

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA

LA INNOVACIÓN COMO MOTOR
DE LA INGENIERÍA AERONÁUTICA EN ESPAÑA

DISCURSO DEL ACADÉMICO ELECTO

EXCMO. SR. D. MANUEL HITTA ROMERO

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN PÚBLICA
EL DÍA 25 DE MAYO DE 2010

Y CONTESTACIÓN DEL ACADÉMICO

EXCMO. SR. D. CÉSAR DOPAZO GARCÍA



MADRID MMX

Editado por la Real Academia de Ingeniería
© 2010, Real Academia de Ingeniería
© 2010 del texto, Manuel Hita Romero y César Dopazo García
© 2010 de las fotos, EADS-CASA y AIRBUS
ISBN: 978-84-95662-35-4
Depósito legal: M-xxxxxxx-2010
Impreso en España

LA INNOVACIÓN COMO MOTOR DE LA INGENIERÍA AERONÁUTICA EN ESPAÑA

Excelentísimo Sr. Presidente de la Real Academia de Ingeniería.
Excelentísimos Señoras y Señores Académicos.
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades.
Señoras, señores.
Queridos amigos,

En primer lugar quiero agradecer al Presidente y miembros de la Academia, a todas las autoridades, a mis compañeros, a mis amigos y a mi familia, especialmente a mi esposa Elena y a mi maestro y amigo, José Luis Tejo, que hoy estén acompañándome en este acto tan importante para mí.

Quiero expresar también mi gratitud, hoy en forma pública, al Presidente de la Academia y a todos sus miembros por el gran honor que supone para mí haber sido elegido para formar parte de la misma. Gratitud que también quiero expresar; si me permiten, en nombre de todos los compañeros, miembros de la comunidad aeronáutica, a los que indudablemente les debo el estar hoy aquí.

Este gran honor conlleva una gran responsabilidad frente a la Academia y frente a mis colegas, ya que considero que el haber sido elegido Académico no se debe tanto a mis méritos personales, sino más bien a los de la comunidad aeronáutica a la que antes hacía mención, con la cual he tenido el inmenso placer de compartir mis 41 años de vida profesional. Quiero desde la Academia seguir aportando lo mejor de mí mismo para que la Ingeniería y, en particular, el mundo aeronáutico sigan creciendo y consolidando las cotas que hemos alcanzado.

Y aún más, al ser miembro de la Real Academia de Ingeniería, la responsabilidad se multiplica por el número de distintas especialidades que la componen, factor por el que también se multiplica mi ilusión y esperanza en no defraudar. Trabajaré como siempre, tratando de hacerlo lo mejor posible.

Éste es mi compromiso frente a la Academia, frente a todos ustedes, servir a la Ingeniería en España que es la forma con la que podré seguir sirviendo, en definitiva, a la Sociedad tanto nacional como, en un mundo globalizado, internacional.

La medalla que hoy recibo es la que con tanto honor ostentó nuestro querido compañero Don Juan José Martínez García, que en paz descanse, mi profesor, mi compañero y mi amigo. Espero llevarla con el mismo espíritu de servicio con el que él la llevó.

Cuando pensé en el tema a tratar en este discurso quise centrarme no en los aspectos innovadores de la aeronáutica nacional, ni mucho menos en la mundial, temas tan amplios que requerirían muchas horas de exposición. Quiero repasar algunos aspectos innovadores desde que ingresé en la empresa Construcciones Aeronáuticas en 1969 en los que he tenido la oportunidad de trabajar, participar y disfrutar; si bien no podré resistir la tentación de hacer algunas referencias a desarrollos anteriores o trabajos en otras áreas de la ingeniería. Son tantos los aspectos innovadores, que no puedo tratarlos todos. Pido perdón a la audiencia, a la comunidad de ingeniería y a mis compañeros por centrarme sólo en los que considero más relevantes y con los que he tenido un contacto directo.

De alguna forma, el contenido será una continuación del desarrollado por el también querido compañero Don José Luis López Ruiz, que en paz descanse, en su discurso de ingreso en la Academia. También fue mi profesor, mi maestro, mi jefe y mi amigo. Quiero aquí también darle las gracias a nuestro Presidente por haberme dado la oportunidad de participar en el acto, In Memoriam, organizado por la Academia el pasado año, a tal efecto.

Brevemente recordemos que los estudios de la Ingeniería Aeronáutica tuvieron sus orígenes en 1928; en aquel entonces se creó la Escuela Superior de Aerotécnica, dando así respuesta a la inquietud y necesidad que existía en la sociedad después del éxito conseguido por los hermanos Wright cuando en 1903 realizaron el primer vuelo controlado de un avión propulsado y construido por ellos mismos.

Posteriormente, se transformó en la Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos, después, los estudios pasaron al ámbito civil, denominándose la

Escuela Especial de Ingenieros Aeronáuticos para posteriormente llegar a la actual Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid. Como sabemos, hoy día estamos inmersos en el proceso de acomodación a las exigencias de los acuerdos de Bolonia y la nueva denominación será Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio.

Como es conocido, otras Universidades, afortunadamente, han comenzado a impartir también estudios de Ingeniería Aeronáutica, tal y como es el caso de la Escuela de Ingenieros de Sevilla, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y Aeronáutica de Tarrasa, perteneciente a la Universidad Politécnica de Cataluña, y finalmente la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño de Valencia, perteneciente a la Universidad Politécnica de Valencia.

En el futuro otras Universidades, tanto públicas como privadas, comenzarán también a impartir estos estudios, como es el caso de la Carlos III en Getafe.

El objetivo siempre es el mismo, la formación de los ingenieros aeronáuticos, y son muchos los logros conseguidos desde aquel entonces.

Personalmente me siento muy orgulloso de los quince años en que fui profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, habiendo contribuido a la formación de un colectivo de ingenieros que posteriormente han demostrado su valía profesional en muy diversos campos de la industria.

La famosa Ley de Incompatibilidades me impidió seguir con esa actividad tan gratificante y que tan buenos recuerdos me trae.

Paralelamente a la Ingeniería, la Industria Aeronáutica Española ha recorrido un camino muy importante en sus diversas etapas, experimentando en la última década un desarrollo espectacular. Brevemente recordemos los siguientes:

Etapa pionera

El primer avión desarrollado en España fue el Barrón Flecha, que voló el 3 de abril de 1915, y el primero diseñado por Construcciones Aeronáuticas fue el monoplano CASA III, que voló el 3 de julio de 1929.

Se continuó con el desarrollo y fabricación de diversos tipos de aviones, fue la época de los Loring, los de CASA, AISA e Hispano Aviación.

Aviones como los Breguet, Dornier, Bücker, Junkers o Messerschmitt, por mencionar sólo algunos, pertenecen también a esta etapa.

Etapa de desarrollo

En ella se diseñaron y fabricaron diversos aviones de transporte tales como el Alcotán, Halcón, Azor y Aviocar o aviones de enlace como el Saeta.

Etapa de crecimiento y consolidación

Aviones como el CN-235, C-295, C-101, los diversos modelos de la familia Airbus y el Eurofighter.

Etapa actual

Corresponde esta etapa a los desarrollos de los últimos modelos de Airbus, el avión de gran capacidad A380, el A350 y los desarrollos militares sobre aviones Airbus, como el MRTT.

El diseño y desarrollo de los aviones mencionados ha hecho crecer la Industria Aeronáutica Española de una forma muy importante, dando como consecuencia una fortaleza y liderazgo a nivel mundial en áreas como:

- composites, fibra de carbono,
- bienes de equipo,
- integración de aviones,

que posteriormente comentaré.

De las primeras etapas me detendré sólo en algunas innovaciones pasando a continuación a exponer, como decía, aquellas con las que he tenido contacto directo en mi vida profesional.

Desarrollaré el discurso en varios capítulos.

- Primeras etapas
- Aviones de transporte militar

- Aviones de caza / entrenamiento
- Aviones de transporte de pasajeros
- Bienes de equipo
- Últimos desarrollos

PRIMERAS ETAPAS

Helicópteros

Es obligado mencionar en primer lugar el autogiro inventado por Don Juan de la Cierva, uno de los logros más importantes, por no decir el que más, de la innovación aeronáutica en España, que voló por primera vez en Getafe el 17 de enero de 1923 y del que se ha escrito mucho.



En segundo lugar quiero recordar un ejemplo de innovación en el campo de los helicópteros, es el AC-13 diseñado por la firma Aerotécnica SA, de la mano del ingeniero Jean Continieau y del que se fabricaron dos prototipos a mediados de los cincuenta que realizaron su experimentación en vuelo en el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial).

La característica innovadora introducida en este helicóptero consistió en sustituir el rotor antipar por los gases del motor; que eran conducidos hasta el final del fuselaje y que se deflectaban según demandaban las necesidades de estabilidad y control.

Hay que recordar que esta forma innovadora de estabilizar y controlar el helicóptero fue la precursora de lo que muchos años más tarde sería el concepto NOTAR (No Tail Rotor).



Avión Supersónico



Mencionar en primer lugar el primer avión reactor diseñado en España por la entonces Hispano Aviación, el HA-200 Saeta, que todavía tenemos la suerte de ver surcando los cielos y que fue el primer avión español vendido internacionalmente y también fabricado en Egipto al final de la década de los cincuenta.



El sucesor del Saeta fue el HA-300, caza de superioridad aérea. El aspecto innovador que quiero mencionar es su ala en delta y supersónica, capaz de conseguir una velocidad de Mach 1.25.

En España sólo voló como planeador dos veces en un día, el 25 junio de 1959, el proyecto fue vendido a Egipto en donde se construyó el prototipo y allí realizó su primer vuelo supersónico.

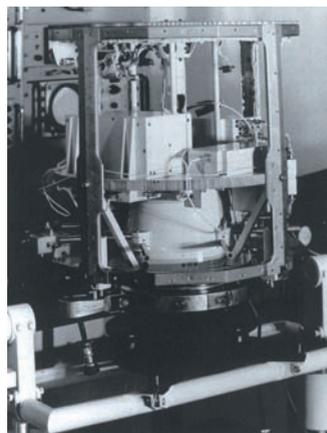
Satélites



Finalmente, quiero hablar del primer satélite español, el INTASAT, puesto en órbita en 1974 y que todavía sigue en ella.

Aparte de otros aspectos innovadores, quiero mencionar el sistema de estabilización en órbita, el satélite está estabilizado en su eje longitudinal gracias a un imán, un cilindro de dimensiones reducidas que se orienta según

las líneas de corriente del campo magnético terrestre. Las oscilaciones en los otros ejes transversales se amortiguan gracias a dos pares de varillas, también de material ferromagnético, que se imantan cuando no se encuentran en posición perpendicular al campo. La energía cinética de oscilación es amortiguada gracias a los ciclos de histéresis de imantación que experimentan por la componente del campo según la dirección de la varilla.



La determinación teórica de la amortiguación, así como la verificación experimental, que fue realizada en las instalaciones del INTA en Torrejón, sirvieron de tema para mi tesis doctoral, Estudio de un Sistema Pasivo de Amortiguación de Satélites, cuando en 1976 obtuve el grado de Doctor. Tengo un grato recuerdo de esta época en donde la combinación de la teoría con la experimentación nos permitió hacer el cálculo de dinámica orbital. El satélite, como decía, sigue orbitando después de 36 años.

AVIONES DE TRANSPORTE MILITAR

C-212 Aviocar

El bien conocido C-212 “Aviocar” desarrollado por CASA (Construcciones Aeronáuticas SA) a finales de los sesenta por la decena de ingenieros con que contaba la Oficina de Proyectos en aquella época, del que se ha escrito mucho y del que quiero, a mi juicio, resaltar los aspectos innovadores en los que la ingeniería, ha contribuido de forma decisiva.



Se trata de un avión biturbohélice, nacido como un avión de transporte militar de 6.300 kg de peso al despegue y 2.000 kg de carga de pago, para satisfacer las necesidades del Ejército del Aire, que realizó el primer vuelo el 26 de marzo de 1971.

