

**Informe monográfico de seguridad
y salud laboral**

en el
sector

A

Aeronáutico

A

**Informe monográfico de seguridad
y salud laboral**

en el
sector

Aeronáutico



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE EMPLEO



EDITA Y DIVULGA	Consejería de Empleo. Junta de Andalucía.
ELABORA	Consejería de Empleo. Junta de Andalucía.
PARTICIPA	Innovación y Desarrollo Internacional Consultores S.L.
DISEÑO	37grados
IMPRESIÓN	Coria Gráfica S.L.

DEPÓSITO LEGAL: XX-XXXXXXX

Recomendada la impresión en Papel Reciclado 

La Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía prioriza la utilización de materiales y procesos respetuosos con el medio ambiente en la elaboración de sus productos. De esta manera mantiene los compromisos adquiridos en su Política de Calidad y Medio Ambiente y recogidos en su Manual de Gestión Integrado.

Copyright: © 2010
Consejería de Empleo. Junta de Andalucía

Todos los derechos reservados.

Esta publicación tiene fines exclusivamente educativos. Queda prohibida la venta de este material a terceros, así como la reproducción total o parcial de sus contenidos sin autorización expresa de los autores y del Copyright. El uso del lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre mujeres y hombres forma parte del ideario de la Consejería de Empleo.

Sector Aeronáutico

Prólogo	01
1. Introducción	03
2. Descripción de la industria aeronáutica	07
2.1 Industria de Cabecera Integradora	9
2.2 Industria de Cabecera Tractora	9
2.3 Industria Sistemista y Subsistemista	9
2.4 Industria Auxiliar	9
2.5 Industria de Mantenimiento	9
2.6 Infraestructura de Investigación y Desarrollo	9
3. El sector aeronáutico en Europa y en el mundo	11
4. El sector aeronáutico en España	17
4.1 La participación española en los programas internacionales	21
4.2 Estructura de investigación aeronáutica	24
4.3 Retos del sector aeronáutico español	26
5. El sector aeronáutico en Andalucía	27
5.1 Las empresas de cabecera y tractoras en Andalucía	31
5.2 Las empresas auxiliares en Andalucía	31
5.3 Perspectivas de futuro para el sector en Andalucía	33
6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico	35
6.1 Introducción	37
6.2 Montaje de aeroestructuras y ensamblaje final	37
6.3 Materiales	39
6.4 Fabricación de componentes de fibra de carbono a través del encintado automático (Automatic Tape Laying & Fiber Placement)	41
6.5 Pintura de aviones	41
6.6 Formado y mecanizado de materiales	43
6.7 Chapistería	47
6.8 Fresado químico de revestimientos	48
6.9 Producción y montaje de material eléctrico y electrónico	49
6.10 Ensayos y análisis técnicos	49
6.11 Otras operaciones e instalaciones comunes en diferentes etapas y procesos	52
6.12 Ingeniería - Consultoría	54
6.13 Mantenimiento de aeronaves	54
7. Bibliografía	57
8. Glosario de términos	61

Prólogo

El presente informe forma parte de una serie de trabajos que viene realizando la Consejería de Empleo sobre las características fundamentales que presentan diversos sectores productivos emergentes en nuestra región, así como las cuestiones relativas a la seguridad y salud laboral en relación con los diferentes procesos y actividades que se desarrollan en ellos.

En este caso, el sector objeto de análisis es la industria aeronáutica, que históricamente ha estado muy ligada a Andalucía desde que en 1.926 se constituyera en Cádiz la segunda factoría de la empresa Construcciones Aeronáuticas S.A. para el desarrollo bajo licencia del hidroavión Dornier Do J Wal.

Como todos los trabajos que comprende la serie, este informe tiene la finalidad de difundir los aspectos más relevantes que tiene el sector y mostrar las cuestiones fundamentales que se deben considerar en relación con la prevención de los riesgos laborales presentes en él, así como contribuir al desarrollo de una actividad que se considera “emergente” y que, *a priori*, presenta unas excelentes expectativas en nuestra comunidad autónoma.

En la actualidad, la industria aeronáutica andaluza ocupa una posición destacada dentro de la industria aeronáutica española, con aproximadamente el 25% del volumen de negocio. De hecho, el sector aeronáutico andaluz se encuentra en su mejor momento, aumentando las cifras de ventas desde el año 2005 en más de un 92 %, pasando de 798,8 millones de euros en el año 2005 a 1.541,2 millones de euros en 2009, y aumentando su peso específico en el panorama nacional desde el 17,4% hasta el 24,1% en dicho periodo.

Con respecto a la generación de empleo también se ha producido un incremento sustancial de la población empleada entre los años 2005 y 2009, pasando de 5.535 a 8.786 empleos directos, lo que supone un aumento del 58%. Estos datos confirman que la crisis económica no ha afectado de forma grave al crecimiento del sector aeronáutico andaluz.

Este sector se caracteriza además por una fuerte capacidad exportadora, tan necesaria en nuestra comunidad; por unas elevadas inversiones en I+D+i, que le dan un alto potencial de transferencia de tecnología a otros sectores; y por la generación de empleo de alta cualificación. Estas características hacen que este sector sea prioritario para muchas economías, de ahí el interés de muchos países y regiones por tener presencia en el mismo.

A las anteriores características se deben añadir las previsiones de crecimiento del mercado aeronáutico mundial, por lo que existe una decidida apuesta de apoyo por parte de las instituciones europeas, del Gobierno nacional y del andaluz, puesta de manifiesto en la última década con la construcción de infraestructuras dedicadas y especializadas en el sector, el apoyo por parte de la Junta de Andalucía a proyectos empresariales como Ales-tis y otras iniciativas relacionadas con el apoyo a las industrias auxiliares, fomento de la innovación, la consolidación del empleo y la formación.

El desarrollo experimentado por este sector en los últimos años y su potencial de crecimiento ponen de manifiesto la importancia que la industria aeronáutica tiene en el tejido industrial de Andalucía.

Para su presentación, el informe se estructura en seis capítulos principales. Tras una breve introducción al sector en cuestión, en el segundo capítulo se aborda la tipología de las diferentes industrias pertenecientes al mismo..

Del capítulo tercero al quinto se exponen las principales magnitudes económicas de la industria aeronáutica desde el punto de vista europeo, nacional y regional respectivamente. En estos apartados se describe la distribución territorial de la producción, el volumen de facturación y empleo y la evolución de ambas magnitudes en los últimos años, identificándose las principales empresas del sector e instalaciones (industrias de cabecera). El mayor número de empresas se concentra en el tejido auxiliar de estos grandes contratistas, por lo que se realiza un análisis del

Prólogo

empleo y de las características de estas empresas, finalizando este apartado con una descripción de las perspectivas de futuro del sector aeronáutico en nuestro territorio.

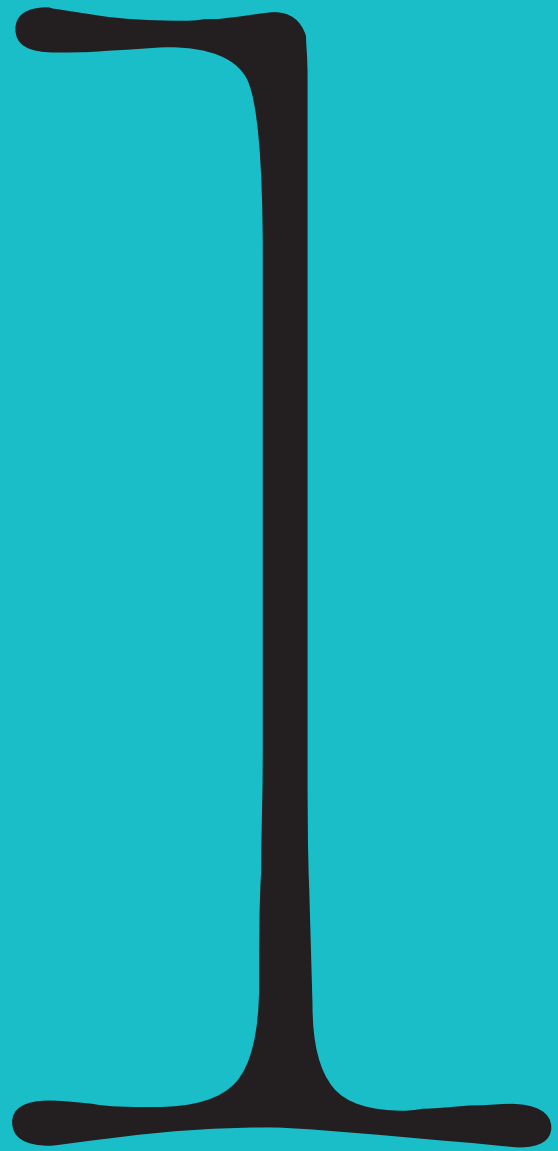
Por último, en el capítulo sexto del informe se concentra el segundo gran bloque de contenidos que se centran en el análisis de las diferentes actividades que las empresas del sector desarrollan, así como las cuestiones relacionadas con las condiciones de trabajo y los aspectos de seguridad y salud laboral más destacados. Se realiza una descripción de las actividades y una identificación de los riesgos laborales asociados a ellas, aunque sin pretender realizar una evaluación, ni un catálogo exhaustivo. El objetivo no ha sido otro que el de resaltar los riesgos más importantes del sector y relacionarlos con la definición de tareas, diseño del entorno y puesto de trabajo, condiciones ambientales y otros factores relacionados con las enfermedades profesionales y muy específicos del sector.

Consideramos, pues, que disponemos de un primer instrumento destacado para futuras actuaciones que tanto esta Administración como otros agentes económicos se planteen desarrollar para consolidar en nuestra tierra una actividad tan innovadora como la aeronáutica.

Esther Azorit Jiménez

Directora General de Seguridad y Salud Laboral
Consejería de Empleo. Junta de Andalucía.

Introducción



Introducción

El sector aeronáutico tiene una serie de características muy singulares que le diferencian claramente de otros sectores industriales y que le confieren una dimensión marcadamente global.

En primer lugar, el mercado aeronáutico tiene una doble componente, civil y militar, estando la segunda condicionada por la política de aprovisionamiento de los Estados, por lo que los factores políticos cobran gran importancia. Al mismo tiempo, la dimensión de defensa, en general, confiere a la industria un carácter estratégico para la seguridad nacional en cada país.

Segundo, la alta cualificación técnica del negocio, el elevado coste de las inversiones necesarias, así como el largo ciclo de desarrollo de sus productos y el tiempo necesario para la recuperación de las inversiones realizadas, generan unas altas barreras de entrada en el sector y exigen un determinado volumen de negocio, de masa crítica, para poder participar en sus desarrollos. Asimismo, la industria aeronáutica suele tener un fuerte impacto económico como generador de riqueza y conocimiento, con capacidad de difusión en otros sectores económicos.

Como consecuencia de estas características del sector, la industria aeronáutica mundial se diferencia de otros sectores industriales en varios aspectos, entre los que cabe destacar:

■ La influencia de los diferentes gobiernos en esta industria, no sólo como cliente de gran peso y como organismo regulador, sino también como propietario y gestor de parte importante de los recursos de I+D+i. Algunos economistas describen el sector aeroespacial como un sector “tutelado”.

■ Una estructura empresarial liderada por unos pocos grandes consorcios con una vocación exportadora global, sustentados en una red de pequeñas y medianas empresas subcontratistas con una alta dependencia de los mismos en sus ventas.

■ Una fuerte capacidad exportadora. Al tratarse de un sector globalizado, las empresas fabricantes tienen centros de trabajo y contratistas en diferentes zonas geográficas, lo que produce la concentración de las mismas en polos especializados.

■ Las grandes inversiones en I+D+i distinguen a este sector de otros industriales, de ahí el esfuerzo de los diferentes gobiernos por apoyar los programas de investigación, buscando la generación de conocimiento y la diferenciación para garantizar la localización de la industria en su territorio.

Descripción de la Industria Aeronáutica



Descripción de la Industria Aeronáutica

Como industria aeronáutica nos referimos a la industria que comprende la fabricación de aeronaves y motores, así como sus sistemas y equipos.

2.1 Industria de Cabecera Integradora

Se trata de las empresas generadoras de negocio, ya que realizan los pedidos a la cadena de producción, empresas tractoras, sistemistas y subsistemistas, que a su vez contratan a las auxiliares. Este segmento está formado por las empresas que llevan a cabo la venta de aeronaves al cliente final y su ensamblaje final, así como los ensayos de certificación y la venta de las mismas.

2.2 Industria de Cabecera Tractora

En este segmento se incluyen a aquellas empresas que, aunque no dispongan de capacidad de integración de producto final, participen en actividades de ensamblado final e integración de grandes sistemas (*Final Assembly Line –FAL–*), o que por su volumen de fabricación de productos intermedios de alto valor añadido, puedan de forma autónoma contribuir al “efecto arrastre” de la industria en puestos más bajos de la cadena de suministro.

2.3 Industria Sistemista y Subsistemista

La industria sistemista y subsistemista comprende aquellas empresas que son capaces de integrar sistemas y subsistemas completos, mecánicos o electrónicos, bien para la industria de cabecera tractora, bien directamente para los “prime contractors” internacionales. Ocupan, pues, una posición intermedia entre la industria tractora y la auxiliar, de la que se diferencian por un mayor tamaño, vocación exterior, capacidad de ingeniería y una mayor diversificación de clientes. Su volumen de ventas está fuertemente condicionado por el “efecto arrastre” proveniente de la industria tractora.

2.4 Industria Auxiliar

Este segmento está formado por un heterogéneo conjunto de pymes, que trabajan por encargo de la industria tractora o sistemista. En este grupo están mayoritariamente representados los talleres de mecanizado que fabrican piezas por encargo, tanto para el sector aeroespacial como para otros clientes y las pequeñas ingenierías que realizan cálculos y estudios asociados a distintos componentes.

Contar con una moderna industria auxiliar es un factor clave de competitividad de toda la industria manufacturera aeronáutica en los distintos segmentos de la cadena de valor, dado que supone la base de la cadena de suministro y sus costes tienen un impacto importantísimo en el producto final.

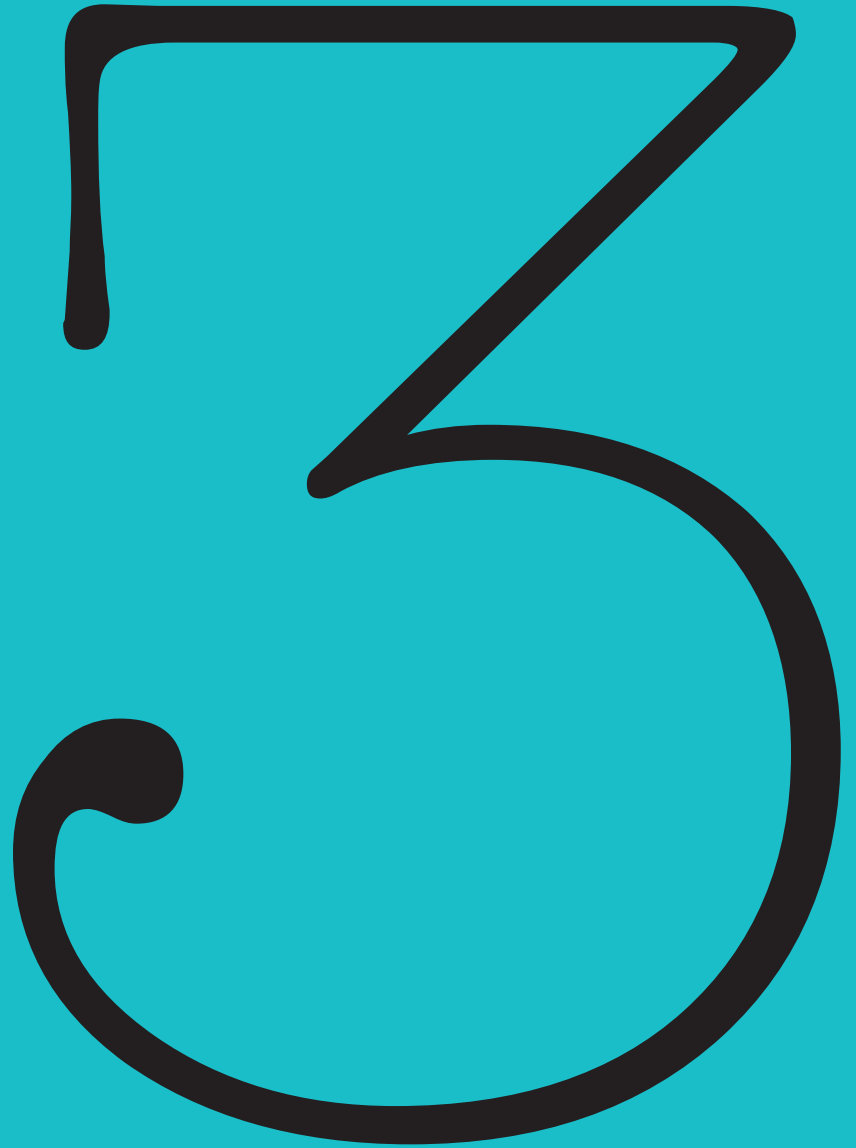
2.5 Industria de Mantenimiento

Esta industria está dedicada a realizar las operaciones de inspección, control y sustitución de componentes para garantizar la operación segura de las aeronaves, conforme a normas de seguridad del sector. Estas tareas (*Maintenance, Repair and Overhaul-MRO*) llegan a suponer, en algunos casos, alrededor del doble del coste de adquisición del avión y, por tanto, cerca de dos tercios de su coste total a lo largo de su vida útil. Por consiguiente, es un subsector de una importancia económica relevante. La demanda del sector es recurrente y depende del *stock* de aviones en operación, por lo que su volumen de negocio es más estable que la industria manufacturera.

2.6 Infraestructura de Investigación y Desarrollo

Otra actividad del sector es la relacionada con los centros dedicados a la investigación y desarrollo aplicados al ámbito aeronáutico. Existen laboratorios y sistemas de ensayo pertenecientes a empresas del sector, e infraestructuras de carácter público o semipúblico que se encuentran a disposición de usuarios científicos y/o empresas comerciales.

El Sector Aeronáutico en Europa y en el Mundo



El Sector Aeronáutico en Europa y en el Mundo

El carácter marcadamente global que posee el sector aeronáutico es una característica singular determinada por varios factores ya enumerados anteriormente: la alta cualificación técnica que necesita de grandes inversiones, el estratégico mercado militar y la estructura empresarial liderada por grandes grupos internacionales que mantienen fuertes vínculos con sus respectivos gobiernos.

Los Estados Unidos concentran casi la mitad de la facturación del sector, seguidos cada vez más de cerca por Europa. Con una contribución bastante menor se encuentran Japón y Canadá. La participación de Estados Unidos en el mercado global aeroespacial se viene erosionando lenta pero progresivamente, habiendo declinado un 20% desde 1985 hasta la fecha. Esta circunstancia se ha dado como

resultado del crecimiento del sector civil, ya que Estados Unidos tiene una alta orientación al mercado militar, en comparación con Europa, coincidiendo además con la ganancia de cuota de mercado del fabricante europeo Airbus.

La industria de los Estados Unidos muestra una mayor dependencia del sector militar debido a las compras realizadas por el Departamento de Defensa que maneja el presupuesto militar más elevado del mundo.

El sector aeronáutico mundial se ha visto sometido en las últimas décadas a numerosos procesos de fusiones, adquisiciones y alianzas. En Estados Unidos la más importante fue la fusión de Boeing con McDonnell-Douglas, quedando en este momento los siguientes grandes grupos: Boeing, Northrop-Grumman, Lockheed-Martin y Raytheon.

