
*Landing Gear System. Politecnico di Milano. Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale.*
- **[www.aoe.vt.edu/~mason/Mason\\_f/M96SC.html](http://www.aoe.vt.edu/~mason/Mason_f/M96SC.html)**  
*Landing Gear Integration in Aircraft Conceptual Design. Sonny Chai and William Mason.*



# 3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

## Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

### → El producto

El modelo didáctico propuesto permite al alumno familiarizarse con el funcionamiento de una de las patas de un tren de aterrizaje retráctil, de utilización en la actualidad en aviones comerciales, para comprender los principios de su operación y los principios de la mecánica del movimiento.

El tren de aterrizaje es un sistema eficaz y seguro para el aterrizaje que permite soportar el peso de la aeronave y el impacto en el momento del aterrizaje, y que, a la vez, puede ocultarse durante el vuelo -a fin de evitar la generación de resistencias al avance, que harían perder la *performance* del avión-.

La base del funcionamiento del sistema radica en la fuerza que puede desarrollar un mecanismo diseñado para operar con un fluido a presión que circula por el interior de un cilindro hidráulico, mientras se aprecia cómo el momento generado por el peso propio del mecanismo respecto de su eje de giro llega a ser superado por una fuerza mayor ejercida

por este actuador con un brazo de palanca mucho menor.

En la realidad, se trata de un sistema muy complejo, compuesto por varios centenares de piezas distintas. En nuestro recurso didáctico, en cambio, hemos simplificado la cantidad de componentes en juego, para no perder el objetivo de mostrar el principio de funcionamiento del conjunto.

El modelo corresponde a una de las patas de un tren de aterrizaje principal; en él, se ha tratado de respetar al máximo la escala, de modo tal que se asemeje casi en un todo a la pata de un avión comercial real. Sin embargo, destacamos que algunas de las partes han sido adaptadas al modelo y a las posibilidades de fabricación para la escala escogida.

El recurso didáctico que proponemos permite analizar:

- la secuencia de operación de la pata del tren de aterrizaje, tanto en retracción como en extensión,

- el principio de funcionamiento de los mecanismos de traba abajo y de traba arriba, los sistemas de destraba abajo y destraba arriba, y
- la combinación y articulación entre las distintas piezas que hacen al funcionamiento del equipo.

El modelo presenta, así, los mecanismos y accionamientos necesarios para permitir el despliegue del tren y su recogida. La orden para la ejecución de estos movimientos es dada en forma manual, operando directamente sobre la palanca que controla a la válvula de distribución o mando. Ésta envía la señal hacia los actuadores: principal, de traba arriba y de traba abajo, según corresponda a la maniobra seleccionada.

Los actuadores que forman parte del equipo son neumáticos; en la realidad, en cambio, éstos suelen ser alimentados con fluido hidráulico -sobre todo, en aquellos aviones de gran porte-. Nuestra decisión se debe a varias razones, entre las cuales podemos citar:

- la facilidad de obtención de este tipo de energía, considerando que, en la mayoría de las escuelas técnico-profesionales es mucho más factible disponer de un compresor que de un grupo de accionamiento hidráulico;
- la diferencia de fuerzas, debido a las diferentes presiones normales de trabajo en neumática y en hidráulica; de haber elegido la hidráulica, tendríamos que haber redimensionado todos los componentes para que pudieran soportar las mayores fuerzas brindadas por los actua-

dores hidráulicos al trabajar, rediseñar el sistema con presiones considerablemente más elevadas o incluir limitadores de presión para evitar el daño de los componentes;

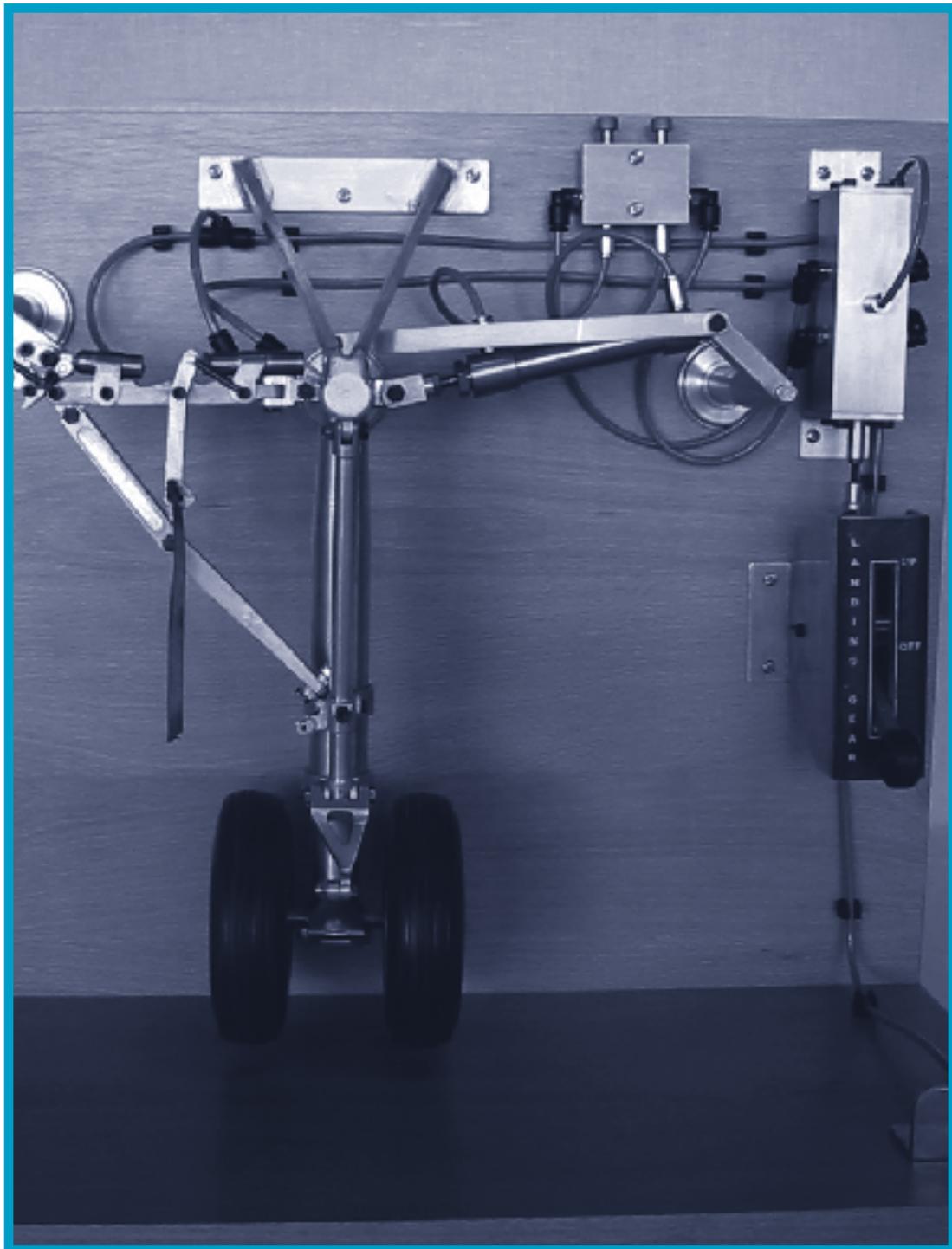
- la seguridad y la limpieza;
- el tamaño de los componentes; hemos diseñado y construido los actuadores pensando en los conectores rápidos, que se comercializan en toda casa del ramo, que no son aplicables para energía hidráulica -los disponibles para esta última son más grandes que los componentes en los cuales se utilizarían-.

Tal como se puede observar de la imagen del equipo terminado, por razones de comodidad hemos dispuesto la palanca de control próxima al tren. Esta también simula la palanca que po-

demus encontrar en la cabina de un avión, con sus tres posiciones -*up*, *off* y *down*-, y dispone de una rueda similar a las que se hallan en los accionamientos de los trenes de aterrizaje de cualquier aeronave.

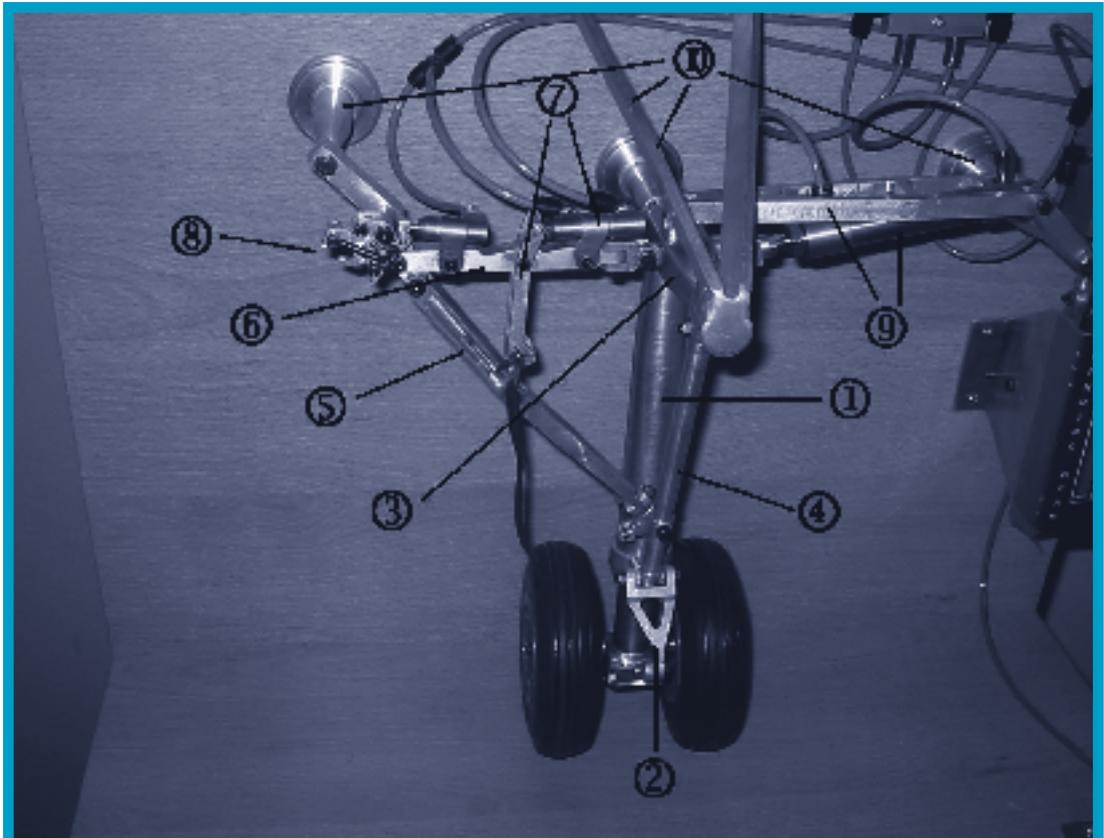
En lo que respecta al circuito de alimentación de los actuadores, hemos realizado la secuencia de movimientos correspondiente, utilizando válvulas que trabajan sobre el caudal y no sobre la presión -tal como sería la válvula de secuencia que explicáramos en la segunda parte de este material de capacitación-.

Si bien, la forma de la palanca no afecta al normal funcionamiento del tren, nos pareció un detalle particular que no podíamos dejar de incluir.



## → Los componentes

Vamos a dividir el equipo en las siguientes partes componentes:



① Conjunto amortiguador

② Tijera de torsión

③ Articulación de soporte

④ Parante de resistencia

⑤ Parante lateral

⑥ Articulación de reacción

⑦ Conjunto traba abajo

⑧ Conjunto traba arriba

⑨ Conjunto actuador principal

⑩ Conjunto de soportes

También nos referiremos el armado de las válvulas que hemos utilizado para el mando del modelo.

- Válvula distribuidora
- Palanca de mando
- Válvula reguladora de caudal (estrangulación)
- Entrada de aire comprimido

Esto nos ayudará en el momento de iniciar la construcción de las piezas del tren, ya que para cada uno de estos componentes iremos mencionando las diferentes piezas o elementos que forman parte de ellos, para después, concluir con el ensamblado final.

Las imágenes del proceso, y los planos y gráficos<sup>12</sup> correspondientes están incluidos en el CD anexo.

## → Los materiales, herramientas e instrumentos

### Materiales:

- Barras de aluminio redondas y cuadradas
- Planchuela de aluminio
- Barras de bronce redondas y hexagonal
- Tubo de bronce
- Chapa de bronce
- Tornillos de cabeza Allen, Hexagonal, fresada
- Tornillos Parker de 8 x 12 cabeza combinada (8)
- Tornillos Parker de 8 x 19 cabeza combinada (7)
- Tornillos Parker de 8 x 32 cabeza combinada (2)
- Tornillos M4 x 25 mm cabeza fresada (12)
- Tornillo M6 x 100 mm cabeza Allen (1)
- Tornillo M6 x 40 mm cabeza Allen (1)
- Tornillo M4 x 10 mm cabeza Allen (11)
- Tornillo M4 x 16 mm cabeza Allen (3)
- Tornillo M4 x 30 mm cabeza Allen (1)
- Tornillo M3 x 16 mm cabeza Allen (6)
- Tornillo M3 x 20 mm cabeza Allen (4)
- Tornillo M3 x 6 mm cabeza Allen (4)
- Tornillo M3 x 10 mm cabeza Allen (1)
- Tornillo M5 x 40 mm cabeza hexagonal (1)
- Tornillo M5 x 50 mm cabeza hexagonal (1)
- Tornillo M4 x 35 mm cabeza hexagonal (3)
- Tornillo M4 x 30 mm cabeza hexagonal (2)
- Tornillo M4 x 20 mm cabeza hexagonal (4)
- Tornillo M4 x 16 mm cabeza hexagonal (5)
- Tornillo M4 x 12 mm cabeza hexagonal (1)
- Tornillo M4 x 6 mm cabeza hexagonal (4)
- Tuerca M4 común (6)
- Tuerca M4 autofrenante (5)
- Tuerca M3 común (1)

<sup>12</sup> Las representaciones fueron desarrolladas por Pablo Pilotto, del Centro Nacional de Educación Tecnológica.

- Tuerca M3 autofrenante (5)
- Tuerca M5 común (1)
- Perno elástico de 2 mm de diámetro x 10 mm de largo (1)
- Ruedas de aproximadamente 114 mm de diámetro x 35 mm (2)
- Arandela 4 mm (2)
- Arandela 5 mm (2)
- Arandela 8 mm (2)
- Arandela 13 mm (1)
- Resortes
- Estaño al 50 %, cantidad necesaria
- Varilla de aluminio de 2 mm para soldar
- Ácido clorhídrico rebajado con zinc, cantidad necesaria.
- Tela de esmeril, grano 100
- Lija al agua, grano 300
- Cinta de teflón
- Cinta roja
- Grillón negro para la rueda de la válvula de comando, de 25 mm de diámetro
- Manguera flexible para aire comprimido, de 4 mm de diámetro (2 m)
- Grampas de plástico para manguera, de 4 mm (10)
- Conector o acople para manguera, de 4 mm (8 a 90° y 5 rectos)
- Conector o acople en "T" para manguera de 4 mm en "T"
- Conector o acople recto de ¼" para manguera de 4 mm
- Niple de 1/4" NPT de 25 mm de largo
- Espiga de 1/4" NPT, macho, para acople rápido

- Tablero de madera de 600 mm x 450 mm x 18 mm
- Tablero de madera de 600 mm x 250 mm x 18 mm
- Tornillos para madera de 5 mm x 65 mm (5)
- "O" Rings de medidas varias

### Herramientas:

- Punta de trazar
- Punto de marcar
- Martillo, regla, compás, escuadra con sombrero, falsa escuadra
- Destornillador Philips # 2
- Destornillador Paleta chico
- Llaves Allen de medidas varias
- Llave tubo de 7 mm y 8 mm
- Macho de roscar M3, M4, M5, M6 largo, 6/32" NC, 10/32" NF, 5/16" NF, 1/2" NF
- Terrajas 6/32" NC, 10/32" NF, 5/16" NF, 1/2" NF
- Limas planas, media caña, redonda cuadrada, triangular de diferentes medidas y dientes de corte
- Brocas de medidas varias, mecha de centrar
- Fresas 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm
- Herramientas para torno de cilindrado, corte, interior
- Moleteador
- Agujereadora
- Torno
- Fresa
- Soldadura autógena o de argón
- Soldador eléctrico

## → La construcción

Describimos, ahora, los procedimientos y pasos para la construcción de cada una de las piezas. En cada uno de ellos, es imprescindible que los alumnos observen y analicen los planos -los presentamos en el CD o los desarrollados por ellos en el marco del problema a resolver-, y que usted determine los momentos oportunos para la inclusión de los sustentos teóricos del proyecto. En cada momento de la tarea es posible trabajar con los alumnos cuestiones concernientes a la interpretación de planos, a la organización y secuencia de tareas a realizar para la obtención de cada pieza solicitada, al dibujo de la pieza -por ejemplo, en CAD- y a su mecanizado con las máquinas-herramientas adecuadas.

Hemos realizado la mayoría de los mecanizados de las partes componentes utilizando el torno y una agujereadora de banco como máquinas-herramientas; prácticamente no utilizamos fresadora. Es por esta razón que usted advertirá que nos referimos reiteradamente al uso de este tipo de máquinas. No obstante, hay piezas que podrían haberse realizado con mayor facilidad y rapidez si hubiéramos incluido una fresa; pero, esto implica contar con los montajes apropiados para la sujeción de cada parte, que no son estándar y cuya fabricación complicaría la obtención del modelo.

A excepción de los actuadores que se realizaron en bronce, todas las piezas que componen el modelo han sido realizadas en aluminio del tipo "Camplo". Este tipo de material permite un buen maquinado; además de ser liviano, no se oxida fácilmente, permite lograr buenos acabados, se obtiene

Hacemos especial hincapié en la importancia que tiene respetar las medidas de las piezas en los sectores donde interactuarán con otras, como también que se conserve el paralelismo entre las caras de las piezas que así lo requieran. De esta forma, se evitarán juegos excesivos en el montaje entre piezas que, de existir, se transformarían en defectos en el correcto funcionamiento de los distintos conjuntos.