En primer lugar está su concepción como avión STOL (Short Take-Off and Landing), es decir, con características de despegue y aterrizaje cortos, apto para campos no preparados y dotado con tren fijo, decisión acertada, innovadora con respecto a sus predecesores: el Halcón, el Alcotán y el Azor, que a pesar de la penalización que supone en las características de subida y crucero, dota al avión de unas características operativas inmejorables.

El perfil del ala le dotaba de unas excelentes cualidades. Se eligió un perfil laminar, el NACA65-218, que marcó la diferencia de características de vuelo respecto a los competidores, a los cuales desplazó del mercado.

Fue también la primera vez que en España se diseñó un avión de estas características con motores turbohélice y aún más, dotado de un sistema de aumento de potencia, por encima de la nominal, para el caso de despegue con fallo de motor; el APR o potencia auxiliar de reserva, primera vez en el mundo. Se le dotó en el fuselaje posterior de una rampa y portalón que le permite operaciones tales como lanzamiento de paracaidistas y de cargas en vuelo cuya utilización, por ejemplo, en misiones humanitarias es esencial.

Quizás lo más innovador en aquel entonces a principios de los setenta, fue que a pesar de su concepción como avión militar, se certificó para uso civil de transporte de pasajeros, de acuerdo con la regulación civil FAR 25 y posteriormente JAR 25, cumpliendo los mismos requisitos que un avión, que también en aquella época fue certificado, el conocido Boeing 747 Jumbo.

Todos estos elementos innovadores, junto con sus características globales, han hecho posible la venta internacional del mismo, es el avión de mayor éxito internacional de la Industria Aeronáutica de España.

Ha sido certificado, aparte de en España, en países como Francia, Canadá, Australia, Indonesia, Estados Unidos, Italia y Brasil. Hoy día su versión última, la Series 400 tiene un peso de despegue de 7.700 kg y una carga de pago de 2.100 con motores de 900 CV, lo que demuestra que su con-

cepción innovadora dotó, desde sus orígenes, al avión con un magnífico potencial de crecimiento.

Sigue en producción y operativo en los cinco continentes.

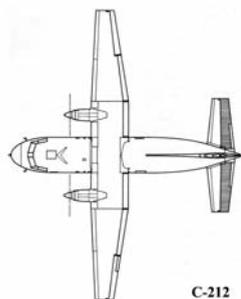
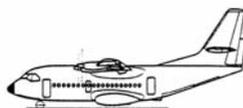
C-401

Fue uno de los sucesores del Aviocar, sus estudios se iniciaron en 1971, por razones varias el proyecto se canceló en 1974, pero esto no impidió que durante esos tres años que duró la definición del avión, se introdujesen diversos elementos innovadores.

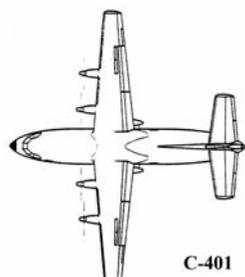


Resaltamos en primer lugar, que era el primer cuatrimotor turbohélice español, con un peso máximo de despegue de 18.750 kg y con una carga de pago de 5.500 kg, al que se le quería dotar también de características STOL, y que pretendía ser complementario del C-130 Hércules.

En el C-401, la necesidad de volar a muy baja velocidad, junto con el efecto de soplado de las 4 hélices, obligaba a una modificación del perfil aerodinámico del ala respecto al C-212, que consistió en aumentar la curvatura del perfil en la zona de borde de ataque, anterior al 20% de la cuerda, así como un diferente flap.



C-212



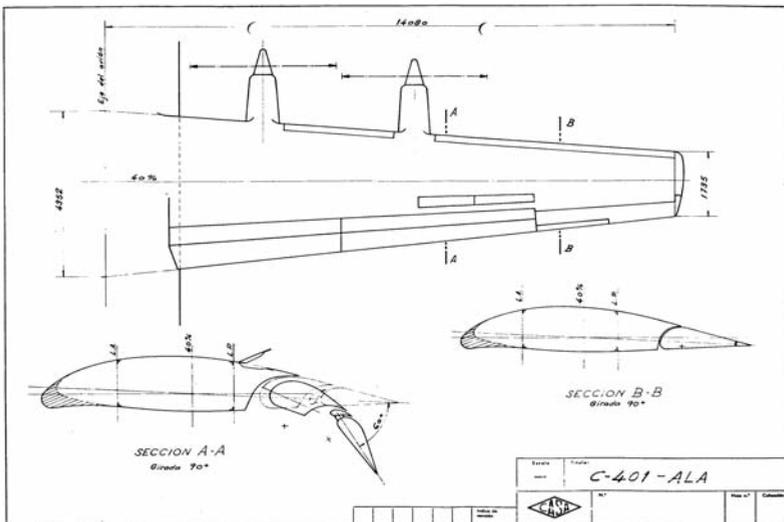
C-401

Esto dotaba al avión de unas excelentes características de despegue y aterrizaje.

Como elemento innovador también, para tener la máxima simetría de sustentación, en un ala soplada por 4 hélices, se introdujo el concepto de que las hélices de cada semiala giraban en sentido opuesto a los de la otra, o sea, contrarrotatorias, anulándose así el efecto aerodinámico asimétrico y el par giroscópico al realizar el avión maniobras de trayectorias curvas. Este concepto se ha adoptado en el hermano mayor de la familia de aviones, el A-400M del que más tarde hablaré.

En aquel entonces, no existían las posibilidades electrónicas que hoy día están presentes en el A-400M para controlar el avión en el caso de fallo de motor. Se descartó, por muchas razones, la interconexión mecánica de las hélices simétricas, así que se hizo algo nuevo, una interconexión eléctrica que era actuada por el piloto en las maniobras críticas, tales como el despegue o aterrizaje, que garantizaba el mismo par para los motores y que cortaba la potencia de un motor y ponía la hélice en transparencia en caso de fallo del motor simétrico. La realidad es que se convertía al avión cuatrimotor en un bimotor simétrico en estos casos de fallo.

Continuando con el diseño aerodinámico, fue innovador el flap, elemento necesario para las operaciones de despegue y aterrizaje así como la forma del estabilizador horizontal y vertical.

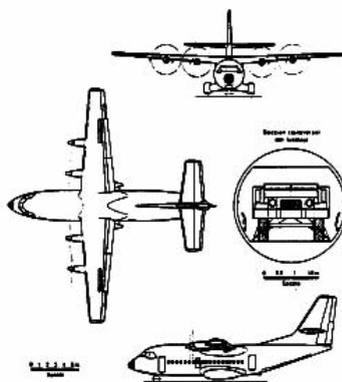


El flap y timón de dirección se diseñaron con doble ranura, primera vez en España y el estabilizador horizontal con curvatura negativa, para producir carga aerodinámica hacia abajo.

Con relación al flap, hay que constatar que podía deflectarse hasta 70°. El objetivo no era tanto al producir sustentación sino al producir resistencia aerodinámica ya que el aterrizaje, al estar el ala soplada, se realizaba con potencia aplicada a los motores, consiguiéndose la necesaria sustentación a muy baja velocidad, que era indispensable para aterrizar en distancias muy cortas; para que el avión no se acelerase, hacía falta aumentar la resistencia y eso se conseguía con el flap deflectado al máximo.

La doble ranura en el timón de dirección dotaba al avión de una velocidad mínima de control direccional muy baja, condición también necesaria en las operaciones STOL.

Como uno de los requerimientos era transportar unos determinados vehículos desde puntos alejados como A Co-ruña y Canarias, al objeto de darle al avión el máximo radio al alcance, se diseñó un ala trapezoidal desde la raíz, con alargamiento 9, elemento que ningún avión de la competencia en aquella época tenía.



Con relación al fuselaje, que disponía también de rampa y portalón, su sección era circular dado que este avión, por primera vez era presurizado.

El tren de aterrizaje también fue elemento innovador; se trataba de un tren tipo jokey, en tándem las dos ruedas de cada lado con amortiguador activo para ambas patas.

Respecto a los procedimientos de cálculo, estábamos a principios de los setenta, recuerdo que en aquel entonces disponíamos de un ordenador IBM 1130 de 16 kbytes en la Dirección de Proyectos de CASA, con el que se realizaban los cálculos de definición geométrica del fuselaje, ala y estabilizadores, así como los cálculos aerodinámicos y estructurales.

En los trazados se empezaron a utilizar aproximaciones teóricas mediante cónicas, que de alguna forma, fue el inicio, junto con los ingenieros franceses que colaboraron en el proyecto, del famoso y bien conocido programa CATIA, cuyo origen fue el cálculo aerodinámico realizado por un programa que se llamaba CATÍ.

El proyecto, como ya he mencionado, por desgracia se canceló, pero como siempre en esta vida, afortunadamente sirvió para que los ingenieros que trabajaron en él aumentasen sus conocimientos técnicos, innovasen y sentasen las bases y conceptos que sirvieron más tarde para el diseño del CN-235, C-295 y en muchos conceptos, el del A-400M.

En los años setenta y posteriores, los ingenieros españoles dieron un impulso tremendo al diseño de aviones de transporte ligero y medio, con características innovadoras para los aviones STOL estableciendo los estándares y consiguiendo el liderazgo mundial español en este segmento del mercado, que todavía está presente.

CN-235 y C-295

El avión CN-235, desarrollado en colaboración con la empresa indonesia NURTANIO, fue en sí una innovación ya que por primera vez la ingeniería española se lanzaba a una aventura de diseño y desarrollo con la base del 50% - 50% de responsabilidad, lo cual suponía un reto que algunos consideraban que era muy arriesgado, con sólo dos prototipos de vuelo y otros dos de ensayos estructurales, uno de vuelo en cada país y el de ensayos estáticos en España y el de fatiga en Indonesia.

Realizó el primer vuelo el prototipo español el 11 de noviembre de 1983 y el indonesio el 31 de diciembre del mismo año.

Como ya he comentado, muchos de los elementos innovadores del C-401 están presentes en el CN-235, adaptados al tamaño del avión, hay que recordar que al inicio, tenía un peso de despegue de 13.000 kg, con una carga de pago máxima de 4.500 kg y motores de 1.700 CV.

Quiero mencionar sólo unos cuantos elementos que por primera vez introdujimos en este avión, por ejemplo el fuselaje posterior diseñado en forma



más plana que cónica, lo que vulgarmente llamábamos “pico pato” al objeto de aumentar la anchura del fuselaje posterior y en consecuencia la de la rampa y portalón, permitiéndose así la operación de cargas y vehículos de forma rectangular. Esto fue un compromiso entre la operatividad del avión, el peso y las actuaciones en vuelo.

Al contrario de lo que sucedió con el C-212 y C-401, el avión fue concebido con un diseño militar y civil, desde el principio se solicitó la certificación civil española y americana bajo las normas JAR 25 y FAR 25.

En este avión, el flap se realizó con un nuevo diseño, es un flap de simple ranura con corredera y giro al final del recorrido, lo que le daba unas muy buenas características de sustentación en configuración de aterrizaje, sin la complejidad de fabricación del flap del C-401.

El ala se diseñó para ser fabricada mediante mecanizado, con una unión entre el ala central y las exteriores, tipo “piano”, con bulones a tracción, que fue también una innovación, concepto que se pensó utilizar en el C-401.

El motor que se ha utilizado ha sido el General Electric, CT-7. Como innovación introducida en esta elección, está el hecho de que es un derivado del motor que propulsa un buen número de helicópteros, es un motor modu-

lar que proporciona un menor consumo específico que motores similares y además el número de piezas nuevas es sólo de unas decenas, lo cual da ventaja de comunalidad y repuestos con el motor de los helicópteros.

Finalmente, quiero mencionar una experiencia, un ensayo en vuelo, que tuve la oportunidad de vivir personalmente muy de cerca.