En la Unión Europea destaca la consolidación del conglomerado francés, alemán y español EADS, que junto con Airbus son los dos grandes grupos de la industria europea. En los últimos años se han seguido produciendo en Europa gran cantidad de movimientos corporativos, buscando dar respuesta a los desafíos del sector. En el año 2000, tras la fusión de Aérospatiale, CASA y Deutsche Aerospace para crear EADS, (*European Aeronautic, Defence and Space Company*) esta última pasa a controlar el 80 % de la sociedad industrial Airbus S.A.S. De esta forma se pretende obtener sinergias mutuas de los dos grandes grupos, Airbus en el mercado de aviación civil y EADS en el mercado militar.

La industria aeronáutica europea facturó 97.300 millones de euros en 2008, un 3,1% más que en el año 2007. En la tabla 1 se encuentran los datos más relevantes del sector.

Tabla 1. Datos del sector aeronáutico en Europa.

	2005	2006	2007	2008
Volumen de negocio (millones de euros)	81.600	90.500	94.500	97.300
Empleos	448.000	477.000	442.100	466.900
Inversión en I+D+i (millones de euros)	9.800	10.430	11.700	11.300
% de volumen de negocio dedicado a la exportación		52%	56%	59%

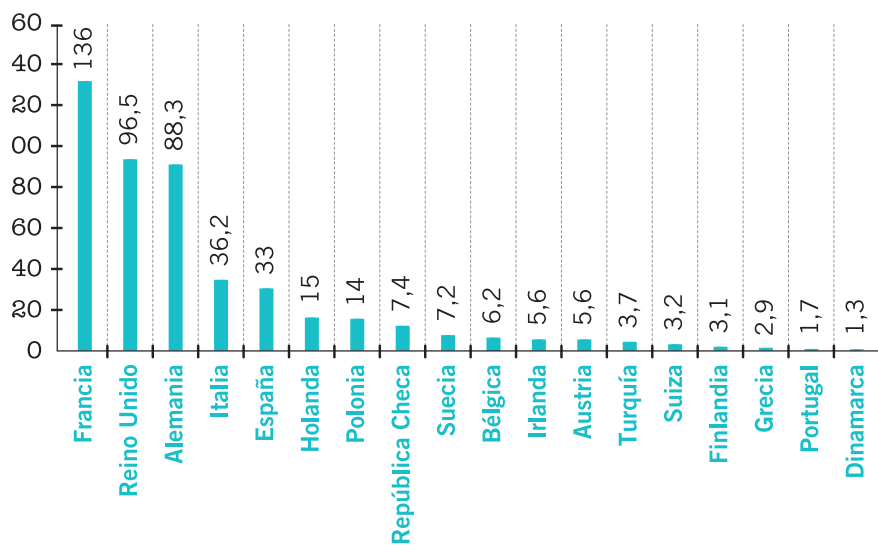
Fuente: EU Labour Force Survey. 2005.

Como queda reflejado en la tabla 1, el empleo generado por el sector en el año 2008 ascendió a 466.900 empleos, un 5,6% más que el año anterior, siendo Francia, España y Alemania los principales países donde aumentó el empleo en el sector.

3. El Sector Aeronáutico en Europa y en el Mundo

En el gráfico 1 queda reflejada la contribución al empleo de cada país en el área europea.

Gráfico 1.
Empleo en el sector aeronáutico por países en el área europea 2008.



Fuente: ASD (Aerospace and Defense Industries Association of Europe).

Desde 1980, la facturación por persona empleada en el sector aeronáutico europeo se ha incrementado, alcanzando un crecimiento global del 3,9% anual. Durante el período 1991-2008 esto es equivalente a un crecimiento del 86%, llegando en 2008 a 214.000 euros por persona empleada.

En 2008, el mercado de aviación civil representó el 60% del volumen de negocio de la industria aeronáutica europea, frente al 58% en 2007. El 72% del volumen de negocio civil fue generado por las exportaciones.

En el mercado de aviación militar (40%), el mercado interior europeo sigue siendo predominante, aunque su cuota ha disminuido hasta el 62% del volumen de negocio a favor de la exportación.

En 2008, la industria aeronáutica europea ha reforzado su posición como actor global que sirve a mercados de todo el mundo, con exportaciones que representan el 59% de la facturación del sector (56% en 2007). El mercado civil todavía representaba la mayoría de las exportaciones europeas, mientras que los productos militares han seguido aumentando ligeramente su cuota en un 25% de las exportaciones.

El sector aeroespacial y de defensa europeo está liderado por un gran operador global con varias filiales – EADS. Es el único grupo con una presencia destacada en casi todos los segmentos de la cadena de valor.

Una característica importante de la industria en Europa son los programas de cooperación, que surgen de la necesidad de la industria aeronáutica europea de poder aglutinar recursos para competir con las grandes empresas estadounidenses, tanto en el ámbito civil –programa Airbus– como en el militar Eurofighter y A400M. Es importante destacar que los programas de cooperación internacional cubren la práctica totalidad de la oferta en los mercados civiles.

En cuanto a Rusia, ha heredado de la Unión Soviética un nivel tecnológico elevado en las disciplinas básicas, aunque es una industria con necesidades de reestructuración y poco adaptada a los actuales requisitos del mercado comercial, particularmente en el área medioambiental. En este sentido, la estrategia del gobierno ruso es integrar en un solo conglomerado, denominado *Unified Aerospace Manufacturing Corporation* (UAC), la industria aeronáutica rusa, basándose en el modelo de EADS.

Las economías emergentes como China e India actualmente están prácticamente ausentes en el sector de la aviación comercial, mientras que ya están en una fase

avanzada en el campo espacial y militar. Cada una de ellas realiza un esfuerzo importante con el fin de adquirir competencias de manera progresiva, buscando acuerdos de cooperación con otros países con el objetivo de ser centros de producción a medio plazo. El crecimiento económico de estos dos países los hacen mercados muy interesantes, estando presentes en las estrategias comerciales de los grandes grupos. Los posibles acuerdos comerciales pueden estar vinculados a la implantación en estos países de industrias aeronáuticas, aun a riesgo de realizar la transferencia tecnológica.

Japón es otro actor con destacada participación en el sector, en concreto en la fabricación aeronáutica en cooperación con los Estados Unidos, siendo la base de buena parte de la producción de las alas de los aviones de Boeing.

En el mercado de aviones regionales hay que tener en cuenta a Canadá (BOMBARDIER Aerospace) y la aparición de Brasil (EMBRAER) e India, junto con otros países como Israel, Taiwán y Corea, con una significativa producción aeronáutica.

Previsiones de futuro

El último informe de mercado publicado por Boeing en 2009 recoge la proyección del mercado de la aviación comercial para los próximos 20 años, que prevé que el tráfico aéreo duplicará al actual, con una tasa de crecimiento anual entorno al 5%,

similar a la registrada en los últimos 45 años. Para responder a esta demanda, las previsiones de pedidos de aeronaves para los próximos 20 años es optimista; se estima que serán necesarios en torno a 29.000 nuevos aviones. De hecho, en este periodo, el 83% de la flota en servicio estará constituida por los aviones que se hayan entregado nuevos desde 2008.

Estas halagüeñas perspectivas mundiales no hacen sino poner de relevancia la importancia futura de este sector en las economías de los actuales actores. Con el objeto de mantener la posición de liderazgo que ostenta Europa en el sector, el Comité Económico y Social de la Unión Europea emitió en julio de 2007 un dictamen sobre el sector, titulado: "La aeronáutica europea: situación y perspectivas", en el que analiza las amenazas a las que se enfrenta el sector y propone varias recomendaciones.

Destacan como amenazas

■ En primer lugar, el **crecimiento exponencial de los costes de desarrollo** de los aviones, unido a la imposibilidad de que los fabricantes financien ellos mismos el desarrollo total de nuevos modelos en sus estrategias industriales a escala europea, ocasiona que la financiación del riesgo se transfiera a los fabricantes de equipos y subcontratistas; que los plazos para rentabilizar las inversiones sean cada vez más largos y que se incremente el endeudamiento y la inseguridad de los fabricantes de equipos y subcontratistas, en gran parte pymes.

■ El segundo factor de riesgo es la **debilidad del dólar**, atenuada tras el inicio de la crisis mundial, pero que se mantiene y supone menor competitividad para la industria europea, medidas constantes para minimizar costes salariales, reducción del número de subcontratistas en Europa y deslocalizaciones hacia la zona del dólar.

■ En tercer lugar, y en relación con lo anterior, el **traslado de fábricas fuera del continente y las alianzas con países emergentes como China** (pese a los riesgos que suponen la transferencia de tecnología y la implantación local) también se ven fomentados por la aparición de nuevos actores internacionales en el sector aeronáutico, destacando Brasil o India en la fabricación de aviones regionales y la aparición de potentes consorcios aeroespaciales con respaldo estatal (casos de China o Rusia). No en vano, estos mercados se encuentran entre los diez mayores compradores de nuevas aeronaves de las dos próximas décadas, según las estimaciones de Airbus y Boeing.

■ Otro de los retos que habrá de afrontar el sector es la **jubilación de los trabajadores y trabajadoras** del *baby boom* en el caso del sector del transporte aéreo europeo. Se prevé que la mitad de los trabajadores actuales se jubilen de aquí a 2015, con la consiguiente pérdida de empleo altamente cualificado.

3. El sector Renovables en Europa y en el mundo

■ Y por último, el dictamen se refiere al **precio del petróleo**, con una evolución incierta a medio plazo, lo que influye en la demanda de aviones, hace más frágiles las aerolíneas y obliga a los constructores a investigar en el uso de combustibles alternativos y sus tecnologías correspondientes.

El Comité Económico y Social propone en su dictamen, entre otras recomendaciones, las siguientes:

■ En primer lugar, propone la creación de un nuevo marco que permita y anime a las empresas de los diferentes países de la Unión Europea a trabajar juntas con mayor eficacia para fijar y llevar a cabo sus prioridades industriales. Eso reforzará la competitividad y mejorará la respuesta a las fluctuaciones del mercado.

■ Como segunda propuesta, recomiendan que se refuerce la coordinación entre la Comisión Europea y la Agencia Europea

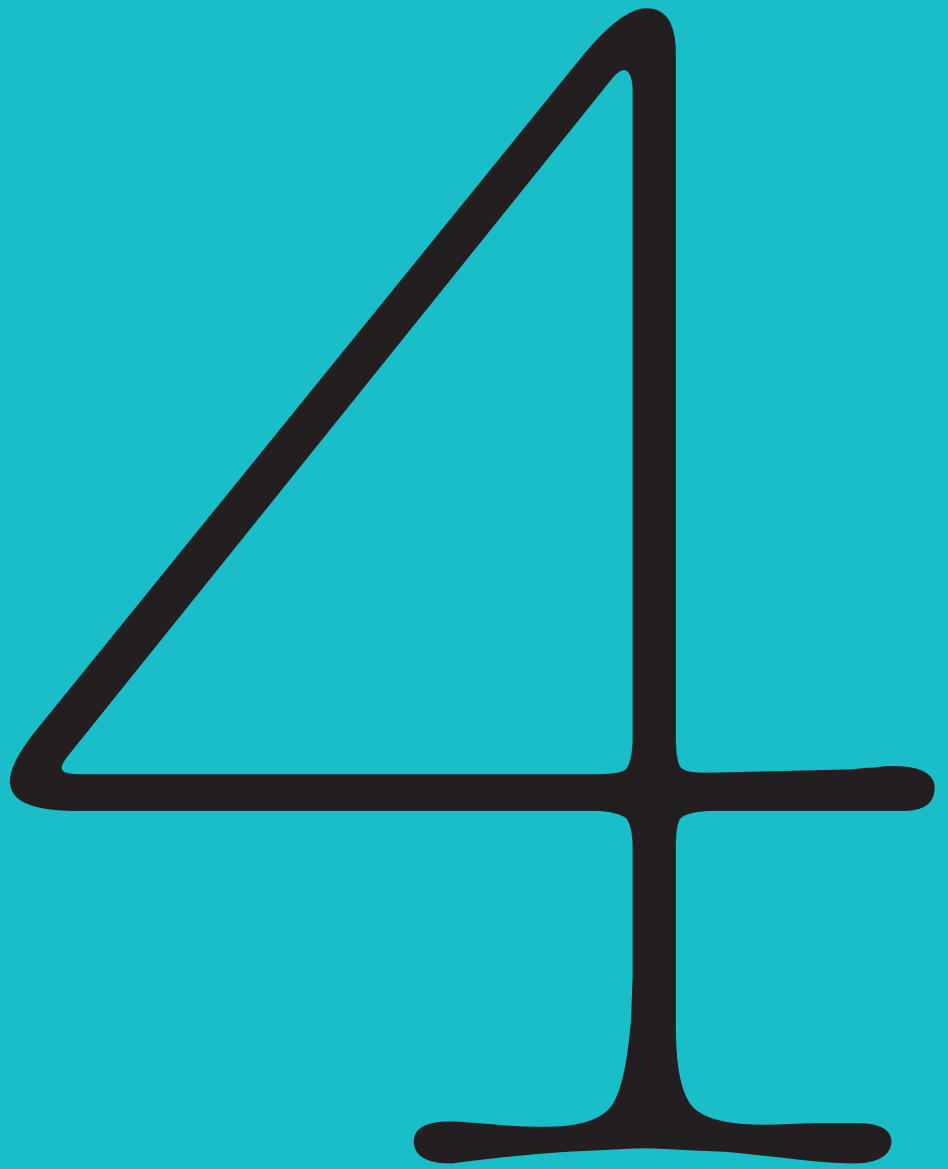
de Defensa (AED) para promover el desarrollo de nuevas tecnologías híbridas que sirvan, a la vez, en los sectores militar y civil de la industria aeronáutica.

■ También piden la creación de una red europea de subcontratistas capaces de respaldar con eficacia a los fabricantes de aeronaves como Airbus, Saab, Alenia, ATR, etc. Es importante mantener y aumentar sus competencias, centrándose, en particular, en las nuevas tecnologías.

■ Tratar de recuperar la iniciativa en el mercado de aviones regionales y facilitar la financiación a las pymes subcontratistas para que, por un lado, se asocien y, por otro, se diversifiquen, por ejemplo, en actores regionales.

■ Y el apoyo a los subcontratistas para eliminar la gran dependencia que tienen de los grandes integradores, para que inviertan en innovación y se asocien.

El Sector Aeronáutico en España



El Sector Aeronáutico en España

Como anteriormente se ha expuesto, la industria aeronáutica española se sitúa en el quinto lugar en el ámbito de la Unión Europea, por detrás de Francia, el Reino Unido, Alemania e Italia. No sólo en el número de trabajadores y trabajadoras que refleja el gráfico 1, sino también en volumen de facturación.

La distancia que separa a España de Italia es relativamente corta, mientras que el sexto país en facturación, Suecia, supone la mitad de volumen que España. El resto de países europeos tiene ya un peso muy pequeño en esta industria.

Nuestro país cuenta con algunos productos y capacidades líderes a nivel mundial, como son los materiales compuestos, los aviones de transporte militar, los sistemas de gestión del tráfico aéreo o los sistemas de reabastecimiento en vuelo.

La producción aeronáutica española se dedica en su mayor parte (cerca del 60%) a productos intermedios. El 40% restante corresponde a la fabricación de productos para el cliente final. En consecuencia, puede afirmarse que la industria española ocupa un lugar intermedio en la cadena de suministro aeronáutica. Esta realidad es coherente con el tamaño relativo de nuestro país y la estructura general de la industria aeronáutica, donde un reducido número de empresas tienen capacidad de elaborar productos completos con distribución comercial a nivel mundial.

En relación con la repartición geográfica, la industria aeronáutica está muy concentrada en nuestro país, ya que en 2009 el 91,7% de la facturación se llevó a cabo en tres comunidades autónomas: Madrid (57,7%), Andalucía (24,1%) y País Vasco (9,9%). Otras Comunidades con actividad aeroespacial son Castilla-La Mancha (4,6%) y Cataluña (1,3%).

El perfil de empresa es muy desigual, observándose una distribución muy dispar en la tipología, ya que el 95% de las empresas son pymes dedicadas a la actividad auxiliar y de servicios. Se encuentran 11 empresas con un tamaño medio (entre 250 y 1.000 personas trabajadoras) dedicadas fundamentalmente a la fabricación de equipos y subequipos, y 6 empresas de más de 1.000 personas trabajadoras, que realizan actividades de integración y fabricación de subsistemas.

La única empresa española con capacidad de integración (industria de cabecera) completa de aviones es EADS/CASA, que realiza la integración del A400M y de sus productos propios.

Como empresas tractoras consideraremos a Airbus España que, aunque no tiene capacidad completa de integración, produce suministros de componentes para los aviones comerciales Airbus, que representan un elevado porcentaje de la demanda de sistemas aeroespaciales en España, así como a ITP, por idénticas razones, en el segmento de los motores.

Dentro de las empresas pertenecientes a las industrias sistemista y subsistemista se pueden citar con carácter meramente ilustrativo, a CESA, SKS Tecnobit, Hexcel Composites, Aries Complex, Aernova o Sacesa. El grupo Aciturri –considerado en conjunto– también podría ser clasificado en este segmento.

La industria auxiliar española, como se ha referido anteriormente, es donde se encuentra el grueso de las empresas. Se puede dividir en tres segmentos: industria básica, industria de componentes e ingeniería. En general, todas las empresas de la industria auxiliar son de un tamaño similar, con alrededor de 30 - 40 personas empleadas, unos activos de 3-7 M y ventas de 3-4 M. Su nivel de inversión en I+D es inferior al promedio del sector.

En relación con la industria de mantenimiento, la principal empresa española de este segmento es Iberia Mantenimiento, que por volumen de facturación (480 M) y número de empleados y empleadas (4.300) es, por derecho propio, una de las mayores empresas del sector aeronáutico en España. ITP, al igual que EADS/CASA, pese a ser empresas dedicadas principalmente a fabricación, también disponen de una destacada actividad de mantenimiento. Otros actores importantes son GESTAIR, que tiene excelentes capacidades de mantenimiento de pequeños aviones, y Air Nostrum.

4. El Sector Aeronáutico en España

La evolución del volumen de ventas de la industria española queda reflejada en la tabla 2:

Tabla 2.

Evolución de volumen de ventas a nivel nacional por comunidades autónomas.

EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE VENTAS A NIVEL NACIONAL								
Comunidad Autónoma	Año 2006		Año 2007		Año 2008		Año 2009	
	Volumen de ventas	%	Volumen de ventas	%	Volumen de ventas	%	Volumen de ventas	%
ANDALUCÍA	848,4	16,8	825,3	16,9	1.417,2	23,1	1.541,2	24,1
Castilla La Mancha	211,9	4,2	243,8	5,0	165,8	2,7	294,4	4,6
Castilla León	48,8	1,0	49,1	0,8	32,0	0,5		
Cataluña	106,0	2,1	73,1	1,5	110,6	1,8	83,2	1,3
La Rioja	14,6	0,3	18,4	0,3	25,6	0,4		
Madrid	3.209,3	63,6	3.003,6	61,6	3.685,2	60,0	3.686,3	57,7
País Vasco	570,2	11,3	585,1	12,0	626,2	10,2	633,6	9,9
Otras	100,2	2,0	81,6	1,7	69,2	1,1	97,9	1,5
Total	5.046,0	100	4.876	100	6.142,0	100	6.394,2	100

Fuente: TEADE (Datos de 2009 provisionales).

La industria aeronáutica española tiene una destacable capacidad exportadora, debido al carácter global del mercado al que sirve y a la condición internacional de los proyectos, que conlleva su desarrollo conjunto entre varios países. Este hecho se refleja en un elevado porcentaje de exportaciones (74% de la facturación en 2008).