Cada una de las piezas que se termine debe pulirse, para eliminar las rayas que pudiera tener el material o las generadas durante el proceso de maquinado. Esta tarea, que forma parte de todo proceso de fabricación, permite que las uniones de las piezas trabajen en forma suave, y que el conjunto realice movimientos serenos y uniformes, además de otorgar una muy buena presentación al modelo.

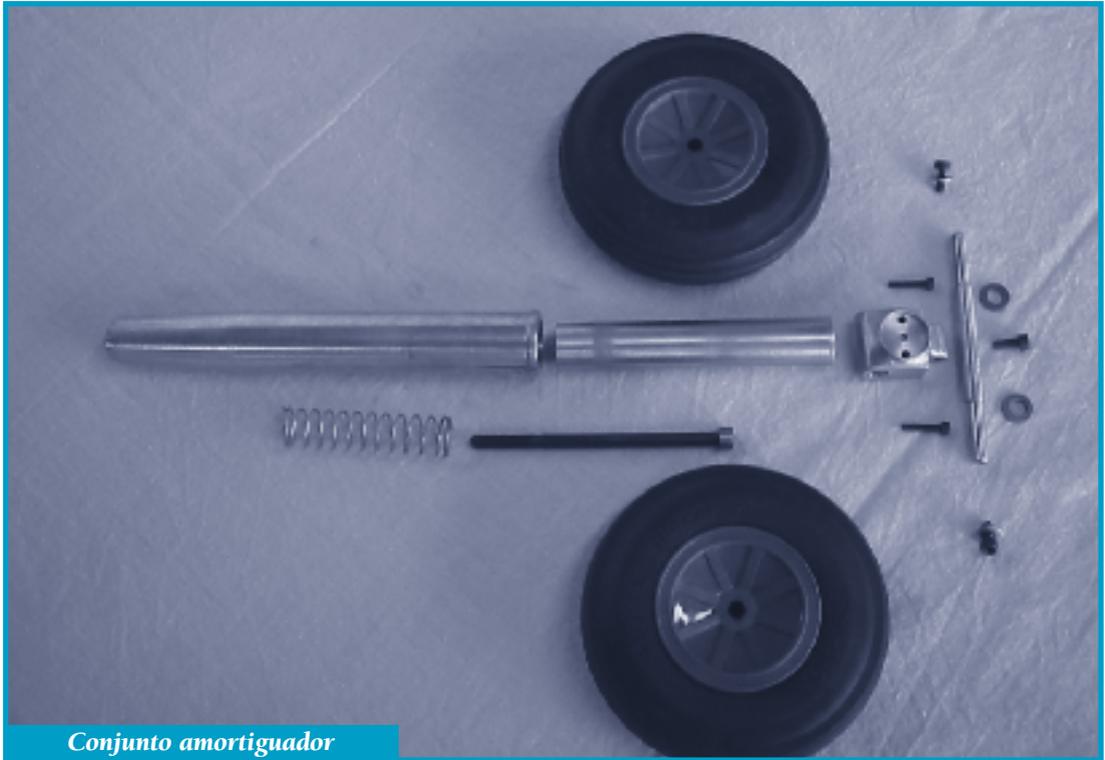
con facilidad y es económicamente accesible. Comencemos a describir los detalles constructivos de las partes integrantes de cada conjunto que compone el tren de aterrizaje.

### 1. Conjunto amortiguador

En el avión, es el encargado de absorber el impacto del aterrizaje y de las vibraciones producidas durante el carreteo.

Está compuesto por:

- 1.1. Parante principal
- 1.2. Parante Interno
- 1.3. Cubo de soporte del eje de las ruedas
- 1.4. Eje de las ruedas



### 1.1. Parante principal

Partiendo de un trozo de aluminio de 182 mm de largo y 30 mm de diámetro, realizamos el frentado de una de las cabezas, utilizando el torno. Mediante una mecha de centrar, practicamos un orificio de centro.

Tomamos la pieza en el plato desde el otro extremo. Colocamos la contrapunta en el extremo donde se practicó el orificio. Cilindramos los diámetros, indicados en los planos.

Practicamos orificios sucesivos, con brocas de 5 mm, 10 mm y 18 o 19 mm por un largo de 124 mm; luego, torneamos con herramienta

de interior hasta llegar a la medida interna de 20 mm de diámetro, según el plano.

Damos vuelta la pieza y, tomándola desde la parte recientemente torneada, centramos y frentamos la otra punta, hasta llegar a la longitud indicada. Realizamos el rebaje al diámetro de 17 mm y 3 mm de longitud y, por último, realizamos el torneado cónico de acuerdo con las dimensiones del plano.

Perforamos una longitud de 60 mm o superior, con broca de 5 mm.

En toda la extensión del orificio, realizamos una rosca milimétrica con macho de 6 mm, paso 1 mm.

## 1.2. Parante interno

Partiendo de un trozo de aluminio de 150 mm de largo y 22 mm de diámetro, realizamos el frentado de una de las cabezas, utilizando el torno. Mediante una mecha de centrar, practicamos un orificio de centro.

Tomamos la pieza en el plato desde el otro extremo. Colocamos la contrapunta en el extremo donde se practicó el orificio. Cilindramos hasta obtener un diámetro de 20 mm.

Practicamos el orificio central, de acuerdo con las dimensiones de los planos.

En el torno o con sierra, cortamos la pieza en función del largo indicado, dejando margen para, luego, frentear y terminar.

Realizamos los dos agujeros para rosca M3 una vez construido el cubo de soporte del eje de las ruedas.

## 1.3. Cubo de soporte del eje de las ruedas

Con un trozo de aluminio de 40 mm x 26 mm x 18 mm realizamos la pieza indicada en los planos. Inicialmente, practicamos las perforaciones de 8,5 mm para el eje de las ruedas y la de 4 mm para el eje de la tijera del tren.

Luego, tomando la pieza en una fresadora o centrándola convenientemente en un torno con plato de 4 mordazas, realizamos el alojamiento de 20 mm de diámetro y 3 mm de profundidad para el encastre. Con un radio de 7,5 mm desde el centro del alojamiento,

trazamos una circunferencia donde se ubicarán los dos orificios de 3 mm que servirán para unir la pieza al parante interno.

Luego, mediante cortado y limado damos forma a la pieza, según lo indicado en sus planos.

Realizamos las dos perforaciones de 3 mm y, luego, de acuerdo con lo indicado en el plano, agrandamos a 6 mm de diámetro de la parte externa de estos orificios, con una profundidad de 4 mm para que se oculte la cabeza del tornillo que fijará el cubo al parante interno.

En la parte central del orificio donde se alojará el eje de las ruedas, realizamos una perforación de 4 mm que servirá para ubicar un tornillo que fijará el eje de las ruedas.

## 1.4. Eje de las ruedas

Partiendo de una barra redonda de aluminio de 10 mm de diámetro, cilindramos en el torno, de acuerdo con las dimensiones indicadas en los planos.

Tanto las longitudes de los extremos donde luego se colocarán las ruedas como su diámetro están en función de las ruedas que se adquieran. En el plano, las medidas están calculadas para una rueda de 6,5 mm de diámetro interno y 23,5 mm de espesor. El milímetro restante es para una arandela que, luego, se colocará en el armado del conjunto para que actúe como tope interno de la rueda.

En los extremos, practicamos orificios con rosca M4 donde se colocarán los tornillos que ajusten a las ruedas.

## 2. Tijera de torsión

Previene la rotación entre los cilindros interior y exterior del amortiguador, sin que esto afecte el movimiento de amortiguado durante la operación normal de la estructura.



*Tijera de torsión*

Está compuesta por:

- 2.1. Tijera inferior
- 2.2. Tijera superior

En un trozo de planchuela de aluminio de 10 mm de espesor por 25 mm de ancho y 115 mm de longitud, trazamos las dos tijeras de acuerdo con los planos. Perforamos los orificios que servirán de ejes, utilizando una mecha de 4 mm. Realizamos los cavados con agujeradora o fresa, de acuerdo con el plano.

Deberá ponerse especial atención en las dimensiones de los diámetros de los orificios, y las distancias y paralelismo entre orejetas.

## 3. Articulación de soporte

Es el soporte que oficia de pivote del tren de aterrizaje; provee la articulación o bisagra para la retracción y la extensión del tren.



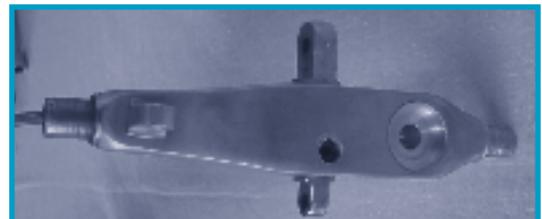
*Articulación de soporte*

Está compuesta por:

- 3.1. Viga transversal
- 3.2. Toma del parante de resistencia
- 3.3. Toma del actuador
- 3.4. Toma de la barra de reacción
- 3.5. Toma de la viga de movimiento

### 3.1. Viga transversal

Con un bloque de aluminio de 17 mm de espesor, 22 mm de ancho y 124 mm de largo, trazamos los centros de los orificios a realizar, de acuerdo con los planos. Con las brocas adecuadas, perforamos los orificios y rebajes que servirán para alojar las cabezas de los tornillos de fijación de las tomas. Sujutando la pieza en un torno con plato de cuatro mordazas, cilindramos ambos extremos de la pieza, conforme lo indicado en el plano.



*Viga transversal*

Tomando la pieza de manera que el orificio pasante de 6 mm quede como centro, practicamos el rebaje de 20 mm de diámetro y 3 mm de profundidad donde se alojará, luego, el parante principal.

Mediante fresado y limado, damos la forma a la pieza de acuerdo a lo que muestra la figura del plano.

### 3.2. Toma del parante de resistencia

Con una varilla de aluminio de 8 mm de diámetro, cilindramos en función de las dimensiones indicadas en los planos. Luego, perforamos con broca de 2,5 mm y roscamos con macho M3. Realizamos los rebajes necesarios, de manera de dejar un espesor de la pieza de 5 mm. Sobre la parte rebajada, per-

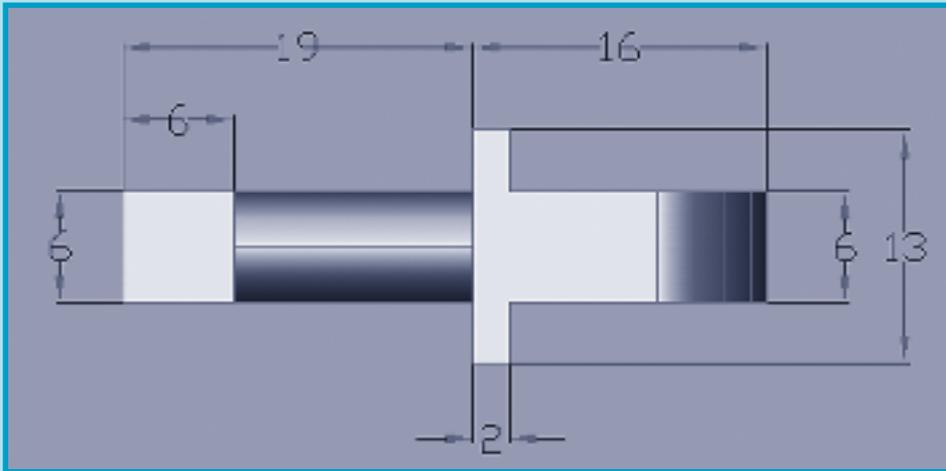
foramos con broca de 4 mm para que sirva de toma del parante de resistencia.

### 3.3. Toma del actuador

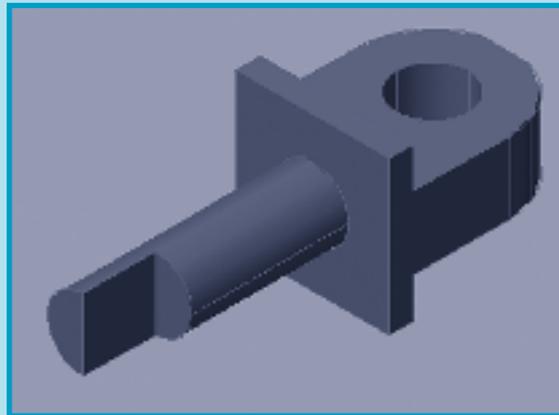
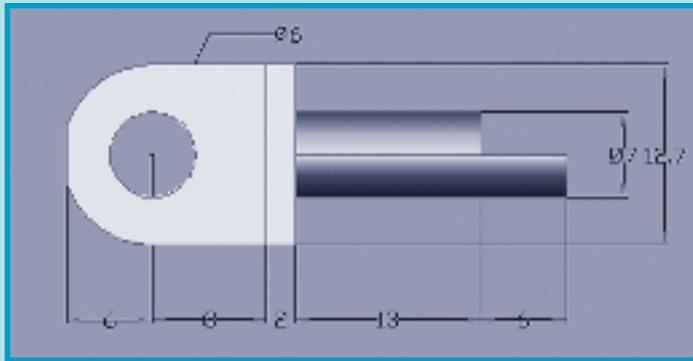
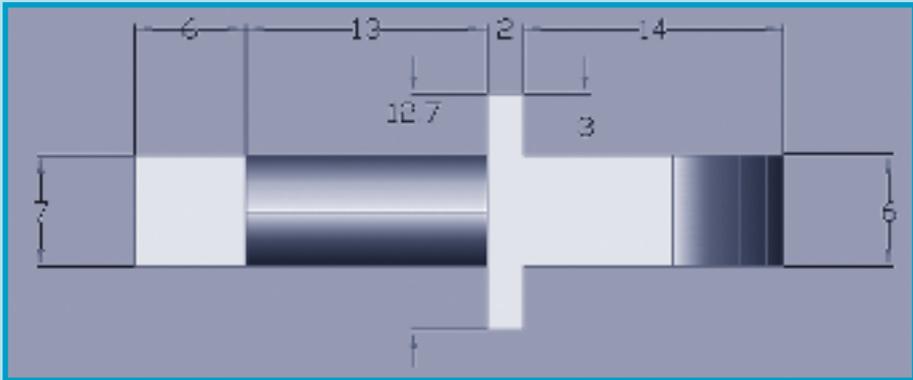
Con una varilla de aluminio cuadrada de 1/2" de lado, cilindramos en función de las dimensiones indicadas en los planos.

Realizamos los rebajes necesarios, de manera de dejar un espesor de 6 mm en la pieza. Sobre la parte rebajada, perforamos con broca de 4 mm para que sirva de toma para la horquilla del actuador principal.

En la cola de 7 mm de diámetro de este soporte, rebajamos de acuerdo con las indicaciones del plano, para hermanaarla con la toma de la barra de reacción.



*Toma del actuador*



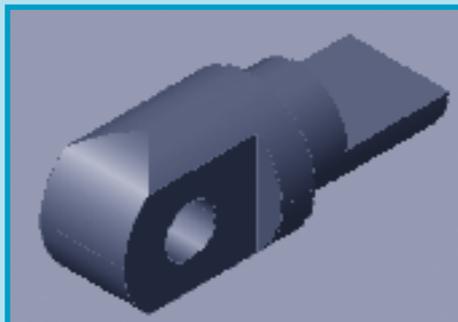
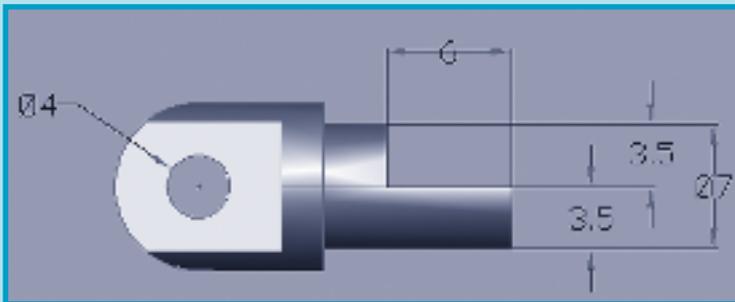
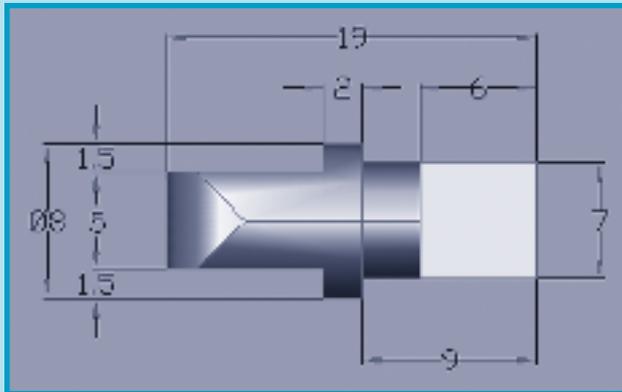
*Toma del actuador*

### 3.4. Toma de la barra de reacción

Cilindramos una varilla de aluminio de 10 mm de diámetro, ajustándonos a las dimensiones establecidas en los planos. Realizamos los rebajes necesarios, de manera de dejar un espesor de 5 mm. Sobre la parte

rebajada, perforamos con broca de 4 mm para que sirva de toma del dado universal.

En la cola de 7 mm de diámetro de este soporte, rebajamos de acuerdo con las indicaciones del plano para Hermanarla con la toma del actuador.



**Toma  
de la barra  
de reacción**

### 3.5. Toma de la viga de movimiento

Con una varilla de aluminio de 10 mm de diámetro, cilindramos en función de las dimensiones indicadas en los planos. Luego, perforamos con broca de 2,5 mm y roscamos con macho M3. Realizamos los rebajes necesarios, de manera de dejar un espesor de la pieza de 5 mm. Sobre la parte rebajada, perforamos con broca de 4 mm para que sirva de toma de la viga de movimiento.