De acuerdo con la regulación de certificación, hay que demostrar para determinados casos de fallo que el avión continúa en vuelo seguro y puede aterrizar con sólo un alerón para el control lateral y con sólo medio timón de altura o elevador para el control de altura.

Hicimos los ensayos en vuelo, se desconectaron las dos cadenas de mando del piloto y copiloto, cada uno controlaba aerodinámicamente su correspondiente mitad de avión y se demostró el cumplimiento con la regulación.

Estos ensayos han sido la única vez que se han demostrado en vuelo. Ningún otro avión en el mundo puede mostrar unas fotos en vuelo como la que a continuación se presentan de mandos de vuelo conectados y desconectados.





Tradicionalmente los ensayos de presurización del fuselaje se realizaban presurizando con agua en una piscina, al objeto de minimizar o casi anular la energía almacenada en el fuselaje y así disminuir los riesgos de daños en caso de fallo.

Nosotros, en el CN-235 llenamos el avión con foam, recortando bloques del mismo al objeto de acomodarlos a la estructura interna del fuselaje y así minimizar el volumen de aire presurizado en el interior; la energía almacenada y en consecuencia, el riesgo de daños en caso de fallo explosivo.

Son muchísimos los elementos innovadores que se han introducido en las diferentes versiones tanto civiles como militares y que por motivos de tiempo no puedo detenerme a examinar; basta con decir que el avión está operando con éxito en muchos países. Desafortunadamente, su éxito comercial no ha sido tan grande como el C-212.

Por la misma razón no me voy a entretener mucho en comentar las innovaciones del C-295, derivado del CN-235, es un avión alargado con comunalidad aerodinámica en ala y estabilizadores, y la misma sección de fuselaje.

Los motores son nuevos y estructuralmente el avión está reforzado, como corresponde a su peso máximo de despegue de 23.200 kg y carga de peso máxima de 9.000 kg, con una potencia con APR de 2.900 CV, pero conceptualmente los aviones son semejantes.



Además quisiera mencionar que la cabina de vuelo ha sido innovada con un nuevo sistema de aviónica, el HIAS o sistema de aviónica altamente integrado, que incluye por ejemplo sistemas de autoprotección. Cuatro pantallas de cristal líquido presentan los datos de navegación y se puede incorporar el sistema de presentación de datos a los pilotos del tipo Head-Up Display. La iluminación de cabina es compatible con las gafas de visión nocturna y otras dos pantallas adicionales, también de cristal líquido, presentan a los pilotos los datos de motor, sistemas y alarmas.

El primer vuelo se realizó el 28 de noviembre de 1997. Se innovó en el campo de las misiones operativas, tales como patrulla marítima y lucha antisubmarina desarrollando su sistema totalmente nuevo, el FITS (Fully Integrated Tactical System). Este sistema recibe y procesa los datos de los diversos sensores, tales como un radar de búsqueda, cámaras magnéticas o sonoboyas lanzadas previamente por el propio avión.

A400M

¿Innovación en el A400M? Me atrevería a decir que todo el avión, si bien, al no haber sido diseñado 100% como producto español, solamente comentaré aspectos en los que la ingeniería española tiene un papel fundamental.



Comenzaré con la aplicación de la fibra de carbono, la contribución española en esta área ha sido fundamental. Es el primer avión militar que hemos construido en el que todas las superficies sustentadoras, ala y estabilizadores son de fibra de carbono. En relación con la configuración aerodinámica, hay que constatar que muchos de los elementos presentes en los anteriores aviones comentados están presentes en el A-400M. El ala en esta ocasión no es recta, tiene una flecha de 15° para conseguir la velocidad de crucero exigida de Mach 0,75 y con un perfil supercrítico. La contribución de la ingeniería española en aerodinámica, cargas y ensayos en túnel ha sido fundamental.

Respecto a la planta propulsora, cada motor desarrolla una potencia de 11.000 CV que junto a la hélice de 8 palas proporciona una tracción de 25.000 libras. Como ya comenté anteriormente, las hélices son contrarrotatorias dos a dos. Las dos hélices de cada ala giran en sentido opuesto y de forma simétrica a las de la otra ala.

Con motores de potencia similar lo normal es instalar hélices dobles contrarrotatorias, una detrás de la otra. El A400M tiene hélice simple que es más eficiente, lo cual lleva a la necesidad de tener que transmitir a través de la bancada del motor un par de un valor considerable. Ésta tiene un concepto parecido al empleado en los aviones mencionados anteriormente.

El diámetro de las hélices es de 5,2 m, y naturalmente, con objeto de minimizar en ruido, y conseguir que la punta de pala no sea supersónica, las revoluciones se mantienen en un margen de entre 655 y 960 rpm, dependiendo de la fase de vuelo. Se ha conseguido un ruido considerablemente bajo.

La planta de potencia tiene capots de fibra de carbono, resistentes al fuego, al igual que se hizo en el CN-235.

El tren de aterrizaje es el hermano mayor del tren del C-295, dispone de tres patas con rueda doble en cada costado del fuselaje.

El tren es apto para aterrizar en campos semipreparados con 121 toneladas de peso y a una velocidad de descenso de 12 pies/s, cuando las normas requieren 10 pies/s. Este tren es innovador, la primera vez en el mundo que se diseña un avión de este tipo con tal velocidad de descenso.

Quiero mencionar la contribución de la ingeniería española en diversos sistemas específicos del avión, como son las Comunicaciones Tácticas y Civiles, el Sistema Neumático, el "Military Mission Management System" y el Sistema de Autodefensa.

En el motor es esencial la participación de la Ingeniería de la empresa Industria de Turbo Propulsores (ITP), empresa española líder en sistemas de propulsión, desarrollando la turbina de potencia además de las estructuras de soporte del motor y otros subsistemas.

El avión voló por primera vez en Sevilla, el 11 de diciembre del pasado año, y está en fase de experimentación en vuelo.

AVIONES DE CAZA / ENTRENAMIENTO

C-101

El C-101 es un avión biplaza de entrenamiento con versión de ataque al suelo. Fue diseñado para cubrir las necesidades del Ejército del Aire, efectuó





su primer vuelo el 27 de junio 1977, está operando en la base de San Javier. También ha sido vendido a países como Chile, Ecuador y Jordania.

Sólo comentaré unos pocos aspectos innovadores.

En primer lugar, el perfil aerodinámico de las superficies sustentadoras, fue diseñado por ingenieros españoles en colaboración con los de la empresa americana Northrop.

La innovación consiste en el diseño de un nuevo perfil, simétrico, de un gran espesor relativo, 15% de la cuerda, y con capacidad de volar a números de Mach altos, 0,75, manteniendo a la par unas muy buenas características de pérdida y de entrada y salida en barrena, como corresponde a un avión entrenador, de acuerdo con lo que exigen las normas con las que fue certificado.

En segundo lugar, quiero destacar la innovación que supuso la utilización de un motor, el Garret TFE 731 diseñado para uso civil, en una utilización por primera vez militar, lo que supone una muy diferente exigencia desde el punto de vista de esfuerzos a los que está sometido en las maniobras.

El diseño del avión está en gran medida condicionado por este turbofan, de gran diámetro, lo que le da al C-101 su silueta característica.

La utilización de este motor civil, aparte de la comunalidad de repuestos con toda la flota de aviones que lo llevan, proporciona al C-101 un muy bajo consumo, lo que indudablemente redundará en una reducción considerable de

costes en la operación. Ésta fue la razón fundamental para la elección de dicho motor:

Diseñamos también una cabina de pilotaje con asientos eyectables cero-cero, que supone el rescate de los tripulantes desde cero altura y con cero velocidad. La eyección se realiza a través de la cúpula del avión, cuando aviones semejantes utilizan hilo explosivo para romper la misma. Este diseño ha sido probado tanto en tierra, como en vuelo con total éxito.

En el C-101 iniciamos nuestra andadura en fibra de carbono como posteriormente comentaré en profundidad. Nació con flaps, alerones y trampas de tren en fibra de vidrio. Posteriormente las trampas se pasaron a estructura sándwich, de fibra de carbono con resina epoxi, núcleo de nomex y herrajes de titanio, curados en conjunto. Este diseño innovador fue el origen del liderazgo que hoy día hemos alcanzado en esta tecnología de los composites.

Eurofighter



El avance tecnológico y la innovación en España debido a este programa han sido muy importantes y en diferentes campos. Son tantos que no me puedo detener en explicarlos, me voy a limitar a comentarlos brevemente:

Área de integración de sistemas



Bajo la responsabilidad de la ingeniería española están el Subsistema de Comunicaciones y Data Links, el Front Computer, Sistema de Aire Acondicionado, Subsistemas de Combustible, Subsistemas de Eléctrica y parte del sofisticado Sistema de Armamento.

Esto exigió el desarrollo de varios laboratorios de Integración de Sistemas, tales como de Aviónica, desarrollo de Software Embarcado, desarrollo de in-

tegración de computadores e integración de Sistemas Generales tales como el Environmental Control System, Utility Control System, Fuel System, Electrical System, etc.

Área de Estructuras

En este campo ha sido muy notable la innovación introducida en el área de estructuras de materiales compuestos, en concreto la fibra de carbono, y los nuevos métodos de fabricación, tales como el "Superplastic forming y difusión bonding".

Por citar sólo un ejemplo, el ala, en delta, en fibra de carbono y multi-larguero que se diseñó, desarrolló y fabricó gracias a la experiencia adquirida en este campo por los ingenieros de CASA. El ala derecha se integra en Getafe utilizando un utillaje innovador español, en tanto que la izquierda se integra en Italia.



Aerodinámica, Mecánica de Vuelo y Cargas

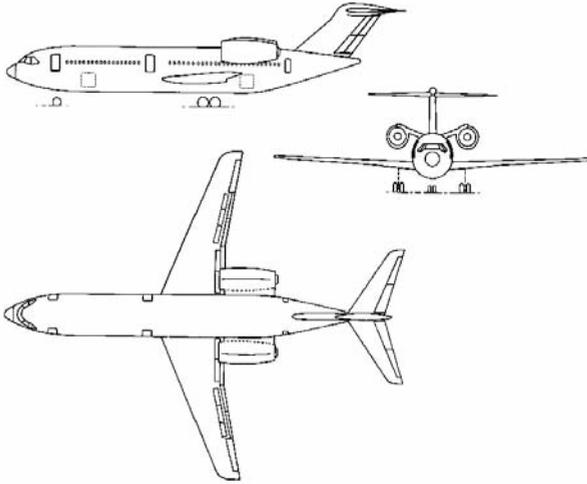
La contribución española en esta área ha sido de primer nivel, especialmente teniendo en cuenta que se trata de un avión intrínsecamente inestable, con leyes de control "fly by wire" y con altas cargas dinámicas.

AVIONES DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

Europlane QTOL

El Europlane QTOL (Quiet Take-Off and Landing) es un avión birreactor comercial de 180 pasajeros, cuya característica innovadora era la de minimizar el ruido exterior en las operaciones en tierra.

El proyecto fue iniciado en 1972 en colaboración con las empresas BAC (British Aircraft Corporation), MBB (Messerschmitt-Bölkow-Blohm), SAAB y CASA,



y que por diversas circunstancias se canceló en 1974, la ingeniería española aportó elementos de innovación que se adelantaban a su época.

Por ejemplo, fue el primer avión en donde se seleccionó una configuración nueva para disminuir el ruido exterior que ya en aquella época comenzaba a ser un problema para el entorno aeroportuario.

Tenía una configuración de motores en la parte superior del fuselaje situados encima y detrás del ala, de tal forma que el ruido producido se reflejaba en la misma, minimizando así su percepción en tierra.

El ruido que se trataba de minimizar es el más molesto, el de alta frecuencia producido por el fan y compresor.

Otro aspecto innovador fue el perfil del ala, un perfil de alta tecnología, antecesor de lo que luego fueron los perfiles supercríticos.