La evolución de la industria tractora está fuertemente condicionada por la marcha de los programas internacionales en los que España está presente. La cooperación internacional es un aspecto clave e intrínseco que define al sector aeronáutico, que

surge de la necesidad de aglutinar esfuerzos tecnológicos y compartir los altos costes de desarrollo entre varias naciones, con el fin de poder acometer proyectos que sería ineficiente, o excesivamente costoso, afrontar en solitario, además de fortalecer las ventas en el mercado internacional.

En relación al empleo generado por el sector en España, destaca el alza en el número de empleos desde 2005, 28.096 personas empleadas, hasta los 35.580 de 2009. Madrid es la comunidad Autónoma en la que se encuentra el 53,7 % de las personas trabajadoras, siendo Andalucía la segunda con un 24,7%.

Tabla 3.

Empleo nacional por comunidades autónomas.

Comunidad Autónoma	EVOLUCIÓN DEL EMPLEO A NIVEL NACIONAL							
	Año 2006		Año 2007		Año 2008		Año 2009	
	Número de empleos	%	Número de empleos	%	Número de empleos	%	Número de empleos	%
Andalucía	6.206	21,0	6.753	21,7	7.555	22,6	8.786	24,7
Castilla La Mancha	1.033	3,5	1.775	5,7	1.304	3,9	1.591	4,5
Castilla León	ND	ND	654	2,1	702	2,1	566	1,6
Cataluña	797	2,7	436	1,4	869	2,6	566	1,6
La Rioja	ND	ND	156	0,5	167	0,5	177	0,5
Madrid	17.240	58,4	16.598	53,3	18.019	53,9	19.124	53,7
País Vasco	3.277	11,1	3.830	12,3	4.045	12,1	3.747	10,5
Otras	968	3,3	938	3,0	769	2,3	1.024	2,9
Total	29.521	100	31.140	100	33.430	100	35.580	100

Fuente: TEADE (Datos de 2009 provisionales).

4.1 La participación española en los programas internacionales

Para el desarrollo de la industria aeronáutica española ha sido decisiva la participación en los programas internacionales. Los más destacados desde el punto de vista cuantitativo son:

■ EUROFIGHTER TYPHOON

Programa militar europeo por excelencia, constituye la iniciativa más importante en la que se ha embarcado jamás el sector aeronáutico español, al posibilitar un desarrollo de nuevas tecnologías, sobre todo para CASA, ITP e Indra en aviónica, o CESA en equipos de control de combustibles.

Este programa desarrolla y fabrica el caza Eurofighter Typhoon. Se trata de un caza

multipropósito de gran agilidad propulsado por dos motores gemelos EJ200, producido por el consorcio Eurojet. Nació en 1983 con la firma de los Estados Mayores Aéreos de cinco países europeos (Alemania, España, Francia, Gran Bretaña e Italia). Este programa se desarrolla en dos consorcios industriales: Eurofighter GmbH y Eurojet Turbo GmbH, para desarrollar y fabricar, respectivamente, la célula y los motores del avión.

4. El Sector Aeronáutico en España

EADS-CASA (filiación española de EADS) cuenta con el 14% del reparto industrial en el consorcio Eurofighter GmbH, fabricando el ala derecha y superficies de bordes de ataque de las alas derecha e izquierda, existiendo en cada país además una línea de montaje final.

En cuanto al consorcio Eurojet Turbo GmbH para el desarrollo del motor EJ200, la empresa española ITP se encarga de la tobera convergente-divergente, del difusor de salida de la turbina, carcasas externas del flujo secundario y conducciones externas del motor, que se corresponde con el 13% del motor. La empresa de ingeniería Sener tuvo también una importante contribución al proyecto Eurojet, siendo uno de sus socios originales, y aportando varios miles de horas de ingeniería de diseño, incorporando algunos de los productos actualmente fabricados por ITP.

En los consocios Euro radar y Eurodass que desarrollan y fabrican los dos subsistemas más importantes del avión: el radar y el subsistema de ayuda defensiva, Indra fue una de las primeras empresas europeas por valor añadido en los aviones en lo que a sistemas y equipos embarcados se refiere.

El programa ha impulsado la creación de un tejido industrial español alrededor de las dos empresas contratistas principales, EADS-CASA e ITP, con la participación de más de 300 empresas y en torno a 22.000 trabajadores y trabajadoras de alta cualificación.



Imagen 1. Airbus.

■ AIRBUS

El consorcio fue creado en 1970 como Grupo de Interés Económico Airbus (GIE Airbus) por la compañía francesa Aérospatiale y la alemana Deutsche Aerospace, como fabricante europeo de aviones. En 1971, la empresa española CASA se incorporó al consorcio y en 1979 lo hizo la empresa British Aerospace –actualmente BAe Systems–. Desde el principio, el consorcio se fijó como objetivo competir con los fabricantes estadounidenses Boeing, McDonnell Douglas y Lockheed.

A finales de los noventa, como respuesta a la concentración empresarial de los principales competidores de Airbus, los cuatro socios de la compañía anunciaron un proyecto de transformación del antiguo

Grupo de Interés Económico en una sociedad industrial, Airbus S.A.S, con el fin de reagrupar todos los activos que poseían los socios. Tras la creación de EADS en el año 2000, ésta pasó a controlar el 80% de Airbus, quedando el 20% restante en manos de BAe Systems (Airbus UK).

Airbus opera actualmente en tres segmentos principales de aviones comerciales:

Pasillo único, aviones de cabina estándar de 100 a 200 plazas en dos filas de asientos separadas por un pasillo central, que se utilizan principalmente para los recorridos cortos y medios (familia A320 con los modelos A318, A319, A320, A321). Este segmento es el de mayor volumen de ventas de la compañía.

Doble pasillo, aviones de cabina ancha de más de 200 plazas repartidas en tres filas de asientos separados por dos pasillos, que se utilizan para los recorridos cortos y medios en el caso de los A300/A310 y para los recorridos largos en el caso de los A330/A340.

Aviones de gran tamaño, que se han diseñado para transportar más de 400 pasajeros sin escalas en recorridos muy largos y con una comodidad superior: la apuesta ha sido el A380.

Hay tres líneas de ensamblaje para los productos de Airbus, dos en Toulouse (Francia) y una en Hamburgo (Alemania), y una cuarta línea para el avión de transporte militar A400M en Sevilla.

En sus plantas de Getafe (Madrid), Illescas (Toledo) y Puerto Real (Cádiz), Airbus España da empleo a más de 3.000 personas. En el área de materiales compuestos, Airbus España es líder a nivel mundial gracias al diseño, desarrollo y fabricación de elementos clave como son el estabilizador horizontal, la carena ventral y la introducción, por primera vez en la historia de la aviación comercial, de secciones de fuselaje en fibra de carbono para aviones de más de 100 plazas, fruto del desarrollo de los procesos en "Fiber Placement", el encintado automático y el moldeo por transferencia de resina.

■ A400M

En 1999 las compañías miembros de Airbus decidieron crear Airbus Military S.L. como compañía separada a instancias del cliente (los Ministerios de Defensa de los países participantes), para el desarrollo y producción de un avión de transporte militar turbopropulsado, el Airbus A400M. Con esta estrategia se buscaba reducir la exposición de Airbus al mercado civil.

Airbus, con el 64% del accionariado, es el responsable de la gestión, comercialización y mantenimiento del A400M. Los otros participantes en Airbus Military SL son la empresa española EADS-CASA –el participante mayoritario en el proyecto desde un punto de vista industrial–, la turca TAI (Turkish Aerospace Industries) y la belga FLABEL.

El A400M es un avión de transporte militar que cubrirá una importante necesidad de los ejércitos europeos en el transporte de largo radio de acción, con una capacidad de carga de hasta 37 toneladas. Está propulsado por cuatro turbohélices y es capaz de operar en pistas no preparadas con una tripulación de dos pilotos y unos costes de mantenimiento asimilables a los de los aviones civiles.

En Sevilla se encuentra ubicada la línea de ensamblaje final y el centro de entrega. Desde el punto de vista del desarrollo industrial, la ubicación de este proyecto supone un importante espaldarazo para la región de Andalucía y para la industria

española en general, por el poder generador que una Línea de Ensamblaje Final (FAL46) tiene sobre la industria en su conjunto. El primer vuelo del A400M se realizó el 11 de diciembre de 2009 en Sevilla.

Las principales empresas españolas implicadas son EADS-CASA, que encabeza el proyecto, y Airbus España, respaldadas por 26 empresas subcontratistas de las que 23 están en Sevilla, y que llevan a cabo la mayor parte de actividades relacionadas con estructuras y ensamblado del avión.

Asimismo, Indra ha conseguido dos importantes contratos para el suministro de los alertadores de amenazas y el sistema de identificación amigo-enemigo que equipan los aviones A400M. Tecnobit también participa en la electrónica asociada al control de la línea de montaje de la fábrica de San Pablo. Otra empresa destacada es ITP, que participa a través de su asociación con Rolls Royce en un 13% en el consorcio Europrop, que desarrolla y fabrica el motor del A400M: el TP400-D6. ITP es responsable del diseño y fabricación de 5 de sus módulos, y tendrá también la responsabilidad completa del Soporte Logístico Integrado (ILS47) del motor. TECNOBIT también participa de forma destacada en este proyecto con el desarrollo y fabricación de los sistemas AMS y MIC.

4. El Sector Aeronáutico en España

■ EUROCOPTER

El grupo Eurocopter nació en 1992 de la fusión entre las divisiones de helicópteros de la francesa Aerospatiale-Matra (Francia) y la alemana DaimlerChrysler Aerospace. EADS posee el 100% de las participaciones del grupo, que está conformado por tres entidades: la compañía matriz Eurocopter y las filiales Eurocopter Deutschland y Eurocopter España. Eurocopter es el primer fabricante mundial de helicópteros con una amplia variedad de helicópteros civiles y militares. En 2003, Eurocopter tenía el 53% de la cuota del mercado mundial de productos civiles y el 20% del mercado de exportación de helicópteros militares.

Eurocopter cuenta con tres factorías en Francia, Alemania y España; la española se encuentra situada en Albacete, da empleo directo a 700 personas y tiene una facturación anual de 300 millones de euros. En la planta albaceteña se fabrican helicópteros de ataque Tigre, helicópteros NH-90 para las Fuerzas Armadas y helicópteros EC-135 para los cuerpos policiales y de seguridad.

Los programas de desarrollo de estos helicópteros se realizan en cooperación con las industrias de otros países e implican para las empresas españolas el diseño de algunos elementos.

4.2 Estructura de Investigación Aeronáutica

Otra característica fundamental del sector es su apuesta por el I+D+i. En la última década, las empresas aeroespaciales han dedicado cada año a esta actividad un promedio del 13,5% de la facturación consolidada. En España se encuentra una importante estructura para la investigación, formada por el sector público y privado, que cuenta con:

■ INTA

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), dependiente del Ministerio de Defensa, cuenta con algunas destacadas instalaciones y capacidades en distintas áreas de la aeronáutica. Entre ellas podemos citar:

■ Centro de ensayos de turborreactores.

■ Instalaciones y cámara semianecoica de compatibilidad electromagnética (EMC).

■ Las cámaras anecoicas (12x12x12 m3 y 30x18x13 m3; 1,5 – 40 GHz).

■ El Centro de Experimentación de El Arenosillo (CEDEA, Huelva).

■ El Centro de Metrología y Calibración.

■ Áreas de Dinámica de Fluidos.

■ Servicios de aeronavegabilidad y de experimentación en vuelo.

■ Áreas de investigación, estudios y experimentación de materiales y estructuras.

■ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

La Escuela Técnica de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid cuenta con algunos laboratorios e infraestructuras permanentes de investigación. Entre éstos se pueden citar un completo laboratorio de materiales dedicado a Materiales Compuestos y Estructuras Smart, Metalotecnia, Polímeros y Sistemas de Producción y un laboratorio de física de plasma, que cuenta con dos cámaras de plasma.

■ FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y APLICACIONES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS (FIDAMC)

La FIDAMC es una fundación sin ánimo de lucro que cuenta con tres patronos fundadores: EADS, la comunidad de Madrid y el CDTI. El objetivo de la FIDAMC es permitir desarrollos nuevos en el ámbito de los materiales compuestos para consolidar a España como uno de los países líderes en esta tecnología. La Fundación estará orientada hacia el sector de la aeronáutica y el espacio, pero dará cabida a desarrollos en otros ámbi-

tos industriales como la automoción, así como a una rica actividad de transferencia de tecnología. La FIDAMC seguirá una filosofía de “perímetro abierto”, que podrá ser utilizado tanto por empresas no pertenecientes al consorcio EADS como por empresas dedicadas a otros sectores industriales. En el futuro se pretende que la FIDAMC se convierta en un espacio de “polinización cruzada” para distintas actividades relacionadas con los materiales compuestos.

■ CORPORACIÓN TECNOLÓGICA DE ANDALUCÍA

La Corporación Tecnológica de Andalucía es un centro de desarrollo multisectorial promovido por la Administración autonómica andaluza a través de la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA) y 33 empresas, nueve entidades financieras, el Consejo Andaluz de Universidades y los grupos de investigación de excelencia de la comunidad. Pese a su carácter horizontal, el sector aeronáutico cuenta con un importante peso en sus actividades.

Esta entidad se constituyó en Sevilla bajo la forma jurídica de “fundación privada sin ánimo de lucro” y será la encargada de aglutinar las iniciativas públicas y privadas para transferir conocimiento tecnológico y científico al tejido productivo y para identificar, promover y cofinanciar proyectos de I+D+i en los principales sectores estratégicos de la economía regional andaluza.

■ FUNDACIÓN ANDALUZA PARA EL DESARROLLO AEROESPACIAL

Es una institución creada para promover proyectos de I+D+i, dándoles soporte técnico y logístico a través del Centro Tecnológico Aeroespacial, localizado en el Parque Tecnológico Aeronáutico (AERÓPOLIS). Este centro, con presupuesto de 21 millones de euros, dirigirá sus objetivos a reforzar la capacidad tecnológica de las empresas auxiliares andaluzas para garantizar su participación en los proyectos aeronáuticos que actualmente se desarrollan en la Comunidad Autónoma.

El centro se ubicará en un edificio de 4.000 metros cuadrados y estará dotado de instalaciones para ensayos de equipos y materiales y desarrollo de técnicas y diseños al servicio de la industria aeroespacial. Su patronato está integrado por la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA), el INTA, EADS-CASA, la Universidad de Sevilla, SACESA, ELIMCO y AICIA. Sus áreas de investigación se concentran en Estructuras y Materiales y Aviónica y Sistemas, además de alguna otra rama de carácter horizontal.

■ CENTRO TECNOLÓGICO PARA LA INDUSTRIA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO (CTAE)

El CTAE es una fundación privada sin ánimo de lucro creada en 2005 a iniciativa de la Generalitat de Cataluña, de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y de un grupo de industriales que inclu-

yen PYMES catalanas así como las mayores ingenierías del sector.

En la actualidad, el CTAE desarrolla actividades en el ámbito de las aplicaciones de satélites, particularmente, navegación y observación de la Tierra. Otros ámbitos de I+D son el *software*, los sistemas embarcados y la robótica, así como el desarrollo de maquinaria y procesos para la fabricación y ensamblado aeronáuticos. Su plan estratégico incluye también en el futuro actividades relacionadas con el soporte a la vida en misiones espaciales tripuladas, incluyendo el turismo espacial.

■ CENTRO DE TECNOLOGÍAS AERONÁUTICAS (CTA)

La Fundación Centro de Tecnologías Aeronáuticas CTA, es un centro de investigación integrado dentro de la Red de Tecnología Vasca. Está especializado en ensayos de desarrollo y certificación de componentes y productos aeronáuticos y espaciales, con un elevado grado de actividad de I+D.

4. El Sector Aeronáutico en España

4.3 Retos del sector aeronáutico español

En el año 2007, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio presentó un Plan Estratégico para el sector que cubría el periodo 2008-2016, con la finalidad de articular una serie de medidas que permitiesen incrementar el ritmo de crecimiento del sector y situar a la industria aeronáutica española en una situación de paridad respecto a las potencias aeronáuticas de nuestro entorno cercano, objetivos que tienen plena vigencia. Sin embargo, desde la elaboración del Plan se han producido una serie de circunstancias desfavorables y el sector atraviesa actualmente por una coyuntura compleja, derivada de la crisis económica y financiera.

La crisis global ha supuesto una reducción del tráfico aéreo, lo que ha acarreado menor demanda de aviones e, incluso, la cancelación de algunos pedidos y, en consecuencia, una reducción de las cadencias de producción. Ante esta situación, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ha reformulado el plan existente, dando lugar al “Plan Estratégico del Sector Aeronáutico (PESA) 2010 – 2014”.

Entre los objetivos del nuevo Plan se contempla el apoyo financiero, que se articulará mediante el Programa de Competitividad de Sectores Estratégicos y el Programa de Reindustrialización. En el primero se prevé hacer una convocatoria específica para el sector aeronáutico en

la que se estima que recibirá unos 285 millones de euros, en préstamos, en el periodo de vigencia del plan para financiar actividades como generación de nuevos productos o servicios, o mejora de los ya existentes para que incrementen su valor añadido, mejoren su sostenibilidad y/o su seguridad; reingeniería de procesos productivos; mejora de la sostenibilidad, flexibilidad y/o eficiencia; implantación de sistemas avanzados de producción; etc. El apoyo se realiza a través de préstamos a interés cero, con un periodo de 15 años de devolución, incluidos cinco años de carencia.

En el aspecto de reindustrialización, las actuaciones financiables son el arranque y ejecución de iniciativas industriales que generen empleo de empresas aeronáuticas, la creación o ampliación de establecimientos industriales y el lanzamiento de una nueva actividad que implique un cambio fundamental en el producto o en el procedimiento de producción. La ayuda se realiza a través de préstamos a interés cero, con 15 años de devolución incluidos cinco años de carencia y sin exigencia de garantías, de hasta el 50% de la inversión. La estimación es que el sector aeronáutico pueda beneficiarse de una financiación total en el periodo 2010-2014 de 152 millones de euros.

El Plan también pretende contribuir a mantener la demanda en el sector aeronáutico a través de las siguientes líneas de actuación:

El mantenimiento de los programas de adquisiciones del Ministerio de Defensa, prefinanciados mediante convenios con el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para suavizar la caída de la demanda de pedidos a la industria. Se prevé que en el periodo 2010-2014 se puedan financiar programas por un importe estimado de 2.490 millones de euros.

Apoyo a la financiación de la filial española de Airbus en el programa de desarrollo del A350XWB, mediante anticipos reembolsables por un total de 278 millones de euros en el periodo 2009-2015. En 2013 y 2014 otros proyectos estratégicos distintos del A350 contarán con un apoyo aproximado de 112 millones de euros. En el Plan se recoge el apoyo a la consolidación de los denominados contratistas de primer nivel del programa del avión A350 XWB.

Entre los objetivos se establece el apoyo a la consolidación de la industria auxiliar del sector aeronáutico con aportaciones de hasta 150 millones de euros de la Empresa Nacional de Innovación (ENISA) en el periodo de vigencia del Plan.

El sector aeronáutico en Andalucía



El sector aeronáutico en Andalucía

Como se ha expuesto en puntos anteriores, Andalucía se ha consolidado como la segunda comunidad autónoma por volumen de facturación y empleo, tras Madrid, en el sector aeronáutico español.

Desde que en 1.923 se creara Construcciones Aeronáuticas S.A. (CASA) en Cádiz, la industria aeronáutica andaluza ha ido creciendo hasta la actualidad. Según datos de 2009, existen hoy un total de 130 empresas en la industria aeronáutica. Las provincias de Sevilla y Cádiz suman más del 90% de las empresas del sector, siendo este porcentaje aún mayor si se calcula en función de la cuota de empleo o de la facturación aportada desde los centros de trabajos que las empresas de otras provincias mantienen especialmente en Sevilla.