## 4. Parante de resistencia

Estabiliza al amortiguador en sentido hacia adelante y hacia atrás.

Está compuesto por:

- 4.1. Parante de resistencia
- 4.2. Soporte inferior
- 4.3. Soporte medio
- 4.4. Herraje de unión

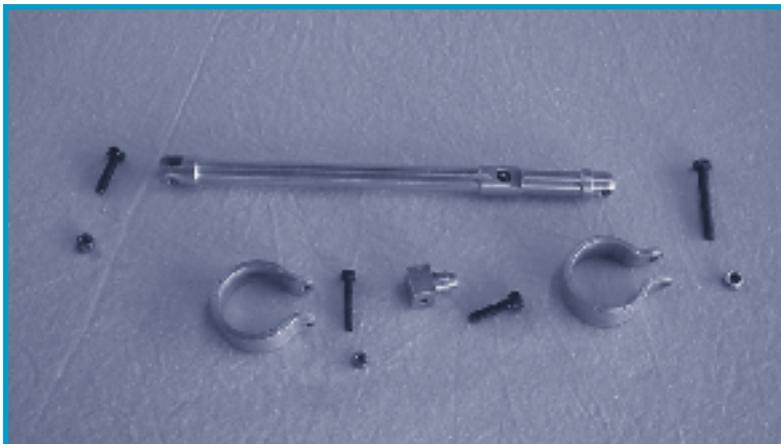
### 4.1. Parante de resistencia

Partimos de una barra redonda de aluminio de 1/2" de diámetro y cilindramos las diferentes medidas especificadas en los planos. Perforamos los extremos sobre la base del plano, roscamos donde esté indicado y acanalamos el extremo superior de acuerdo con las medidas indicadas; aplanamos el extremo inferior según se precisa en el plano. En la parte de la toma del soporte medio, perforamos con un ángulo de 20° respecto del eje longitudinal, con los diámetros indicados y, luego, realizamos el rebaje con lima o fresa.

### 4.2. Soporte inferior

Con una planchuela de aluminio de 1/2" de ancho, 1/8" de espesor y largo mínimo aproximado de 120 mm, (sugerimos este largo mínimo para poder efectuar el trabajo), conformamos una pieza circular del tipo abrazadera, para la unión entre el parante principal con la tijera superior y el parante de

resistencia. Los detalles constructivos están puntualizados en los planos. La separación entre las orejetas de la pieza debe ser tal que, cuando se instale, permita que las partes queden ajustadas. Cabe destacar que ésta es una solución alternativa para el modelo, dado que -en la realidad- estas orejetas de toma forman parte del parante principal.



*Parante de resistencia*

### 4.3. Soporte medio

Con una planchuela de aluminio de 1/2" de ancho, 1/8" de espesor y largo aproximado de 120 mm, conformamos una pieza circular del tipo abrazadera, para la unión entre parante principal con el herraje de unión. Tomamos los mismos recaudos que en el soporte inferior, pero basados en las dimensiones explicitadas en los planos.

### 4.4. Herraje de unión

Partiendo de una varilla de sección cuadrada de aluminio de 1/2" de lado, en un torno con plato de 4 mordazas, centramos el material, cilindramos los diámetros y longitudes indicadas en el plano, realizamos la perforación con broca de 3,25 mm y, luego, roscamos con macho M4. Retiramos del torno, cortamos de acuerdo con los planos. Perforamos de acuerdo a lo indicado en una de las caras de la parte cuadrada con broca de 3 mm.

## 5. Parante lateral

En el avión, es el encargado de brindar el soporte lateral del amortiguador principal, evitando la retracción accidental del tren, y de resistir los movimientos laterales del avión en su carrera de aterrizaje o decolaje.

Está compuesto por:

- 5.1. Parante lateral superior
- 5.2. Parante lateral inferior
- 5.3. Soporte universal



*Parante lateral*

### 5.1. Parante lateral superior

Partiendo de un trozo de planchuela de aluminio de 10 mm de espesor, 15 mm de ancho y 77 mm de largo, trazamos según las dimensiones de los planos, los orificios de los extremos y perforamos con broca de 3,25 mm. Redondeamos los extremos, de acuerdo con los radios definidos. Mediante una fresa, sobre la cara de 15 mm, realizamos una acanaladura de 9 mm de altura y un ángulo de 12° respecto del eje longitudinal, iniciándola a los 9 mm de uno de los centros y finalizándola a los 9 mm del centro del otro extremo, acorde a lo indicado en el plano. Uno de los extremos queda con la abertura generada por la fresa: en el otro extremo realizamos una acanaladura -con fresa o a lima- de 6,5 mm de ancho y 12 mm de profundidad.

Agrandamos los orificios de una de las caras laterales a 4 mm; luego, por éstos, ingresamos un macho de rosca M4, realizando la rosca al agujero del otro lateral. De esta forma, se garantiza la concentricidad entre ambos orificios (roscado y sin roscar).

Sobre las caras laterales de 10 mm, a modo

de efecto decorativo, podemos practicar un rebaje a fresa de 0,5 mm de profundidad con una fresa de 7 mm de diámetro y una extensión total de 51 mm, centrada en la cara de la pieza.

## 5.2. Parante lateral inferior

Rebajamos una barra de aluminio de sección cuadrada de 10 mm de lado y 96 mm de largo, hasta obtener una sección cuadrada de 9 mm de lado en toda su extensión.

En función a las dimensiones establecidas en los planos, trazamos y perforamos los orificios indicados, con broca de 4 mm, teniendo en cuenta que éstos se ubican en las caras perpendiculares. Redondeamos los extremos con un radio de 4,5 mm, desde el centro de los orificios.

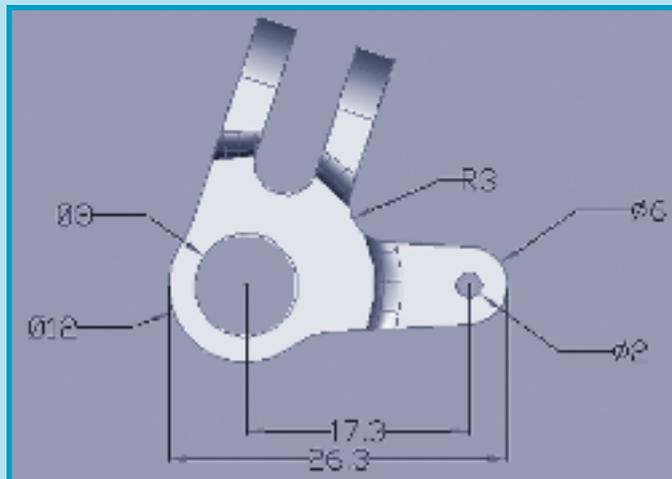
Sobre uno de los extremos, realizamos una

acanaladura de 3 mm de ancho y 10 mm de profundidad, en forma transversal al orificio.

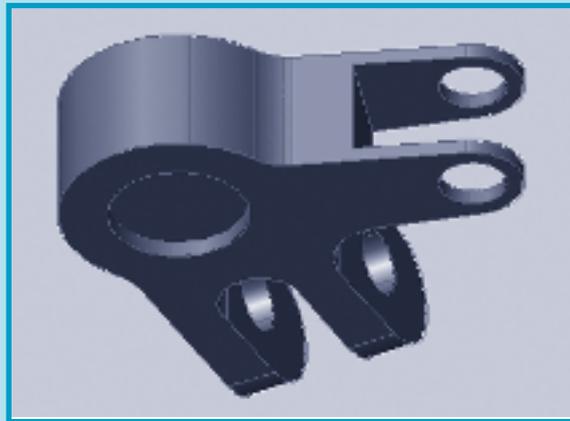
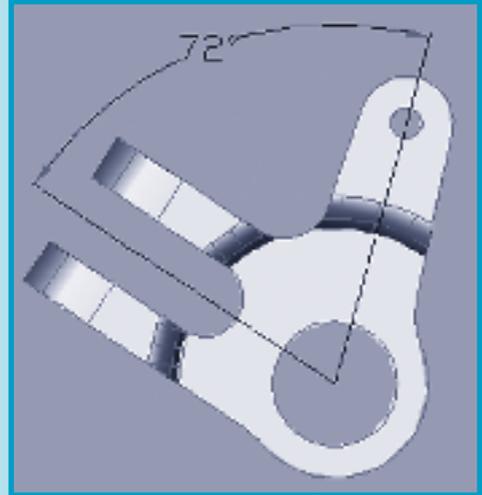
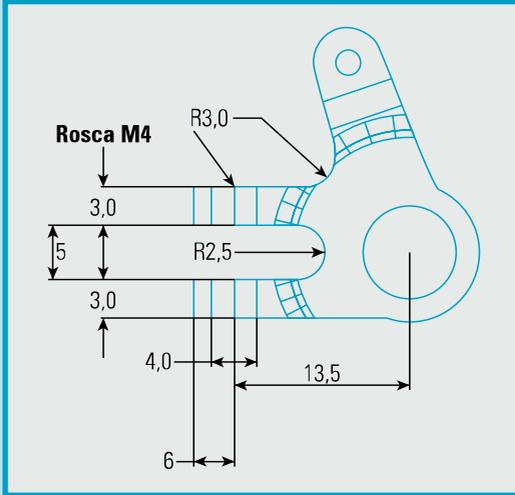
Sobre el otro extremo, rebajamos cada cara del orificio en 2 mm, de manera que el espesor de la pieza quede de 5 mm. La longitud de este rebaje es de 15 mm. Acompañamos hacia el otro lado de la pieza, con la inclinación indicada en el plano.

## 5.3. Soporte universal

Partiendo de un trozo de planchuela de 10 mm de espesor y 25 mm de ancho y unos 30 mm de largo, trazamos la pieza de acuerdo los planos. Perforamos y realizamos los rebajes en todas las direcciones, siguiendo los esquemas de las vistas correspondientes. Dado que se trata de una pieza compleja, se incluyen varias perspectivas.



*Soporte universal*



*Soporte universal*

## 6. Articulación de reacción

Transfiere los movimientos de retracción del tren, para que actúe el mecanismo de traba abajo.

Está compuesta por:

- 6.1. Barra de reacción
- 6.2. Dado universal



*Articulación de reacción*

### 6.1. Barra de reacción

Sobre un trozo de planchuela de aluminio de 10 mm de espesor, 25 mm de ancho y 100 mm de largo, trazamos de acuerdo a los planos. Efectuamos las perforaciones con broca de 3, de 3,25 mm o de 4 mm, según corresponda, y realizamos los rebajes indicados. Roscamos el orificio de 3,25 mm con rosca M4, en forma concéntrica con el orificio de la pestaña opuesta.

### 6.2. Dado universal

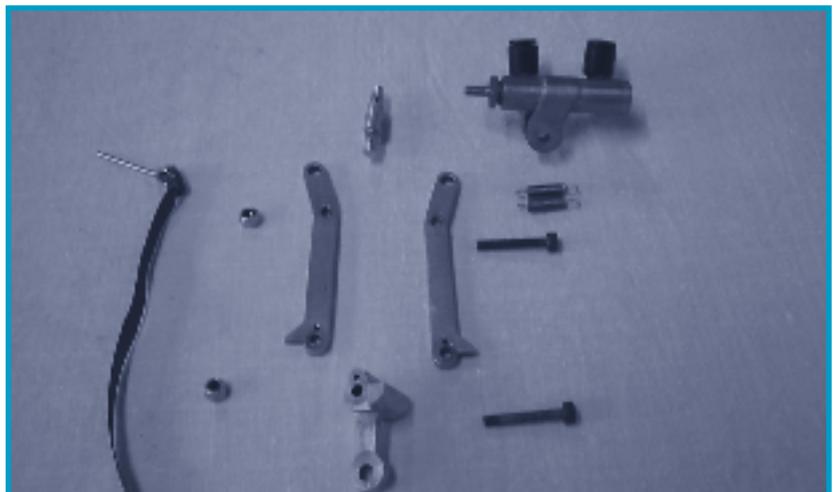
Fabricamos esta pieza partiendo de una barra de sección cuadrada de aluminio de  $\frac{1}{2}$ " de lado, basándonos en las dimensiones expresadas en los planos. En los orificios, realizamos las roscas que correspondan, de manera que éstas sean concéntricas con los orificios de las caras antagónicas.

## 7. Conjunto traba abajo

Es el encargado de mantener al tren firmemente extendido y de imposibilitar su retracción cuando éste está apoyado en tierra. A la vez, cuando el avión ha decolado, destraba para que el tren pueda retraerse.

Está compuesto por:

- 7.1. Actuador traba abajo
- 7.2. Brazos superiores
- 7.3. Brazo inferior
- 7.4. Toma del actuador traba abajo
- 7.5. Perno del seguro en tierra



*Conjunto traba abajo*

## 7.1. Actuador traba abajo

Por practicidad en su construcción los actuadores que forman parte del modelo (actuador de traba arriba, actuador de traba abajo y actuador principal); están desarrollados en bronce, con el fin de asegurar la estanqueidad del conjunto al ser un material soldable con estaño. Este tipo de unión es fácilmente realizable por los alumnos y, además, no requiere altas temperaturas que puedan dañar los componentes del sellado interno de los actuadores.



Para obtener un actuador que funcione correctamente debemos respetar todas las dimensiones expresadas en los correspondientes planos del diseño.

**Culata posterior.** Partiendo de una barra de bronce de 10 mm de diámetro, realizamos

este tapón basado en las dimensiones del plano.

**Cuerpo del actuador.** Para construir el cuerpo del actuador, con los planos, y partiendo de una barra hexagonal de bronce de 3/4"; cilindramos 2 mm a un diámetro de 10 mm, dejamos 9 mm, cilindramos otros 16 mm al diámetro de 10 mm, dejamos otros 9 mm. En el extremo, realizamos un orificio con el fondo plano de 6<sup>13</sup> mm de diámetro y 6 mm de profundidad. Luego, se agranda a un diámetro de 6,75<sup>14</sup> mm por una profundidad de 5 mm. Allí, realizamos una rosca de 5/16" NF o M8, acorde a las herramientas que dispongamos en la escuela. Cortamos la pieza de manera que su longitud total terminada sea de 36 mm.

Giramos la pieza, tomándola desde los hexágonos, y, en toda la extensión, realizamos un orificio de 3,25 mm de diámetro (pasante) y, luego, agrandamos 27 mm al diámetro de 8 mm.

Esta operación exige cuidado, para que no queden rayas en ésta que será la cámara de desplazamiento del émbolo; para esto, damos alta velocidad al torno y avanzamos lentamente. Podemos pulir el interior con lija al agua grano 300.

Mediante limado o fresado, eliminamos 5 de las 6 caras de los dos hexágonos de 19 mm que quedaron en la pieza acompañando la geometría del cilindrado primitivo.

<sup>13</sup> Es conveniente aplanar el fondo del orificio con una fresa, dado que será el asiento del sello que generará la estanqueidad de la cámara anterior del actuador.

<sup>14</sup> Es conveniente que la terminación del orificio sea plana; esto se logra con una fresa de similar medida que la broca o con una herramienta de torno para interiores.

Perforamos el centro de la cara plana remanente con una broca de 4,25 mm, a una profundidad de 4,5 mm. Roscamos con macho M5<sup>15</sup>. Hacer una conexión con una broca de 2 mm entre esta cavidad y la cámara del cilindro de según se muestra en el dibujo.

**Émbolo y vástago.** Partiendo de una varilla de bronce de 8,5 mm de diámetro, y de acuerdo a las dimensiones del plano, se tornerà hasta obtener un diámetro de 3,25 mm y una longitud de 46 mm. En la punta se hará una rosca acorde al diámetro y las herramientas disponibles (por ejemplo UNC 6/32") que deberá ser la misma que se utilice en la "Toma actuador traba abajo".

Continuando el vástago realizado, se cilindrará el embolo con un diámetro de 8 mm y una longitud de 5 mm con una acanaladura en su parte media de 1,8 mm a un diámetro de 4,6 mm aproximadamente, para colocar en ella un sello de goma (O'Ring) con sección de 1,78 mm y diámetro interno de 4,47 mm.

**Tuerca sello.** Para su realización, nos basamos en el plano. Tomando una barra hexagonal de bronce de 3/8" se cilindrarán entre 6 y 10 mm y se hará una rosca macho con el torno o con terraja, de 5/16" NF o M8, de acuerdo a la rosca realizada en la culata delantera. La longitud de la parte roscada será de 6 mm y la parte hexagonal será de 2 mm. En el centro se realizará un orificio pasante de 3,25 mm por donde deberá deslizarse el vástago del actuador. Esta tuerca comprimirá un sello de goma (O'Ring) de sección de 2 mm y diámetro interno de 3 mm.

**Soporte del actuador traba arriba.** Con una chapa de bronce de 15 mm de ancho, 0,5 mm de espesor y 50 mm de largo construimos una abrazadera, de acuerdo con el plano.

Una vez que disponemos de todos los elementos, los construidos y los sellos, armamos el actuador.

- Tomamos el cuerpo del actuador conjuntamente con el soporte del actuador, y los ubicamos de manera que la abrazadera quede arrimada a la parte alta delantera de la camisa y posicionada según las fotos del tren terminado, para soldarlos con estaño. Calentamos un soldador eléctrico de una potencia igual o superior a los 160 W. En la unión, colocamos una pequeña cantidad de ácido clorhídrico rebajado con zinc y soldamos prolijamente alrededor de la abrazadera, con estaño al 50 % de pureza. Una vez terminada esta acción, lavamos las piezas soldadas con abundante agua, para eliminar los restos de ácido.