Si bien el proyecto fue cancelado, la contribución de la ingeniería española, especialmente en las áreas de configuración y aerodinámica, fue muy importante.

Si bien el proyecto fue cancelado, la contribución de la ingeniería española, especialmente en las áreas de configuración y aerodinámica, fue muy importante.

CASA 3000

Del CASA-3000, avión cuyo diseño comenzamos a finales de 1991, quiero comentar solamente el ala.

Esta aventura de CASA en el área de aviones comerciales, en el segmento de las 70 plazas, la iniciamos después de haber diseñado el ala del SAAB-2000, que usaba una tecnología metálica con los larguerillos pegados al revestimiento.

En este caso diseñamos el ala en fibra de carbono, por primera vez en el mundo para aviones de esta categoría, cuyos revestimientos fabricamos en las instalaciones de Illescas.



Teníamos el reto de reducir el ruido interior producido por las hélices y los motores y se decidió utilizar un sistema activo de eliminación del mismo, mediante altavoces en oposición de fase a la fuente de ruido original.

Desafortunadamente la fórmula elegida, biturbo propulsor, junto con dificultades de financiación, socios tecnológicos y la bajada de las expectativas de mercado, nos obligaron a abandonar el proyecto.

No obstante, la experiencia en el diseño y la fabricación del ala fue muy importante.

LA FAMILIA AIRBUS Y LOS COMPOSITES

Hoy día la ingeniera española está en la cabeza del diseño y producción de elementos “composites” y más específicamente en los de fibra de carbono, cuya aplicación en el último modelo, el A-350, es masiva.

Aunque ya he hablado de ellos conviene ahora comentar brevemente qué son los composites utilizados en aeronáutica para aclarar las innovaciones introducidas:

Son el resultado de la unión de fibras de materiales resistentes a la tracción, como es la fibra de vidrio, de carbono, de boro, kevlar, etc. a las que se le da una forma determinada, exigida por el diseño del elemento en cuestión, gracias a un elemento, la matriz, que mantiene las fibras en la posición deseada.

Las fibras están embebidas en la matriz. En las primeras fases del proceso de producción, la matriz se encuentra en forma blanda y mediante una transformación química, una polimerización, aplicando presión y temperatura, normalmente dentro de un autoclave, y utilizando el útil apropiado que le da forma, se consigue un elemento sólido con la estructura resistente deseada. El resultado es un componente anisótropo, que gracias a la orientación apropiada de las fibras es capaz de soportar los esfuerzos a los que está sometido.

Desde el punto de vista de fabricación el proceso conlleva dos tecnologías totalmente diferentes, cuando el material es blando, en cuyo caso la tecnología es la textil, se trata de telas con su urdimbre y trama o cintas unidireccionales, y cuando el elemento está curado, en este caso la tecnología se aproxima a la de materiales metálicos.

Las ventajas que presenta un elemento de materiales compuestos en fibra de carbono pueden resumirse en las siguientes:

- En primer lugar, el peso, las estructuras en fibra de carbono son del orden del 25% menos pesadas que si se realizarán en aluminio.
- Una alta resistencia y rigidez.
- Resistencia a la corrosión, lo que le permite soportar ambientes adversos de humedad y temperatura.
- Resistencia a la fatiga.
- Flexibilidad en el diseño, la forma y las fibras están dispuestas como la pieza necesita.
- Finalmente, la alta integración, lo que supone la reducción de elementos y piezas a montar.

Pero también los composites presentan algunos inconvenientes o mejor dicho, dificultades que hay que tener en cuenta, a saber:

- El coste de las materias primas y semielaboradas.
- El comportamiento durante las fases de producción no es intuitivo.
- La necesidad de utilizar procedimientos automáticos para la producción en serie.
- Baja la resistencia al impacto.
- Su especial comportamiento en el impacto de rayos.
- La presencia de pares galvánicos con los elementos metálicos, de ahí la utilización de titanio en las uniones.
- Finalmente, los procesos de inspección son complicados y caros.

Globalmente es ventajoso, la utilización de composites en aviación cada vez es mayor; hemos pasado de un porcentaje de peso de estructura de un 5% en el A300 a un 52% en el A350.

Comenzamos la innovación en esta área muy tímidamente en el C-212. Continuamos con la introducción en algunos componentes, tales como bordes de salida y carenas marginales del estabilizador horizontal y parte de las trampas del tren de aterrizaje del Airbus A300, en una tecnología de estructura sándwich con revestimientos metálicos encolados con un núcleo no metálico tipo nomex.

Continuamos con el C-101 como ya comenté anteriormente, con las trampas del tren de aterrizaje.

Siguiendo con esa filosofía y en el Airbus A-310 se diseñaron y fabricaron las trampas del tren delantero utilizando la fibra de carbono así como los bordes de salida del estabilizador horizontal en fibra de kevlar y carbono, con resina epoxi.

De la misma forma se diseñaron varios componentes en composites para el CN-235 y C-295.

A-320



Siendo responsables del estabilizador horizontal y de las trampas del tren principal, fue en este proyecto en donde la ingeniería española dio uno de los saltos tecnológicos más importantes, diseñando dichos componentes en materiales compuestos y especialmente en fibra de carbono. Esto tuvo como consecuencia la innovación en otras áreas de fabricación y en la industria auxiliar; como ahora comentaré.

El estabilizador horizontal es completamente de fibra de carbono, incluidos los herrajes, con elementos de unión entre las dos mitades y los remaches en titanio por necesidades de evitar la corrosión.

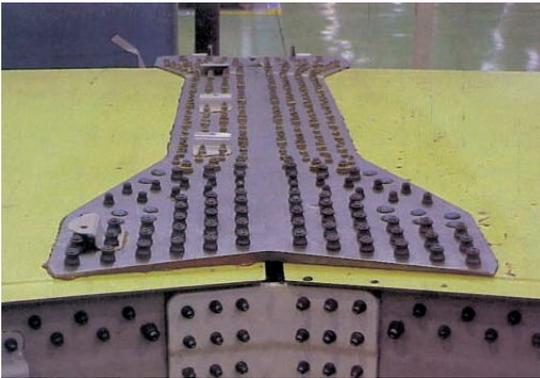
Fue la primera estructura primaria sustentadora de un estabilizador horizontal realizada en el mundo en fibra de carbono para un avión comercial.

La ingeniería de CASA, asumió en esa época, en 1982, el reto que suponía la introducción de una nueva técnica y en su nuevo producto, el A-320, que

cómo saben es un avión totalmente innovador; el de mayor éxito dentro de la familia de aviones AIRBUS.



El éxito conseguido ha hecho que hoy día la ingeniería española en este campo, sea reconocida mundialmente como uno de los líderes más cualificados.



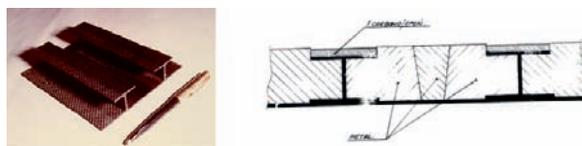
Se creó un grupo de trabajo de ingeniería basado en la innovación del ciclo completo, comenzando en las primeras etapas de investigación. Potenciamos los laboratorios de materiales para la evaluación, cualificación y certificación de los mismos, los de en-

sayos, y finalmente certificamos el producto demostrando que era capaz de soportar las cargas en condiciones extremas de humedad y temperatura.

Se colaboró intensamente con los Centros de Investigación y Universidades.

La creación de este grupo de trabajo fue obligada por la complejidad intrínseca que conlleva un elemento estructural diseñado en estos materiales.

En el A320, aparte de la innovación que supuso la utilización de composites, desarrollamos un nuevo proceso de producción para la compactación del material blando. El diseño de los revestimientos del estabilizador horizontal se hizo como se muestra en las fotos.



Los elementos longitudinales de carbono resistentes eran en forma de I, la piel se precuraba en autoclave pasando a ser una superficie dura.

Posteriormente, se posicionaban los larguerillos sobre la piel, se introducían los elementos de aluminio de compactación, que eran un mecano desmontable, se cubría con una bolsa de vacío consiguiéndose así una cavidad estanca, se introducía en el autoclave, se aplicaba presión y temperatura y después del ciclo de curado, gracias al vacío interior, a la presión fuera de la bolsa y a la dilatación térmica de los elementos compactadores, cuya precisión dimensional es crucial, se obtenía el elemento sólido, se desmoldaba y se hacía el recorte del elemento dándole la forma final.

La calidad del elemento hay que asegurarla por métodos de inspección no destructiva, proceso complicado y costoso, que se realiza con diversas técnicas.

El proceso global fue patentado.

Todo el colectivo de investigadores e ingenieros que intervinimos en el desarrollo, iniciado como decía en 1982, nos sentimos muy orgullosos del trabajo realizado.

Hoy día el diseño lo hemos simplificado cambiando la fibra de carbono en tejido por cinta y en consecuencia el proceso productivo, eliminando los largueros en I y sustituyéndolos por los de forma en L, con lo cual se ha mejorado el peso, coste y tiempo de fabricación.

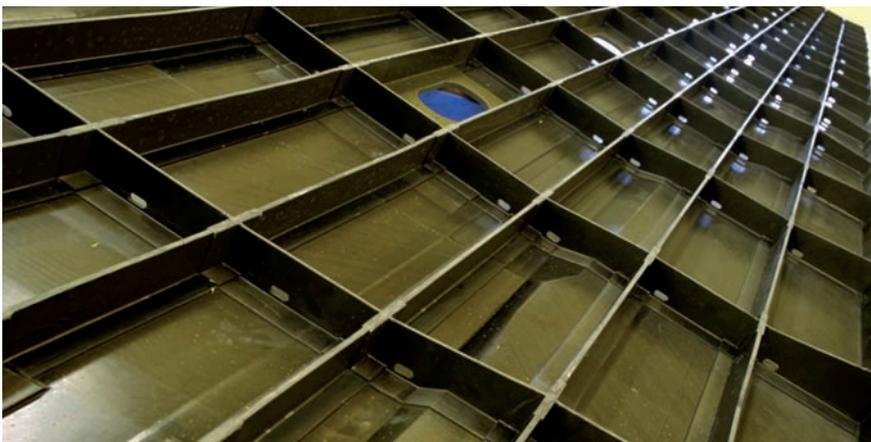
A330/A340

Comenzamos los trabajos del estabilizador horizontal en 1987, se obtiene la certificación en 1991.



En comparación con el A320, la primera dificultad consiste en las dimensiones, se pasa de una superficie de 32 m² a 70,5 m² y además por primera vez en el mundo para un avión comercial se diseña el elemento, también en fibra de carbono, siendo depósito de combustible.

En este caso se elimina la utilización de tejido, pasando a cintas unidireccionales colocadas geométricamente de tal forma que sean capaces de transmitir los esfuerzos en la dirección requerida, asimismo se incorporó el moldeo en máquinas de encintar; el sistema de cocurado, la tecnología de "hot-forming" y desmoldeo mediante robots, el proceso fue patentado por CASA como "Sistema Modular Avanzado de Cocurado".



Este concepto, totalmente innovador, tanto en su diseño como en el proceso de producción, se realizó gracias al Programa Tecnológico Aeronáutico del Ministerio de Industria.

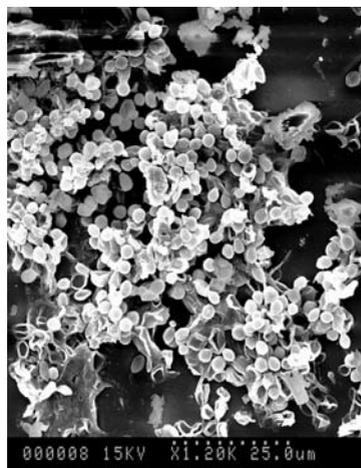
En este avión se diseñaron, por primera vez en Airbus, los timones de altura en laminado sólido.