Esta concentración en Sevilla y Cádiz es lógica por la presencia en ellas de las plantas tractoras de EADS-CASA y Airbus, y por la mayor tradición industrial del sector metal-mecánico de estas provincias frente al resto de las andaluzas.

Tabla 4. Distribución de empresas aeronáuticas andaluzas por provincia.

Distribución de empresas por provincia (número de empresas)	
PROVINCIA	Año 2009
Sevilla	95
Cádiz	22
Jaén	2
Córdoba	3
Málaga	7
Huelva	1
Total	130

Fuente: Fundación Hélice.

En relación a la actividad industrial desarrollada, la mecánica y la de utillaje (mecanizados, chapistería, transformaciones mecánicas, etc.) predominan sobre las restantes con un 40%. Como segunda actividad predominante, se encuentran las tareas de montaje; en particular, las empresas cuya actividad principal es el montaje final de aviones o el montaje de subconjuntos constituyen un 13% del total, constituyendo el grupo de mayor importancia dentro del sector aeronáutico andaluz en cuanto a facturación y empleo se refiere.

Como empresas de cabecera en Andalucía se encuentra EADS-CASA, en las factorías San Pablo Sur y la FAL A400M, que son las únicas plantas existentes en España para el ensamblaje final de grandes aviones hasta su entrega al cliente. En la actualidad, además del ensamblaje de productos propios como el C235, C295 o C212 en menor medida, se están realizando los montajes de las primeras unidades del A400M.

Como empresas montadoras de grandes conjuntos, aeroestructuras, o sistemas completos del avión se encuentra Airbus con la factoría de mayor dimensión en Puerto Real, en Cádiz, seguida de Aernnova Andalucía y SK3000 en Sevilla.

El mayor número de empresas se encuentran en la industria auxiliar, realizando actividades como:

- Montaje de medianos y pequeños conjuntos.
- Montajes de equipos y sistemas.
- Mecanizados.
- Utillaje.
- Chapistería y otras transformaciones mecánicas.
- Procesos finales.
- Fabricación de materiales compuestos y plásticos.
- Fabricación de material eléctrico y electrónico.

Destacan por número las empresas dedicadas a procesos de mecanizado y transformaciones mecánicas, sector de gran importancia y tradición en Andalucía. Por su carácter estratégico, un subsector importante dentro de este grupo es el de materiales compuestos, desde la fabricación de piezas primarias hasta todas las operaciones requeridas posteriormente: equipados, montajes, tratamientos, inspecciones, reparaciones, etc. Otro dato destacable es que las empresas relacionadas con los equipos, sistemas y material eléctrico-electrónico continúan creciendo en volumen.

5. El sector aeronáutico en Andalucía

En cuanto a las empresas de ingeniería y consultoría aeronáutica, el número de empresas dedicadas a actividades de diseño de producto, investigación y desarrollo, diseño de utillajes y gradas, ingeniería de calidad e ingeniería de procesos de fabricación y organización industrial, sigue aumentando su peso específico dentro de la industria aeronáutica andaluza, pero todavía adolece de falta de dimensión y capacidad de integración para programas complejos. En cualquier caso, las capacidades en volumen, a nivel de horas-hombre, son todavía bajas para un sector con tanta carga de ingeniería como es el aeronáutico.

El sector de los sistemas de avión o sistemas de pruebas mantiene su desarrollo, amparado por las oportunidades que ha ofrecido principalmente el programa A400M. Las empresas existentes mantienen un crecimiento sostenido y han aprovechado su consolidación para empezar a trabajar en otros programas aeronáuticos fuera de Andalucía.

En la tabla 5 se puede observar cómo desde el año 2001 se ha producido un incremento paulatino de la facturación de las empresas andaluzas y ha crecido el empleo. Es necesario destacar el aumento de facturación que se produce entre los años 2007 y 2008 (72%).

Tabla 5. Evolución de la facturación y empleo en la industria andaluza.

Evolución de la Facturación (millones de euros) y Empleo (número de empleados) en el Sector Aeronáutico Andaluz		
AÑO	FACTURACIÓN	EMPLEO
2001	495,0	3.800
2002	509,0	3.867
2003	596,2	4.179
2004	645,4	4.516
2005	798,8	5.535
2006	848,4	6.206
2007	825,4	6.753
2008	1.417,2	7.555
2009	1.541,2	8.786

Fuente: [Fundación Hélice](#).

Si atendemos a la facturación por subsectores, es destacable el ascenso en 2008 (111% con respecto a 2007) de la facturación de las empresas dedicadas al montaje de grandes conjuntos y al montaje final como consecuencia del aumento del volumen de ventas de Airbus Military (EADS-CASA).

Es destacable igualmente el crecimiento de las ventas obtenido en las empresas de ingeniería y consultoría, consecuencia de la subcontratación de paquetes de trabajo a éstas por parte de las empresas tractoras para los primeros pasos de la FAL A400M y los programas MRT. Este aumento de facturación también se ha producido por las mejoras en el A380 y los estudios para posicionarse en el A350.

Los productos que mayor aporte realizan a la facturación andaluza son los de Airbus Military (EADS-CASA) con un total de 778,9 millones de euros (50%), Airbus España con 444,7 millones de euros (28,8%), y otros productos con un volumen de facturación de 317,6 millones de euros (20,6%). Es destacable la evolución de estos últimos productos pasando de un 4,84% de la facturación en 2001 al 20,6% en 2008.

Dentro de la definición "Otros productos", los más significativos en Andalucía son Boeing, Eurofighter, Embraer, Bombardier y Eurocopter. Esta circunstancia es importante, ya que la diversificación en clientes y productos es clave para la disminución de los riesgos que puedan sufrir los programas "estrella", y además permite aumentar las alternativas de participación en otros programas que puedan lanzar clientes diferentes a los tractores en Andalucía. Durante el año 2009 ha aparecido un nuevo producto en la cartera de las empresas andaluzas, los vehículos aéreos no tripulados (UAV) que, aunque con poco peso específico aún (0,7 millones de euros), está considerado un sector con alto potencial de desarrollo y que recibirá su espaldarazo final cuando, dentro de cuatro o cinco años, esté afianzada la regulación del espacio aéreo.

Atendiendo al empleo, observamos que ha crecido un 130% en el periodo representado en la tabla 5, incrementándose entre 2008 y 2009 en 1.231 empleos. Este

incremento, tanto en facturación como en empleo, se debe en gran parte al aumento de las cargas de trabajo de las mismas, principalmente en el programa A400M y en el mayor número de entregas de productos propios de Airbus Military (EADS-CASA).

La distribución de empleo provincial queda reflejada en la siguiente tabla (tabla 6), en la que podemos observar que el 67,9% del empleo se encuentra en la provincia de Sevilla.

Tabla 6. Distribución provincial del empleo.

Distribución del empleo por provincia (número de empleos)		
PROVINCIA	EMPLEOS	%
Sevilla	5.970	67,9
Cádiz	2.349	26,7
Jaén	51	0,6
Córdoba	280	3,2
Málaga	73	0,8
Huelva	63	0,8
TOTAL	8.786	100

Fuente: **Fundación Hélice.**

Esta tendencia evolucionará al alza en los próximos años conforme la FAL de Airbus Military en Sevilla siga su implantación hasta alcanzar el pleno rendimiento, y se compensará en parte cuando Alestis aumente su capacidad productiva en sus plantas de la provincia de Cádiz.

5.1 Las empresas de cabecera y tractoras en Andalucía

Como se ha enunciado anteriormente, las empresas de cabecera y tractoras presentes en Andalucía son respectivamente Airbus Military (EADS-CASA) y Airbus España. Los centros y principales trabajos que estas empresas realizan en nuestra comunidad son:

Centro de Airbus Military (EADS-CASA) en el Tecnoparque Bahía de Cádiz (Puerto de Santa María). Destaca por la tecnología empleada en fabricación de estructuras y componentes de fibra de carbono a través del encintado, en tecnología de conformados de superplásticos y en chapistería integral.

Planta de Airbus España en Puerto Real (Cádiz). Está dedicada al montaje de aerestructuras en materiales metálicos y fibra de carbono destinadas a la división de aviación civil para los estabilizadores de la familia Airbus.

Planta de San Pablo (Sevilla) de Airbus Military (EADS-CASA), en la que se realizan actividades de ensamblaje y equipamiento final de los aviones militares C212, C295 y C235. Constituye, además, un centro de mantenimiento de aeronaves. A principios de 2009 se ha trasladado la FAL a la nueva planta de ensamblaje, al lado de la FAL A400M, viviéndose también en este principio de año la transición de EADS-

CASA a Airbus Military; es la planta en la que se realiza el ensamblaje final, pruebas en vuelo y entrega del avión A400M.

Fábrica de Tablada (Sevilla), perteneciente también a Airbus Military (EADS-CASA). Se dedica fundamentalmente al montaje de aerestructuras, control numérico de mecanizados de alta velocidad, conformado por estirado y fresado químico de revestimientos.

Por volumen de empleo es Airbus Military la que mayor número de personas trabajadoras tiene, 2.435 según datos de 2009, mientras que Airbus España registraba en la misma fecha 465.

5.2 Las empresas auxiliares en Andalucía

Las empresas auxiliares engloban a las industrias proveedoras de material o equipos, ingenierías o empresas de servicios, que se sitúan en el segundo o tercer nivel de la cadena de suministros, así como empresas de Aviación General que se dedican a otros servicios no relacionados directamente con la producción de aeronaves. Se ha englobado en este conjunto a todas las empresas aeronáuticas exceptuando las designadas como "tractoras", Airbus España y Airbus Military, que ocuparían el primer nivel.

Los trabajos desarrollados por estas empresas auxiliares están relacionados con:

5. El sector aeronáutico en Andalucía

■ Montajes de subsistemas.

■ Actividades mecánicas y de utillaje (talleres de mecanizado fundamentalmente).

■ Producción de materiales compuestos y plásticos.

■ Montaje de material eléctrico y electrónico.

■ Ensayos y análisis técnicos.

Dentro de este grupo de empresas auxiliares cabe destacar la capacidad de integración de Alestis, que se trata de la empresa creada por la unión de Sacesa, SK 3000 y SK 10, capaces de subcontratar con las integradoras finales bajo esquemas de “paquete completo”, aunando ingeniería de desarrollo, compras y aprovisionamientos, ingeniería de fabricación y producción, con responsabilidad sobre todo el conjunto. Con estas mismas características encontramos a Aernnova.

En relación con el empleo en las empresas auxiliares cabe destacar que se ha producido un aumento sostenido del mismo desde el año 2001. Esta evolución se encuentra representada en la tabla 7.

Tabla 7. Evolución del empleo en las auxiliares de Andalucía.

Evolución del empleo en las Empresas auxiliares (número de empleos)	
AÑO	EMPLEO
2001	1.107
2002	1.221
2003	1.663
2004	2.037
2005	2.861
2006	3.590
2007	3.998
2008	4.662
2009	5.886

Fuente: [Fundación Hélice](#).

En la tabla siguiente, que representa la distribución del empleo por áreas en las empresas auxiliares, podemos observar como dato más relevante el importante aumento que en los últimos años se ha producido en el ámbito de la I+D+i y la ingeniería, ambos factores estratégicos para la industria en Andalucía y su desarrollo futuro.

Tabla 8. Distribución de empleo por áreas en las empresas auxiliares.

DISTRIBUCIÓN DEL EMPLEO EN LAS EMPRESAS AUXILIARES										
Área	Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Crecimiento
Producción	724	753	997	1.287	1.776	2.090	2.061	2.459	2.586	5,2
Ingeniería	80	113	218	259	350	513	598	700	1.084	54,9
I+D	5	6	14	21	58	88	94	195	233	19,6
Calidad	137	154	185	178	252	260	289	326	443	35,9
Logística	60	94	112	139	152	204	242	292	438	50,0
Comercial	17	17	22	21	44	69	60	70	100	42,8
Resto	66	84	116	135	229	366	654	620	1.002	61,4
Total	1.107	1.221	1.664	2.038	2.861	3.590	3.998	4.662	5.886	26,3

Fuente: [Fundación Hélice](#).

En el año 2008 la facturación del tejido auxiliar crece en un 28,2% (78,9 millones de euros) respecto al 2007, y un 36,2% en el año 2009 con respecto al año anterior, aumento provocado por la política de subcontratación en las empresas tractoras. La evolución del volumen de ventas queda reflejado en la tabla 9.

Tabla 9. Volumen de ventas de empresas auxiliares en Andalucía.

Evolución del volumen de ventas en las empresas auxiliares (millones de euros)	
AÑO	VENTAS
2001	67,0
2002	72,0
2003	85,0
2004	123,0
2005	171,0
2006	222,8
2007	279,5
2008	358,4
2009	488,4

Fuente: [Fundación Hélice](#).

5.3 Perspectivas de futuro para el sector en Andalucía

Las previsiones de los diferentes informes que recogen la evolución del sector son una buena noticia para Andalucía, donde la empresa aeronáutica Alestis Aerospace y sus socios dentro de la industria auxiliar andaluza fabricarán el cono de cola y la 'belly fairing' o panza del avión A350 XWB, un modelo que cubrirá el abanico completo de las necesidades de mercado de aviones de fuselaje ancho para 2013.

Alestis Aerospace es una compañía privada liderada en su creación por el gobierno andaluz, quien dota por primera vez a nuestra comunidad de un proveedor de primer nivel internacional el cual, nada más nacer, ya ha captado para Andalucía dos paquetes de trabajo para 20 años que suponen una facturación de más de 1.700 millones y la creación de 1.200 puestos de trabajo directos y 4.000 indirectos, y que cuenta con presencia en dos continentes y estudia seguir expandiéndose. En estos momentos se encuentra compitiendo en primera línea para adjudicarse nuevos contratos de envergadura de los que puede beneficiarse todo el tejido empresarial andaluz.

Andalucía tiene la oportunidad de convertirse en líder mundial en actividades de valor añadido, como por ejemplo los *composites*, la fibra de carbono, las nuevas tecnologías de sistemas embarcados o de sistemas y subsistemas de aviónica, las

técnicas de gestión de tráfico aéreo, los sistemas y aplicaciones espaciales o las aeronaves no tripuladas (UAV's), tanto en sus aplicaciones comerciales, civiles y de seguridad, como en su utilización como plataforma de ensayos de vuelo.

Andalucía contará en los próximos meses con las primeras instalaciones de España dedicadas íntegramente a la experimentación de tecnologías y sistemas de aviones no tripulados UAS (*Unmanned Aircraft System*) o UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*), el Centro de Vuelos Experimentales ATLAS. El centro ATLAS se ubicará en la provincia de Jaén, en el municipio de Villacarrillo, un enclave estratégico que no ha sido elegido al azar, sino que destaca precisamente por disponer de un espacio aéreo cuya situación, climatología y orografía son magníficas para el desarrollo de pruebas con aeronaves no tripuladas.

Andalucía también podría albergar el nuevo Centro de Excelencia de Aviones no Tripulados que el consorcio aeronáutico europeo EADS baraja situar en España, y por el que compiten otras Comunidades como Cataluña, Madrid y Galicia.

La Escuela de pilotos del Airbus A400M que se ubicará en Sevilla, supondrá una inversión de 12,9 millones de euros y ocupará una superficie construida de 13.000 metros cuadrados. Se construirán tres zonas, una principal para realizar las clases, de uso administrativo, y que albergará las naves de simuladores e instalacio-

nes técnicas, de control y de mantenimiento; una secundaria, con un área específica de entrenamiento al aire libre, en la que se utilizará el Entrenador de Carga réplica del A400M sin cola ni alas y un prototipo CN 235 P-1, maqueta a tamaño real; y una tercera zona, en la que los alumnos contarán con simuladores dinámicos de vuelo y de misión que utilizarán cabinas reales de aviones, cada una de las cuales contará con un sistema visual para generación de escenarios.

Asimismo, Sevilla será también sede del primer centro educativo de Formación Profesional en materias como aviónica, aeromecánica y telecomunicaciones, después de una inversión de 4,5 millones de euros y de que el Ayuntamiento de la capital hispalense cediera una parcela de 6.600 metros cuadrados en la barriada del Parque Alcosa por un periodo de 50 años.

Actividades, condiciones de trabajo
y prevención de riesgos laborales
en el sector aeronáutico



Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

6.1 Introducción

El sector aeronáutico se ha caracterizado, entre otros motivos, por el rápido avance tecnológico en muchas aplicaciones, entre ellas la tecnología de procesos, maquinarias, materiales y personal técnico especializado. Los avances en este sector se han realizado con el objetivo de dotar a los componentes de las características propias de los materiales más resistentes, más pesados o con mejores propiedades de resistencia a la corrosión o de aislamiento térmico y eléctrico.

Estos avances han encontrado aplicación también en el diseño, construcción y montaje de piezas y componentes, que aun sin necesidad de estar sujetos específicamente a las exigencias de una pieza de vuelo, requieren de propiedades técnicas que permitan incrementar las funcionalidades y la durabilidad de los conjuntos de los que forman parte. Es el caso, por ejemplo, de los útiles de control, cuyas piezas, una vez aplicados los tratamientos de níquel químico y anodizado duro, adquieren unas características de dureza, resistencia a la abrasión y a la corrosión que afectan positivamente su resistencia al desgaste y, por lo tanto, aumentan la durabilidad del útil en condiciones óptimas de uso.

Esta complejidad de las piezas, técnicas y operaciones exige que los procesos en este sector se encuentren homologados. Y no sólo eso: en el sector aeronáutico, cuando se homologa un proceso, también puede

homologarse y certificarse específicamente al personal que lo realiza; para ello, es necesaria una formación y experiencia específica y demostrada de los trabajadores y trabajadoras en la realización del proceso.

Se detallan a continuación los principales procesos, actividades y ocupaciones que se llevan a cabo en Andalucía en este amplio sector, cuyo elevado grado de especialización comporta que numerosos procesos y actividades sean desarrollados por unas pocas empresas en todo el mundo. Dividimos a continuación los procesos en los cuatro grandes subsectores que están representados de manera significativa en Andalucía: industria tractora, industria auxiliar, ingeniería/consultoría y mantenimiento de aviones.

6.2 Montaje de aeroestructuras y ensamblaje final

El proceso de montaje de aeronaves lo imaginamos semejante al que tiene lugar en una línea de montaje de automóviles, pero con piezas más grandes. Nada más alejado de la realidad. A pesar de que ambos procesos guardan algún parecido, lo cierto es que el tamaño de los aviones, sumado al pequeño número de ellos - comparativamente hablando con el sector automovilístico- que se producen cada año, hace que muchas de las tareas que la industria automotriz realiza con robots

deban ser realizadas a mano. El ensamblaje final es denominado FAL (*Final Assembly Line*) en el argot del sector.

Para montar un avión, lo primero que se necesita es un espacio de trabajo adecuado, un gran espacio. El proceso de ensamblaje comienza por el fuselaje. Este enorme tubo de metal se recubre con varias capas de materiales especiales, que le proporcionan el adecuado aislamiento térmico y acústico del exterior. En esta etapa también se colocan los cableados encargados de llevar las señales eléctricas y la energía de un extremo al otro del avión. Son procesos y elementos que nunca quedarán a vista de los pasajeros: los recubrimientos que se colocan al final ocultan toda esta maraña de cables y tejidos.

Luego, comienza el proceso de armado de la cabina. Esta es una de las partes, desde el punto de vista eléctrico, más complejas del avión, ya que todos los elementos de control se encuentran aquí o son comandados desde ella. Cientos de kilómetros de cables son puestos en su lugar siguiendo un plan estrictamente elaborado de antemano.

