El primer vuelo del A400M

En medio de la crisis generalizada del sector aeronáutico, en medio de las complicadas negociaciones con los países clientes para refinanciar los importantes sobrecostes que el programa acumula, con la cancelación de un pedido de Sudáfrica todavía caliente, y los proveedores presionando para revisar las condiciones del contrato, el primer vuelo del A400M se esperaba con gran expectación. Especialmente en Sevilla, una ciudad para la que este proyecto significa mucho y que quería demostrar que estaba a la altura del reto.

Visto en retrospectiva, la elección de Sevilla para poner en marcha la línea de montaje final del nuevo transporte militar europeo no pudo ser más acertada.

Para Airbus, la puesta en marcha de un tercer gran centro de producción le permitía diversificarse sin alterar el delicado equilibrio entre Toulouse y Hamburgo.

Por su parte, la ciudad acogió con entusiasmo la oportunidad de poner en valor la experiencia y saber hacer acumulados a lo largo de una excepcional tradición aeronáutica. Lo cierto es que pocos lugares en el mundo pueden presumir de haber acogido la fabricación de aviones ininterrumpidamente durante más de 70 años. El primer vuelo del A400M, siendo un acontecimiento singular, no es sino una continuación del extraordinario legado aeronáutico de una ciudad que se ha especializado en la fabricación de aviones de transporte militar.

Cierto que las fábricas sevillanas han cambiado de logotipo varias veces. En 1939 se instaló en Sevilla la Hispano Aviación. Poco después lo hizo la antigua Construcciones Aeronáuticas, que en 1972 absorbió a la Hispano. En 1999, CASA se integró en el consorcio europeo y pasó a denominarse EADS-CASA, y desde abril del año pasado se llama Airbus Military.

El avión y el programa

El A400M es el mayor contrato militar europeo de la historia. Para su concepción fue necesario poner de acuerdo a las fuerzas aéreas y gobiernos de los países lanzadores, una tarea que consumió más de veinte años desde los primeros estudios preliminares allá por los años 80. Finalmente este proceso culminó con la firma del contrato en mayo de 2003 por un total de 180 unidades para Alemania, Francia, España, Reino Unido, Turquía, Bélgica y Luxemburgo. Más tarde se incorporaron también Malasia y Sudáfrica como clientes.

Tradicionalmente los aviones de transporte militar se han clasificado en dos familias según la misión para la que están concebidos. Por un lado están los aviones de transporte estratégico, que se utilizan para mover grandes cargas a larga distancia, y que sólo pueden operar en pistas y aeropuertos bien preparados. Por otro lado están las aeronaves de transporte táctico, que se encargan de desplegar cargas más reducidas en ubicaciones menos accesibles y están diseñadas para operar en pistas poco preparadas o aeródromos improvisados. Representantes claros de cada una de estas familias pueden ser el modelo C-7 Galaxy dentro de la familia de los transportes estratégicos, y el modelo C-130 Hércules dentro de la familia de los transportes tácticos.

Sin embargo, los ejércitos modernos actúan en escenarios que requieren un transporte que combine las ventajas de ambas familias. Se demanda una aeronave con la velocidad y el alcance de los transportes estratégicos, y con la versatilidad de los transportes tácticos para operar en condiciones hostiles. Los aviones militares de transporte estratégico actuales tienen suficiente capacidad de carga, pero su despliegue es lento y costoso y precisan de una logística importante en la zona de actuación. Por su parte, los aviones de transporte táctico responden a las exigencias de entornos extremos, pero tienen limitaciones en cuanto a carga máxima y volumen en bodega. Además, son aviones lentos y de alcance reducido que en su mayoría comienzan a encarar el fin de su vida operativa.

Un avión de carga de estas características se necesita también cada vez más para misiones civiles, de carácter humanitario, de patrulla o vigilancia.

Éste es el contexto en el que se debe analizar la aparición del A400M, que se diseña para combinar las ventajas de ambas familias: cubre el segmento de entre 20 y 70 toneladas de carga,