El hecho de ser depósito integral de combustible nos llevó a la necesidad de realizar todo un programa de investigación para determinar qué sucedería con los microorganismos presentes en el combustible, si atacarían a la resina de la fibra de carbono o no.

Todo un programa de ensayos en diversas condiciones de humedad y temperatura y diferentes cepas de microorganismos, de ello quiero mostrar una foto de los cultivos tomada con microscopio electrónico.

Demostramos que no existía ningún efecto de destrucción de la resina por los microorganismos.

Finalmente para este modelo, CASA realizó el diseño y fabricación de los capots de motor en fibra de carbono también, con un proceso innovador consistente en técnicas de moldeo automático de cintas y fibras, eliminándose así la tradicional estructura de sándwich que se utilizaba hasta ahora.



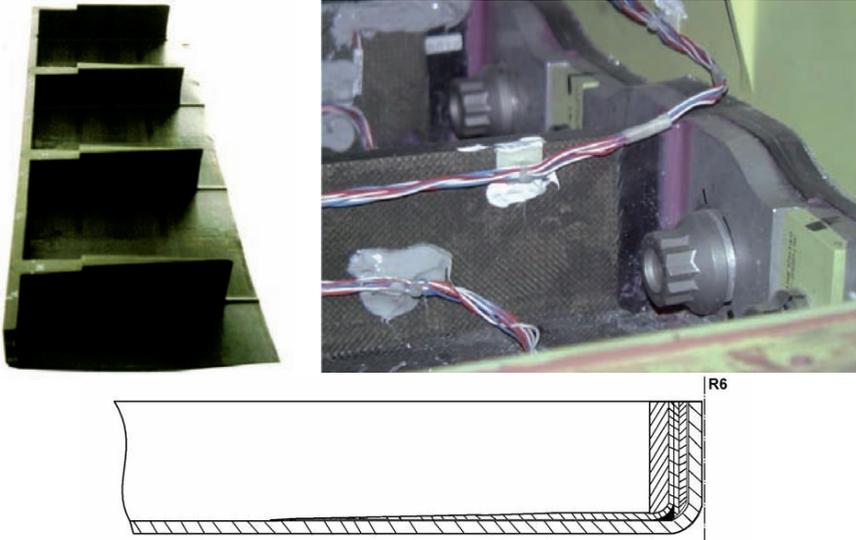
Demostrador del A3XX, el GSS

A principios de los noventa, se comenzaban los primeros estudios conceptuales de un avión de pasajeros de gran capacidad, lo que luego sería el A3XX y finalmente, el A-380. Anticipábamos que la superficie del estabilizador horizontal requerida para un avión de este tipo sería del orden de los 200 m², salto muy considerable respecto al A-340-600, que es del orden de los 80 m². Así que dentro del Programa Nacional de I+D para Sector Aeronáutico lanzado en 1993, investigamos en el área de Grandes Superficies Sustentadoras, GSS.

Esta área de investigación fue liderada por CASA con la contribución de muchos estamentos y empresas relacionadas con el sector; tales como universidades, centros e institutos de investigación, fabricantes de materia prima y de maquinaria y bienes del equipo.

Se terminó en 1998 con un gran éxito, lo que preparaba a la industria aeronáutica nacional, para acometer el estabilizador en el futuro avión.

Aparte de procesos de innovación muy variados en muchas áreas, quiero indicar solamente uno. Se trata de la unión de los revestimientos que componen los dos semiestabilizadores.



En este concepto los esfuerzos longitudinales se transmiten de una parte a la otra a través de bulones a tracción, esto era cambiar radicalmente el concepto tradicional de la unión a cortadura, con la ventaja asociada de simplicidad de montaje y disminución de peso.

El concepto innovador exige doblar el elemento antes de ser curado, doblar todas las fibras que componen el composite sin que aparezcan delaminaciones o arrugas.

El proceso de fabricación demostró la factibilidad de poder realizarlo doblando las fibras en blando, que luego gracias a un utillaje preciso se curaba en autoclave como es normal.

Este tipo de unión fue ensayada con todo éxito en un demostrador que se ensayó tanto a cargas estáticas como de fatiga. Este concepto, junto con otras particularidades del diseño, fue patentado.

Con la experiencia de este desarrollo tecnológico entramos en el A380.

A380

El avión A380 representa un antes y un después en el concepto del transporte de pasajeros. El avión en su conjunto es totalmente innovador; capaz de transportar más de 600 pasajeros y con aplicación masiva de nuevas tecnologías.



Para la ingeniería española y la industria aeronáutica nacional, también es innovador no sólo por el trabajo y la cantidad de recursos empleados, sino por el salto tecnológico que ha supuesto. La fábrica de Airbus en Illescas, en donde se producen los elementos estructurales de fibra de carbono, es actualmente la mayor a nivel mundial con la más alta tecnología. En ella se procesa el 10% de la fibra en aplicación aeroespacial mundial y el 50% de la de Airbus.

Comenzamos los estudios de definición de los elementos, bajo responsabilidad de la ingeniería española, a finales del año 2000. Entre otros componentes, somos responsables del estabilizador horizontal, como es tradicional y por primera vez de las dos secciones finales del fuselaje, secciones 19 y 19.1 y de la carena ala-fuselaje.

Del estabilizador horizontal quiero mencionar la dificultad en tamaño que supone un elemento de 205 m² de superficie, construido también en fibra de carbono, siendo tanque de combustible.



Es la mayor superficie sustentadora de este tipo diseñada para un avión comercial, se ha realizado utilizando criterios de diseño, sistemas, modelos de cálculo, procesos y medios de producción españoles.

Se ha aplicado toda la experiencia acumulada en los programas previos, evolucionando algunos procesos, por ejemplo, pasamos de coencolar pieles duras con larguerillos blandos a cocarar ambos elementos a la vez.



La sección 19, parte del fuselaje posterior en donde se unen tanto el estabilizador horizontal, como el vertical, así como la sección 19.1, como final que aloja el motor del sistema de potencia embarcado, el APU, habían sido diseñados metálicos en los conceptos previos del avión, como era tradicional en toda la familia de aviones Airbus. Cuando se le asignó esa responsabilidad a Airbus España, inmediatamente cambiamos el concepto para pasarlos a fibra de carbono.



Era un reto considerable, ya que hasta ese momento nuestra experiencia acumulada se centraba en superficies de una sola curvatura. En este caso, dada la forma aerodinámica del fuselaje, se trataba de superficies de doble curvatura. Se trata de una estructura altamente exigida desde el punto de vista de esfuerzos, realizada con métodos de cálculo españoles y que utiliza la tecnología de "fiber placement" o posicionamiento de fibras, diseño totalmente innovador ya que es la primera vez en el mundo que se realiza una sección de fuselaje en fibra de carbono para un avión comercial de tales características. Con esta tecnología ha sido posible diseñar y fabricar el elemento, dotando a cada punto del espesor de material necesario para soportar los esfuerzos, consiguiéndose un ahorro considerable de peso, aparte de las ventajas ya mencionadas.

La sección 19.1, como final de cola, siendo también en fibra de carbono, tiene la dificultad añadida de albergar en su interior el motor APU, lo que ha obligado a una selección de materiales y procesos que dan como resultado un elemento capaz de soportar las temperaturas generadas por el mismo.

También en el área de estructuras, el diseño y proceso de producción empleados en trampas del tren de aterrizaje son novedosos, se ha pasado de la estructura de sándwich tradicional a la de laminado sólido, utilizando también la técnica de "fiber placement".

En el área de sistemas, el avión incorpora por primera vez en un avión comercial una arquitectura de mandos de vuelo con un sistema hidráulico de

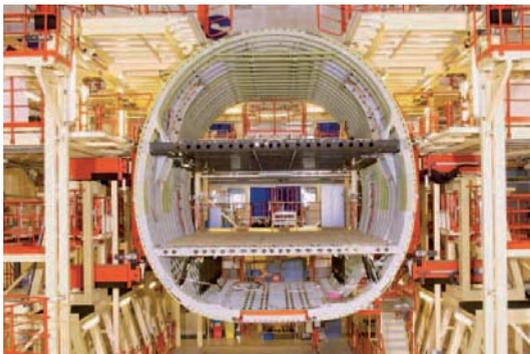
5.000 psi, doble hidráulico/eléctrico (2H/2E), una aviónica modular, un sistema de generación de potencia eléctrica de frecuencia variable.

En todas estas áreas la ingeniería española ha estado también presente, particularmente dentro del sistema hidráulico con la empresa CESA (Compañía Española de Sistemas Aeronáuticos), la innovación española ha consistido en el diseño, desarrollo y fabricación del subsistema presurizado de almacenamiento hidráulico cambiando el concepto tradicional, por el de fundidos de grandes dimensiones de aluminio. También se ha innovado en otros elementos hidráulicos bajo su responsabilidad, como en el actuador del tren de morro.

No puedo olvidar la importantísima contribución en el área de la propulsión del A380. La ingeniería española, gracias a la empresa ITP (Industria de Turbo Propulsores, S.A.) es líder en su área a través de los motores, turbinas y componentes que se instalan en los aviones Airbus, los motores de la familia Trent. Esta empresa innova en diversos componentes bajo su responsabilidad.

En el Trent 900, motor del A380, la ingeniería ha participado desde el principio en todas las fases del diseño, incorporando nuevos conceptos y métodos de cálculo aerodinámico para las turbinas de baja presión, gracias a los programas de desarrollo tecnológico propios. Además la contribución en otras áreas tales como subsistemas del estabilizador horizontal y de la sección S19.1 en el APU han sido fundamentales e innovadores.

En este programa, la ingeniería española no sólo ha estado presente en el desarrollo de los elementos bajo responsabilidad nacional sino también en otros, por ejemplo la empresa M. Torres ha diseñado y fabricado el complejo y sofisticado utillaje para montar el fuselaje uniendo los diversos tro-



zos que lo componen. Ha incorporado la tecnología láser, lo cual representa una innovación en los procesos de unión tradicionales.

La foto muestra la grada de montaje instalada en la planta de Airbus en Hamburgo.

Finalmente quiero mencionar la contribución de la ingeniería en todos los elementos citados, a través de un número muy considerable de empresas colaboradoras, empresas de ingeniería, de utillaje, de medios de producción y de inspección no destructiva.

BIENES DE EQUIPO

La innovación introducida en los productos mencionados anteriormente no hubiera sido posible sin la contribución de la ingeniería de distintas especialidades, a través de empresas del sector y de muy diversa índole.

Se trata de un conjunto de más de 200 empresas del sector aeroespacial de distintos tamaños, en los que la ingeniería es el núcleo y que de una forma u otra han aportado innovación a sus productos. Naturalmente no puedo mencionarlas a todas por limitaciones de tiempo. Sólo comentaré las áreas de:

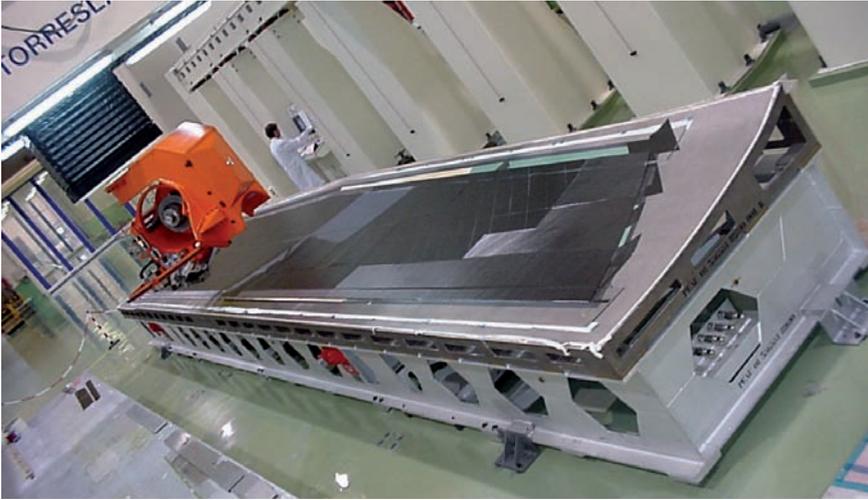
- Encintado y automatización
- Inspección no destructiva
- Utillaje

Encintado y automatización

La empresa M. Torres destaca mundialmente por la innovación en los sistemas y procesos de producción automatizados incorporando tecnologías muy avanzadas.