- Tomamos el émbolo y el vástago, les colocamos el sello, los lubricamos con una pequeña cantidad de grasa liviana e introducimos el subconjunto en la camisa. Probamos su correcto funcionamiento, moviendo el vástago en ambos sentidos. Colocamos la culata trasera, tomamos el conjunto en una

Le recomendamos soldar por tramos y enfriar entre soldaduras, observando que no queden poros por donde puedan existir fugas de aire.

<sup>15</sup>Debido a la escasa profundidad del orificio, una vez realizada la rosca con un macho M5 cono 3, frentamos un macho para poder roscar hasta el final del orificio.

morsa con mordazas de protección. Para evitar daños en el sello, extendemos el vástago de manera de alejarlo de la zona de calor. Eliminamos los restos de estaño.

- Colocamos el sello lubricado en la cavidad delantera; roscamos la tuerca sello hasta comprimir levemente el sello y probamos que no se produzcan pérdidas de aire. Esto se puede regular una vez alimentado el actuador con aire comprimido.

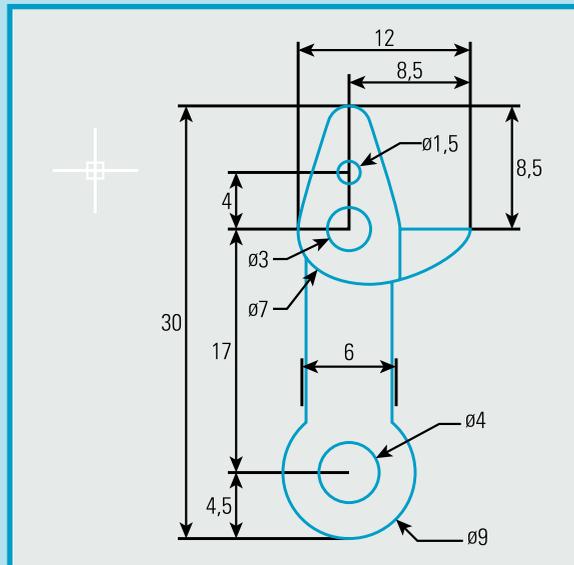
## 7.2. Brazos superiores

En dos trozos de planchuela de aluminio de 1/8" de espesor, 1/2" de ancho y 65 mm de largo, trazamos las figuras que indica el

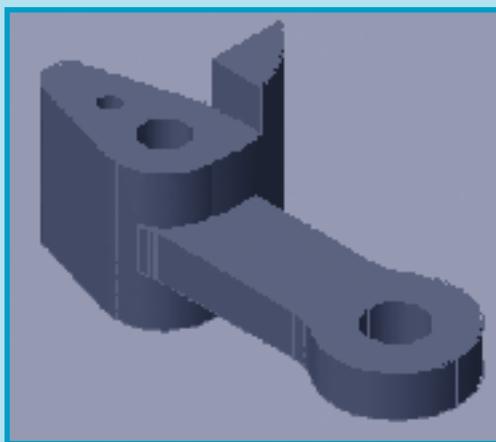
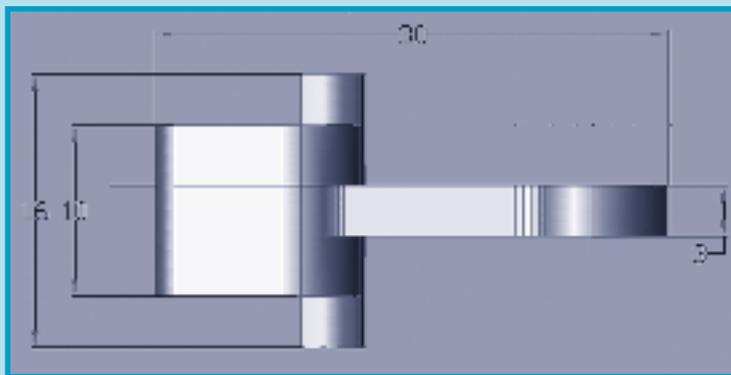
plano. Le recomendamos que, una vez recordadas, las perforo en conjunto y las termine con lima -también en conjunto-, mediante la ayuda de tornillos colocados convenientemente en los orificios de las piezas.

## 7.3. Brazo inferior

Recortamos un bloque de aluminio de 16 mm de ancho, 13 mm de alto y 30 mm de largo, de acuerdo a los planos; lo vamos conformando mediante limado, hasta obtener la pieza necesaria. Dada la complejidad de esta pieza, tenemos especial atención en la disposición de los orificios, para que el conjunto de los tres brazos de la traba abajo operen correctamente.



**Brazo inferior**



*Brazo inferior*

#### 7. 4. Toma del actuador traba abajo

Partiendo de un trozo de planchuela de 5 mm de espesor, 1/2" de ancho y 15 mm de largo, fabricamos esta pieza de acuerdo con las dimensiones especificadas en el plano. Su rosca es la que realizamos en el vástago del actuador de traba abajo.

Cuando realizamos el montaje del conjunto sobre la barra de reacción y los brazos supe-

riores, de ser necesario se ajustará la parte inferior de esta pieza de manera que, durante su desplazamiento, no interfiera con la viga.

#### 7.5. Perno del seguro en tierra

Con un alambre de acero de 1,25 mm de diámetro, realizamos una clavija que tenga un ojal redondo de un diámetro interno de 3 mm en un extremo. El largo de la clavija -excluido el ojal- es de 20 mm.

En el ojal atamos una cinta roja de dimensiones adecuadas. Sugerimos utilizar una cinta del tipo "bebé" #1 de 120 mm de largo.

## 8. Conjunto traba arriba

Su función consiste en sostener al tren retraído en su posición, una vez que se ha completado la maniobra de decolaje y durante todo el vuelo del avión, permitiendo que se libere la presión del circuito, hasta que se inician las maniobras de aterrizaje, momento en el cual libera al tren, permitiendo su extensión.

Está compuesto por:

- 8.1. Actuador traba arriba
- 8.2. Palanca angular
- 8.3. Soportes laterales
- 8.4. Gancho
- 8.5. Dado
- 8.6. Toma del actuador traba arriba
- 8.7. Articulación de regulación

### 8.1. Actuador traba arriba

Este actuador es de simple efecto. Se extiende con aire comprimido y vuelve a su posición de retraído a través de un resorte interno convenientemente ubicado.



**Culata posterior.** Partimos de una barra de bronce de 10 mm de diámetro y realizar este "tapón", basándonos en las dimensiones del plano.

**Camisa y culata delantera.** La camisa y la culata delantera de este actuador están conformadas en una sola pieza. Siguiendo las dimensiones de los planos y tomando una barra hexagonal de bronce de  $\frac{3}{4}$ " y cilindramos 20 mm a un diámetro de 10 mm. En la punta, realizamos un rebaje cónico de 30° y 3 mm de extensión. Luego, cortamos la pieza de manera que su longitud total terminada sea de 27 mm. Tomamos la pieza por el diámetro de 10 mm y perforamos en su longitud con brocas de 3,25 mm y 7 mm, según las profundidades indicadas en el dibujo. Con una fresa de 7 mm, terminamos el fondo del orificio; con una fresa de 8 mm realizamos cuidadosamente la cámara de desplazamiento del émbolo, para que no queden rayas (le recordamos que la estrategia es dar alta velocidad al torno y avanzar lentamente. Podemos pulir el interior con lija al agua grano 300).

Mediante limado o fresado, eliminamos 5 de las 6 caras del hexágono de 19 mm que quedó en la pieza, acompañando la geometría del cilindrado primitivo.

Perforamos el centro de la cara plana remanente con una broca de 4,25 mm a una profundidad de 4,5 mm. Roscamos con macho M5<sup>16</sup>. Hacemos una conexión con una broca de 1 mm entre esta cavidad y la cámara del cilindro, de acuerdo a cómo se ilustra en el dibujo.

---

<sup>16</sup> Le recordamos que, debido a la escasa profundidad del orificio, una vez realizada la rosca con un macho M5 como 3, es necesario frentear un macho para poder roscar hasta el final del orificio.

**Émbolo y vástago.** Partiendo de una varilla de bronce de 8,5 mm de diámetro, torneamos hasta obtener un diámetro de 3,25 mm y una longitud final, según las indicaciones del plano. En la punta, hacemos una rosca de 5 mm de longitud acorde al diámetro y a las herramientas disponibles (por ejemplo, UNC 6/32"), que debe ser la misma que se utilice en la toma del actuador traba arriba.

Continuando el vástago realizado, cilindramos el émbolo con un diámetro de 8 mm y una longitud de 5 mm, con una acanaladura -en su parte media de 1,8 mm a un diámetro de 4,5 mm, aproximadamente, para colocar en ella un sello de goma (O'Ring) con sección de 1,78 mm y diámetro interno de 4,47 mm.

**Resorte interno.** Se debe disponer de un resorte de compresión de 6,5 mm de diámetro externo, de 0,6 mm de diámetro del alambre y de 17 mm de longitud.

**Soporte del actuador traba arriba.** Con una chapa de bronce de 10 mm de ancho, de 0,5 mm de espesor y de 50 mm de largo construimos una abrazadera, de acuerdo con el plano.

Una vez que disponemos de estos cinco elementos, los contruidos y los sellos, podemos armar el actuador.

Tomamos la camisa y la culata delantera conjuntamente con el soporte del actuador, y los ubicamos de manera que la abrazadera quede arrimada a la parte alta de la camisa y posicionada según las fotos del tren terminado; esta disposición

prepara la soldadura con estaño. Calentamos un soldador eléctrico de una potencia igual o superior a los 160 W. En la unión colocamos una pequeña cantidad de ácido clorhídrico rebajado con zinc y soldamos prolijamente alrededor de la abrazadera, con estaño al 50 % de pureza. Lavamos las piezas soldadas con abundante agua, para eliminar los restos de ácido.

Tomamos el émbolo y el vástago; les colocamos el sello, los lubricamos con una pequeña cantidad de grasa liviana e introducimos el subconjunto en la camisa con el resorte en su interior. Probamos su correcto funcionamiento, tirando del vástago y liberándolo. Colocamos la culata trasera, tomamos el conjunto en una morsa con mordazas de protección. Extendemos el actuador y lo trabamos para soldar la culata, alejándolo de este modo de la zona de calor para evitar daños en el sello (recomiende a sus alumnos soldar por tramos y enfriar entre soldaduras, observando que no queden poros por donde puedan existir fugas de aire). Eliminamos los restos de estaño.

## 8.2. Palanca angular

Partiendo de un trozo de planchuela de aluminio de 10 mm de espesor, 25 mm de ancho y 25 mm de largo, trazamos en ella la figura correspondiente, basándonos en las dimensiones del plano. Realizamos las perforaciones con las brocas correspondientes y, luego, damos la forma a la pieza mediante cortado con sierra, y limado o trabajado los rebajes mediante fresado.

## 8.3. Soportes laterales

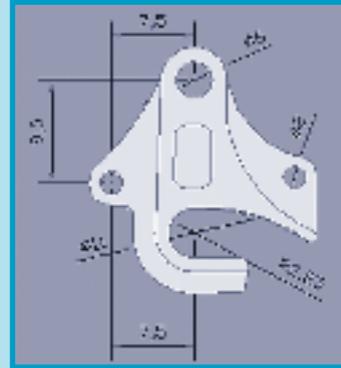
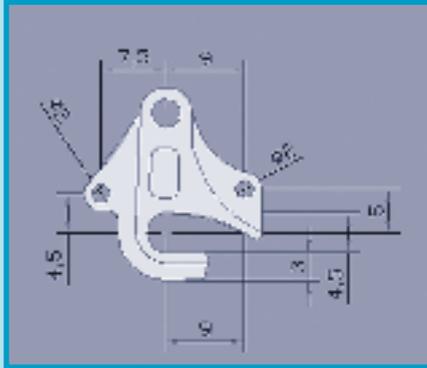
Se requieren dos unidades construidas a espejo una de otra, obtenidas de una planchuela de aluminio de 5 mm de espesor, 12 mm de ancho y 30 mm de largo, en la que trazamos la figura de las piezas conforme a las dimensiones indicadas en los planos. Efectuamos las perforaciones y roscas M3 donde corresponda; luego, mediante tornillos, tomamos ambas piezas para trabajarlas en conjunto a lima, de acuerdo con las indicaciones de los dibujos.

## 8.4. Gancho

En un trozo de planchuela de aluminio de 5 mm de espesor, 25 mm de ancho y 25 mm de largo, trazamos la figura del gancho basándonos en los planos, de acuerdo con el plano. Realizamos las perforaciones indicadas y recortamos los excesos de material, terminando la pieza mediante limado.

Para realizar los rebajes en la oreja del gancho, conviene tomarlo en un soporte y, con una fresa, afinar el espesor de la pieza en la zona correspondiente hasta la medida requerida.





**Gancho**

### 8.5. Dado

Sobre un resto de planchuela de aluminio de 6 mm de espesor, 12 mm de ancho y 10 mm de largo, realizamos los orificios de acuerdo con los planos. Cortamos y limamos hasta conseguir la forma especificada en el dibujo de la pieza.

### 8.6. Toma del actuador traba arriba

Partiendo de un trozo de planchuela de 5 mm de espesor, 1/2" de ancho y 15 mm de largo, fabricamos esta pieza de acuerdo con las dimensiones especificadas en el plano. Su rosca es la que se realizó en el vástago del actuador de traba arriba. Cuando realizamos el montaje del conjunto sobre la barra de reacción y los soportes laterales, ajustamos la parte inferior de esta pieza, de manera que no interfiera con la viga durante su desplazamiento.

Para el **armado del subconjunto traba arriba**:

- Una vez disponibles las seis piezas que componen, procedemos al armado del conjunto, teniendo en cuenta que, en su funcionamiento, el dado debe girar sobre uno de sus ejes, de manera de apoyarse perfectamente en las cunas que poseen los soportes laterales.
- Todo el conjunto se une mediante tornillos con rosca M3, con cabeza Allen y largos convenientes, de acuerdo con las dimensiones de las piezas.
- En el orificio roscado delantero del gancho, roscamos un tornillo con rosca M3 x 20 mm de largo, de manera tal que salga la misma distancia a ambos lados del gancho.
- Sobre la rosca a cada lado del gancho, colocamos un resorte de extensión con las siguientes características: diámetro externo 4 mm, diámetro del alambre:

0,25 mm, largo: 20 mm incluyendo los dos ojales. En la punta se le rosca una tuerca autofrenante, para evitar que se salga el resorte. El otro extremo de cada resorte se coloca sobre un tornillo de rosca M3 por 6 mm de largo, que se rosca en el orificio roscado central de cada soporte lateral.

- Para unir el dado al gancho, cortamos la cabeza a un tornillo de rosca M3 por 15 mm de largo y le realizamos una ranura para destornillador. La otra parte del dado se une a los soportes laterales, mediante otro tornillo de rosca M3 por 15 mm de largo.

### 8.7. Articulación de regulación

En una planchuela de aluminio de 10 mm de espesor, 32 mm de ancho y 42 mm de largo, Diagramamos el esquema planteado en los planos. Luego realizamos las perforaciones. Con broca de 3,25 mm el orificio donde luego se realizará una rosca M4, y con broca de 5 mm el orificio que servirá de eje de soporte y giro a este herraje. Cortamos el sobrante de material y terminamos la pieza mediante limado.

## 9. Conjunto actuador principal

El actuador principal convierte la presión del fluido en energía mecánica, para levantar o bajar el tren principal, trabajando en forma conjunta con la viga de movimiento. En la retracción, la fuerza del vástago del actuador se aplica en forma directa al tren. A su vez, la viga de movimiento permite generar una

fuerza adicional con la cual se logra la disminución del tamaño del actuador y de todo el conjunto de soportes. Las fuerzas de acción y reacción combinadas proveen la potencia necesaria para levantar al tren. La reacción resultante hace girar al tren alrededor del eje de rotación. Asimismo, las fuerzas producidas por esta rotación se transmiten a la estructura por medio de la viga colgante. En la extensión, las fuerzas actúan en sentido inverso.

Está compuesto por:

- 9.1. Actuador principal
- 9.2. Horquilla del actuador
- 9.3. Viga de movimiento
- 9.4. Viga colgante



### 9.1. Actuador principal



**Culata posterior.** Para poder trabajar, se requiere una barra de bronce de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro y unos 60 mm de longitud. Primero, cilindramos los diámetros externos de acuerdo al plano. Cortamos en la longitud de 28 mm. Sobre la cara con diámetro de 19 mm, practicamos un rebaje de 4 mm de profundidad y 15,85 mm de diámetro, de manera que allí se pueda alojar la camisa del actuador. Terminamos este rebaje con un chaflán de 1 mm x 45° en la parte externa. En el centro realizamos un orificio de 2 mm de diámetro y 6 mm de profundidad.

Tomando la pieza en una fresadora, realizamos los rebajes indicados en la cola de la culata posterior para construir la orejeta de toma del actuador. Asimismo, practicamos un rebaje en la parte mayor de la culata, de acuerdo con el plano; luego, realizamos un orificio de 4 mm de diámetro y 10 mm de profundidad (hasta cruzarse con el orificio de 2 mm hecho anteriormente). Sobre este orificio hacemos una rosca M5 donde se coloca el niple de conexión de la manguera de aire.

**Culata anterior.** La realizamos de modo similar a la culata posterior, partiendo de lo indicado en los planos. Tenemos cuidado en la realización del orificio de 4,25 mm, que no debe llegar a unirse con el orificio central de 5 mm por donde pasará el vástago del actuador. En la parte anterior de la culata realizamos un orificio<sup>17</sup> para construir una rosca de  $\frac{1}{2}$ " NF o M12 -de acuerdo con las herramientas con que contemos-; allí colocamos una tuerca que comprimirá un sello para evitar fugas de aire de la cámara del

cilindro a través del vástago del actuador.

**Camisa.** La realizamos partiendo de un tubo de bronce de 15,85 mm de diámetro externo y 1 mm de pared. Lo cortamos y mediante frentado, terminamos una camisa de 70 mm de largo. Ver plano.