Como si fuese un mecano gigante, cada pieza tiene un lugar predeterminado y todo está pensado como para que no se comenten errores que puedan ocasionar problemas en el futuro.

Los trabajos para el ensamblaje son realizados desde gradas, estructuras diseñadas

6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

das para aproximarse a la aeronave y desde las cuales los trabajadores y trabajadoras realizan las diferentes operaciones: es el lugar de trabajo, proyectado específicamente para ello. El diseño de las gra-



Imagen 2. Línea de Montaje del A400M.

das es un trabajo de ingeniería fundamental, ya que de él dependerán las condiciones de trabajo, la calidad de las tareas y la productividad de las mismas; un ejemplo de gradas lo encontramos en la imagen 2.

Cuando el fuselaje está casi listo, llega el momento de montar las alas y el grupo de cola. Es necesario recordar que el tamaño de las piezas obliga a que todo sea bastante complicado y exija una perfecta sincronización. El proceso completo requiere de semanas de trabajo, y cada movimiento ha de estar meticulosamente planificado. En esta etapa también se montan el tren de aterrizaje y las ruedas, y se mueve todo el avión a la sección de la planta donde se colocarán los motores.

Mientras todas estas tareas se van completando, un equipo sigue trabajando en el interior del fuselaje, colocando pisos, revestimientos del techo, alojamientos para el equipaje, etc. (ver imagen 3).



Imagen 3. Interior de aeronave en proceso de montaje.

A continuación, se comprueba el correcto funcionamiento de los mandos, del tren de aterrizaje, en suma, de todas las partes que se han ensamblado. Una vez que el avión esté terminado, será sometido a pruebas mucho más rigurosas que éstas, pero en general los problemas más importantes suelen detectarse en esta etapa.

En ese momento puede decirse que los trabajos de peso ya se han realizado, y el avión pasa a la sección de pintado. Terminado el trabajo de pintura y efectuados los controles correspondientes, una tarea que requiere varios días, el avión está listo para las pruebas de vuelo.

Las herramientas usadas para el montaje son fundamentalmente herramientas

manuales, tales como taladros, remachadoras, atornilladores, herramientas específicas para la fijación, etc.; se trata de herramientas en muchos casos accionadas por aire comprimido.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

En el desarrollo de estas actividades encontraremos la exposición a riesgos relacionados con el uso de herramientas manuales, golpes, proyección de partículas, cortes, etc. Las condiciones de trabajo en esta actividad se encuentran muy determinadas por el diseño de la grada y los sistemas auxiliares, ya que van a definir el lugar de trabajo en relación al espacio, la proximidad a la zona donde se opera y las posturas en las que se realizan las tareas. El diseño adecuado de una grada, teniendo en cuenta factores de prevención de riesgos laborales, evitará el trabajo en posturas forzadas y la utilización de otros medios auxiliares que aumenten la exposición de la persona empleada a la caída en altura.

El sistema de producción del montaje supone la realización conjunta de diversos trabajos en los que participa un gran número de trabajadores y trabajadoras; es necesaria por ello una buena organización de los trabajos, de forma que se evite la generación de riesgos debidos a la ejecución de trabajos simultáneos.

La realización simultánea de diferentes operaciones contribuye además a la generación

de ruido, por lo que será necesaria la realización de evaluaciones acústicas durante el proceso de montaje y la toma de medidas preventivas en caso necesario.

6.3 Materiales

El desarrollo de materiales y los avances en la tecnología de la fabricación de las aeronaves desempeñarán un papel fundamental en el sector y en el futuro del mismo. En los próximos años, seguirán desarrollándose nuevas aleaciones y materiales compuestos para las partes estructurales, superplásticos, superaleaciones cerámicas y compuestos vidriados para los sistemas de propulsión, ya que uno de los problemas más serios en los vuelos en general es el de la estructura de la nave; dicho de otra manera, la resistencia mecánica que debe tener el vehículo para soportar las velocidades, aceleraciones, impactos y esfuerzos a los que habrá de verse sujeto. También deben tomarse en cuenta factores como las temperaturas y presiones que encontrará en su recorrido, así como el propio peso de la nave. Estas consideraciones y otras similares fueron las que condujeron al desarrollo de las fibras compuestas de carbón/grafito.

■ Compuestos de grafito

La investigación destinada a la producción de materiales aeroespaciales ha desarrollado el llamado “grafito turbostático”, que es un material muy similar al grafito mono-

cristalino, excepto porque sus planos basales no tienen un empaquetamiento regular en relación con el eje perpendicular, y porque la distancia de promedio entre los planos basales es alrededor de mil veces menor (0.34 nanómetros).

Con este conocimiento fundamental sobre la estructura del carbón y del grafito ha sido posible “diseñar” materiales con las propiedades adecuadas para satisfacer las condiciones tan severas del vuelo. El secreto está en conseguir que los planos laminares del grafito se alineen paralelos al eje de la fibra.

El proceso consiste en utilizar una base orgánica (llamada precursor) que debe tener un alto porcentaje de átomos de carbón. Mediante calor y la aplicación de tensiones se liberan todas las fracciones volátiles para dejar sólo los átomos de carbón, obteniéndose un compuesto carbón/fibra de grafito, por ejemplo, las fibras de rayón, particularmente las que llevan los nombres comerciales Thornel-50 y Thornel-75, que son producidas por Unión Carbide. En atmósfera inerte se las expone a una temperatura de entre 2.700 y 2.800°C, y en esas condiciones se les sujeta a cargas tensiles y se les estira y comprime a efectos de alinear los planos en una dirección paralela al eje de los filamentos. Estas fibras resultan irregulares en cuanto a su forma, y su diámetro va de 5 a 50 micrones.

Otras industrias ya han empezado a utilizar también las fibras de grafito: la indus-

tria automotriz para aligerar los vehículos y obtener un mejor rendimiento del combustible sin sacrificar propiedades mecánicas; la industria de la construcción para reforzar el hormigón; y hasta la industria de las bicicletas, cuyas estructuras resultan más resistentes y ligeras si se fabrican con grafito en lugar de usar los materiales tradicionales.

■ Compuestos cerámicos

Los productos cerámicos se encuentran también incluidos en los procesos de la industria tractora aeronáutica. Se trata de composiciones con alto grado de pureza, constituidas por partículas ultrafinas, sinterizadas y tratadas bajo condiciones perfectamente controladas. Su diferencia con los materiales cerámicos tradicionales es que estos se basan principalmente en silicatos, mientras que la cerámica avanzada incluye nitruros, carburos, óxidos, carbonatos, etc. Estos materiales poseen propiedades especiales, como su alta resistencia a la temperatura, a la corrosión y al uso, y propiedades eléctricas y ópticas que los hacen sumamente útiles para un gran número de aplicaciones.

Uno de los procesos más novedosos para preparar nuevas aleaciones es el conocido con el nombre de “solidificación rápida”, que consiste en un enfriamiento extremadamente rápido del material original desde su fase líquida a una fase sólida en forma de polvo. Este enfriamiento suele producirse a razón de un millón de grados por segundo. En la actualidad este proceso ha

6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

producido aleaciones de aluminio con rigidez específica y resistencia mecánica mayores, y aleaciones de aluminio o níquel con resistencias a la temperatura superiores a las conocidas con anterioridad.

■ Compuestos de superplástico

Otros procesos desarrollados durante la búsqueda de materiales útiles para la industria aeronáutica y la exploración espacial, y que serán de gran importancia en la vida cotidiana, son el formado superplástico, la difusión de enlaces o soldadura por estado sólido y el formado total.

El formado superplástico consiste en producir grandes cambios en la forma del material, generalmente un metal o una aleación, mediante altas temperaturas y bajas presiones.

La difusión de enlaces o soldadura por estado sólido es un proceso de unión de dos metales realizado a altas temperaturas y presión. La unión se lleva a efecto por la difusión, a través de las superficies que han de unirse, de los átomos de los distintos materiales. Es algo así como utilizar los propios enlaces químicos de los materiales en juego para hacer la soldadura.

El formado total es una técnica mediante la que, partiendo de un material en forma de polvo, se le da al mismo su forma final comprimiéndolo contra un contenedor de cerámica, vidrio o acero que tiene ya la forma deseada. Se trata de una especie

de rechazado a muy altas presiones teniendo como material polvo.

■ Recubrimientos

La tecnología relativa a los recubrimientos también está recibiendo especial atención, desarrollándose recubrimientos de cromo, aluminio y aleaciones de itrio con hierro, cobalto o níquel que ofrecen protección a temperaturas tan altas como 1.700°C.

Una de las aleaciones que ha despertado mayor interés en la actualidad para aplicaciones aeroespaciales es la de aluminio-litio, cuya principal virtud radica en su muy baja densidad. Otras aleaciones de aluminio, tales como aluminio-hierromolibdeno-zirconio funcionan suficientemente bien a altas temperaturas como para competir con el titanio por encima de 1.000° C.

Aislar las condiciones naturales, disminuyendo, por ejemplo, la presión atmosférica (hacer el vacío), o simular algunas otras como la humedad, la radiación ultravioleta, la infrarroja (intemperismo acelerado), etc., constituyen una serie de pasos y procesos de extremada complejidad realizados específicamente por esta industria con el objetivo de obtener estos novedosos materiales y ponerlos a prueba.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

El desarrollo de nuevos materiales y la investigación continua en esta área, provoca la

permanente evolución de los procesos productivos y la aparición de materiales con características físico-químicas diferentes.

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, esta circunstancia tiene una alta importancia, ya que las propiedades de los nuevos materiales provocan que no sea conocida la repercusión que los mismos tienen en la salud de las personas trabajadoras. Para la evaluación del impacto sobre la salud de una sustancia es necesario un tiempo de estudio e investigación, circunstancia que no se da en el desarrollo de nuevos materiales en muchos sectores productivos. Por lo que en muchos casos los riesgos higiénicos en relación con la exposición a sustancias químicas son inciertos o poco definidos, teniendo el técnico de prevención pocas herramientas objetivas para la evaluación de las condiciones de trabajo.

La persona trabajadora queda expuesto a estas nuevas sustancias fundamentalmente cuando se hace un tratamiento sobre las mismas:

■ Cortes, pulidos o perforaciones, que provocan la generación de polvo y partículas.

■ Aplicación de recubrimientos e imprimaciones, que provoca la exposición a la sustancia en estado líquido y a vapores o partículas líquidas.

Como medidas preventivas durante operaciones que supongan la exposición del tra-

bajador o trabajadora a sustancias sobre las que no se tengan conocimiento de las repercusiones sobre la salud, ni datos objetivos para la evaluación de la exposición, se adoptarán la limitación de la exposición y de la realización de operaciones que generen partículas en suspensión mediante sistemas húmedos, así como la utilización de equipos de protección individual que eviten riesgos frente a materiales y sustancias de características análogas.

6.4 Fabricación de componentes de fibra de carbono a través del encintado automático (Automatic Tape Laying & Fiber Placement)



Imagen 4. Máquina de encintado automático.

En la actualidad se fabrican elementos estructurales en materiales compuestos con diversos tipos de fibras; por su

creciente aplicación en todo tipo de estructuras y, en particular, en la industria aeronáutica, la fibra de carbono demanda un especial interés. De una manera simplificada, los procesos de producción de estructuras en fibra de carbono consisten en apilar una serie de capas de fibras de carbono, impregnarlas en una resina orgánica y asegurar su polimerización para obtener un elemento resistente.

El procedimiento tradicional para la fabricación de elementos estructurales con fibra de carbono es mediante el apilamiento de fibras secas, mantas o tejidos sobre un molde, y su posterior impregnación con resina utilizando brochas, espátulas o pistola; mediante la proyección sobre el molde de fibras cortas y resina con pistola, polimerización a temperatura ambiente o en estufa en molde abierto o con bolsa de vacío; o mediante la inyección de resina mezclada con fibras cortas en moldes cerrados.

El encintado automático supone el enrollado de filamentos de fibra de carbono sobre moldes, utilizando para ello máquinas de control numérico, capaces de poner cintas unidireccionales con precisión tanto de posición como de orientación, y tanto sobre superficies planas como superficies ligeramente curvas (superficies desarrollables). Es necesario la utilización de preformas para obtener la forma deseada.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Se trata de un proceso cada vez más utilizado y totalmente mecanizado. En muchos casos, máquinas robotizadas realizan el proceso completo, por lo que las condiciones de trabajo y de prevención estarán condicionadas por las características de la máquina. Se trata de máquinas que tienen partes móviles a gran velocidad, por lo que su diseño debe evitar el contacto y la aproximación de las personas trabajadoras a estas partes.

6.5 Pintura de aviones



Imagen 5. Pintado del Airbus A380.

El tratamiento de pintura de un avión siempre es un proceso delicado que requiere de múltiples aplicaciones en ingeniería, para así afrontar las diversas dificultades que se plantean a la hora de realizar este tipo de labores en aeronaves de grandes dimensiones. Como ejemplo, ilustraremos el proceso con el modelo Airbus A380, el avión de pasajeros más grande

6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

del mundo, utilizándolo como referencia para conocer los entresijos en las técnicas de pintado de los aviones.

El proceso requiere de aproximadamente 3.600 litros de pintura que se distribuyen en tres fases (imprimación, personalización del diseño y capa final protectora), para un Airbus A380. Tan sólo de 600 a 1.000 kg de pintura quedarán adheridos al avión. Cada capa de pintado mide alrededor de tan sólo 0,120 mm y es capaz de soportar diferencias de temperaturas superiores a los 100 grados Celsius.

Airbus pone en práctica las técnicas y procedimientos ambientales más modernos para el proceso de pintado de sus aviones. Mediante pistolas electrostáticas se contribuye a minimizar el vapor de la pintura; además, el aire del entorno de trabajo se limpia y se filtra a través de un proceso de limpieza multi-etapa para asegurar que las partículas de pintura son eliminadas separadamente.

Recientemente, los ingenieros e ingenieras de Airbus desarrollaron un nuevo proceso de pintado de dos capas que utiliza menos pintura, necesitando menos tiempo de aplicación y reduciendo aún más las necesidades de limpieza exterior del avión. Esta nueva técnica de pintado ofrece mejorar la producción a través de métodos más amigables con el medio ambiente y eco-sostenibles. Para conseguir este objetivo, se han optimizando los aspectos del ciclo de vida de los componentes del avión, que abarca

el diseño de las aeronaves, fabricación, operaciones y, finalmente, su reciclaje. Este enfoque fue reconocido en junio de 2007 con la concesión de la norma ISO 14001 de gestión medioambiental, convirtiéndose Airbus en la única empresa aeroespacial de todo el mundo en obtener esta certificación.

Las técnicas de pintura estándar pueden necesitar de hasta seis capas de pintado por avión y por lo general pueden llevar hasta 12 horas de secado entre capa y capa. La técnica de Airbus, que es similar a las utilizadas en la industria del automóvil, requiere de tan sólo dos capas de pintura con un volumen de tinte drásticamente reducido y tiempos de secado por debajo de las 2 horas.

Sobre la imprimación libre de cromato, se aplica la capa de pintado personalizado y, posteriormente, se finaliza con una capa transparente de barniz. La técnica aporta beneficios en la exposición de los trabajadores y trabajadoras y beneficios ambientales, ya que la pintura utiliza menos disolvente sobre la base, con menos capas. El proceso también reduce la cantidad de pintura necesaria, así como los requerimientos de limpieza durante el tiempo de vida de las aeronaves en servicio. La pintura, al utilizar un mayor contenido en pigmentos, permite el uso de una única capa, lo que a su vez significa que la cantidad de pintura necesaria se reduzca en un 20 por ciento, con una disminución asociada del 10 al 15 por ciento en la utilización de disolventes.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Las condiciones de trabajo durante el desarrollo de los trabajos de pintado vienen definidas por los medios de trabajo empleados:

- Sistemas de aplicación, normalmente pistola para pulverización.
- Andamios y otras plataformas de trabajo.
- Plataformas elevadoras.
- Características de las pinturas y revestimientos a aplicar.

Los riesgos asociados a estas tareas son los mismos a los que están expuestos los trabajadores y trabajadoras que realizan trabajos de pintura en otros sectores. La exposición a caídas a distinto nivel estará condicionada por el estado de los medios auxiliares que se empleen. La exposición de ojos y piel a pinturas, disolventes, secantes, etc., deberá estar cubierta mediante la utilización de equipos de protección individual como ropa de trabajo, gafas, guantes, gorros, etc.

Dadas las dimensiones de las instalaciones, los sistemas de extracción no son todo lo efectivos que sería aconsejable. La extracción localizada en el punto de aplicación es un sistema que da buenos

resultados, pero necesita de la flexibilidad necesaria para moverlo en función de la zona de trabajo y de los operarios que, de forma simultánea, realizan el trabajo.

El trabajo en equipo va a condicionar mucho las condiciones laborales, siendo necesaria una buena coordinación y planificación para no aumentar la exposición a riesgos de proyecciones y aumento de las concentraciones de nieblas y vapores.

6.6 Formado y mecanizado de materiales

El formado de partes con la aplicación de fuerza mecánica se considera uno de los procesos de formación más importantes, en términos del valor de la producción y del método de producción. El formado de partes se puede efectuar con el material frío (formado en frío) o con el material caliente (formado en caliente). Las fuerzas utilizadas para formar las partes pueden ser de flexión, compresión o cizallado y tensión; los procesos de formado se pueden clasificar sobre la base de la forma en que se aplica la fuerza.

El formado por doblado se efectúa al obligar al material a doblarse a lo largo de un eje. Entre los procesos por doblado se encuentran el doblez, pelado, corrugado y rechazado en alta velocidad. El formado por cizallado (guillotinado) es en realidad un proceso de separación de mate-

rial en el cual se hace pasar a presión una o dos cuchillas a través de una parte fija.

El cizallado también incluye procesos tales como punzado o perforación, estampado, punzado con matrices y refinado. El formado por compresión se efectúa al obligar al material, frío o caliente, a adecuar-se a la configuración deseada con la ayuda de un dado, un rodillo o un buzo o punzón. El formado por compresión, incluye procesos tales como forja, extrusión, laminado y acuñado.

El formado por tensión se efectúa al estirar el material para que adopte la configuración deseada. Incluye procesos tales como estirado, formado por trefilado y abocinado.

■ Procesos de remoción de material (maquinado)

Estos procesos se utilizan para conformar partes de materiales como metales, plásticos, cerámica y madera. El maquinado es un proceso que exige tiempo y desperdicia material. Sin embargo, es muy preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación. El maquinado tradicional se lleva a cabo con el uso de una herramienta de corte, que remueve el material de la pieza de trabajo en forma de virutas, con lo cual se le da la configuración deseada. Los procesos para remoción de material se clasifican en tradicionales o con formación de virutas, y no tradicionales o sin virutas.

En todos los procesos tradicionales para remoción de material, los tres elementos básicos son la pieza de trabajo, la herramienta de corte, y la máquina-herramienta. Las funciones básicas de la máquina-herramienta son:

■ Proveer los movimientos relativos entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo en forma de velocidades y avances.

■ Mantener las posiciones relativas de la herramienta de corte y de la pieza de trabajo, a fin de que la remoción de material resultante produzca la forma requerida. Al variar las posiciones y movimientos entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte, se puede efectuar más de una operación en la máquina-herramienta.

Con los avances de la tecnología, se han desarrollado materiales más fuertes y más duros. El procesamiento eficiente de esos materiales no era posible con los procesos tradicionales para remoción de material. Por lo tanto, se han creado varios procesos nuevos y especializados. Al contrario de los procesos tradicionales en donde la remoción del material necesita una herramienta de corte, los procesos no tradicionales se basan en los fenómenos ultrasónicos, químicos, electroquímicos, de electrodescarga y haces de electrones, láser y de iones.