Los nuevos materiales, así como las posibilidades de las nuevas máquinas automáticas hacen posible aplicar en el diseño criterios específicos que conllevan una mejora de peso y costes de producción.

En el campo de máquinas, hay que mencionar las diversas máquinas de encintado automático, de "fiber placement", la máquinas de ensamblado automático de clips y la máquinas de soldadura láser; etc., desarrollos en muchos aspectos únicos en el mundo que han permitido la fabricación de componentes tanto metálicos como de fibra para fuselajes y elementos sustentadores.



Inspección no destructiva

Los procesos productivos en fibra de carbono exigen que el producto carezca de defectos tales como delaminaciones y porosidades, esto obliga a que, hoy día, el 100% de las piezas deben ser inspeccionadas y en un 100% de sus puntos, proceso que consume mucho tiempo y es costoso.

Las empresas relacionadas con estos procesos se han especializado, han innovado y han producido procedimientos y máquinas capaces de realizar la inspección dentro de los parámetros de fiabilidad y coste necesarios.

Los procedimientos se centran en la inspección ultrasónica pulso-eco utilizada en muchas áreas de la industria.

Las exigencias industriales han obligado a la producción de máquinas automáticas, cada vez con más capacidades de inspección simultánea y más fiables.

La empresa Tecnaton es una de las que más ha innovado en esta área.

Las primeras máquinas disponían de un solo canal para examinar una línea del elemento. Para el A380 fue desarrollada una máquina capaz de examinar a la vez hasta 32 canales separados a una distancia suficientemente pequeña como para poder asegurar la calidad.

La foto muestra una de las máquinas instalada en el centro de Airbus de Illescas.



Utillaje

Finalmente quiero mencionar el gran impacto que la ingeniería especializada en utillaje ha tenido en la industria aeronáutica española.

Ya mencioné anteriormente a M. Torres, empresa de la que disponemos utillajes especializados en Puerto Real y Hamburgo.

Quisiera comentar que para el estabilizador horizontal del A380, dadas las grandes dimensiones de los componentes, la complejidad y los tiempos reducidos de producción, la ingeniería de empresas como Aritex, ha innovado en esta área, utilizando sus conocimientos en automatización, y la experiencia en el sector de la automoción.

Esta empresa ha desarrollado con todo éxito diversos utillajes, como son los de manipulación de grandes elementos en Illescas o los de montaje del estabilizador del A380 en Getafe.



ÚLTIMOS DESARROLLOS

MRTT

El “Multi Role Tanker Transport” es un ejemplo de innovación al transformar un avión de transporte de pasajeros en un avión adaptado a diversas misiones militares, tales como avión tanquero capaz de recibir y suministrar combustible en vuelo a otros aviones, además de sus posibilidades de carga.



La ingeniería española es líder en este campo, no sólo por la transformación en sí del avión, partiendo de un Airbus A330, sino por el novedoso sistema de abastecimiento de combustible.

Las misiones fundamentales son las de:

- Soporte a los aviones de combate aéreo.
- Despliegue de cazas.
- Soporte a las flotas de aviones.

Y el avión es capaz de:

- Reabastecimiento en vuelo (suministrar y recibir combustible).
- Transporte de carga y/o pasajeros o tropas.
- Evacuación médica.

Para ello el avión está dotado de un receptáculo capaz de recibir combustible, dos “pods” bajo el ala capaces de suministrarlo y un cuarto elemento, el “boom” situado en el fuselaje posterior capaz de suministrarlo

también. Dispone además el avión de un complejo sistema de control para el reabastecimiento, aviónica y comunicaciones militares, así como una protección activa de láser pulsante contra misiles guiados por infrarrojos.



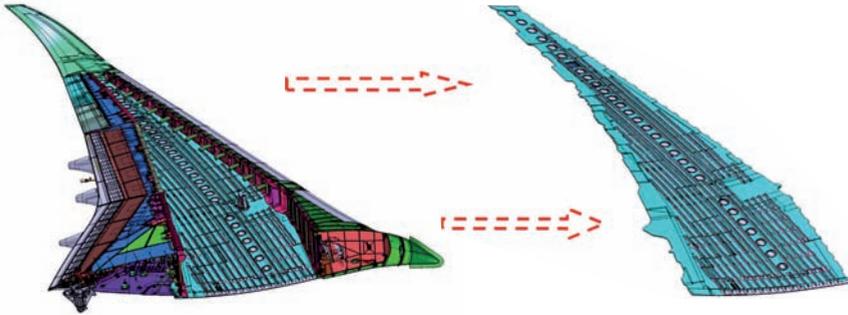
El “boom” es único en el mundo, ha sido desarrollado por la ingeniería española con una cuidadosa conjunción de especialidades tales como aerodinámica, cargas, estructura, sistema eléctrico-electrónico de control, control de vuelo del “boom” y sistema de visión capaz de operar día y noche.

A350

Este avión está en pleno proceso de desarrollo. El primer vuelo está previsto para 2012.



En este desarrollo no sólo los estabilizadores son de fibra de carbono, sino también el fuselaje completo y el ala. Dada la capacidad tecnológica demostrada en los aviones anteriores, a la ingeniería española se le han encomendado otros nuevos elementos, en donde vamos a tener la oportunidad de introducir conceptos innovadores.



En primer lugar los revestimientos del ala serán, por primera vez en Airbus, diseñados y fabricados en fibra de carbono, tendrán una longitud de 33 m y una anchura de 5,5 m, lo que supone nuevos retos tecnológicos de todo tipo, especialmente si tenemos en cuenta que todo el diseño industrial está hecho para producir 13 aviones por mes. La industria auxiliar, tanto de utillaje, como de máquinas se enfrenta al diseño de las mismas y a resolver dificultades que están por venir.

La parte posterior del fuselaje, la sección 19, elemento con doble curvatura en fibra de carbono, innovará, respecto al A380, en el diseño y método de fabricación ya que, en lugar de ser 6 paneles que luego se unen entre sí ahora será una sola pieza cónica de 360°, como decía, con doble curvatura, lo que obliga a utilizar técnicas de "fiber placement", con un utillaje diseñado para permitir el desmoldeo de la pieza después de curar en el autoclave.

Con relación a los estabilizadores horizontal y vertical, como final del fuselaje y carena ala-fuselaje, que en este programa han sido asignados a empresas españolas tales como Aernnova, Grupo Aciturri-Aries y Alestis estoy seguro que continuarán innovando y demostrarán, una vez más, la capacidad tecnológica de la ingeniería y en general, de la industria española, en este campo.

La experiencia española en secciones de fuselaje en fibra de carbono ha servido para que sea la base del diseño del fuselaje completo en dicho material.

Efectivamente, la contribución de la ingeniería de Airbus España, tanto de diseño como de desarrollo está siendo fundamental para A350.

La experiencia acumulada después de la primera aplicación mundial de la fibra de carbono en fuselaje, como ya he comentado en el A380, unido a la histórica participación española en Airbus y su liderazgo en el desarrollo de la fibra de carbono han dado como consecuencia que no sólo se le haya asignado el diseño, desarrollo y fabricación de elementos principales comentados anteriormente, sino que puestos y funciones clave en la organización de diseño y desarrollo de la estructura, están ocupados por ingenieros españoles.

Esta organización es la responsable del desarrollo conceptual y de la definición de todos los principios de diseño y fabricación de la estructura. De los casi mil ingenieros trabajando en esta área un tercio son españoles.

Los métodos y herramientas de cálculo desarrollados para el A350 tienen origen español y los sistemas de fabricación del primer fuselaje de carbono de Airbus siguen los conceptos desarrollados en Airbus España, además, los revestimientos del ala se basan en el sistema español y los inferiores se fabricarán en la planta de Airbus en Illescas.

La ingeniería española ha demostrado su conocimiento y su alta capacitación profesional, contribuyendo significativamente en toda la estructura del avión, en un entorno transnacional, multicultural y globalizado.

Todos nos sentimos orgullosos de esta contribución de la ingeniería española al primer avión de Airbus totalmente de fibra de carbono.

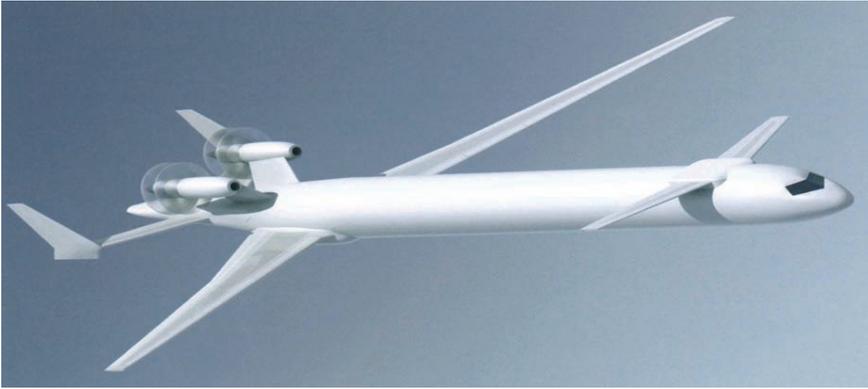
CONCLUSIÓN

A pesar del relativamente pequeño peso de la ingeniería aeronáutica española en el mundo, hay tres áreas que constituyen nuestras fortalezas y en las que somos líderes:

- Composites, fibra de carbono.
- Bienes de equipo.
- Integración de aviones.

Ello ha sido posible gracias al esfuerzo de innovación constante, a la asunción de riesgo por parte de las empresas y al apoyo a este sector estratégico por parte de las instituciones y organismos locales, regionales y nacionales, mencionar al Ministerio de Industria, CDTI, Dirección General de Aviación Civil e INTA.

El futuro está garantizado siempre que seamos capaces de mezclar adecuadamente los ingredientes de innovación, asunción de riesgo, apoyo institucional, con los nuevos factores de externalización e internacionalización.



En un mundo globalizado como en el que vivimos en el que la tecnología invade todos los sectores de la sociedad y nuestra vida, que lo ha cambiado todo, hay que conjugar adecuadamente la innovación a través del conocimiento con los medios productivos y áreas de bajo coste.

En el área aeronáutica en poco más de 100 años hemos pasado del primer vuelo realizado por los hermanos Wright, a un avión como el A380, que sirve a la sociedad revolucionando el concepto de transporte, con un uso masivo de innovaciones y nuevas tecnologías.

En los futuros proyectos, el camino aún está por recorrer, y pasa por la innovación continua. La ingeniería española ha dado, y está dando ejemplo de ello, estoy seguro que continuaremos haciéndolo, basta con la voluntad y el apoyo de todos los agentes involucrados.

Y una reflexión más, las leyes de economía del mercado, la necesaria disminución de costes en un mundo tan competitivo como el nuestro, el aeronáutico, obligan a transferir gran parte de la producción a países de bajo coste o a aquéllos en los que la misma es en dólares, dada la actual paridad euro-dólar:

Los países industrializados estamos obligados a concentrarnos en actividades de alto valor añadido, en actividades del conocimiento y la innovación.

Cuanto antes seamos conscientes de ello en la industria aeronáutica española, antes nos adaptaremos y nos dedicaremos a las actividades mencionadas.

La innovación es la única forma de seguir teniendo éxito en este mundo globalizado.

La inteligente combinación de innovación e internacionalización son los factores a combinar para continuar siendo líderes en nuestro campo y en otras áreas nuevas, en las que nuestra ingeniería ha dado y sigue dando ejemplo de buen hacer, aglutinando las actividades del conocimiento en el tejido aeronáutico industrial con alta tecnología y alto valor añadido.