Tomamos la precaución de que dicha camisa no se encuentre golpeada ni ovalizada, para conseguir un correcto funcionamiento del actuador.

**Émbolo.** Está realizado en aluminio, de acuerdo con el plano, con dos acanaladuras para colocar sendos sellos de goma (O'Ring) con sección de 1,78 mm y diámetro interno de 10,82 mm. Si se decide la utilización de otro tipo de sello, adaptamos las dimensiones de las ranuras del émbolo. También le realizamos una rosca interior M5 con una profundidad de 12 a 15 mm.

**Vástago.** El vástago está realizado en acero trafileado de 5 mm, aunque también puede construirse en bronce o en otro material que dispongamos. En este caso no es recomendable el aluminio, por ser blando y correr el riesgo de pandearse ante la aplicación de cargas. Su construcción se basará en las dimensiones mostradas en el plano.

Basándonos en él, su construcción es sencilla y las roscas M5 de ambos extremos pueden realizarse en el torno o bien mediante la utilización de una terraja.

**Tuerca sello.** Para su realización partimos de una barra hexagonal de bronce de  $\frac{9}{16}$ " a la que se le hará una rosca macho en su extremo, con el torno o con terraja, de

<sup>17</sup>Es conveniente que la terminación del orificio sea plana; esto puede realizarse mediante una fresa de similar medida que la broca o con una herramienta de torno para interiores.

½" NF o M12, de acuerdo con la rosca realizada en la culata delantera. En el centro, realizamos un orificio pasante de 5 mm por donde debe deslizarse el vástago del actuador. Del lado roscado, hacemos un rebaje de 8,5 mm de diámetro y 1,2 mm de profundidad para contener un sello de goma (O'Ring), con sección de 1,78 mm y diámetro interno de 4,47 mm. En el plano se hallarán las dimensiones de la pieza.

Una vez que disponemos de todos los elementos, los construidos y los sellos, armamos el actuador:

- Roscamos uno de los extremos del vástago al émbolo y lo ajustamos; para no dañar el vástago, éste se puede sujetar en el plato del torno y roscar fuertemente, pero a mano. Podemos aplicar a la rosca algunos de los productos que sirven para trabar roscas de media tensión.
- Tomamos la culata delantera y la colocamos en la camisa. Nos aseguramos que ambas piezas queden alineadas. Tomamos el subconjunto armado, vástago-émbolo, le colocamos los sellos lubricados con una pequeña cantidad de grasa liviana e introducimos el subconjunto en la camisa. Probamos su correcto funcionamiento, empujándolo con la mano en ambos sentidos. Alineamos entre sí el subconjunto culata-camisa, hasta lograr un deslizamiento suave del émbolo dentro de la camisa. Retiramos el subconjunto vástago-émbolo-sellos. Tomamos el subconjunto culata-camisa en una morsa con mordazas de protección, en forma vertical con la camisa hacia arriba. Calentamos un soldador eléctrico de una

potencia igual o superior a los 160 W. Colocamos en el chaflán de la culata, alrededor de la camisa, una pequeña cantidad de ácido clorhídrico rebajado con zinc y soldamos prolijamente con estaño al 50 % de pureza, observando que no queden poros por donde puedan existir fugas de aire. Una vez terminado este paso, lavamos las piezas soldadas con abundante agua, para eliminar los restos de ácido.

- Colocamos dentro del subconjunto culata-camisa, el subconjunto vástago-émbolo-sellos debidamente lubricado. Colocamos la culata trasera y repetimos el proceso de soldado -explicado en el párrafo anterior-, con la salvedad de tomar precaución en el calentamiento de la pieza, dado que ahora están los sellos en su interior. Para evitar daños en los sellos, extendemos el vástago de manera de alejar los sellos de la zona de calor. Tenemos el recaudo desoldar por tramos y de enfriar entre soldaduras.
- Colocamos el sello en la tuerca sello, lo lubricamos. La roscamos en su alojamiento, hasta comprimir levemente el sello y probar que no se produzcan pérdidas de aire. Esto se podrá regular, una vez alimentado el actuador con aire comprimido.

## 9.2. Horquilla del actuador

Desde una varilla de sección cuadrada de ½" de lado, cilindramos una distancia de 4 mm a un diámetro de 11 mm. Realizamos un orificio de 4,25 mm para, luego, hacer una rosca M5. Cortamos un largo total de 22 mm

y, en el extremo cuadrado, redondeamos de acuerdo con los planos. Realizamos un agujero de 4 mm. En la cara perpendicular, hacemos un canal de 6 mm de ancho y 14 mm de profundidad.



*Actuador principal*

### 9.3. Viga de movimiento

Sobre un trozo de planchuela de 10 mm de espesor, 30 mm de ancho y 170 mm de largo, trazamos la figura indicada en los planos. Mediante el uso de perforadora, y sierra y limas, adecuamos la pieza hasta obtener la figura indicada. Respetamos cuidadosamente las medidas de las caladuras de los extremos, para reducir al mínimo los juegos en el montaje final y para obtener un buen funcionamiento del conjunto. Durante el armado podrá requerirse algún ajuste para que el conjunto formado por el actuador principal y la viga de movimiento trabajen libremente.

### 9.4. Viga colgante

Partiendo de un trozo de planchuela de aluminio de 35 mm de ancho, 46 mm de largo y 10 mm de espesor, trazamos de acuerdo al plano. Mediante agujereado, aserrado y lima-

do, obtenemos la pieza de acuerdo con las dimensiones del plano. Es muy importante que se conserve el paralelismo entre los orificios de la viga para que luego los movimientos de ésta durante la retracción o extensión del tren sean suaves.

## 10. Conjunto de soportes

Su misión es la de soportar el modelo al tablero de madera, para que pueda operar.

Está compuesto por:

- 10.1. Soporte traba arriba
- 10.2. Soporte central principal
- 10.3. Soporte central en "V"
- 10.4. Soporte de la viga colgante
- 10.5. Brida de soporte

### 10.1. Soporte traba arriba

Con una barra de aluminio de 40 mm de diámetro, cilindramos sobre la base de las dimensiones establecidas en los planos. En la base, practicamos 4 perforaciones de 4 mm de diámetro, dispuestas a 90° entre ellas, sobre una circunferencia de 32 mm de radio. Fresamos a 100° los orificios en la parte posterior, para alojar la cabeza de tornillos con cabeza fresada de rosca M4 que servirán para sujetar las bridas de soporte. En la punta, realizamos una perforación y rosca M5.

### 10.2. Soporte central principal

Con una barra de aluminio de 40 mm de

diámetro, cilindramos de acuerdo con las dimensiones establecidas en los planos. Sobre la base, practicamos 4 perforaciones de 4 mm de diámetro, dispuestas a 90° entre ellas, sobre una circunferencia de 32 mm de radio. Fresamos a 100° los orificios en la parte posterior, para alojar la cabeza de tornillos con cabeza fresada de rosca M4 que servirán para sujetar las bridas de soporte. En la punta, realizamos una perforación de 9 mm de diámetro y 15 mm de profundidad, para sostener uno de los extremos de la viga transversal.

### 10.3. Soporte central en "V"

Este soporte está integrado por 4 piezas unidas por medio de soldadura.

**Placa base.** Se realiza con una planchuela de aluminio de 5 mm de espesor, 25 mm de ancho y 135 mm de largo, a la que efectuamos 3 orificios de 4 mm, convenientemente dispuestos (no alineados), para fijarla con tornillos a la placa que servirá de montaje al conjunto.

**Barras.** Construimos dos barras iguales, con planchuela de aluminio de 5 mm de espesor, 15 mm de ancho y 225 mm de largo, aproximadamente. Para soldarlos ambos extremos realizamos cortes oblicuos basados en la posición en la que decidamos ubicar el conjunto "Soporte central en V"; para esto, calcularemos los ángulos y longitudes respectivas. En el modelo se utilizaron largos y ángulos detallados en el plano.

**Buje.** Con un trozo de aluminio de 20 mm de diámetro y 27 mm de largo, construimos un

buje con un orificio central de 9 mm y 15 de profundidad, para alojar uno de los extremos de la viga transversal.

Para el armado del conjunto:

- Sobre una madera plana de unos 120 x 150 x 40 mm de espesor, realizamos un orificio de 10 mm de diámetro y 3,5 mm de profundidad. En el orificio colocamos -a modo de mástil, perfectamente perpendicular a la madera- una barra de aluminio que tendrá en la punta un rebaje a 9 mm de diámetro y 10 mm de largo.
- Fijamos la placa base con unos tornillos, de manera que dos barras queden apropiadamente sobre la placa (Le recomendamos referirse a las fotos del modelo terminado, para ver los detalles).

### 10.4. Soporte de la viga colgante

Con una barra de aluminio de 40 mm de diámetro, cilindramos de acuerdo con las dimensiones establecidas en el plano. Sobre la base, practicamos 4 perforaciones de 4 mm de diámetro, dispuestas a 90° entre ellas, sobre una circunferencia de 32 mm de radio. Fresamos a 100° los orificios en la parte posterior, para alojar la cabeza de tornillos con cabeza fresada de rosca M4 que servirán para sujetar las bridas de soporte. En la punta, realizamos una perforación con broca de 4,25 mm y 20 mm de profundidad para realizar una rosca M5.

## 10.5. Brida de soporte

Fabricamos tres piezas iguales, con una barra de aluminio de 45 mm de diámetro, cilindrando sobre la base de las dimensiones establecidas en los planos, dando la terminación indicada o la forma preferida; pero, teniendo en cuenta siempre que debemos practicar roscas en la parte trasera. Una vez terminada cada pieza, se hermanará con uno de los soportes construidos para pasar las ubicaciones de los orificios entre las piezas. Perforamos con broca de 3,25 mm y realizamos una rosca M4 en cada uno de ellos.

## 11. Válvula distribuidora

Compuesta por:

- 11.1. Cuerpo de la válvula distribuidora
- 11.2. Eje de la válvula
- 11.3. Soportes de la válvula
- 11.4. Horquilla de la válvula

### 11.1. Cuerpo de la válvula distribuidora

Con un trozo de aluminio de sección cuadrada de 34 mm de lado (puede ser más chico, de hasta 28 mm de lado, en cuyo caso se deben adaptar las dimensiones) y 102 mm de largo, construimos el cuerpo de la válvula, siguiendo las dimensiones de los planos.

Tomamos el material en el torno con un plato de 4 mordazas, lo centramos y lo frentamos hasta que el largo de la pieza sea de 100 mm. Lo perforamos en el sentido del eje longitudinal a los 100 mm de extensión, de manera

de obtener un orificio pasante de 12,7 mm. Terminamos internamente con un escariador; dado que el orificio oficiará como cámara de la válvula por donde se deslizarán los sellos, su superficie debe ser lisa para evitar fugas y para no dañar los sellos.

Sobre los laterales trazamos los orificios, respetando los diámetros y longitudes de perforado indicadas o recalculando estas últimas si utilizamos una sección cuadrada de menor lado. Ninguna de las roscas M5, debe tener menos de 5 mm de profundidad; de lo contrario, las conexiones que se instalen no sellarán correctamente.

Perforamos las cabezas del cuerpo de la válvula con broca de 3,25 mm a una profundidad de 15 mm; luego, roscamos con macho M4 y, allí, fijamos los soportes de la válvula.

### 11.2. Eje de la válvula

Siguiendo las dimensiones de los planos, partiendo de una barra de aluminio de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, y 95 mm de largo, cilindrarla hasta obtener un diámetro de 12,5 mm en una parte y 8,5 mm en la otra. Realizar en el extremo un orificio de 3,25 mm de diámetro y 20 mm de profundidad y roscar con un macho de M4.

Practicar en los lugares indicados las acanaladuras de 2,7 mm de ancho y 8,5 mm de diámetro interno, donde se ubicarán los sellos de 2,62 mm de sección.

En los lugares indicados realizamos las acanaladuras; en ellas se ubicarán los sellos

de 1,78 mm de sección y 9,25 mm de diámetro interno.

### 11.3. Soportes de la válvula

Con dos trozos de planchuela de aluminio de 3 mm de espesor, 40 mm de ancho (o la medida de la sección del cuerpo de la válvula) y 62 mm de largo, construimos los dos soportes. Luego, perforamos con una broca de 4,25 mm en los lugares correspondientes al montaje sobre el cuerpo de la válvula. Realizamos el doblado establecido y, en una de ellas, hacemos una perforación de 8,75 mm para que el eje de la válvula cruce por ese orificio.

Sobre la parte doblada realizamos dos orificios de 4 mm para ubicar los tornillos tipo Parker de 8 x 12 mm, que permitirán fijar la válvula al tablero de madera.

### 11.4. Horquilla de la válvula

Mediante un trozo de barra de aluminio de 1/2" de diámetro, cilindramos los diámetros especificados en los planos. Perforamos con broca de 3,25 mm y 15 mm de profundidad en el extremo de menor diámetro; roscamos con macho M4 y, allí, atornillamos un tornillo de 40 mm de largo, previamente impregnado con solución traba espárragos de media tensión. Cortamos la cabeza del tornillo y limamos el corte.

En la parte de mayor diámetro, rebajamos una mitad por medio de un corte. Realizamos un orificio roscado (broca de 3,25 mm y macho M4) en el medio, sobre la parte plana.

## 12. Palanca de mando

Compuesta por:

- 12.1. Panel de mando
- 12.2. Palanca de control
- 12.3. Eje partido
- 12.4. Biela
- 12.5. Rueda
- 12.6. Resorte

### 12.1. Panel de mando

Sobre una chapa de aluminio de 120 mm de ancho por 240 mm de largo, trazamos la figura indicada en los planos. Realizamos los cortes en los cuatro extremos, los orificios para los tornillos que la fijarán al tablero de madera y, luego, los dobleces especificados.

Sobre la cara del panel, trazamos y acanalamos la ranura por donde se deslizará la palanca.

Sobre los laterales, realizamos un orificio pasante en ambas caras, que servirá de eje de la palanca.

Luego, cuando instalemos el resorte, perforamos en una de las caras para ubicar el anillo mediante un tornillo de rosca M4.

### 12.2. Palanca de control

Con un trozo de planchuela de aluminio de 6 mm de espesor, 25 mm de ancho y 120 mm de largo, realizamos la palanca indicada en el plano. En el extremo recto, redondeamos los bordes con un radio de 3 mm.

### 12.3. Eje partido

Está formado por dos piezas que permiten el giro de la palanca de control, a la vez de sostenerla en su posición y de unirla al panel de mando. Su construcción es simple, partiendo de una barra de aluminio de 19 mm de diámetro y siguiendo las indicaciones del plano.

### 12.4. Biela

Realizamos esta pieza con un trozo de planchuela de aluminio de 6 mm de espesor, 12 mm de ancho y 72 mm de largo. En sus extremos, separados a una distancia de 60 mm, hacemos dos orificios con broca de 3,25 mm y los roscamos con macho M4.

### 12.5. Rueda

Partiendo de una barra de grillón negro de 25 mm de diámetro, con las dimensiones del plano fabricamos una pieza que simule ser una rueda. Su espesor es de 15 mm. Una vez construida, mediante una fresa, realizamos una acanaladura de 12 mm de ancho, 6 mm de alto y 20 mm de profundidad; ésta sirve para introducir en ella la palanca de control.

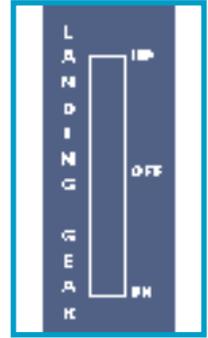
### 12.6. Resorte

Lo fabricamos con un alambre de acero de 1,5 mm de diámetro y unos 100 mm de largo. Le hacemos un anillo en un extremo, con un diámetro interno de 4 mm. Luego, lo doblamos a 90°, a unos 15 mm del anillo. Recortamos, a continuación, el largo del alambre en una distancia tal que pueda cruzar

ambas caras laterales del panel de mando.

### 12.7. Leyenda

En correspondencia con las medidas del frente del panel de mando, preparamos una calcomanía o un gráfico a colores que simule el panel del avión con las posiciones "UP", "OFF" y "DN", que luego se pegará sobre el panel.



## 13. Válvula reguladora

Compuesta por:

- 13.1. Cuerpo de la válvula reguladora
- 13.2. Aguja reguladora
- 13.3. Suplemento

### 13.1. Cuerpo de la válvula reguladora

Sobre un trozo de planchuela de aluminio de 10 mm de espesor, 38 mm de ancho y 50 mm de largo, realizamos las perforaciones y las roscas indicadas en los planos. Para ello, recomendamos montar la pieza en una morsa para agujereadora y hacer todas las perforaciones una tras otra. De esta forma, podemos garantizar que todos los orificios queden concéntricos. En el caso de las roscas, éstas deben estar perfectamente perpendiculares a las caras de los orificios, de manera que los sellos de los acoples puedan cumplir con su función.

### 13.2. Aguja reguladora

Con una varilla de bronce de 10 mm de diámetro, cilindramos los diámetros indicados en el plano. Torneamos la parte cónica de la pieza (aguja) y la pulimos, para que su asiento en el cuerpo de la válvula sea lo más parejo posible. Luego, mediante el torno o con terraja, construimos la rosca de 10/32 NF. A continuación, con una herramienta apropiada, realizamos la acanaladura indicada; luego, incluimos en ella, un sello de 1 mm de sección y 4 mm de diámetro interno que servirá para evitar fugas de aire en el conjunto.

En el diámetro de 10 mm de la pieza, efectuamos un moleteado de al menos 6 mm de longitud para formar la cabeza de la aguja. Esta operación puede ser la primera que se efectúe, si se calcula la posición en base a las dimensiones dadas en el plano.

Por último, cortamos la pieza y frenteamos el corte realizado.