En estos procesos, la remoción de material no está influida por las propiedades

del material; se puede maquinar material de cualquier dureza. Ahora bien, algunos de estos procesos se encuentran en la etapa experimental y no se presentan para elevados volúmenes de producción. En la mayoría de estos procesos, se maquina una parte cada vez. Los procesos no tradicionales son más complejos y se requiere considerable pericia y conocimientos para operarlos de forma eficiente.

■ Procesos de formado

La deformación es únicamente uno de los diversos procesos que pueden usarse para obtener formas intermedias o finales en el metal.

El estudio de la plasticidad se ocupa de la relación entre el flujo del metal y el esfuerzo aplicado: si ésta puede determinarse, entonces las formas más requeridas pueden realizarse por la aplicación de fuerzas calculadas en direcciones específicas y a velocidades controladas.

■ Embutido profundo y prensado

El embutido profundo es una extensión del prensado en la que a una pieza de metal se le da una tercera dimensión considerable. El prensado simple se lleva a cabo presionando un trozo de metal entre un punzón y una matriz. Latas para alimentos y botes para bebidas son los ejemplos más comunes.

■ Laminado

Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par

de rodillos rotatorios. Los rodillos son generalmente cilíndricos y producen productos planos tales como láminas o cintas. También pueden estar ranurados o grabados sobre una superficie a fin de cambiar el perfil, así como estampar patrones en relieve. Este proceso de deformación puede llevarse a cabo ya sea en caliente o en frío.

El trabajo en caliente es usado muy ampliamente porque es posible realizar un cambio de forma rápida y barata. El laminado en frío se lleva a cabo por razones especiales, tales como la producción de buenas superficies de acabado o propiedades mecánicas especiales. Se lamina más metal que el total tratado por todos los otros procesos.

■ Forjado

En el caso más simple, el metal es comprimido entre un martillo y un yunque, y la forma final se obtiene girando y moviendo la pieza de trabajo entre golpe y golpe. Para producción en masa y el formado de secciones grandes, el martillo es sustituido por un martinete o dado deslizante en un bastidor e impulsado por una potencia mecánica, hidráulica o a vapor.

Un dispositivo utiliza directamente el empuje hacia abajo que resulta de la explosión en la cabeza de un cilindro sobre un pistón móvil. Las matrices o dados que han sustituido al martillo y al yunque pueden variar desde un par de herramientas de cara plana, hasta ejemplares que tienen cavidades apareadas

capaces de ser usadas para producir las formas más complejas. Si bien el forjado puede realizarse con el metal caliente o frío, el elevado consumo de potencia y desgaste en los dados, así como la relativamente pequeña amplitud de deformación posible, limita las aplicaciones del forjado en frío. Un ejemplo es el acuñado, donde los metales superficiales son impartidos a una pieza de metal por forjado en frío. El forjado en caliente se está utilizando cada vez más como un medio para eliminar uniones, y por las propiedades que pueden ser conferidas al producto final. Es el método de formado de metal más antiguo, y hay muchos ejemplos que se remontan hasta 1.000 años a. C.

■ Estirado

Este es esencialmente un proceso para la producción de formas en hojas de metal. Las hojas se estiran sobre hormas conformadas en donde se deforman plásticamente hasta asumir los perfiles requeridos. Es un proceso de trabajo en frío y es generalmente el menos usado de todos los procesos de trabajo.

■ Extrusión

En este proceso un cilindro o trozo de metal es forzado a través de un orificio por medio de un émbolo; por tal efecto, el metal estirado y extruido tiene una sección transversal, igual a la del orificio de la matriz o dado.

Hay dos tipos de extrusión, extrusión directa y extrusión indirecta o invertida. En

el primer caso, el émbolo y el dado están en los extremos opuestos del cilindro y el material es empujado contra y a través del dado. En la extrusión indirecta, el dado es sujetado al extremo de un émbolo hueco y es forzado contra el cilindro, de manera que el metal es extruido hacia atrás, a través del dado.

La extrusión puede llevarse a cabo ya sea en caliente o en frío, pero es predominantemente un proceso de trabajo en caliente. La única excepción a esto es la extrusión por impacto, en la cual el aluminio o trozos de plomo son extruidos por un rápido golpe para obtener productos como los tubos de pasta de dientes. En todos los procesos de extrusión hay una relación crítica entre las dimensiones del cilindro y las de la cavidad del contenedor, especialmente en la sección transversal.

El proceso se efectúa a una temperatura de 450 a 500 °C con el fin de garantizar la extrusión.

El diseño de la matriz se hace de acuerdo con las necesidades del mercado o del cliente particular.

■ Estirado de alambre

Una varilla de metal se aguza en uno de sus extremos y luego es estirada a través del orificio cónico de un dado matriz. La varilla que entra al dado tiene un diámetro mayor y sale con un diámetro menor. En los primeros trabajos en este proceso, fueron estiradas longitudes cortas manual-

mente a través de una serie de agujeros de tamaño decreciente en una “placa de estirado” de hierro colado o de acero forjado. En las instalaciones modernas, grandes longitudes son estiradas continuamente a través de una serie de dados usando un número de poleas mecánicamente guiadas, que pueden producir grandes cantidades de alambre, de mucha longitud, a alta velocidad, utilizando muy poca fuerza humana. Usando la forma de orificio apropiada, es posible estirar una variedad de formas tales como óvalos, cuadrados, hexágonos, etc., mediante este proceso.

Maquinaria utilizada en estos procesos

■ Cepilladora

Mecaniza las superficies planas por arranque de viruta, mediante un movimiento de corte alternativo presentado por la pieza. El movimiento rectilíneo alternativo comprende una carrera durante la cual tiene lugar el arranque de viruta y otra carrera de retorno en vacío.

■ Laminadora

Mecaniza las superficies planas por arranque de viruta mediante un movimiento de corte alternativo presentado por la herramienta.

■ Mortajadora

También denominada limadora vertical, mecaniza superficies planas verticales o algo inclinadas. El movimiento alternativo

de corte lo presenta la herramienta. Las piezas mecanizadas en limadoras, cepilladoras y mortajadoras, son generalmente superficies, ranuras, guías en cola de milano, chaveteros transversales, etc.

■ Brochadora

Es una máquina-herramienta dotada de una herramienta en forma de barra y provista de varias hileras de dientes, siendo la sección de trabajo de cada hilera un poco mayor que la hilera anterior. Mecaniza superficies tanto exteriores como interiores mediante un movimiento rectilíneo de corte. El movimiento de corte puede ser horizontal o vertical y producido por empuje o por tracción. Normalmente, el brochado es interior y se utiliza para agujeros de diversas formas, chaveteros, etc.

■ Torno

Es una máquina-herramienta en la que la pieza a mecanizar está sometida a un movimiento de rotación y es conformada por una herramienta animada con un movimiento de avance que puede ser paralelo, vertical u oblicuo al eje de giro de la pieza. Mediante torneado, se pueden mecanizar superficies cilíndricas, cónicas, perfiladas y rascadas, tanto interiores como exteriores.

■ Taladro

Con el taladro se obtienen agujeros cilíndricos o cónicos mediante la penetración de una herramienta animada con un movimiento de rotación, llamada broca.

6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

■ Mandriladora

Es una máquina-herramienta que, mediante un movimiento de rotación de la herramienta, aumenta el diámetro de orificios de piezas. El movimiento de avance puede ser axial por parte de la herramienta o longitudinal por parte de la pieza. Las operaciones realizadas por las mandriladoras son, además de las propias del mandrilado, las de refrentado, fresado, rascado, etc.

■ Punteadora

Es una máquina-herramienta que, mediante un movimiento de rotación de la herramienta, realiza operaciones de taladrado, mandrilado o fresado, mientras la pieza permanece fija, se desplaza o gira durante la operación. Estas máquinas destacan por su gran precisión.

■ Fresadora

Es una máquina que mediante el giro de una herramienta, llamada fresa, mecaniza las superficies de las piezas que se desplazan con movimiento rectilíneo bajo la herramienta.

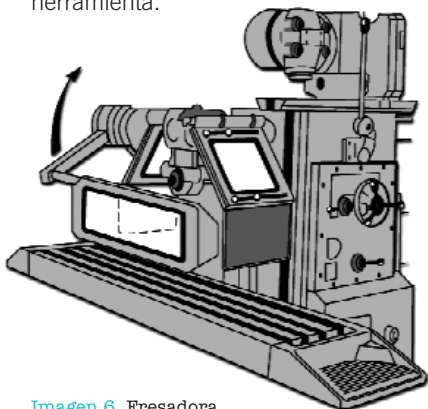


Imagen 6. Fresadora.

■ Prensa



Imagen 7. Prensa.

Básicamente, la prensa es una máquina-herramienta formada por un bastidor, una mesa fija o desplazable y una corredera que se desplaza verticalmente. Sobre la mesa se coloca la matriz y en la corredera se fija el punzón.

■ Plegadora

Es una máquina-herramienta similar a una prensa y concebida para la realización de pliegues de gran longitud, con matrices rectas. El accionamiento puede ser por excéntrica o por cilindros hidráulicos.

■ Cilindro curvador

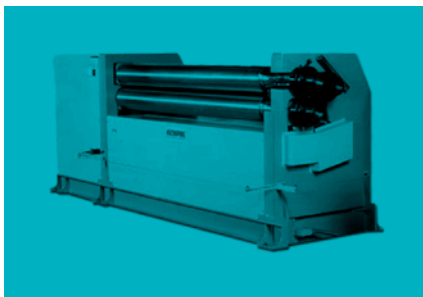


Imagen 8. Cilindro curvador.

Es una máquina que tiene como elementos de trabajo tres rodillos. Dos de éstos están situados en un plano inferior, y el tercero, colocado sobre los anteriores, es regulable en altura. Al girar los rodillos inferiores, movidos por un motor, arrastran la chapa que es obligada a pasar entre estos y el rodillo superior. La curvatura impresa en la chapa se puede variar modificando la altura del cilindro superior.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Si nos centramos en las condiciones laborales de estos trabajos, quizás sea la máquina-herramienta la que mayores dificultades nos proporcione.

Toda máquina o herramienta está formada por un conjunto de elementos hidráulicos, neumáticos, eléctricos, mecánicos o por una combinación de los mismos, capaces de transmitir la potencia desde un órgano energético denominado motor a un órgano operador denominado herramienta.

La máquina-herramienta utilizada en la transformación de los metales y otros materiales podemos clasificarla inicialmente en dos grandes grupos:

- Máquinas automáticas.
- Máquinas manuales.

6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

El avance de las técnicas de alimentación y extracción, así como de la automatización de las máquinas, ha sustituido en parte el trabajo del hombre y, consecuentemente, ha eliminado algunos riesgos hasta ahora tradicionales. No obstante, la evolución tecnológica ha dado origen a otros riesgos como son los relacionados con el mantenimiento, ajuste, montaje y manipulación de piezas fuera del conjunto máquina.

Son las máquinas manuales las que mayores dificultades presentan para su protección, puesto que el operario necesita acceder al punto de peligro o al punto de transmisión de energía, o bien debe de tener posibilidad de observar el mismo.

Por ello, los principios fundamentales de protección de las máquinas están basados en el principio de que el operario no tenga acceso a la zona de operación de la máquina, ni a ninguna de sus zonas potencialmente peligrosas.

Los riesgos más característicos de este tipo de máquinas están generados por los diferentes elementos móviles que en sus desplazamientos crean zonas de atrapamiento o cizallamiento o proyectan elementos tales como virutas, fragmentos del útil, etc. Las causas más frecuentes de los accidentes producidos en estas máquinas, junto a las medidas a adoptar en cada caso, son las siguientes:

■ Riesgos de atrapamientos producidos por la intervención manual del operario en el punto de operación, aproximación al punto de operación por necesidades de fabricación, puesta en marcha intempestiva de la máquina, desplazamiento de mesas, carros, ajustes de piezas, atrapamiento de ropa holgada, pelo, etc. El parque de maquinaria del sector ha mejorado mucho en los últimos años, con la adquisición de nuevos modelos adaptados a la normativa de seguridad, y las máquinas no seguras han sufrido un proceso de adaptación generalizado haciéndolas más seguras.

■ El alejamiento del operario de la zona de operación de la pieza evitaría el riesgo de proyección de partículas.

■ Desde el punto de vista de la higiene industrial, el ruido es el uno de los grandes problemas de estas operaciones. El trabajo sobre los diferentes materiales que realiza la máquina produce ruido al tratarse de procesos mecánicos, que en la mayor parte de la industria es mitigado con la utilización de protecciones individuales (protección auditiva). Existen muy pocas instalaciones donde las máquinas se encuentren aisladas acústicamente, ya que para ello es necesaria la alimentación automática de la misma. La inadecuación de los talleres para evitar la reverberación es otra causa del aumento de la presión acústica. Mucha de la industria auxiliar del sector aeronáutico se trata de pequeños talleres de mecanizado de materiales, instalados en naves industriales necesitadas

de protección contra el ruido para evitar la reverberación, con zonas de trabajo productoras de ruido no aisladas por un mal diseño del proceso y del lugar de trabajo.

■ La utilización de lubricantes para el corte se realiza con sustancias que de forma genérica se les conoce con el nombre de taladrinas; la aplicación de estas sustancias en el punto de fricción entre máquina y pieza, provoca una niebla que puede ser respirada y es necesaria la protección de las personas trabajadoras mediante pantallas incorporadas a la máquina y el alejamiento de la zona de operación.

6.7 Chapistería

Las actividades y procesos principales llevados a cabo por la sección de chapistería de la industria aeronáutica consisten básicamente en el chorreado y granallado, el galvanizado, el pulido y la imprimación. A continuación se describen de manera individualizada cada uno de ellos.

■ Chorreado y granallado

El chorreado abrasivo es el proceso en el que pequeñas partículas de material duro y abrasivo se proyectan por medio del aire, agua o vapor, contra una superficie para su limpieza. Su riesgo fundamental es el polvo, en especial el polvo de sílice producido en el chorreado de arena o en el chorreado de piezas fundidas recubiertas con cascarilla que contienen sílice proce-

dente del molde o machos, debiendo el operario estar dotado de los medios de protección adecuados y, en concreto, de casco especial protector, ropa resistente a la granalla, delantales, botas de goma hasta las rodillas y manoplas.

■ El galvanizado

Es un proceso por el cual se aplica una capa de zinc a una amplia variedad de productos de acero para proporcionarles protección contra la corrosión. Se emplean dos métodos básicos: galvanizado por inmersión en caliente (sumergiendo el producto de acero en un baño de zinc fundido) y electrogalvanizado en frío (recubrimiento electrolítico de zinc). Aunque las líneas modernas de galvanizado presentan mínimos problemas de higiene industrial, es aconsejable el control de humos por ventilación de evacuación en el techo del local o la extracción localizada (que presentan la mayoría de los sistemas modernos). También debe prevenirse el riesgo de salpicaduras.

■ Pulido

El pulido electrolítico es un proceso utilizado para obtener superficies perfeccionadas; la mayor parte de los metales pueden pulirse electrolíticamente. Vale, en general, lo señalado para el galvanizado en relación a los riesgos laborales y protección contra los mismos.

■ La imprimación

Las imprimaciones de pinturas orgánicas se aplican a las superficies metálicas con

objeto de mejorar la adhesión de pinturas a aplicar posteriormente y de retardar las reacciones de corrosión. Las imprimaciones contienen resinas, pigmentos y disolventes que se aplican por medio de brocha, pistola, inmersión o recubrimiento por rodillo.

Las emanaciones de vapores de disolventes pueden conducir a efectos tóxicos para el trabajador o trabajadora de sustancias tales como el benceno, tolueno y alcoholes.

Se requiere una extracción localizada en las zonas de aplicación y/o ventilación general para evitar la acumulación en los espacios de trabajo de vapores de los disolventes.

6.8 Fresado químico de revestimientos

El fresado químico consiste en la eliminación por disolución selectiva y controlada de una aleación metálica, por medio de agentes químicos adecuados (soluciones acuosas ácidas o básicas) para fabricar piezas con formas, dimensiones y pesos deseados.

La eliminación de metal se consigue por inmersión en la solución de ataque o por proyección de la misma sobre la superficie del componente. El componente puede previamente haber sido recubierto con una máscara protectora (resistente a la

solución de ataque), sobre la que se ha realizado un trazado y pelado de las superficies que se quiere que sean atacadas por la solución.

En cuanto a las ventajas más relevantes que presenta el fresado químico se encuentran: posibilidad de fresado de una superficie o varias a la vez, posibilidad de fresado de contornos complejos, texturas de acabado superficial muy finas y ausencia de distorsiones en paredes de sección delgada.

Por otro lado, las limitaciones más importantes serían: todos los defectos o irregularidades superficiales son producidas durante el fresado, los cortes en ángulo nunca se producen con radio cero, los bordes de corte resultan afilados y cortantes y el límite de la profundidad de corte para que no se produzca un sobrevuelo del borde está alrededor de los 3 ó 4 milímetros.

De una manera sencilla, el proceso de fresado químico se podría resumir en las siguientes operaciones: desengrase, chorro, aplicación de la máscara, trazado (manual o láser), pelado de la máscara y ataque de la solución.

El procedimiento de fresado químico por aspersión es utilizado para crear la estructura 'isogrid' (enervaduras que proporcionan resistencia) de las carcasas de turbinas ('Front Jet Pipes'), mientras que el fresado químico por inmersión permite

fabricar los 'jet flaps' o faldones de los motores.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Lo más representativo del proceso de fre-sado químico desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales es la exposición de las personas trabajadoras a sustancias químicas ácidas y básicas. La utilización de estas sustancias supone entre otras:

■ Manipulación de sustancias en altas concentraciones a partir de la cuales elaborar las disoluciones de trabajo.

■ Realización de disoluciones de trabajo en baños.

■ Trabajo sumergiendo las piezas en baños.

■ Lavado y acondicionado de piezas.

Las medidas preventivas a adoptar son las habituales en la manipulación de sustancias ácidas y básicas. Manipulación en lugares ventilados, utilización de protección en manos, cuerpo y ojos, ventilación de los lugares de trabajo donde estén instalados los baños.

6.9 Producción y montaje de material eléctrico y electrónico

Las aeronaves tienen unos sistemas eléctricos y electrónicos muy complejos, siendo además un componente de vital importancia. En Andalucía existen empresas dedicadas a la fabricación y montaje de sistemas eléctricos, empresas dedicadas a la composición de circuitos integrados y empresas especializadas en el montaje de los sistemas en las aeronaves.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

■ Trabajos con circuitos integrados

La fabricación de circuitos integrados y sistemas eléctricos se realiza en bancos de trabajo, donde el operario suelda las diferentes piezas que componen los sistemas, la soldadura es eléctrica por transmisión de calor, utilizando como elemento de soldadura el estaño.

Los principales riesgos a los que se exponen estos trabajadores y trabajadoras son a riesgos posturales, se trabaja sentado la mayor parte del tiempo e inclinado sobre la pieza. Los humos de soldadura son muy tóxicos, ya que se trata de humos provenientes de la fundición de estaño, un metal pesado, es necesario dotar a los puestos de trabajo de sistemas de extracción localizada.

■ Trabajos de instalación de sistemas eléctricos

Los trabajos de instalación eléctrica en aeronaves se centran fundamentalmente en la instalación de cables a lo largo de la aeronave y la instalación de sistemas de control eléctrico o electrónico. Los riesgos asociados a esta actividad están relacionados con el manejo de herramientas manuales y con el uso de medios auxiliares para el trabajo en altura en zonas de difícil acceso.