La formación de los ingenieros aeronáuticos, el apoyo institucional y la innovación son los tres pilares básicos en los que se sustenta nuestra industria aeronáutica.

Estoy seguro que continuaremos en esta línea.

Me he dejado muchas cosas en el tintero, pido perdón a mis compañeros por no haberlas abarcado todas, les doy las gracias por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos y termino como empecé:

La contribución de la Ingeniería Española a la Innovación ha sido fruto del trabajo de un gran equipo del que he formado parte y dirigido, me siento

orgullosa, quiero continuar trabajando con la Academia, con los compañeros de profesión, con los agentes sociales, con las Administraciones y con las empresas para que la Aeronáutica y en general la Ingeniería Española siga creciendo y alcanzando las cotas que nos merecemos.

Muchas gracias por su presencia y atención.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos los compañeros y amigos que me han ayudado con sus sugerencias, recopilación de información, datos y a la preparación de este discurso. Ellos me han apoyado en todos los aspectos, especialmente en mis carencias, que son muchas y que gracias a ellos, ya son menos.

Especial agradecimiento a:

Pedro Muñoz
Kurt Schleicher
Luis Gracia
Rafael Acedo
José M. Porcel
José Antonio Martínez
Elena Escudero
Maribel Díaz
Eva Medina
Guadalupe Luna
Yvonne Paulsen
Esther Mostaza

Y todos aquellos que de alguna forma también han colaborado.

CONTESTACIÓN

EXCMO. SR. D. CÉSAR DOPAZO GARCÍA

Excelentísimo Señor Presidente.
Excelentísimos Señoras y Señores Académicos.
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades.
Señoras y Señores.

Es para mí un honor dar la bienvenida en nombre de la Real Academia de Ingeniería a Manuel Hita Romero y responder a su discurso de ingreso en esta Institución. Intentaré exponer su destacada labor docente, así como su actividad empresarial, innovadora y gestora, en el Sector Aeronáutico, tareas que justifican la propuesta de su candidatura para Académico y la medalla que hoy se le otorga.

Permítanme que comience recordando al Académico Antonio Barrero, distinguido y querido compañero, fallecido recientemente. Echaremos en falta su capacidad, rigor y crítica constructiva, y añoraremos su amistosa, docta y afable personalidad.

Manuel Hita Romero nace en Granada el 9 de febrero de 1945. Está casado, tiene tres hijos y reside en Madrid.

Ingeniero Aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en la que cursa sus estudios entre 1963 y 1969, fue número dos de su promoción. Comparto con él la realización de un ambicioso Proyecto de Fin de Carrera sobre "Avión Supersónico de Geometría Variable para el Transporte de Pasajeros" que, salomónicamente, tuvimos que segregar en dos documentos, ya no recuerdo si autoconsistentes, de cara a su defensa individualizada y de resultados desiguales. Recuerdo el buen sentido del humor del compañero Manolo, hombre práctico, siempre preocupado por la eficiencia (argumentaba, por ejemplo, el ventajoso uso del jarapillo frente a técnicas alternativas para mejorar resultados en el lavado manual de las camisas); estudioso y muy dedicado a su carrera, con su vida repartida entre la Residencia de Cea Bermúdez y la Escuela. Mien-

tras tanto, otros se distraían con las múltiples oportunidades lúdicas, políticas y culturales del Madrid de la década de 1960.

Oigo a Don Bernardino, el Profesor de la asignatura de Resistencia de Materiales, pasando lista, quien, al nombrar a Manolo como "Señor Hita", provocaba, al principio, las primeras risas de la mañana y, después, sonrisas de media comisura.

Entre 1967 y 1969 Manuel Hita es alumno becario en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).

El Sr. Hita es seleccionado en 1969 por Ricardo Valle, Director de Proyectos de Construcciones Aeronáuticas, S.A. (CASA) y Catedrático de Mecánica Racional de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ETSIA) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), como Profesor Encargado de curso para que le ayudara en el desarrollo de esta asignatura; este encargo era una prueba de la gran consideración que Don Ricardo tenía de su valía como ingeniero y docente; ocupa esta plaza hasta 1974 y en ella demuestra excepcionales dotes para la docencia.

En 1975 es nombrado Profesor Adjunto Interino de la Cátedra de Mecánica de la ETSIA de la UPM, plaza que ocupa hasta 1984.

Realiza su Tesis Doctoral sobre el "Estudio de un sistema pasivo de amortiguación de satélites"; la defiende en 1976, con la calificación de Sobresaliente, y obtiene el grado de Doctor Ingeniero Aeronáutico por la UPM. En 1985 consigue por oposición la plaza de Profesor Titular de Universidad en la ETSIA de la UPM, aunque en 1986 ha de pedir la excedencia forzosa debido a la Ley de Incompatibilidades.

En paralelo con sus tareas docentes en la UPM, Manuel Hita ingresa en julio de 1969 en Construcciones Aeronáuticas, donde ha desarrollado su actividad profesional desde entonces. Se incorpora a la Dirección de Proyectos, sección de Cálculo y Ensayos Estructurales, y trabaja en cargas, estructuras, aeroelasticidad, ensayos estructurales y en vuelo, vibraciones, dinámica y estabilización, y en su aplicación al diseño de los aviones C-212, C-401, C-101 y CN-235 y al Satélite INTASAT; la actividad de este grupo es fundamental para poder conseguir la certificación de aviones de acuerdo

con la normativa americana FAR.25, tal como se había acordado con el Ministerio del Aire para poder tener, además de la aplicación de transporte militar, la de transporte civil de pasajeros. El Subdirector de Proyectos es a la sazón el admirado y desaparecido Académico José Luis López Ruiz, con quien colabora muy eficazmente en el desarrollo de los proyectos de los citados aviones, "aportando grandes dotes de creatividad e ingenio para resolver los continuos problemas planteados".

En 1975 es nombrado Jefe de la Sección de Cálculo de Cargas, Determinación de Esfuerzos, Fatiga y Comprobación de Resistencia dentro de la Subdirección General de I+D. Entre 1977 y 1979 desempeña el cargo de Coordinador General de los Ensayos en Vuelo del Avión C-101, con responsabilidades en la Dirección Técnica y Gestión sobre las áreas de Proyectos en Producción y Unidad de Vuelo y contribuye con sus conocimientos a su mejora.

En 1983, al dejar López Ruiz la Dirección de Proyectos de CASA, el Comité de Dirección propone como sustituto a Manuel Hita por considerar que es el candidato más adecuado entre los casi 300 ingenieros de la Dirección en aquel momento. Los directivos de CASA deciden este mismo año dotar la Dirección de Proyectos con un Taller de Modificaciones y Desarrollo de prototipos, para evitar tener que acudir a la factoría de Getafe, más implicada en la fabricación en serie y en el mantenimiento de aviones; se nombra Director de estas instalaciones, que incluyen también un importante centro de ensayos estructurales, al Dr. Hita, quien asume la tarea de su definición y puesta en funcionamiento. Simultáneamente, se realizan los trabajos para un nuevo prototipo de avión, el CN-235, desarrollado en colaboración con Indonesia pero con la Dirección Técnica de CASA; esto implicaba un trabajo adicional de enseñanza a los ingenieros indonesios.

En 1990, como Director de Ingeniería de Desarrollo y Director Adjunto a la Dirección de Proyectos y Sistemas, emprende la tarea de modernizar el avión CN-235, aprovechando las posibilidades que ofrecen nuevos motores y nuevas hélices, para dar origen al nuevo avión C-295; éste es actualmente el heredero de una trayectoria de éxito internacional, iniciada con los aviones C-212 y CN-235, de proyectos aeronáuticos españoles. Quizás por esta razón, al integrarse CASA en EADS, la Presidencia de la

División de Aviones de Transporte Militar es concedida al Presidente de CASA, situación que continúa en la actualidad.

Desde 1998 y hasta 2000, el Dr. Hita-Romero ocupa el puesto de Director de los programas A3XX y FAC-728 en CASA. A continuación, asume en AIRBUS España entre 2000 y 2002 la Dirección del Programa y la responsabilidad del ACMT Empenaje del A380.

Manuel Hita es nombrado Director General de AIRBUS España en julio de 2002, puesto que desempeña hasta su jubilación en 2009. Bajo su dirección, esta empresa experimenta un enorme desarrollo y consigue unos resultados técnicos y económicos sobresalientes, dentro de AIRBUS Industries, reconocidos a nivel internacional. Esta actividad empresarial se independiza de CASA (ya Military Transport Division de EADS) e Hita forma parte del Consejo de Administración de EADS-CASA.

Bajo la dirección de Manuel Hita, AIRBUS España ha pasado de contar simplemente con unas instalaciones de fabricación en Getafe, cedidas para la continuidad de las que en este campo realizaba anteriormente CASA, a constituir una parte importante de AIRBUS Industries, con instalaciones punteras en Illescas y Puerto Real. Lo más destacable es que, además de cumplir con los requisitos de una fabricación de alta calidad, respetando plazos y con unos beneficios económicos, al contrario de lo que ha sucedido en empresas de otros países, AIRBUS España se ha acreditado internacionalmente como industria de excelencia en el proyecto y fabricación de elementos básicos de aviones en materiales compuestos de fibra de carbono. El sector aeronáutico español se sitúa de esta manera en una posición privilegiada para un futuro inmediato y garantiza su continuidad en un mundo de altas tecnología y competitividad.

El Dr. Hita ha recibido la Medalla del INI a la Concordancia en el Trabajo en 1991 y la Gran Cruz de Primera Clase al Mérito Aeronáutico con distintivo en 1993. Ha sido Miembro del Consejo Asesor de la Subdirección Técnica del INTA (1995) y del Comité Ejecutivo de AIRBUS SAS.

Manuel Hita nos ha recordado en su discurso que los estudios de Ingeniería Aeronáutica en España nacen en 1928 con la fundación de la Escuela Superior de Aerotécnica, en un contexto mundial de entusiasmo por esta-

blecer las bases de una nueva y apasionante aventura científica, ingenieril y empresarial. La Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos y los estudios civiles de la Escuela Especial de Ingenieros Aeronáuticos son instituciones instrumentales y esenciales en la transición hacia la actual Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ETSIA) de la UPM que, tras los acuerdos de Bolonia, pasará a denominarse Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio. Desde el principio la excelencia en la formación básica ha sido el *leitmotiv* de todas estas instituciones; entre su profesorado se cuentan Julio Palacios, Ricardo Sanjuán, X. Morán, Gregorio Millán..., científicos e investigadores del más alto nivel. La historia de éxitos de la industria aeronáutica española necesariamente se ha de retrotraer a aquellos excelentes docentes y a los que les sucedieron. Esta historia es la confirmación de la regla de que la calidad y la excelencia no se improvisan, no conducen rápidamente a la competitividad empresarial y requieren un largo proceso de incubación, maduración y retorno. Que los ingenieros aeronáuticos de la UPM hayan demostrado su cualificación profesional en variadas actividades industriales, se debe no tanto a las materias de su formación específica como a la calidad y rigor de su preparación.

Otro punto del interesante discurso del Académico electo que deseo resaltar se refiere a la reciente proliferación de otras Universidades, aparte de la UPM, que han implantado estudios de Ingeniería Aeronáutica. Las motivaciones se han de buscar, a menudo, en intereses políticos cortoplacistas para crear precipitadamente una sociedad local del conocimiento, en una ingeniería avanzada y de alto valor añadido, que permita negociar inmediatamente la implantación de empresas del sector en un territorio determinado y poner en marcha la máquina de discursar movida por promesas, frecuentemente utópicas, de incremento de la competitividad, de generación de puestos de trabajo de alta cualificación y, en suma, de un futuro más próspero. La dotación de docentes e investigadores de excelencia, así como de infraestructuras sofisticadas, y la cuantiosa inversión a realizar para obtener resultados a largo plazo no son, por desgracia, parte del cálculo político cuatrienal o, en el mejor de los casos, octoanual. Se ha de reflexionar seriamente si el énfasis se ha de poner en la cantidad o si, por el contrario, ha de seguir vigente el modelo, anteriormente mencionado, e histórica y experimentalmente contrastado, para la formación aeronáutica en España, con un proceso riguroso que imperiosamente conduzca a la calidad a medio y largo plazo. La exigencia continuada y cre-

ciente de la Industria Aeronáutica por los estándares de calidad y excelencia pondrá, también, una condición de contorno fuerte sobre los centros de nueva creación para buscar sus “nichos” de excelencia.