### 13.3. Suplemento

Con un trozo de planchuela de aluminio de 10 mm de espesor, 38 mm de ancho y 20 mm de largo, realizamos las dos perforaciones indicadas para el montaje de la pieza.

## 14. Entrada de aire comprimido

Compuesta por:

- 14.1. Soporte
- 14.2. Espiga

14.3. Niple

14.4. Reducción



*Entrada de aire comprimido*

### 14.1. Soporte

Con un ángulo de aluminio, bronce o hierro -que, luego, pintaremos- de, aproximadamente, 3 mm de espesor, 30 mm de lado y 60 mm de largo, construimos un soporte para fijar la espiga, para una conexión rápida de aire comprimido. En una cara hacemos el orificio para colocar la espiga; en la otra, 4 perforaciones de 4 mm convenientemente distribuidas para fijar el soporte al tablero de madera, mediante 4 tornillos Parker de 8 x 20.

### 14.2. Espiga

Adquirimos esta pieza en una ferretería industrial. En nuestro modelo, usamos una espiga de 1/4" de diámetro con rosca macho de 1/4", BSPT.

### 14.3. Niple

Podemos construirlo, partiendo de un trozo de bronce hexagonal de 5/8" y 25 mm, con una rosca de 1/4" NPT; sin embargo, es conveniente

adquirirlo en una ferretería industrial, dado que no es común disponer del macho para realizar la rosca del niple y, si nos propusiéramos hacerlo adquiriendo la herramienta, el costo de ésta será muy elevado frente al costo de la pieza terminada.

manejo de aire comprimido. Combinamos la rosca de 1/8" con el acople rápido para la manguera de 4 mm que utilizamos en el modelo.

#### 14.4. Reducción

Compramos esta pieza en una casa de automatización, puesto que es específica para el

## → El armado

El proceso de armado del tren de aterrizaje está conformado por veintitrés pasos:

### ARMADO DE TREN DE ATERRIZAJE

1. Unión cubo-eje-ruedas
2. Inclusión del resorte simulador del amortiguador
3. Armado del conjunto amortiguador
4. Unión cubo-parante interno
5. Instalación del soporte inferior y del parante de resistencia
6. Preparación de la viga transversal
7. Instalación de los soportes medio y universal, y del herraje de unión
8. Instalación de la viga transversal
9. Instalación del dado universal y de la barra de reacción
10. Instalación del parante lateral
11. Instalación del conjunto traba abajo
12. Instalación del actuador de traba abajo
13. Colocación de los soportes en el tablero de madera
14. Instalación de la viga de movimiento, la viga colgante y el conjunto actuador principal
15. Armado e instalación del conjunto traba arriba
16. Instalación del actuador de traba arriba
17. Instalación del perno de seguro en tierra
18. Montaje de las ruedas
19. Montaje de la válvula distribuidora
20. Montaje del panel de mando
21. Montaje de la válvula reguladora
22. Montaje de la entrada de aire
23. Montaje del circuito de aire comprimido

**1. Unión cubo-eje-ruedas.** Colocamos el eje de las ruedas dentro de su alojamiento. Con una broca de 4 mm introducida por el orificio del cubo soporte del eje de las ruedas, marcamos la ubicación del orificio. Luego, con una broca de 3,25 mm, realizamos un orificio transversal al eje y pasante; roscamos con macho M4. A continuación, en el armado, unimos las dos piezas mediante un tornillo de cabeza Allen con rosca M4 y un largo de 10 mm.

**2. Inclusión del resorte simulador del amortiguador.** Durante el armado del conjunto, colocamos dentro del parante principal un resorte de compresión de diámetro externo: 14 mm, largo: 70 mm y diámetro del alambre: 1 ó 1,2 mm. Éste generará el efecto de amortiguación del conjunto.

**3. Armado del conjunto amortiguador.** Mediante un tornillo cabeza Allen de rosca M6 y largo 100 mm, unimos el parante principal con el parante interno y el resorte simulador del amortiguador.

**4. Unión cubo-parante interno.** Colocamos el cubo soporte del eje de ruedas sobre el parante interno, del lado del orificio de 10 mm de diámetro. Aseguramos que quede bien en su posición. Usamos como guía los orificios de 3 mm que realizamos sobre el cubo y, con una agujereadora con broca de 3 mm, hacemos las marcas de los centros de los orificios en el parante interno. Ahora, con una broca de 2,5 mm, realizamos las dos perforaciones de 15 mm de profundidad, cuidando el paralelismo de los agujeros con

respecto al eje longitudinal del parante. Roscamos los orificios con un macho M3, asegurando que la profundidad del roscado permita que tenga, al menos, 10 mm de largo.

Luego, en el armado, unimos estas dos piezas con dos tornillos de cabeza Allen con rosca M3 y un largo de 16 mm.

Sobre la parte delantera del cubo, instalamos una de las dos tijeras de torsión, que oficia como tijera inferior. Hacemos coincidir los orificios y pasamos un tornillo de rosca M4 x 30 mm. Ajustamos el tornillo sobre la rosca de la tijera, permitiendo que ésta pueda girar, pero con el mínimo juego. En el extremo libre del tornillo, colocamos una tuerca común, a modo de contratuerca, y ajustamos.

**5. Instalación del soporte inferior y del parante de resistencia.** Sobre el parante principal, deslizamos el soporte inferior, hasta 7 mm del extremo inferior de dicho parante. Entre las orejetas del soporte inferior, ubicamos el extremo del parante de resistencia. Por fuera de las orejetas, ubicamos una de las dos tijeras de torsión, que oficia como tijera superior. Tomamos la precaución de montarla en forma inversa a la tijera ubicada sobre el cubo soporte del eje de las ruedas. Hacemos coincidir los orificios de las tres piezas y pasamos un tornillo de rosca M4 x 30 mm. Ajustamos el tornillo sobre la rosca de la tijera, permitiendo que ésta pueda girar, pero con el mínimo juego. En el extremo libre del tornillo, colocamos una tuerca común, a modo de contratuerca, y ajustamos.

Unimos los extremos de ambas tijeras mediante un tornillo de rosca M4 x 16 mm. En el extremo del tornillo, colocamos una tuerca autofrenante.

## 6. Preparación de la viga transversal.

Tomamos la viga transversal y colocamos la toma del actuador y la toma de la barra de reacción sobre el orificio pasante de 7 mm. Hacemos coincidir los rebajes de ambas piezas, previamente ajustados. Giramos hasta que los ejes de los orificios de las tomas queden en forma paralela al eje longitudinal de la viga transversal. Los aseguramos en esta posición y, desde el orificio de 3 mm situado en la cara superior de la viga, bajamos una broca de 3 mm y perforamos el conjunto, utilizando aquel orificio como guía. Una vez perforadas las dos tomas, ingresamos -desde el lado de abajo de la viga- un tornillo de cabeza Allen con rosca M3 x 16 mm. Colocamos la toma viga de movimiento en la parte superior, cuidando que, al ajustar, el eje del orificio de esta última quede paralelo al eje longitudinal de la viga.

Por último, en el orificio del extremo de la viga colocamos -desde arriba hacia abajo- un tornillo de cabeza Allen con rosca M3 x 10 mm; y, en la parte inferior, roscamos la toma parante de resistencia en él, cuidando al ajustar que el eje del orificio de esta última quede perpendicular al eje longitudinal de la viga.

**7. Instalación de los soportes medio y universal, y del herraje de unión.** Sobre el parante principal deslizamos el soporte medio, ubicándolo a una distancia aproximada de 38 mm entre el eje de éste y el eje del

soporte inferior, en la misma dirección que el soporte inferior. Entre las orejetas ubicamos el herraje de unión y lo fijamos en su posición mediante un tornillo de cabeza Allen con rosca M3 x 20 mm y una tuerca común.

En el soporte universal sostenemos el perno elástico de 2 mm de diámetro (éste oficia de rodillo de sujeción del tren en su posición de "Retraído") y, luego, el conjunto en el herraje de unión, según se muestra en la fotografía del modelo terminado que usted puede ver en el CD.

Encastramos el parante de resistencia en la punta del herraje de unión, fijando todo con un tornillo de cabeza Allen con rosca M4 x 16 mm.

Una vez puestas todas las piezas en su posición, apretamos todos los tornillos.

## 8. Instalación de la viga transversal.

Colocamos la viga transversal sobre el parante principal. Hacemos coincidir el encastre fabricado a tal efecto en ambas piezas y roscamos ambas con el tornillo de cabeza Allen con rosca M6 x 40 mm. Insertamos la punta superior del parante de resistencia en la toma que posee la viga a tal efecto, y unimos con un tornillo de rosca M4 x 16 mm. Luego de ajustarlo, colocamos una tuerca común a modo de contratuerca.

**9. Instalación del dado universal y de la barra de reacción.** Mediante un tornillo de cabeza hexagonal de rosca M4 x 12 mm, que se introduce desde abajo hacia arriba, unimos ambas piezas, permitiendo que puedan girar.

Luego, mediante un tornillo de cabeza hexagonal con rosca M4 x 16 mm, unimos el conjunto a la toma de barra de reacción, asegurando con una contratuerca.

**10. Instalación del parante lateral.** Mediante un tornillo de cabeza hexagonal con rosca M4 x 20 mm, unimos el parante lateral superior con el parante lateral inferior y el brazo inferior. Apretamos el conjunto hasta eliminar los juegos, pero permitiendo el giro libre de las piezas. Ajustamos con contratuerca o tuerca autofrenante. Unimos el extremo superior del conjunto a la barra de reacción, mediante un tornillo de cabeza hexagonal con rosca M4 x 20 mm y ajustamos con contratuerca. Unimos el extremo inferior del conjunto al soporte universal, mediante un tornillo de cabeza hexagonal con rosca M4 x 16 mm y ajustamos con contratuerca.

**11. Instalación del conjunto traba abajo.** Ubicamos los dos brazos superiores del conjunto "Traba abajo" sobre la barra de reacción y el brazo inferior. En la parte superior de los brazos superiores, colocamos la toma del actuador traba abajo. Unimos con tornillos de cabeza Allen de rosca M3 x 16 mm y tuerca autofrenante, permitiendo el libre giro, pero eliminando el juego excesivo.

**12. Instalación del actuador de traba abajo.** Roscamos el vástago del actuador de traba abajo en su toma y, luego, lo ubicamos sobre la barra de reacción. Marcamos la ubicación del orificio para su fijación; perforamos con broca de 3 mm y fijamos el actuador a la barra con un tornillo de cabeza Allen con

rosca M3 x 16 mm, asegurándolo con tuerca autofrenante.

**13. Colocación de los soportes en el tablero de madera.** Unimos dos paneles de madera de las siguientes medidas para formar el tablero de madera:

- Base: ancho 450 mm, altura 250 mm y espesor 18 mm.
- Respaldo: ancho 600 mm, altura 450 mm y espesor 18 mm.

Sobre el respaldo, realizamos las perforaciones pasantes para ubicar los 3 soportes; sobre el lado trasero, hacemos cavados para alojar las bases de cada soporte. Practicamos las perforaciones para que pasen los tornillos de cabeza fresada y rosca M4 que unirán los soportes con las bridas, aprisionando al respaldo del tablero de madera.

La ubicación exacta de los soportes debe ser calculada en cada caso, en función de las dimensiones finales de cada conjunto; de lo contrario, el funcionamiento puede ser defectuoso. En el modelo, y a modo de orientación, los soportes están ubicados con centro en las siguientes coordenadas (x, y), partiendo de la esquina inferior izquierda del tablero armado:

- Soporte central principal,  $x = 294$  mm,  $y = 302$  mm.
- Soporte traba arriba,  $x = 145$  mm,  $y = 337$  mm.
- Soporte viga colgante,  $x = 478$  mm,  $y = 305$  mm.

El soporte central en "V" es colocado de tal forma que la viga transversal quede ubicada en posición paralela a la base del tablero de madera.

#### **14. Instalación de la viga de movimiento, la viga colgante y el conjunto actuador principal.**

Colocamos la viga colgante con un tornillo de rosca M5 x 50 mm al soporte de viga colgante. En el otro extremo de la viga colgante, colocamos la parte más ancha de la viga de movimiento (parte posterior); y, en el medio, la culata posterior del actuador principal. Unimos las tres piezas mediante un tornillo con rosca M4 x 35 mm. Ajustamos con tuerca autofrenante, permitiendo el libre giro del conjunto, con el mínimo juego posible.

Colocamos la parte anterior de la viga de movimiento en su toma (ya colocada sobre la viga transversal); a esta unión colocamos un tornillo con rosca M4 x 20 mm con tuerca autofrenante.

En el vástago del actuador principal, roscamos una tuerca de rosca M5 y la horquilla. Colocamos la horquilla en su toma, fijándola con un tornillo con rosca M4 x 20 mm y, luego, aseguramos con tuerca autofrenante.

**15. Armado e instalación del conjunto traba arriba.** Mediante un tornillo con rosca M3 sin cabeza (la cortamos y le fabricamos una ranura con la sierra) articulamos la lengüeta del gancho (agujero inferior de 3 mm) con la ranura del dado.

En la ranura de la palanca angular insertamos

la orejeta superior del gancho y la unimos con un tornillo con rosca M3 x 10 mm de largo.

Unimos la parte angosta del dado con los dos soportes laterales, en el orificio de debajo de éstos, de manera que las caras planas queden hacia fuera y el lateral -con todas las formas- apunte hacia el gancho. Para esta unión se necesitará un tornillo con rosca M3 de 16 mm de largo y una tuerca autofrenante.

Entre los soportes laterales pasamos la parte angosta de la palanca angular; luego, en los orificios superiores de los soportes laterales, colocamos la tomadle actuador traba arriba, con la parte roscada hacia fuera. En el segundo orificio de los soportes laterales colocamos un tornillo con rosca M3 x 16 mm, uniendo ambos soportes laterales a la palanca angular y sosteniendo la toma del actuador traba arriba en su alojamiento.

Mediante un tornillo con rosca M4 x 16 mm, unimos la cola de la palanca angular con la ranura de la barra de reacción.

Agregamos la articulación de regulación al conjunto, pasando un tornillo con rosca M4 x 30 mm a través del agujero de 4 mm de la palanca angular, roscándolo en la primera.

En el agujero roscado delantero del gancho instalamos un tornillo con rosca M3 x 20 mm al que se le insertará una de las puntas de los dos resortes de extensión. La otra punta de cada resorte se coloca en dos tornillos con rosca M3 x 6 mm, que se rosca en el orificio roscado libre de los soportes laterales.

Por último, con un tornillo con rosca

M5 x 40 mm, fijamos la articulación de regulación al soporte traba arriba. Una vez regulada su posición, apretamos firmemente.

#### 16. Instalación del actuador de traba arriba.

Roscamos el vástago del actuador de traba arriba en su toma y, luego, lo ubicamos sobre la barra de reacción. Marcamos la ubicación del orificio para su fijación, perforamos con broca de 3 mm y fijamos el actuador a la barra con un tornillo con rosca M3 x 16 mm, asegurándolo con una tuerca autofrenante.

#### 17. Instalación del perno de seguro en tierra.

Una vez instalado el conjunto *pata de tren de aterrizaje* sobre sus soportes, lo ubicamos en la posición de extendido y con el mecanismo de traba abajo actuando.

Realizamos una perforación con broca de 1,5 mm que atraviese los dos brazos superiores y el brazo inferior de la traba abajo. En este orificio, insertamos el perno de seguro en tierra.

**18. Montaje de las ruedas.** Sobre ambos lados del "Eje de ruedas" colocamos una arandela de 8 mm, luego una de las ruedas, a continuación otra arandela de 4 mm, y por último, ajustamos mediante un tornillo Allen de rosca M4 x 10 mm. Observamos que la rueda gire libremente.

#### 19. Montaje de la válvula distribuidora.

Tomamos el cuerpo de la válvula y, sobre las dos cabezas, instalamos los soportes de manera que queden alineados con el cuerpo. Marcamos los centros para las perforaciones y las realizamos con una broca de 3,25 mm

para, luego, roscarlas con macho M4.

Con 4 tornillos de cabeza hexagonal con rosca M4 x 10 mm, colocamos el soporte ciego sobre una de las cabezas del cuerpo de la válvula, con la aleta hacia fuera.

Tomamos el eje de la válvula y lo lubricamos con grasa para sellos. Colocamos los sellos indicados e introducimos el eje en el cuerpo de la válvula.

Fijamos el soporte correspondiente con otros 4 tornillos de fijación; y, por último, roscamos una tuerca de 4 mm en el tornillo instalado en la horquilla que oficiará de contratuerca una vez instalado todo el conjunto de la válvula y la palanca de mando.

En el cuerpo de la válvula, colocamos los acoples rápidos para las mangueras de 4 mm. Sobre los laterales, colocamos los acoples a 90° y, sobre el frente, el acople recto.

Mediante 4 tornillos Parker de 8 x 12, ubicamos la válvula en el tablero de madera, en una posición conveniente. Como orientación, en el modelo, el vértice inferior izquierdo del soporte inferior de la válvula se colocó en las siguientes coordenadas (x, y), partiendo de la esquina inferior izquierda del tablero armado:

- x = 517 mm.
- y = 270 mm.

**20. Montaje del panel de mando.** Tomamos la palanca de control y, mediante un tornillo con rosca M4 x 16 mm, unimos la biela a ella. Ajustamos, permitiendo el giro de ambas piezas, y frenamos con una tuerca común.

Colocamos el eje partido en la palanca de control, de manera que el rebaje quede del lado de la biela. Insertamos el conjunto en el panel de mando, pasando la palanca de control por la ranura del panel; fijamos firmemente con dos tornillos con rosca M4 x 6 mm y x 30 mm (Este último se coloca del lado del eje que posee el rebaje).

En la punta de la palanca de control colocamos la rueda de grillón, fijándola mediante 2 tornillos con rosca M4 x 6 mm de largo.