6.10 Ensayos y análisis técnicos

Los componentes mecánicos en ingeniería mecánica, los componentes estructurales en ingeniería civil y las estructuras de aviones en ingeniería aeronáutica están sometidos a esfuerzos dinámicos variables en el tiempo. Estos esfuerzos modifican la estructura interna de los materiales utilizados, disminuyendo su resistencia dinámica y, por tanto, su resistencia a la fatiga, produciéndose fracturas e incluso la rotura por fatiga.

Esta disminución de la resistencia dinámica, no sólo la producen las modificaciones estructurales, sino también otros factores como la corrosión y los defectos estructurales debidos a la fabricación del elemento resistente en servicio. Puede producirse la fractura e incluso la rotura por fatiga, por la existencia de una grieta

6. Actividades, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico

y crecimiento de la misma originada por el funcionamiento del elemento resistente, o bien, por un defecto de fabricación en su geometría y cambios bruscos de sección, correspondiendo a la mecánica de la fractura cuantificar las condiciones bajo las cuales se produce la rotura.

Para garantizar en términos de ciclos de esfuerzos la vida del elemento resistente, se analiza su resistencia mediante métodos y ensayos experimentales, controlándose su rotura mediante un límite de su resistencia a la fatiga.

En los ensayos y análisis técnicos se establecen los parámetros, los criterios de medición, se realizan los ensayos necesarios y se diagnostican los problemas que han ocasionado los posibles errores. De manera resumida, podemos decir que las actividades fundamentales de los ensayos y análisis técnicos en la industria aeronáutica se centran en:

- Tipos de fractura.
- Criterios de rotura estática y dinámica: parámetros de diseño.
- Criterios energéticos de rotura.
- Análisis elástico lineal de la fractura.
- Determinación de esfuerzos en elementos resistentes mediante la técnica de extensometría eléctrica.

■ Modelos de fallo a fatiga en engranajes.

■ Análisis de la fatiga bajo cargas aleatorias.

■ Ensayos no destructivos como herramientas para la detección de grietas de fatiga en estructuras aeronáuticas.

■ Ensayos de fatiga en componentes y estructuras aeronáuticas.

■ Métodos numéricos: análisis de la fatiga por computador.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Los ensayos son llevados a cabo en máquinas que transmiten los esfuerzos a las piezas objeto de evaluación. El trabajo de la persona que realiza los ensayos es fijar la pieza a la máquina y operar la máquina registrando los resultados obtenidos. La tensión a la que es sometida en ocasiones la pieza provoca la rotura de esta, pudiendo existir el riesgo de proyección de partículas. Normalmente éstas máquinas se encuentran instaladas en cabinas aisladas y el operario trabaja desde el exterior controlando la máquina desde un equipo informático.

Para la evaluación de los resultados es necesario emplear en algunas ocasiones

métodos de análisis mediante imágenes, que son obtenidas por diferentes técnicas, rayos X, resonancias magnéticas, ecografías, etc. En el caso del trabajo con rayos X, el trabajador o trabajadora está expuesto a radiaciones ionizantes, radiaciones muy energéticas y que pueden causar daños irreversibles, por lo que será necesario el exhaustivo cumplimiento de los procesos de trabajo y medidas preventivas.

■ Bancos de pruebas de motores térmicos

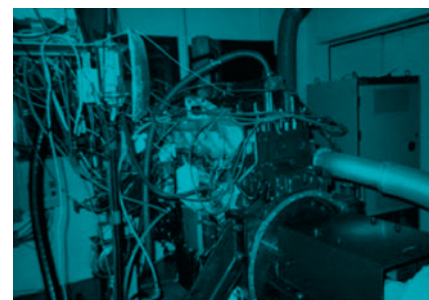


Imagen 9. Banco de pruebas de un motor térmico en cabina de ensayo.

Antes de su salida al mercado, los prototipos de motores térmicos son sometidos a una larga serie de mediciones, alternadas con rigurosas pruebas de durabilidad y carga, que se repiten hasta que tras una precisa puesta a punto, se alcanzan los resultados previstos en el proyecto. Las pruebas principales son las que sirven para obtener los valores relativos al par motor, la presión media efectiva, la potencia desarrollada, el consumo específico de combustible, los diferentes rendimientos

y la composición de los gases de escape, entre otros parámetros relevantes.

Existen básicamente dos tipos de ensayos que se realizan en los motores de combustión interna: ensayos de investigación y desarrollo, y ensayos de producción. Los primeros se efectúan en locales especialmente equipados (celdas de ensayos), siendo su objetivo el desarrollo de un prototipo o de sus componentes, o bien el análisis de alguno de los procesos que se desarrollan en su interior, precisándose por lo general, una instrumentación sofisticada.

Por lo que concierne a los ensayos de producción, son pruebas seriadas de control de calidad, que se llevan a cabo para comprobar en cada motor fabricado que sus características corresponden a las de los prototipos y efectuar, al mismo tiempo, un rodaje o asentamiento del motor, requiriendo una instrumentación más simple.

Los ensayos citados se realizan en bancos de pruebas como el que se muestra en la imagen 9, que constan básicamente de los siguientes elementos:

- Cimentación capaz de absorber las vibraciones producidas por la existencia en el motor de fuerzas de inercia no equilibradas y de los correspondientes momentos resultantes.

- Bancada, cuya misión es soportar el motor.

- Soportes para montar y fijar el motor en la bancada, así como para regular la altura y alinear el motor con el freno.

- Freno dinamométrico que absorba la potencia desarrollada por el motor, ofreciendo una resistencia al giro de éste. Está provisto de un dispositivo para medir el par motor.

- Transmisión que permita la conexión freno-motor con una cierta elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones.

- Sistema de alimentación de combustible al motor con instrumentos de medición de consumo.

- Sistema de refrigeración del motor. La refrigeración puede realizarse con agua o con líquidos refrigerantes de alta capacidad calorífica (taladrinas, glicoles, etc.) que son impulsados mediante la bomba de agua del propio motor, hacia un intercambiador de calor provisto de regulación termostática.

- Sistema de refrigeración de aceite. En ocasiones, también se refrigera el aceite del motor, ya que al no existir una corriente de aire al cárter, éste tiende a sobrecalentarse. El sistema consta de un intercambiador aceite/agua y en ocasiones de una bomba auxiliar.

- Red de agua. Los frenos dinamométricos transforman toda la energía mecánica que reciben del motor en calor. Este

calor se elimina mediante el sistema de refrigeración del freno, que suele ser mediante un aporte continuo de agua.

- Sistema de evacuación de los gases de escape. Los gases de escape se envían a la atmósfera, tras pasar por un silenciador.

- Sistema de ventilación de la sala. Su función es evitar el sobrecalentamiento del local por el calor desprendido por el motor. Se lleva a cabo mediante ventiladores axiales o centrífugos de impulsión y extracción.

Cuando el banco se halla emplazado en una cámara cerrada y aislada, el habitáculo se denomina celda o cabina de ensayo de motores. En este caso existe un pupitre de instrumentos en el exterior de la celda con los órganos de puesta en marcha y de manipulación del motor y freno, así como los instrumentos de control y registro.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Dependiendo de las características del lugar donde ese realicen los ensayos (celda de ensayo o espacio abierto), las condiciones de trabajo serán una u otras. Siendo necesaria una evaluación concreta del mismo, como riesgos más significativos de esta actividad podemos enumerar:

- **Ruido.** Al tratarse de motores de combustión de gran potencia, las pruebas originan gran cantidad de ruido, si las pruebas se realizan en celdas, la exposición a

la presión sonora estará mucho más controlada, en cualquier caso es necesario realizar una evaluación del ruido.

■ **Humos.** Los trabajadores y trabajadoras pueden quedar expuestos a humos procedentes de la combustión del motor si estos no son evacuados de forma correcta.

■ **Atrapamiento entre elementos móviles.** Todo motor térmico es un equipo que genera movimiento, existiendo riesgo de atrapamiento entre sus órganos móviles. Aunque, por lo general, dichos órganos están cerrados, quedan partes abiertas, como las conexiones a los frenos. Con el fin de evitar este riesgo, lo más eficaz es emplazar carcasas protectoras en los puntos de conexión y no retirarlas mientras esté el motor en marcha.

■ **Riesgo de incendio.** La utilización de combustibles, comporta un cierto riesgo de incendio. Para prevenirlo, debe prohibirse fumar en el interior de las cabinas, así como realizar actividades que impliquen la manipulación de llamas abiertas y la generación de chispas. A este respecto, mientras se realizan los ensayos de los motores, debe evitarse realizar operaciones de soldadura, trabajos con radiales o cualquier otra tarea que genere alguna de las situaciones citadas. Cuando sea necesario efectuar este tipo de trabajos, se solicitará la oportuna autorización, que deberá darse por escrito; se parará cualquier actividad de ensayo de motores, debiendo además cerrar los aportes de combus-

tible, ventilar la cabina y asegurarse de que en su atmósfera interior no existen bolsas de gases explosivos.

■ **Contacto térmico.** Los motores térmicos generan gran cantidad de calor, existiendo el riesgo de sufrir quemaduras por contacto con superficies calientes. La mejor forma de prevenir este riesgo es cubrir la superficie en cuestión con un material mal conductor del calor o en su defecto emplazando un resguardo distanciador. En los casos en que no sea posible llevar a cabo esta medida correctora, se señalará adecuadamente la zona, advirtiendo del peligro.

6.11 Otras operaciones e instalaciones comunes en diferentes etapas y procesos

En este apartado se van a describir operaciones e instalaciones que aparecen de forma común en muchos de los trabajos relacionados con la chapistería, montaje, modelado de materiales, pintura, etc.

■ **Operaciones de soldadura y oxicorte**
Este tipo de operaciones suele ser frecuente en los talleres de tratamiento mecánico y en los procesos de montaje y a pesar de su aparente simplicidad, nunca debe olvidarse que se manipulan fuentes de energía capaces de alcanzar temperaturas en torno a los 3000 °C, constituyendo

focos de ignición que pueden provocar incendios, explosiones, quemaduras y lesiones de diversa consideración, así como la generación de humos de naturaleza variada, cuya inhalación puede afectar la salud de las personas expuestas.

Estos posibles riesgos hacen necesario un profundo conocimiento por parte de los usuarios, tanto del correcto funcionamiento de los equipos, como de las circunstancias del entorno que puedan propiciar accidentes más o menos graves.

Atendiendo a la fuente de calor, la soldadura puede ser eléctrica, cuando utiliza este tipo de energía o autógena, cuando el calor proviene de la combustión de un gas. A su vez, la soldadura eléctrica puede ser por resistencia o al arco.

En la soldadura al arco existen los siguientes riesgos:

- Contacto eléctrico.
- Contacto térmico.
- Incendio.
- Inhalación de humos metálicos.
- Exposición a radiación ultravioleta.

La utilización de equipos de protección individual, el mantenimiento correcto del equipo y la extracción localizada son las

medidas preventivas necesarias para minimizar la exposición a los riesgos.

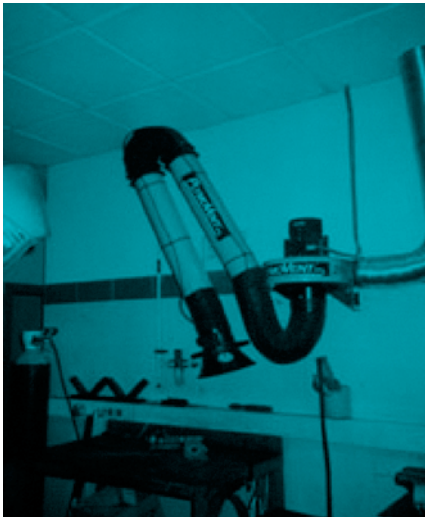


Imagen 10. Sistema de extracción localizada para soldadura.

En soldadura autógena y operaciones de oxicorte, la fuente de calor proviene de la combustión de un gas, en muchos casos el acetileno.

Los riesgos más frecuentes que se derivan de este tipo de operaciones son:

- Contacto térmico.

- Incendio.

- Inhalación de humos.

- Explosión por rotura de las botellas.

En el sector también es muy usada la soldadura de material electrónico y eléctrico.

La soldadura utilizada para esta aplicación suele ser la conocida como soldadura por resistencia, se realiza una aplicación del calor necesario para fundir los metales que intervienen en la operación (generalmente el estaño), el calor se produce al calentarse un electrodo que actúa como resistencia eléctrica al pasar una determinada intensidad de corriente.

Este tipo de soldadura presenta escasos riesgos (contactos térmico y eléctrico principalmente) si bien es conveniente tener en cuenta algunas recomendaciones de carácter general, relacionadas con el manejo y utilización del electrodo.

■ Circuitos de aire comprimido

El aire comprimido es una fuente de energía muy utilizada en el sector aeronáutico y presenta numerosas aplicaciones, la alimentación de ciertas herramientas, el pintado aerográfico, sistemas de impulsión y alimentación, etc.

Los principales riesgos que presentan estas instalaciones son: explosión del compresor; pérdida auditiva provocada por el ruido que generan los compresores; proyección de partículas procedentes de boquillas soplantes y exposición directa al chorro de aire comprimido.

El elemento esencial de una instalación de aire comprimido es el compresor, cuyo depósito está sometido a la reglamentación que afecta a los recipientes a presión, debiendo además de estar insonorizados

o emplazados en recintos cerrados y separados del resto de las instalaciones para evitar la presión sonora generada por su puesta en marcha.

■ Trabajos con equipos láser

La tecnología láser esta cada vez más presente en todos los sectores, en este sector lo encontramos por ejemplo para realizar medidas que requieren una alta precisión.

El láser toda radiación monocromática (que contiene una sola longitud de onda) ya sea visible, infrarroja o ultravioleta, coherente y direccional, formando un haz.

Por las características del láser empleado para actividades de medida, los efectos de la exposición a esta forma de energía se centran en los ojos (desde un reflejo molesto, hasta afectación grave y masiva de la retina, similares a los que producen las radiaciones infrarrojas, visibles y ultravioletas) y en la piel, con manifestaciones que van desde el enrojecimiento hasta la quemadura.

La formación específica en el uso y manejo de equipos, la señalización de las zonas donde se realicen trabajos con láser y la no manipulación de los equipos, son algunas de las medidas preventivas a implantar para el uso de los equipos de medida mediante tecnología láser.

6.12 Ingeniería – Consultoría

Las actividades de ingeniería y consultoría en el sector aeronáutico se centran en trabajos de gabinete especializado, desarrollado normalmente por personal ingeniero industrial, aeronáutico, de telecomunicaciones e informático que suelen trabajar por proyectos específicos encargados por alguna de las compañías tractoras que operan en el sector.

Son trabajos que en primera instancia tienen una fase de diseño y desarrollo de sistemas, piezas, materiales, motores, etc., que una vez contrastados y verificados se trasladan a empresas especializadas en otras actividades del sector, como especialistas en materiales, fabricación de prototipos, realización de ensayos y pruebas técnicas y de verificación.

Las actividades principales que realizan las empresas de ingeniería y consultoría en Andalucía están centradas principalmente en el diseño de producto, investigación y desarrollo de aeroestructuras, diseño de utillajes y gradas, ingeniería de calidad, ingeniería de procesos de fabricación y organización industrial.

Una vez que los prototipos fabricados y los ensayos realizados han demostrado la viabilidad industrial del proyecto y la posibilidad de incorporar dichos componentes a proyectos aeronáuticos en desarrollo, dichos prototipos pasan a fabricarse

(más o menos en serie) en las empresas tractoras o auxiliares.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Los trabajos desarrollados por profesionales dedicados a la consultoría e ingeniería aeronáutica son trabajos de oficina técnica, es decir, actividades relacionadas con el cálculo para el diseño de diferentes sistemas (estructuras, instalaciones, etc.), el diseño propiamente dicho de los sistemas, la organización industrial, el análisis de procesos y control de la calidad. Son trabajos en los que la mayor parte del tiempo la persona trabajadora se encuentra en una oficina trabajando con un equipo informático, por lo que los riesgos asociados a estas tareas tienen su principal factor en el uso de la pantalla de visualización de datos, es decir:

■ **Carga física y trastornos musculoesqueléticos.** Mantenimiento de una postura de forma continuada a lo largo de jornada laboral.

■ **Fatiga visual.** Su aparición dependerá de la concentración de la vista durante largos periodos de tiempo, de las condiciones lumínicas del puesto de trabajo, grado de atención puesto en la tarea, tamaño de los elementos a visualizar, calidad de la pantalla, estabilidad de la imagen, ausencia de reflejos y agudeza visual.

■ **Fatiga mental.** Tratamiento de datos e información.

En ocasiones las actividades desarrolladas por estos trabajadores y trabajadoras tienen lugar en plantas de producción, por lo que será necesario que sean informados de los riesgos a lo que van a exponerse.

6.13 Mantenimiento de aeronaves

La seguridad y comodidad que ofrecen los aviones esconde miles de horas de trabajo de cientos de ingenieros e ingenieras, técnicos y técnicas y mecánicos y mecánicas y un elevado coste económico asumido por las compañías para realizar un correcto y constante mantenimiento de sus aparatos, por ejemplo, Iberia dispone de más de 3.500 trabajadores y trabajadoras técnicos y especialistas, con modernos medios e instalaciones, distribuidos en hangares y los correspondientes talleres-soporte emplazados en dos zonas industriales, dedicados a mejorar los niveles de seguridad, regularidad, eficacia y economía de las flotas en activo.

Las distintas acciones de mantenimiento que se llevan a cabo en un avión cualquiera convierten estos trabajos en un procedimiento minucioso y hacen de los aparatos un gran mecano que se monta y desmonta cada cierto número de horas de vuelo. Las revisiones pueden ser tan profundas que, incluso, incluyen el total decapado de la pintura del avión con el objeto de comprobar los remaches de las

uniones de las planchas del fuselaje y las alas. Posteriormente, el aparato vuelve a ser pintado, para lo cual se utilizan materiales específicos, pues un exceso de pintura puede aumentar el peso de la aeronave y afectar a su maniobrabilidad o a su capacidad.

Los distintos procesos vienen determinados por una estricta planificación que se desarrolla en función de la utilidad y las horas de vuelo del avión. En principio, se pueden distinguir dos tipos de mantenimiento: el Programado y el No Programado. Este último es el que se realiza ante cualquier avería surgida en un punto y momento determinado.

Por el contrario, el mantenimiento programado tiene como finalidad mantener la aeronavegabilidad de los aviones y restaurar el nivel especificado de fiabilidad. Para ello, existe un programa concreto, dividido en capítulo y subcapítulos, según la especificación ATA 100, norma que recoge una breve descripción de las tareas a realizar y de los intervalos correspondientes en que deben efectuarse. En cualquier caso, las revisiones deben prepararse de acuerdo con la documentación original proporcionada por los fabricantes (célula, motor y componentes), completada con la información proporcionada por las compañías aéreas usuarias de los aviones. El programa de mantenimiento final y cualquier modificación del mismo deben someterse, en España, a la aprobación de Aviación Civil y el operador se responsabiliza ante dicho organismo del cumpli-

miento del programa. Quedan al margen de estas normas los denominados elementos comerciales, con los que se hace referencia a la apariencia de la cabina.

■ Mantenimiento programado

El mantenimiento programado se divide en tres categorías distintas que cubren inspecciones cuyos intervalos y tareas van siendo progresivamente más extensas. En primer lugar, se desarrolla un Mantenimiento en Línea dividido en tres apartados: Tránsito, Diaria y Revisión S.

La primera es una inspección rápida que se realiza siempre antes de cada vuelo y lo más cerca posible de la salida del avión para comprobar el estado general del mismo: daños estructurales, registros y paneles de acceso, servicio a la aeronave, etc.