La Ley de Incompatibilidades hizo que el Profesor Hita tuviese que solicitar la excedencia de su plaza de Profesor Titular en 1986, privando a la UPM de la valiosísima transferencia de sus conocimientos empresariales. En una Universidad en busca de identidad, que ha utilizado aviesamente en las últimas décadas la figura de Profesor Asociado, la separación de docentes valiosos es un indicador de una política de parches que conducen a la mediocridad y al abatimiento de quienes vivimos por y para la docencia y la investigación.

Nos recuerda el Dr. Hita en su discurso que, aunque en términos relativos el sector aeronáutico español tiene un peso pequeño en el mundo, éste ha experimentando en la última década una espectacular evolución, conjugando fortaleza y liderazgo en materiales compuestos de fibra de carbono, en bienes de equipo y en integración de aviones. Los factores que, según él, explican este éxito son el esfuerzo de innovación, la asunción del riesgo por parte de las empresas asociadas y el apoyo estratégico al sector de instituciones y organismos locales, regionales y nacionales.

Coincidiendo en la esencia con estas apreciaciones, quisiera matizar que añadir innovación (con i minúscula) a las siglas I+D siempre me ha parecido una adición estratégica espuria, quizá, inventada por un gestor poco escrupuloso (dado que ni la I ni la D tienen entidad suficiente en el entorno empresarial, desplácese el acento hacia un sucedáneo moderadamente distante con el que pudieran confundirse). La innovación por sí sola (como aplicación de ideas, conceptos y prácticas nuevos, así como de productos y servicios para incrementar la productividad o para mejorar una actividad) no refleja la solidez de un sistema de ciencia, tecnología y empresa. Innovamos cada día para corregir errores, adaptarnos y sobrevivir. Sin embargo, los nuevos conocimientos se generan mediante Investigación y Desarrollo. Incluso con la reducción de las escalas temporales investigación-mercado que las nuevas herramientas de comunicación han inducido, asociaría la I+D al medio/largo plazo y la innovación al tiempo inmediato. La maestría mundial en fibra de carbono alcanzada por AIRBUS España contiene indudablemente importantes dosis de I+D, junto a unas aplica-

ciones innovadoras. Es aventurado pensar que en un inmediato futuro las actividades de AIRBUS España en I+D, posiblemente externalizadas, se vayan a incrementar, aunque parezca verosímil, deseable y, quizá, necesario.

Manuel Hita, como máximo responsable de AIRBUS España, ha sabido aunar externalización e internacionalización de la innovación y de la producción en un mundo global, con una gestión de costes económicamente sostenibles. Su visión de que los países industrializados están obligados a centrarse en actividades del conocimiento y de la innovación con un alto valor añadido y a transferir parte de la producción a áreas geoestratégicas estables y de bajo coste es una clave del éxito.

Es pertinente hacer, finalmente, unas breves reflexiones sobre el sector Aeronáutico mundial y español. Las proyecciones de mercado mundial auguran en promedio un crecimiento anual de tráfico aéreo de pasajeros cercano al 5%, que, previsiblemente, en 2020 se duplicaría con respecto a 2005. Estas expectativas permiten ser optimistas sobre el futuro.

Los hitos de la historia sucinta del sector aeronáutico español en las cuatro últimas décadas son reveladores. CASA firma en 1972 el primer acuerdo con AIRBUS Industries. La SEPI anuncia en 1998 la decisión de privatizar CASA. En 1999 CASA se une a EADS (European Aeronautics Defence and Space Company) como socio fundador. En 2000 se crea oficialmente EADS y se presenta en las Bolsas de Frankfurt, París y Madrid. En 2001 se inicia EADS S.L., se adopta la nueva denominación de AIRBUS España S.L., segregándose de EADS-CASA e integrándose en AIRBUS Industries. En 2009 nace AIRBUS Military.

La integración transnacional orienta las actividades de AIRBUS en España a la Ingeniería de Diseño y Procesos, al Desarrollo e Integración de Sistemas, a la operación del Centro de Excelencia en Materiales Compuestos Avanzados, al Diseño Conceptual de Utillaje y a la integración, entrega y apoyo en servicio de componentes aeronáuticos principales.

AIRBUS cuenta en España con instalaciones en varias CCAA y con unos 8.000 empleados directos. Unos datos reveladores son que la factoría de Illescas representa el 50% de las aplicaciones de fibra de carbono de AIRBUS y del 10% de su consumo mundial en el sector aeroespacial. AIRBUS España tiene,

además, responsabilidades transnacionales en Hamburgo (Ingeniería), Stade (estabilizadores verticales de cola) y China (un Centro de Ingeniería y una fábrica en fase de construcción).

Los nuevos Programas de AIRBUS en España están permitiendo un incremento sustancial de actividad en el Sector; el empleo de las más avanzadas tecnologías de fabricación en materiales compuestos, un cambio del concepto clásico de subcontratista al de colaborador a riesgo, la consolidación de un tejido industrial aeronáutico con AIRBUS como núcleo tractor y la participación de empresas de casi todas las CCAA españolas, con la implantación de polos aeronáuticos en varias de ellas. El apoyo institucional ha sido vital para el desarrollo del Sector Aeroespacial español en la última década (en Andalucía trabajan más de 5.500 personas en más de 100 empresas ligadas al sector; en el País Vasco más de 4.000 y en Castilla-La Mancha más de 2.600); en éstas y otras regiones se ha experimentado un cambio del modelo productivo al apostar por un sector industrial de vanguardia, con un alto valor añadido. Todo lo anterior se traduce en la creación de empleo y generación de riqueza.

Ante el desolador panorama español de fragmentación de la I+D entre CCAA y Gobierno central, AIRBUS da ejemplo de programas integradores transcomunitarios, bien estructurados y cohesionados y eficientemente gestionados. No renuncio a dejar constancia en esta respuesta de experiencias personales sobre el comportamiento incoherente de los responsables de I+D en varias empresas; no es raro que, en un Proyecto concreto, frecuentemente subvencionado con fondos públicos, se priorice la contratación de Universidades o centros de investigación locales, aunque su experiencia previa en los temas a explorar sea nula o escasa, en vez de buscar la colaboración de centros de excelencia, situados en CCAA próximas, con experiencia contrastada internacionalmente en los objetivos del estudio. La ubicación en una Comunidad Autónoma determinada, y no la calidad, mérito y expectativas de éxito de un Proyecto, parece, por tanto, convertirse en el factor decisivo para la selección de un grupo y la adjudicación de un proyecto. El análisis de estos comportamientos conduce a conclusiones que parecen obvias: O esas empresas consiguen muy fácilmente fondos para su, así llamada, I+D, o el resultado del trabajo es irrelevante para ellas; o ambos. En el otro extremo se situaría un empresario, quien comentaba que cada vez que se le presentaba un pro-

blema relacionado con lo que él pensaba que era I+D acudía sistemáticamente a la Universidad de Stanford. ¡País de extremos!

La industria aeronáutica española es globalmente, por volumen productivo y empleo, la quinta industria europea del sector. En 2008 empleaba a 36.000 personas (71% en Aeronaves y Sistemas, 17% en Equipos, 7% en Motores y 8% en Espacio) y su facturación ascendió a 5.577 M€, según ATECMA. En los últimos diez años el Sector Aeronáutico español ha experimentado un rápido crecimiento cercano al 13% de la producción consolidada y su contribución a la I+D ha sido del orden del 15% de las ventas, según el Informe del Plan Estratégico 2008-2016. En Programas como el A400M de Airbus Military, los tanqueros y los aviones de transporte y de misión ocupan posiciones de liderazgo en sus segmentos de mercado.

Las empresas colaboradoras cubren los campos de Aeroestructuras, Ingeniería y Utillaje. Sin embargo, parte de la Industria Auxiliar en torno a las empresas tractoras muestra un bajo nivel de tecnificación, una escasa dimensión, una dependencia de un único cliente y una falta de músculo financiero. El apoyo a la docencia y a la I+D se apunta como esencial para aumentar el nivel de tecnificación de esas empresas. La Universidad ha de impartir una formación de excelencia y es poco razonable decir que las enseñanzas se han de adaptar a lo que demanda la Empresa, cuando, según las estadísticas, uno de cada tres jóvenes está sobrecualificado para el puesto de trabajo que desempeña. Quizá, una fracción significativa de las masas universitarias actuales se ha de redirigir hacia diplomaturas y formación profesional. ¿No es ésta otra asignatura pendiente del sistema español de Universidad y Empresa?

El Sector Aeronáutico ha de responder a desafíos y retos como cambios tecnológicos, mayor competencia de potencias aeronáuticas emergentes, dualidad entre mercado civil y militar y la evolución de ambos. El Plan Estratégico 2008-2016 tiene como objetivo apoyar la evolución del Sector Aeroespacial español con medidas orientadas a aumentar el porcentaje de facturación agregada, ampliar la capacidad de integración de aviones y sistemas, fortalecer el tejido industrial auxiliar y de subsistemas, incrementar el peso de las exportaciones con relación a la producción consolidada, reforzar la capacidad tecnológica existente y diversificar a nuevas actividades, revisando las prioridades tecnológicas de los Programas de apoyo

a la I+D, igualar en 2016 la productividad media por empleado con el promedio de los países miembros de la AeroSpace and Defence (ASD) Industries Association of Europe y aumentar el esfuerzo inversor privado en I+D hasta un 17% de las ventas.

Para la Industria Tractora este Plan contempla el aumento y la mejora de la participación de España en Proyectos de AIRBUS y del resto de Divisiones de EADS, el fomento de la entrada en otros *prime-contractors* internacionales, la potenciación de la capacidad en aeroestructuras de fibra de carbono, principal ventaja competitiva de la Industria Aeronáutica española, facilitar una cooperación más integrada entre la industria cabecera y la auxiliar, la diversificación hacia nuevas áreas tecnológicas con elevado potencial de crecimiento y favorecer la fabricación de productos propios de comercialización autónoma.

El Plan Estratégico de Competitividad del Sector Aeronáutico 2010-2014 contiene un conjunto de medidas para ese período con un presupuesto total de 3.732 M€, repartidos entre el Programa de Competitividad del Sector Industrial Aeronáutico (285 M€), los Proyectos Estratégicos (655 M€), los Programas Aeronáuticos de Defensa (2.490 M€), los Apoyos Financieros a las PYMES (150 M€) y los Programas de Reindustrialización (152 M€).

La defensa nacional que, en otros países de nuestro entorno socioeconómico es un elemento dinamizador de la I+D, parece desempeñar este mismo papel en España, al menos en lo relacionado con el sector aeroespacial.

Para no extenderme más, apunto, solamente, que la experiencia de la industria aeronáutica española puede permear a otros sectores y producir efectos sinérgicos en, por ejemplo, materiales y sistemas avanzados de diseño aerodinámico y de fabricación de palas de las aeroturbinas usadas en los parques eólicos.

He de concluir expresando, en nombre de la Real Academia de Ingeniería, la satisfacción y el honor por contar con el nuevo Académico, Manuel Hita, referencia indispensable en el sector aeronáutico español de las cuatro últimas décadas, y, a partir de hoy, un valioso activo de esta casa (con minúsculas).

¡Bienvenido!