Instalamos convenientemente el resorte entre los laterales del panel de mando, cuidando que pase por las ranuras que posee la palanca de control para tal fin; aseguramos al lateral con un tornillo con rosca M4 x 6 mm.

Sobre el frente del panel de mando pegamos la leyenda y la protegemos con algún film transparente autoadhesivo.

Para instalar el conjunto en el tablero de madera, unimos la biela con la horquilla de la válvula, debajo de la válvula de distribución; utilizamos un tornillo con rosca M4 x 16 mm de largo y una tuerca común, a modo de contratuerca; se debe permitir el giro de ambas piezas.

Para fijar el panel de mando al tablero de madera, ubicamos la palanca de control en la posición "Off", asegurando que quede bloqueada la circulación de aire comprimido por la válvula.

Como con pequeños movimientos del eje de la válvula, el equipo puede comenzar a operar, conseguiremos una mejor regulación del conjunto, girando la horquilla de la válvula.

Por último, mediante 4 tornillos Parker de 8 x 12, fijamos el panel de mando al tablero de madera, observando la alineación del conjunto válvula-panel.

**21. Montaje de la válvula reguladora.** En el cuerpo de la válvula reguladora, colocamos las 2 agujas reguladoras con sus correspondientes sellos. En las entradas y salidas de aire, ubicamos los acoples rápidos para las mangueras de 4 mm. Sobre los laterales, montamos los acoples a 90 ° y, en la base de la válvula, los acoples rectos, de manera que todas las bocas apunten hacia abajo.

En la parte trasera del cuerpo, ubicamos el suplemento, haciendo coincidir los orificios de ambas piezas. Con los dos tornillos Parker de 8 x 32, montamos el conjunto sobre el tablero de madera, entre el soporte de la viga colgante y la válvula distribuidora. Como orientación, en el modelo, el vértice inferior izquierdo de la válvula se colocó en las siguientes coordenadas (x, y): partiendo de la esquina inferior izquierda del tablero armado:

- x = 405 mm.
- y = 380 mm.

**22. Montaje de la entrada de aire.** Sobre la parte roscada de la espiga, colocamos la arandela de 13 mm. Sobre la rosca, ponemos cinta de teflón y la montamos sobre el soporte, de manera que la espiga quede opuesta a la base del soporte. Roscamos el niple y apretamos, para garantizar que no existan fugas de aire durante la alimentación del modelo con aire comprimido. Tomamos la reducción, le colocamos cinta de teflón y la

roscamos sobre el otro extremo del niple. Instalamos el conjunto en la base del tablero de madera, mediante los 4 tornillos Parker de 8 x 20 mm. Como orientación, en el modelo, el vértice izquierdo del soporte se colocó en las siguientes coordenadas (x, y), partiendo de la esquina izquierda de la base del tablero:

- $x = 518$  mm.
- $y = 38$  mm.

### 23. Montaje del circuito de aire comprimido.

Cortamos tramos de manguera de 4 mm con los largos convenientes para realizar las siguientes conexiones:

- Unión de la entrada de aire con el centro de la válvula distribuidora.
- Unión de la salida superior izquierda de la válvula distribuidora con la boca superior izquierda de la válvula reguladora.
- Unión de la salida inferior izquierda de la válvula distribuidora con la boca superior derecha de la válvula reguladora.

- Unión de la salida superior derecha de la válvula distribuidora con un trozo de manguera a la que instalamos una derivación en "T" en el otro extremo. Luego, desde la boca de derivación en "T" más conveniente, colocamos una manguera al actuador de traba arriba y, desde la otra boca de la derivación en "T", una manguera a la boca anterior del actuador de traba abajo.
- Unión de la salida inferior derecha de la válvula distribuidora con la boca posterior del actuador de traba abajo.
- Unión de la boca inferior izquierda de la válvula reguladora con la boca anterior del actuador principal.
- Unión de la boca inferior derecha de la válvula reguladora con la boca posterior del actuador principal.

Para una terminación más prolija, fijamos las mangueras al tablero de madera con grampas plásticas, distribuidas de manera conveniente.

## 4. EL EQUIPO EN EL AULA

En este apartado le acercamos algunas ideas o sugerencias acerca del uso que podemos dar a nuestro modelo en el aula, analizando su utilidad y observando la posibilidad de adaptarlo a otras situaciones problemáticas.

Ya hemos mencionado las asignaturas en las que este recurso didáctico **tren de aterrizaje** puede ser de utilidad para el trabajo en el aula; retomamos, ahora, aquellas consideraciones, analizando los contenidos posibles de abordar en tres etapas diferentes:



### La etapa previa a la construcción del modelo

Esta etapa es aquella que involucra el estudio de todos los aspectos relacionados con esta estructura del avión, y que define al sistema de tren de aterrizaje como uno de los sistemas de las aeronaves más importantes.

Durante este momento de la tarea, es imprescindible que usted y sus alumnos caractericen el principio básico de funcionamiento del tren de aterrizaje, determinen sus partes fundamentales, la función que éstas cumplen

dentro del sistema y cómo se relacionan. Cada una de estas actividades va a permitirles implementar la metodología de análisis de producto sobre el objeto tecnológico, y reflexionar y compartir las formas de aproximarse al tren de aterrizaje, los diferentes puntos de vista y de análisis que puedan surgir, y el planteo de mejoras o modificaciones al modelo analizado.

Ésta de los estudios previos es una de las etapas más abarcativas de la educación tecnológica, ya que no sólo nos posibilita trabajar estos contenidos sino que nos permite realizar, por ejemplo, un estudio acerca de los **materiales** que se utilizan en la actualidad para cada una de las partes componentes, considerar cuáles se utilizaban antes y por qué razón se cambiaron, o cuáles son las características que hacen que estos materiales sean los más adecuados frente a otros. Contenidos tales como la composición química, la resistencia a esfuerzos, la maquinabilidad, el comportamiento ante temperaturas extremas, la elasticidad, la rigidez, la manipulación, etc., pueden integrarse en esta etapa de la enseñanza y del aprendizaje.

Otros contenidos a tener en cuenta son los correspondientes a **estructuras**, que permiten vincular conocimientos de física, de mecánica y mecanismos, así como también los referidos al funcionamiento de los actuadores y de los automatismos involucrados.

También, en este caso, podemos analizar los criterios de selección adoptados para el desarrollo trenes de aterrizaje específicos.

Integrando estos contenidos, los alumnos componen la etapa de proyecto, diseño y cálculo de este sistema.

Una cuestión inicial es partir de un **tipo de avión determinado**, con una función definida; frente a esta decisión básica, los alumnos analizan cuál es el modelo de tren de aterrizaje más adecuado, cuáles son los parámetros de diseño y requerimientos a considerar, las cargas actuantes, las partes o sistemas componentes (parante, amortiguador, mecanismos de retracción/extensión; frenos, ruedas, neumáticos), los materiales, los procesos, etc. Si optan por un pequeño aeroplano, por ejemplo, no va a resultar necesario el mecanismo de extensión/retracción del tren -ya que éste suele ser un tren fijo- ni colocar amortiguadores.

Entonces, desde la etapa inicial de diseño de un avión hay que tener en cuenta el tipo de tren de aterrizaje, la interfase entre el avión y la tierra, y el encargado de transmitir todas las cargas en tierra hacia la estructura del avión. Por lo tanto, debe tener una resistencia mecánica considerable, lo que implica, en términos generales, una masa importante que, dependiendo del tipo de aeronave, puede llegar a ser hasta el 7 % de la masa total del avión.

Como sabemos, la función principal del tren es absorber la energía del aterrizaje, el frena-

do, y el control y la maniobrabilidad en tierra; debe brindar estabilidad lateral durante el carreteo, estabilidad durante el frenado, un aterrizaje seguro, mínima resistencia durante la aceleración de despegue y comodidad para los pasajeros.

Otra observación puede referirse al **número de patas** del tren. La más común es aquella con doble tren principal y un único tren de nariz. Esto es aplicable para la mayoría de los aviones cuya carga máxima de despegue no supera los 300.000 kg; para aviones más grandes, se agrega una tercera pata en el tren principal, debajo del fuselaje, o bien dos patas ubicadas en el fuselaje cerca de la raíz de cada semiala.

Puede ser que sus alumnos opten por modificar el modelo original para adecuarlo a **otro tipo de conjunto**. Si bien nuestro tren representa una configuración doble, de manera sencilla puede modificarse para representar una disposición doble-doble en *tándem* o bien una triple-doble en *tándem*; esto se hace reemplazando el eje por un *bogie* (doble eje, en este caso) o incluyendo un eje central en la viga de transporte del bogie. Cuando se lo utiliza como modelo para el tren de nariz, se le agrega un parante dispuesto simétricamente, cerca del plano de simetría.

Otro tipo de análisis puede corresponder a la **ubicación longitudinal y a la separación entre las patas** del tren principal; en este estudio interviene, fundamentalmente, la ubicación del centro de gravedad del avión, que requiere del conocimiento de las fuerzas actuantes durante el despegue y el aterrizaje.

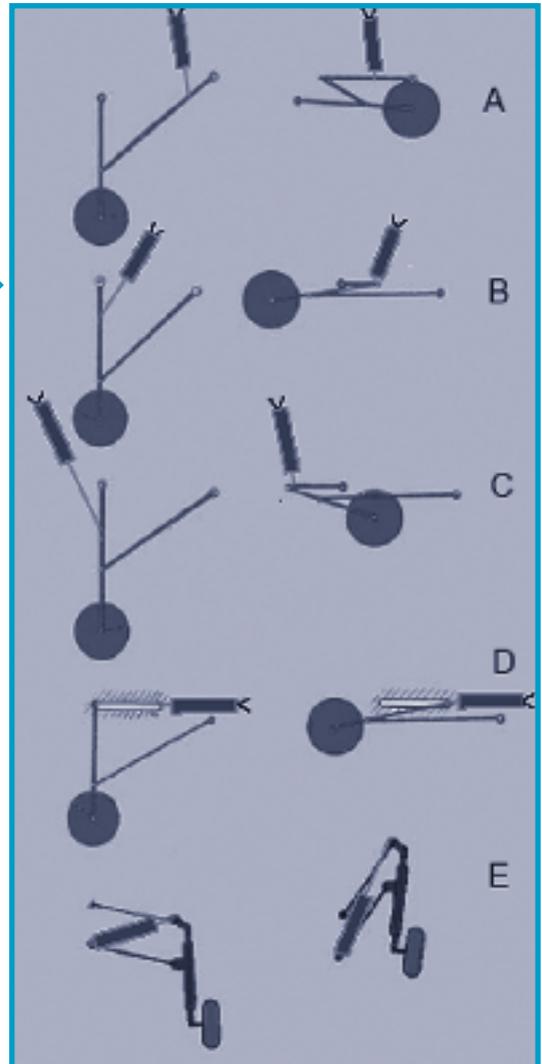
En cuanto al **diseño de la pata** propiamente

dicha, en la actualidad se han adoptado dos tipos de solución: la pata telescópica y la articulada. La versión telescópica es la más liviana; pero, requiere de una pista más grande; en cambio, para aviones ligeros y helicópteros, la más adoptada es la articulada.

Teniendo en cuenta el diseño del **mecanismo de retracción/extensión** del tren, podría usted analizar con los alumnos cuáles son los más comúnmente utilizados en la actualidad, y cuáles son las ventajas y las desventajas de cada uno de ellos. A modo de ejemplo, le proponemos analizar los esquemas mostrados en la siguiente figura en la cual puede observarse que varias de las soluciones adoptadas (casos identificados con las letras A a la C) están basados en la vinculación de 4 barras, una de las cuales está representada por la estructura del avión. En otra de las soluciones (D), el extremo de la barra se desliza a lo largo de una ranura. Mecanismos más complejos incluyen un movimiento tridimensional y el repliegue del *hogie* que, para el tren principal de aviones de gran porte, está constituido por ruedas dispuestas en doble *tándem*.

También es necesario analizar los diferentes **tipos de amortiguadores**, los factores que intervienen en su diseño y cálculo, el golpe y la deformación que puede soportar, así como también la determinación del **tipo de frenos, ruedas y neumáticos** a utilizar con sus correspondientes características.

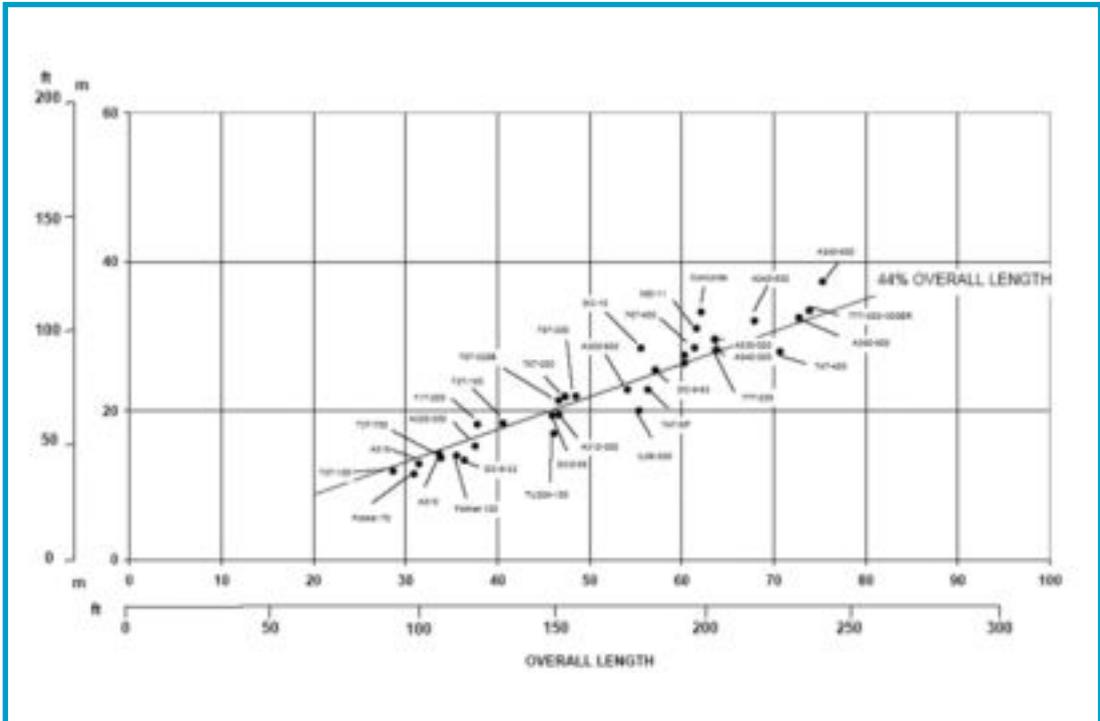
Para esta etapa de diseño del tren de aterrizaje, puede ser de gran utilidad el hecho de recurrir a datos estadísticos de aviones utilizados en la actualidad, lo que va a permitir a sus alumnos llegar a conclusiones y resultados comparativos.



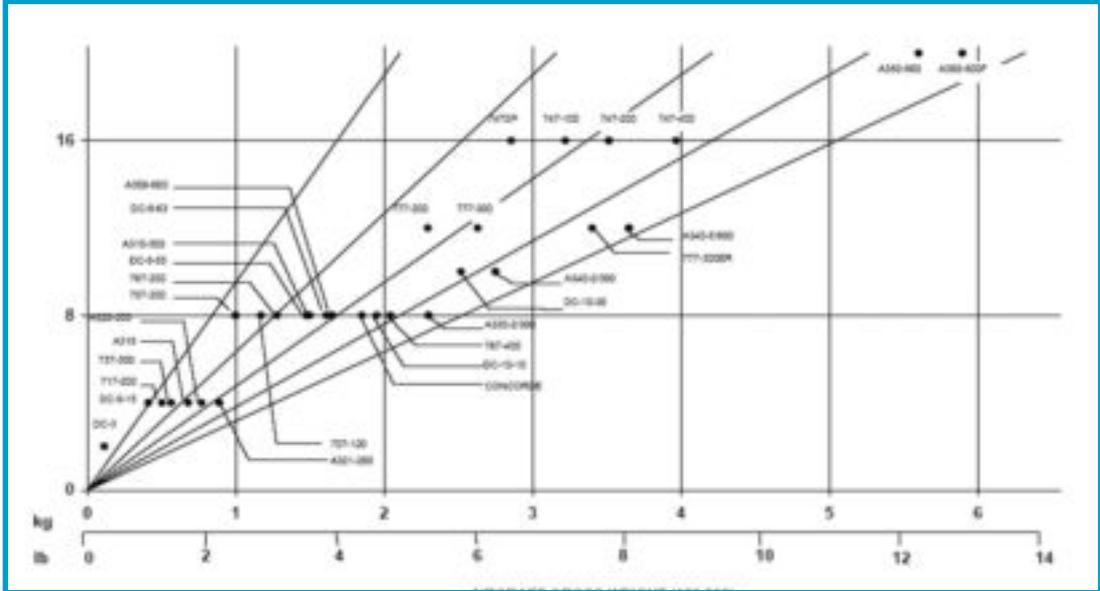
*Distintos tipos de mecanismos de extensión/retracción*







d. Distancia longitudinal del tren principal al piloto en función del largo total del avión



e. Carga por rueda del tren principal respecto del peso total del avión

### a. Trocha del tren de aterrizaje versus peso total

El ancho de la trocha del tren de aterrizaje, medido entre los ejes exteriores de las ruedas más alejadas del tren principal (A) aumenta con el incesante incremento del peso de los aviones, tal como se muestra en la figura.

Este aumento en la distancia también puede relacionarse a los requisitos de aviones más pesados con superficies alares más grandes que, normalmente, van acompañados de un aumento de la envergadura del ala. Esta mayor "pisada" afectará los requerimientos, en cuanto a ancho de pista y de radio de giro.

Para aviones más grandes, tales como el B747 y el A380, una trocha relativamente angosta se consigue colocando varias patas como tren principal, manteniendo, sin embargo, las capacidades de operación dispuestas.