La segunda es una revisión que se debe realizar antes del primer vuelo del día, sin exceder en ningún caso las cuarenta y ocho horas, durante la que se comprueba el estado general del avión, pero disponiendo de tiempo adicional para diseñar una acción correctiva si fuera necesario.

Por último, la Revisión S, que incluye a la anterior, tiene lugar cada cien horas de vuelo. Durante la misma, se comprueban todos los aspectos relacionados con la seguridad alrededor del avión, se desarrollan instrucciones específicas, se corrigen posibles anomalías y se realiza un servicio al avión, con comprobación de los niveles de fluidos necesarios para el vuelo.

En segundo lugar, se elabora un programa de mantenimiento menor, integrado por otras tres inspecciones que según el tipo de aeronave recibe distintas denominaciones (a efectos didácticos, las denominaremos A, B y C).

La Revisión A incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad. La Revisión B desarrolla, de mayor intensidad que la anterior, comprueba la seguridad de sistemas, componentes y estructura, junto con el servicio del avión y la corrección de los elementos que así lo precisen. Por último, con la Revisión C se lleva a cabo una inspección completa y extensa, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyendo los sistemas, las instalaciones y la estructura visible. La Revisión R, incluida en el mantenimiento menor se puede definir como un mantenimiento de rutina y consiste en una inspección de seguridad alrededor del avión, la revisión de algunos elementos específicos y la corrección de aquellos que lo necesiten.

Por último, las aeronaves se someten al llamado Mantenimiento Mayor, con el que se cubre completamente el denominado Programa de Inspección Estructural. Este programa define inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales.

■ La gran parada

Con tal nombre se conoce a la revisión más completa que se puede realizar a un avión. En ella, se engloban trabajos como el decapado completo de la pintura exterior del aparato, el cambio de motores, trenes de aterrizaje y mandos de vuelo. Además, también se lleva a cabo el desmontaje, la inspección – reparación si es necesaria – y el posterior montaje de un importante número de elementos del avión, la pintura completa del mismo y, para acabar, diversas pruebas funcionales en las que se incluye un vuelo de pruebas.

En la gran parada se somete al avión a un proceso de desmontado completo que, en el caso de los Jumbo, es necesario realizar cada sesenta meses, aproximadamente. El objetivo es revisar meticulosamente todos y cada uno de los elementos o herramientas que conforman la estructura de un avión y cumplir con las exigencias requeridas para la confirmación del buen estado de todos los aparatos. El buen estado técnico del avión garantiza en gran medida la seguridad del vuelo.

De este modo, cada vez que un avión despegue después de pasar esta revisión lo hace con cero horas de vuelo, es decir, como recién salido de fábrica. El tiempo necesario para la misma se aproxima al mes y medio y requiere el trabajo de más de 275 personas, que dedican unas sesenta mil horas de actividad.

La Gran Parada se inicia despojando al avión de todos sus accesorios, incluida la pintura, para revisar todos los paneles y los remaches que los unen. Al mismo tiempo, se desmontan y revisan los motores, los trenes de aterrizajes, los mandos de vuelo y el resto de elementos técnicos. También, se desmontan todas las butacas, los cristales de las ventanillas, los rótulos interiores y los exteriores y todos los paneles de revestimiento interiores, tanto de los laterales como del suelo. En total, cada revisión precisa más de mil cuatrocientas herramientas y se revisan centenares de kilómetros de cable que alcanzan la cantidad de doscientos cincuenta en el caso del Jumbo.

Una vez revisado el fuselaje y los componentes del avión, y sustituidos los necesarios, se reconstruye y se vuelve a pintar. El exterior requiere más de una tonelada de pintura, mientras que el interior más modesto sólo emplea entre 120 y 150 kilos. La necesidad de controlar la cantidad de pintura empleada, para no exceder el peso del aparato, requiere la utilización de pistolas eléctricas de alta precisión.

Pero el trabajo de personal de ingeniería y mecánica no termina con la revisión en sí. Después, se realiza un vuelo de pruebas para comprobar su efectividad. Así, durante seis horas continuas los pilotos, el mecánico de vuelo y los ingenieros e ingenieras de mantenimiento someten al avión a situaciones límite que, incluso, es casi imposi-

ble que sucedan en la realidad. Durante las pruebas, se paran motores (nunca simultáneamente) y se vuelven a poner en marcha en pleno vuelo; se realizan virajes pronunciados; se reduce la velocidad al mínimo y se eleva al máximo permitido y se prueban los trenes de aterrizaje y el resto de sistemas y componentes.

■ Características de las condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales

Las operaciones de mantenimiento son tan diversas y extensas, que en gran medida recogen todos los riesgos descritos anteriormente en apartados anteriores. Los trabajos desarrollados durante la gran parada de cualquier aeronave son similares a los desarrollados durante el ensamblaje de la misma.

Las operaciones de mantenimiento diarias como el mantenimiento en tránsito, son operaciones que se desarrollan en el aeropuerto, se trata de inspecciones visuales de partes concretas del avión. Los riesgos asociados a esta actividad van a estar relacionados de forma más directa con los desplazamientos por el aeropuerto, con el ruido generado por las operaciones en el mismo y el tráfico rodado. Especial interés desde el punto de vista preventivo tienen las operaciones de retirada de combustibles, líquidos refrigerantes y de otros sistemas neumáticos, en unos casos por tratarse de líquidos inflamables y en otros por tratarse de líquidos a presión. Y en todos los casos por tratarse de sustan-

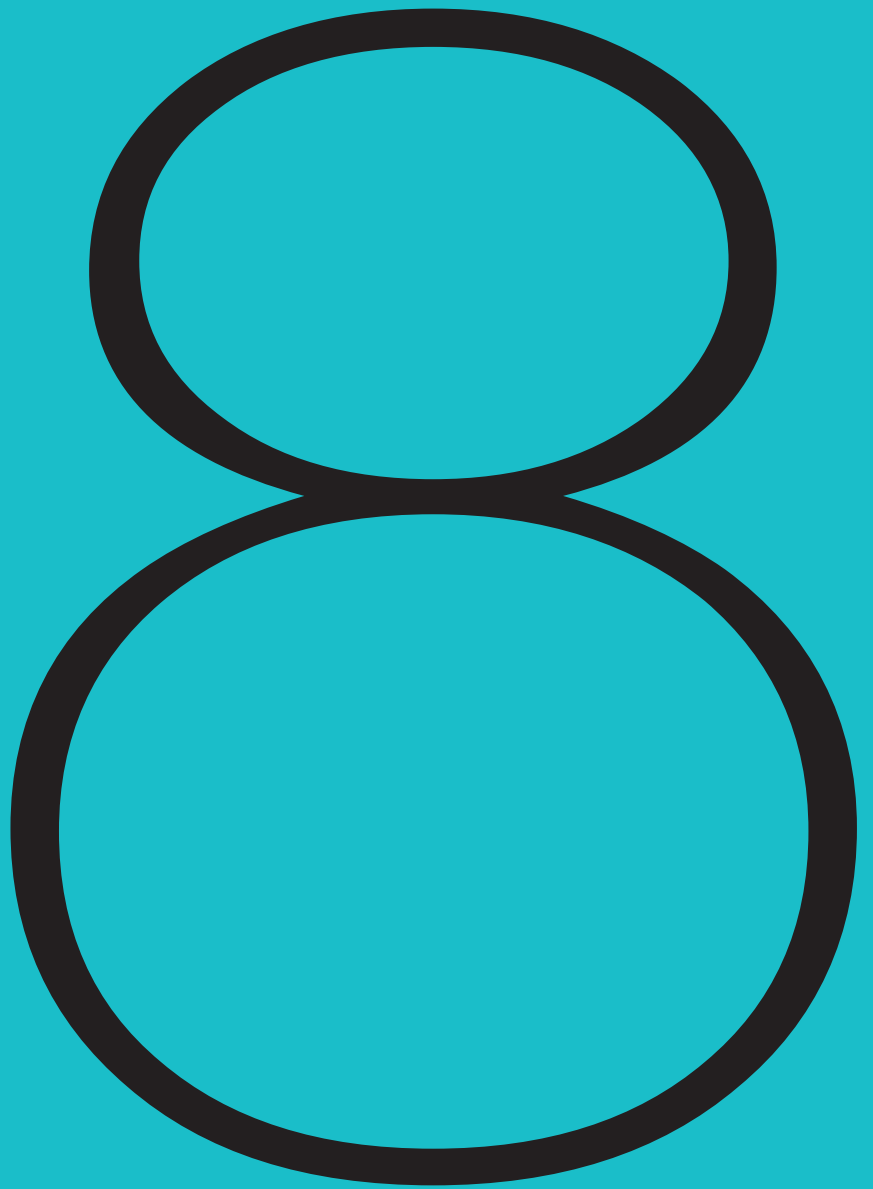
Bibliografía



Bibliografía

- Current Market Outlook 2009 - 2028. Boeing.
-
- Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema «La aeronáutica europea: situación y perspectivas». (2009/C 175/09). DOUE de 28 de julio de 2009.
-
- *Estudio sobre el empleo y análisis en el sector aeronáutico*. Servicio Andaluz de Empleo. Consejería de Empleo y desarrollo tecnológico. 2003.
-
- Flashes sectoriales. Aeroespacial. Esade- Servicio de Información y conocimiento. Febrero 2010.
-
- *Facts & Figures 2006*. AeroSpace and Defence Industries Association of Europe. 2006.
-
- *Facts & Figures 2007*. AeroSpace and Defence Industries Association of Europe. 2007.
-
- *Facts & Figures 2008*. AeroSpace and Defence Industries Association of Europe. 2008.
-
- *Informe sobre el sector aeronáutico en Andalucía. Informe estadístico 2008*. Fundación Hélice. Financiado por la Agencia de Innovación de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. 2009.
-
- *Informe sobre el sector aeronáutico en Andalucía. Informe estadístico 2009*. Fundación Hélice. Financiado por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. 2010.
-
- *Informe Sectorial Aeronáutico*. Instituto Madrileño de Desarrollo. 2005.
-
- *Plan Estratégico para la Aviación General*. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Febrero 2008.
-
- *Plan Estratégico para el sector aeronáutico Español en el periodo 2008 - 2016*. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Julio de 2007.
-
- *Revista Aeronáutica Andaluza*. Números: 10, 11, 13, 14, 15, 16 y 17. Fundación Hélice.
-
- *Catálogo de Información de Seguridad Aeronáutica*. DESENASA.
-
- Jornadas sobre prevención de riesgos laborales en el sector aeronáutico. FAFFE. Ponencias de Jaime Solís de la Federación de Empresas del Metal y Francisco Amaya de EDAS - CSAS y Airbus Military. Diciembre de 2009.
-
- *Prevención de Riesgos Laborales. Sector Aeronáutico. Subsector chapistería*. Asociación de Empresas Aeronáuticas.

Glosario de términos



Glosario de términos

■ **ABOCINAR:** Ensanchar un tubo o cañón hacia su boca, a modo de bocina.

■ **ABRASIÓN:** Acción y efecto de raer o desgastar por fricción.

■ **AERÓGRAFO:** Pistola de aire comprimido, cargada con pintura, que se usa en trabajos de fotografía, dibujo y artes decorativas.

■ **AEROLÍNEA:** Organización o compañía de transporte aéreo.

■ **AERONAVE:** Cualquier vehículo con capacidad para despegar, aterrizar y navegar por la atmósfera, siendo capaz de transportar personas, animales o cosas.

■ **AERONAVEGABILIDAD:** Aptitud técnica de una aeronave para volar conforme a las normativas aplicables y en condiciones seguras de navegación.

■ **AEROSPACIAL:** Relativo a la aviación y la astronáutica conjuntamente.

■ **AISLANTE:** Dicho de un material, que impide la transmisión del calor, la electricidad, el sonido.

■ **ANODIZAR:** Por medio de una acción electrolítica, proveer a un metal de una película de óxido, dura y anticorrosiva; particularmente el aluminio.

■ **AUTÓGENA:** Soldadura que se hace, sin intermedio de materia extraña, fun-

diendo con el soplete de oxígeno y acetileno las partes por donde ha de hacerse la unión.

■ **AVIÓNICA:** O Aeromecánica consiste en la parte de la electrónica aplicada a la aviación.

■ **CABINA DE PASAJEROS:** Parte superior del avión ocupada por el pasaje.

■ **CABINA DE VUELO:** Es el área de la parte frontal de un avión en la que la tripulación técnica de vuelo (piloto y copiloto) controla la aeronave. Contiene el instrumental de vuelo y los controles que permiten a los pilotos hacer volar, dirigir y aterrizar el aparato, coordinando con los centros de control la ruta y los perfiles de vuelo. La mayoría de las cabinas de vuelo tienen vidrios protectores de los rayos de sol y una o más ventanillas que pueden ser abiertas mientras el avión se encuentra en tierra.

■ **CALIBRACIÓN:** Es el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que “debiera indicar” de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido.

■ **CÁMARA ANECOICA:** Recinto que absorbe toda la energía (según la banda energética que consideremos) que incide sobre sus paredes, por lo tanto cualquier fuente energética situada en su interior debería responder como si estuviera en el espacio libre.

■ **CARENA:** Obra viva, parte generalmente sumergida de la nave.

■ **COMPOSITE:** O resinas compuestas son materiales sintéticos que están mezclados heterogéneamente y que forman un compuesto, como su nombre indica, están compuestos por moléculas de elementos variados.

■ **CONSORCIO:** Fórmula de cooperación en la que una serie de empresas buscan desarrollar una actividad conjunta de comercialización, mediante la creación de una nueva sociedad encargada de estudiar nuevos mercados, así como promocionar, financiar y comercializar al conjunto de empresas. Es importante recordar que cada socio mantiene su independencia jurídica.

■ **CORROSIÓN:** Destrucción paulatina de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma.

■ **CORRUGAR:** Dotar a una superficie lisa de estrías o resaltes de forma regular y conveniente para asegurar su inmovilidad respecto de otra inmediata, facilitar la adherencia de esta, protegerla.

■ **CROMATO:** son sales del ácido crómico y del ácido dicrómico, respectivamente. Los cromatos contienen el ion CrO_4^{2-} , que les da un fuerte color amarillo.

■ **CHAPISTERÍA:** Centros de trabajo en los que se trabaja la chapa (Hoja o lámina de metal, madera u otra materia).

8. Glosario de términos

■ **DIFUSOR:** Dispositivo que aumenta la presión de un fluido retardándolo.

■ **ÉMBOLO:** Pieza que se mueve alternativamente en el interior de un cuerpo de bomba o del cilindro de una máquina para enrarecer o comprimir un fluido o recibir de él movimiento.

■ **ENSAMBLAR:** Unir, juntar, ajustar las diferentes piezas de los motores y aeronaves.

■ **EXTRUDIR:** Dar forma a una masa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.

■ **FRESA:** Herramienta de movimiento circular continuo, constituida por una serie de buriles o cuchillas convenientemente espaciados entre sí y que trabajan uno después de otro en la máquina de labrar metales o fresarlos.

■ **FRESAR:** Abrir agujeros y, en general, labrar metales por medio de la fresa.

■ **FUSELAJE:** Cuerpo del avión donde van los pasajeros y las mercancías.

■ **GALVANIZAR:** Aplicar una capa de metal sobre otro mediante una corriente eléctrica.

■ **GRAFITO:** Mineral untuoso, de color negro y lustre metálico, constituido por carbono cristalizado en el sistema hexagonal. Se puede producir artificialmente,

y se usa en la manufactura de lapiceros, crisoles refractarios y en otras aplicaciones industriales

■ **GRANALLAR:** Reducir a granalla (Conjunto de granos o porciones menudas a que se reducen los metales para facilitar su fundición), un metal.

■ **HANGAR:** Cobertizo grande, generalmente abierto, para guarecer aparatos de aviación o dirigibles.

■ **IMPRIMAR:** Preparar con los ingredientes necesarios las cosas que se han de pintar o teñir.

■ **METALOTECNIA:** Área de trabajo que se ocupa de la medición de las propiedades físicas y mecánicas de los metales, así como su caracterización microestructural y el análisis de los defectos y causas de fallo.

■ **OXICORTE:** Técnica de cortar metales con soplete oxiacetilénico.

■ **PLASMA (EQUIPOS DE):** Pantalla plana en la cual la luz se crea por la excitación de fósforo por la descarga de plasma entre dos pantallas planas de vidrio. La descarga de gas no contiene mercurio (como en la luz de fondo de las pantallas de LCD); una mezcla de gases nobles (neón y xenón) es utilizada en su lugar. Esta mezcla de gas es inerte y totalmente inofensiva.

■ **POLIMERIZACIÓN:** Reacción química en la que dos o más moléculas se combinan para formar otra en la que se repiten unidades estructurales de las primitivas y su misma composición porcentual cuando estas son iguales.

■ **POLÍMERO:** Materiales de origen tanto natural como sintético, formados por moléculas de gran tamaño, conocidas como macromoléculas.

■ **PROPULSIÓN:** Procedimiento empleado para que un avión, proyectil, cohete, etc., avance en el espacio, por efecto de la reacción producida por la descarga de un fluido que es expulsado a gran velocidad por la parte posterior.

■ **PULVERIZAR:** Esparcir un líquido en partículas muy tenues, a manera de polvo.

■ **RAYÓN:** Filamento textil obtenido artificialmente y cuyas propiedades son parecidas a las de la seda.

■ **REMACHADORA:** Se denomina remachadora a una herramienta, usada principalmente en talleres de bricolaje y carpintería metálica que sirve para fijar con remaches uniones de piezas que no sean desmontables en el futuro.

■ **REVESTIMIENTO:** Capa o cubierta con que se resguarda o adorna una superficie

■ **ROBÓTICA:** Es la parte de la Ingeniería que se dedica a la construcción de máquinas capaces de realizar tareas mecánicas y repetitivas de una manera muy eficiente y con costes reducidos.

■ **SILICATO:** Sal del ácido silícico.

■ **SUPERALEACIÓN:** O aleación de alto rendimiento, es una aleación que presenta una excelente resistencia mecánica y resistencia a la fluencia de altas temperaturas, buena estabilidad de la superficie, y la corrosión y resistencia a la oxidación.

■ **TOBERA:** Dispositivo que aumenta la velocidad de un fluido a extensas de la presión.

■ **TRACTORA (INDUSTRIA):** Aquella que en su operación y desarrollo, arrastra a decenas de PYMES para su crecimiento.

■ **TREFILAR:** Reducir un metal a alambre o hilo pasándolo por una hilera

■ **TURBINA:** Motor basado en la rotación de una rueda con paletas curvas, colocadas en su periferia, que recibe el impacto de una corriente de vapor, aire o agua.

■ **TURBOHÉLICE:** Motor que tiene montado delante del reactor una hélice propulsada por una segunda turbina, denominada turbina libre, o por etapas adicionales de la turbina que mueve el compresor (tipo eje fijo).

■ **TURBORREACTOR:** Consiste en una entrada de aire, un compresor de aire, una cámara de combustión, una turbina de gas (que mueve el compresor del aire) y una tobera. El aire entra comprimido en la cámara, se calienta y expande por la combustión del combustible y entonces es expulsado a través de la turbina hacia la tobera siendo acelerado a altas velocidades para proporcionar la propulsión.

■ **VIDRIADO:** Material o pieza rico en cal y óxido férrico que ha sido cocido hasta su vitrificación.

■ **VITRIFICAR:** Hacer que algo adquiera las apariencias del vidrio.

A

Informes Sectoriales de Seguridad y Salud Laboral
Volumen II: Industria Aeronáutica

**Consejería de Empleo
Junta de Andalucía**



Informes Sectoriales de Seguridad y Salud Laboral
Volumen II: Industria Aeronáutica