### b. Trocha del tren de aterrizaje versus envergadura alar

La determinación de los anchos de las pistas para el despegue y de carreteo, así como la separación entre pistas destinadas al carreteo se establecen, en parte, por la disposición del tren de aterrizaje y por la envergadura alar de un avión.

La figura muestra que la separación (entre los extremos exteriores) del tren principal (A) varía entre el 15 y el 27 % de la envergadura.

La línea de tendencia punteada, indica que el ancho de la huella, a medida que pasa el tiempo, va comenzando a nivelarse, particu-

larmente para aviones con múltiples patas de tren principal. La razón de esto es que los aviones con cuatro o más trenes de aterrizaje principales pueden alcanzar el ángulo de rotación requerido para el despegue, manteniendo una altura de la puerta de servicio para el GSE -*ground service equipment*, equipamiento de servicio en tierra- razonablemente baja. Una altura de fuselaje más baja tendrá patas de tren más cortas y, por ende, una trocha más estrecha.

### c. Distancia entre el tren principal y el de nariz versus longitud total del fuselaje

Las áreas necesarias para permitir el giro y las operaciones en tierra del avión están relacionadas con la disposición del tren de aterrizaje y su capacidad de maniobra.

La figura muestra que, en promedio, la distancia entre centros del tren de nariz y el principal (A) es del 40 % de la longitud del fuselaje. La longitud del fuselaje se define como la longitud de las secciones del cuerpo del avión, sin tener en cuenta las alas ni el empenaje de cola (B).

Versiones actuales más estrechas de aviones, tales como Airbus A340-600 o Boeing 777-300, caen por sobre esta línea de tendencia. Estos aviones disponen de sistemas de cámaras que asisten al piloto durante el carreteo, para juzgar el área de pista necesaria en las maniobras de giro. Estos espacios requeridos han ido incrementándose con el tiempo, razón por la cual los aeropuertos se han tenido que adecuar a estas nuevas demandas.

#### d. Distancia longitudinal del tren principal al piloto versus longitud total del avión

A medida que el largo del avión aumenta, la distancia horizontal entre el tren principal y la visión del piloto, también puede verse incrementada, tal como se muestra en la figura.

Esto trae aparejado un aumento de radio de giro y puede afectar la habilidad del avión para realizar un giro de 180° desde una pista hacia otra, influenciando la separación necesaria entre ambas pistas.

A medida que aumentan el radio de giro y el de maniobras, los requisitos de las pistas de los aeródromos se han ido mejorando para adaptarse a estas nuevas demandas.

#### e. Carga por rueda del tren principal versus peso total del avión

Las cargas en las ruedas han ido aumentando constantemente con el correr de los años.

Las "líneas de carga" se han determinado dividiendo el 95 % del peso del avión por el número total de ruedas del tren principal. Estos incrementos, particularmente en los últimos años, se han producido sin exceder la resistencia de las pistas, utilizando trenes de aterrizaje múltiples, espaciado entre ruedas longitudinal y lateralmente más amplio, y neumáticos más grandes.

Un estudio de los esfuerzos sobre el pavimento de los aeropuertos indica que éstos han sido reforzados gradualmente, para adecuarlos al incremento de las cargas en cada rueda.

Además, para aeronaves con pesos máximos hasta 590.000 kg (1.300.000 libras), los fabricantes de aviones intentan proveer configuraciones de trenes de aterrizaje que concuerden con los requerimientos de resistencia y espesor de los pavimentos presentes y futuros.

Sin embargo, en el diseño de puentes o pasos sobre nivel de las nuevas infraestructuras de los aeropuertos, debe prestarse especial consideración, además del peso total del avión, a las cargas unitarias en cada una de las patas del tren, para no penalizar la operación de aviones de gran porte y capacidad.

## La etapa de la construcción

Cuando los alumnos están construyendo el recurso didáctico **tren de aterrizaje**, pueden integrar nuevos contenidos; básicamente, referidos a los procedimientos y técnicas involucrados, que comenzarán con la puesta en práctica de lo analizado, diseñado y proyectado en la etapa previa.

En cuanto al aprendizaje de técnicas, la construcción del tren de aterrizaje comprende la realización de muchos trabajos de conformación con arranque de viruta que utilizan **máquinas-herramientas y operaciones manuales**. Encontramos piezas para cuya elaboración se requiere la realización de torneados, fresados, taladrados, roscados, limados, etc. A partir de la tarea de construcción es posible indagar en:

- ¿Para qué operaciones se utiliza cada una de estas máquinas-herramientas?

- ¿Cuál es la estructura de esta máquina-herramienta?
- ¿Cuáles son sus ejes de movimientos?
- En esta máquina-herramienta, ¿se mueve la pieza, la herramienta o ambas?
- ¿Cómo son las herramientas que utiliza esta máquina, qué forma tienen y por qué son así (geometría del corte)?
- ¿De qué material o materiales están hechas las herramientas? ¿Cuáles son los más adecuados para maquinar piezas de diferentes materiales?

Y en decisiones respecto de:

- Sujeción de piezas y herramientas en la máquina.
- Velocidad de corte y número de revoluciones.
- Análisis de la forma de la viruta.
- Afilado de herramientas.
- Lubricación o refrigeración de piezas y herramientas.

Otros aspectos importantes de la tarea de construcción que pueden requerir el aprendizaje de nuevos contenidos son la **unión** entre dos o más piezas y/o la  **fijación** de estas piezas a la estructura. Las decisiones a tomar al respecto, pueden permitir a los alumnos integrar nuevos conocimientos sobre diferentes tipos de uniones: roscadas, con pasadores, con chavetas, a presión, con remaches, con pegamentos, por soldadura,

etc.; observando las características particulares de cada uno de ellos.

También -si bien desde aquí hemos sugerido las medidas para la construcción del modelo-, sería interesante que los alumnos analicen conceptos referidos a dimensiones, peso, esfuerzos y momentos, entre otros.

Es imprescindible que exijamos calidad en la realización y en la presentación de los trabajos. Muchas veces hemos visto construcciones en las que estas cualidades no se han tenido en cuenta ("Total, igual funciona"); pero, sobre todo en la industria aeronáutica, la calidad de los materiales, los procesos de fabricación de partes, las tolerancias, etc., tienen normas propias específicas de control y de verificación, en las cuales se resaltan estas exigencias. Por lo tanto, es una buena medida familiarizar al alumno con estas normas desde los inicios de su formación<sup>19</sup>.

## La etapa posterior a la construcción

Tratándose de un tren de aterrizaje de un avión comercial, los aspectos a tratar pueden ser, tanto;

- de diseño y análisis del modelo en sí,
- los concernientes, por ejemplo, a las operaciones de mantenimiento y "re-corridas" que han de realizarse en cada una de las partes componentes si se tratara de uno real.

<sup>19</sup>Alguna vez escuchamos decir a un amigo: " Si... estuviera hecho con material aeronáutico, la confiabilidad sería el doble y el porcentaje de fallas se reduciría a la mitad".

Dado que, en nuestro país, son pocas o prácticamente inexistentes las empresas que se dedican al diseño y a la fabricación de este sistema del avión, es en este último punto en el que nos detendremos con más detalle.

Usted puede formar grupos de trabajo, para que los alumnos recojan y sistematicen información referida al tren:

- partes,
- plan de mantenimiento predictivo, preventivo,
- reparación de averías,
- control de la vida de las partes,
- piezas de repuesto y cálculo del stock necesario,
- certificación de las piezas, de las reparaciones y de los procedimientos,
- identificación de piezas críticas, costos involucrados de reemplazo o de reparación, tiempos implicados, etc.

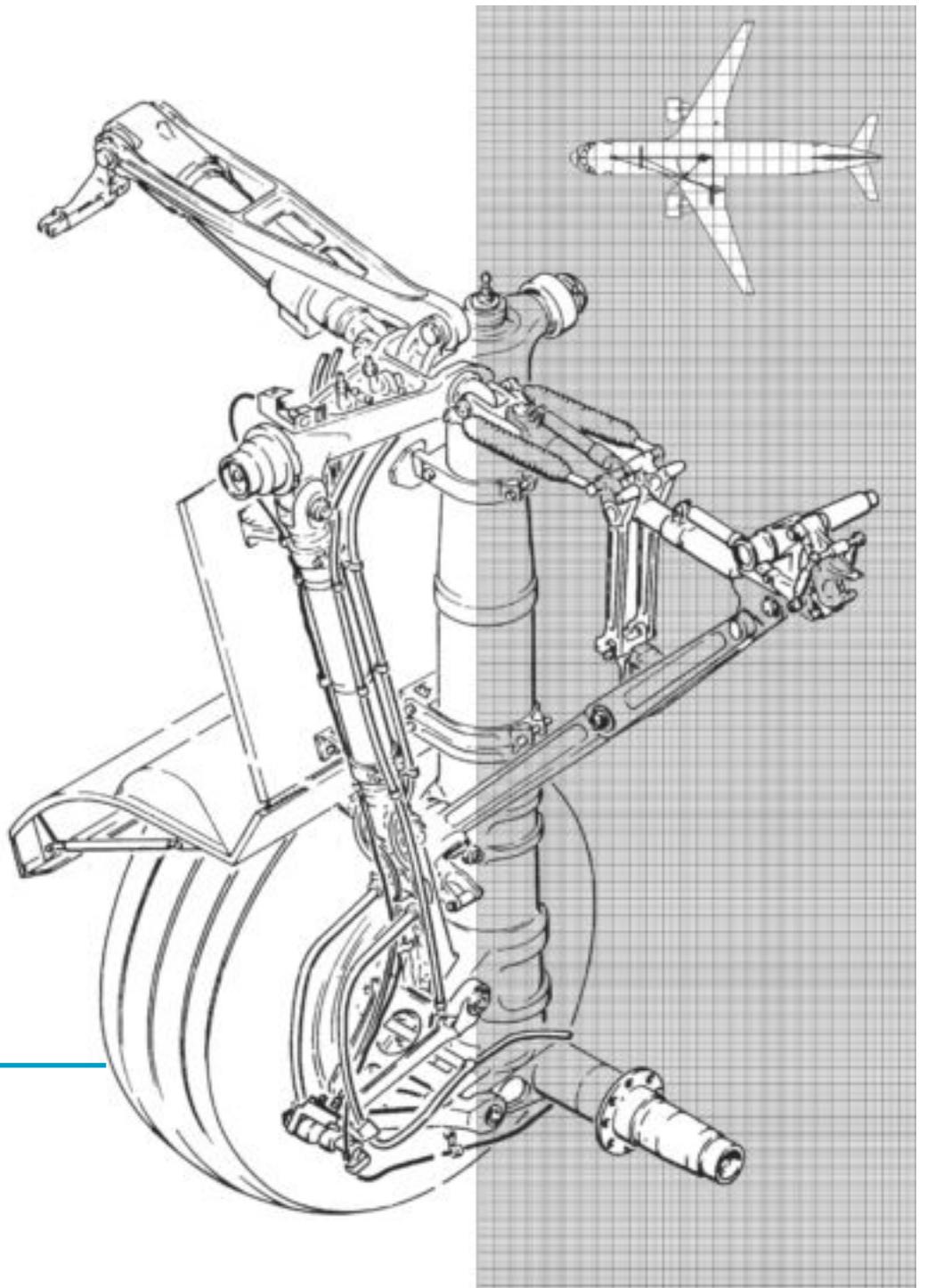
La problemática de la contaminación ambiental también resulta un interesante tema de estudio, al proponer a nuestros alumnos indagar en:

- tratamiento de los desechos de las empresas dedicadas a las tareas de mantenimiento, reparación o reemplazo de partes,
- combustible y productos de la combustión,
- contaminación auditiva producida por los motores de los aviones;

También, es interesante plantear a los alumnos alguna posible solución a uno de los problemas que hoy en día tiene el despliegue del tren de aterrizaje en el momento de acercamiento a tierra, que es el ruido; porque, ciertas veces, el ruido producido es aún mayor que el de los motores de propulsión de la aeronave, y científicos y técnicos de todo el mundo están estudiando este inconveniente, en la actualidad.

Existen programas de simulación que permiten conocer los niveles de ruido, en función de la velocidad y de la forma, las dimensiones, la configuración, etc., del tren de aterrizaje y del fuselaje.

Estos análisis pueden extenderse a cada uno de los sistemas componentes de un avión -además de nuestro tren de aterrizaje- y, también, pueden adaptarse a otras áreas que no están relacionadas con el quehacer aeronáutico.



## 5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–  
Oficina 112  
Saavedra 789. C1229ACE.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a [evcenet@inet.edu.ar](mailto:evcenet@inet.edu.ar), enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

*Desde ya, muchas gracias.*

# Identificación del material:

Las dimensiones que se consideran para la evaluación del módulo de capacitación y del recurso didáctico son:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Nivel educativo                       | 5. Documentación                               |
| 2. Contenidos científicos y tecnológicos | 6. Otras características del recurso didáctico |
| 3. Componentes didácticos                | 7. Otras características del material teórico  |
| 4. Recurso didáctico                     | 8. Propuestas o nuevas ideas                   |

## 1. Nivel educativo en el que trabajó el material:

Nivel educativo	EGB 2	EGB 3	Polimodal (*)			Escuela técnica (*)						Trayecto técnico- profesional (*)	Formación profesional (*)	Otra (*)	
			1	2	3	1	2	3	4	5	6				
Nivel en el que usted lo utilizó															

Asignatura/espacio curricular en el que usted lo utilizó:.....  
 .....

(\*) Por favor, indique la modalidad, la orientación, la especialidad, etc.  
 .....

## 2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### 3. Componentes didácticos:

#### 3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro <sup>1</sup>
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario): .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>1</sup> Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.

## 3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica  Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:	Mejor	Igual	No aplicado <sup>2</sup>	Incorporado <sup>3</sup>
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

<sup>2</sup> No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

<sup>3</sup> Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.



3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				



4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

<b>a.</b> <input type="checkbox"/> <b>Planificación.</b>	<b>b.</b> <input type="checkbox"/> <b>Diseño en dos dimensiones.</b>
<b>c.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción, armado.</b>	<b>d.</b> <input type="checkbox"/> <b>Ensayo y control.</b>
<b>e.</b> <input type="checkbox"/> <b>Superación de dificultades</b> (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
<b>f.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares</b> (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.).	

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Si	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

<p><b>a.</b> <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p><b>b.</b> <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p><b>c.</b> <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p><b>d.</b> <input type="checkbox"/> Otra (Por favor, especifíquela).</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>



4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):



a.  Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

b.  Es más económico.

c.  Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

d.  Es más adaptable (a diversos usos).

e.  Otra (Por favor, especifique): .....

.....

.....

.....

.....

f. Descripción del recurso didáctico construido: .....

.....

.....

.....

.....

.....

g. Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas): .....

.....

.....

.....

.....

.....



4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable <sup>4</sup>	Otro <sup>5</sup>
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

<sup>4</sup>NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

<sup>5</sup>Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				









## 5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):

5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (encuadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV <sup>6</sup>	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>6</sup> Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

## 5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....



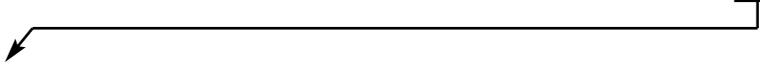




6.3. Didácticas (Por favor, complete tanto si construyó el equipo como si utilizó uno ya construido)



	Sí	No
a. Congruencia. Tiene relación con los testimonios de realidad incluidos en el módulo de capacitación.		
b. Pertinencia. Los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional.		
c. Integración. Posibilita el tratamiento asociado de los conocimientos científicos y tecnológicos propuestos en el material.		
d. Escalabilidad. Es posible utilizarlo con proyectos o problemas con diferentes niveles de complejidad.		
e. Complejidad creciente. Las soluciones alcanzadas para una parte del problema, sirven de base para las siguientes o permite que, agregando componentes, sea utilizado como solución a problemas más complejos.		
f. Adaptabilidad. Permite su adaptación a soluciones diversas en torno a las problemáticas planteadas.		



Si su respuesta es negativa en alguna de ellas, indique por qué, identificándola con la letra correspondiente:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB <sup>7</sup>	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....

<sup>7</sup> Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo



## 8. Propuestas o nuevas ideas:

Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

<b>a.</b> <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	<b>b.</b> <input type="checkbox"/> directivo
<b>c.</b> <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura: .....	<b>d.</b> <input type="checkbox"/> lector del material
<b>e.</b> <input type="checkbox"/> otro (especifique): ..... .....	

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Planificación de las experiencias didácticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Trabajo con resolución de problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for the user to write their response to the question above.



Títulos en preparación de la serie “**Desarrollo de contenidos**”.

- Colección: **Tecnología química en industrias de procesos**
  - El aire como materia prima
  - El azufre como materia prima
  - Los minerales como materia prima –bauxita y minerales de hierro
  
- Colección: **Construcciones**
  - Construcción de edificios. Cómo enseñarla a través de la resolución de problemas
  - Construcciones en hormigón armado: tecnología, diseño estructural y dimensionamiento
  
- Colección: **Telecomunicaciones**
  - Técnicas de transmisión banda base aplicadas a redes LAN y WAN
  - Cálculo de enlaces alámbricos
  
- Colección: **Materiales**
  - Fundamentos y ensayos en materiales metálicos
  
- Colección: **Tecnología en herramientas**
  - Historial de las herramientas de corte
  - Diseño y fabricación de herramientas de corte
  
- Colección: **Electricidad, electrónica y sistemas de control**
  - Instalaciones eléctricas
  - Familia TTL (Lógica transistor-transistor)
  - Familia lógica CMOS



MINISTERIO *de*  
**EDUCACIÓN**  
CIENCIA y TECNOLOGÍA  
PRESIDENCIA *de la* NACIÓN



Argentina

**ineti**  
*Instituto Nacional de  
Educación Tecnológica*