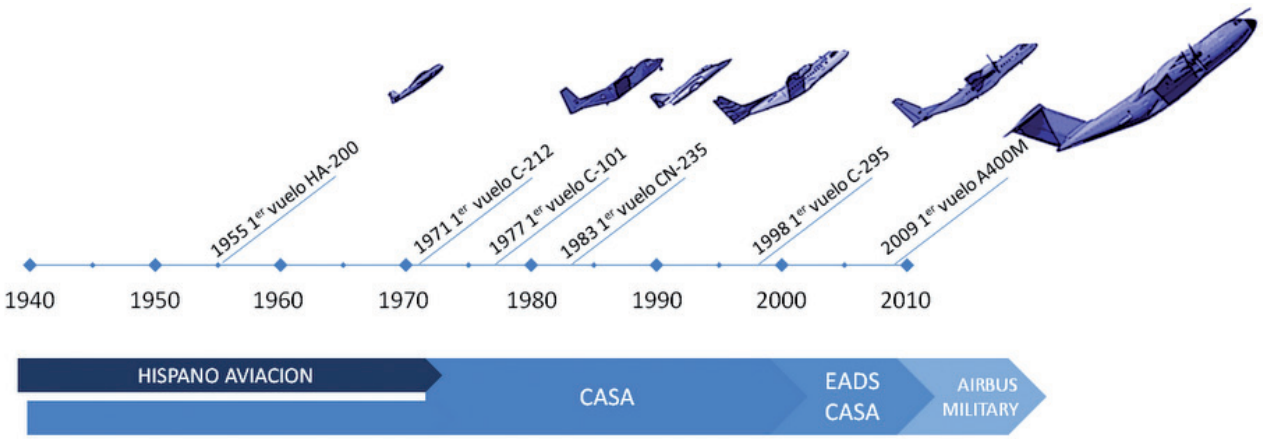

Figura 1. El legado aeronáutico de Sevilla. Cronograma de primeros vuelos de las principales aeronaves diseñadas o fabricadas en la ciudad y las empresas fabricantes

y es capaz de dar soporte rápido y completo sobre el terreno a ejércitos desplegados en escenarios remotos, o en misiones de ayuda a la población en caso de desastres naturales como un terremoto o un tsunami.

El A400M como avión de soporte estratégico

Con una carga máxima de 37Tn, el A400M casi dobla la capacidad de carga de los aviones de transporte táctico actuales. Es capaz de transportar hasta el mismo escenario de operaciones carros de combate, jeeps, helicópteros, excavadoras, plumas autoportantes, y hospitales de campaña tanto en operaciones bélicas como humanitarias. En estos términos, la capacidad de carga del A400M es comparable a la de algunos aviones de transporte estratégico de mayor envergadura.

Los niveles de vuelo elevados que utilizan los grandes cargueros estratégicos en sus desplazamientos son óptimos para reducir el gasto de combustible, evitar zonas de turbulencias y acortar el tiempo de vuelo. Esto les otorga grandes ventajas frente a los actuales aviones de transporte táctico, que necesitan varias jornadas de vuelo para cubrir las mismas distancias. El techo de servicio del A400M está en los 11.300 metros, lo cual mejora el techo de servicio de los aviones de transporte tácticos, e iguala el que presentan las aeronaves de transporte estratégico, que ronda los 13.500 metros. Además, la velocidad de crucero que desarrollan los cuatro turbohélices del A400M es superior a la de cualquier avión de transporte táctico, y está cerca de la velocidad típica a la que vuelan las aeronaves de transporte estratégico movidas por turbofan.

Otra importante ventaja del A400M es que puede actuar como avión cisterna para reabastecer en vuelo a cazas, helicópteros y otros aviones más grandes, a las velocidades y altitudes típicas de cada una de esas aeronaves

El A400M como avión de transporte táctico

Los transportes tácticos deben aterrizar y despegar en aeródromos improvisados, con pistas de tierra o arena mal preparadas y en condiciones ambientales extremas. Para ello se requieren ciertas cualidades en cuanto a vuelo a baja velocidad y baja cota, potencia en motores, fiabilidad estructural, maniobrabilidad en

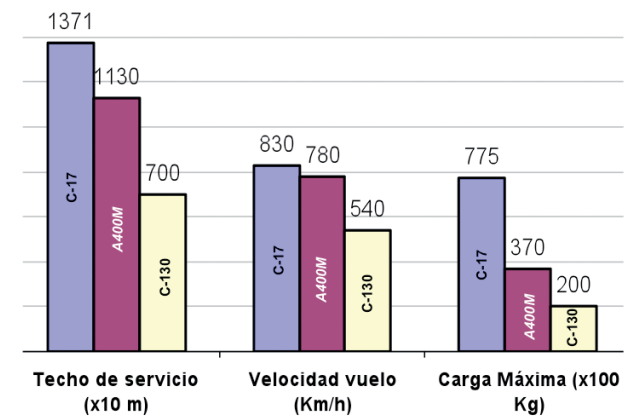

Figura 2. Techo de servicio, velocidad de vuelo y carga máxima de tres aeronaves de transporte militar

© Airbus Military 2009

SODETEK, S.A.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA
TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS
Y TRATAMIENTO DE SEÑAL
ORDENADORES INDUSTRIALES
TRANSMISIÓN DE DATOS

Distribuidor oficial de

FLUKE
Tektronix
WG
NATIONAL INSTRUMENTS
The Software is the Instrument
MITAC

Luis Belmonte, nº 2 Acc. 5
41018 SEVILLA
Teléfono: 95 453 99 25 - Fax: 95 453 98 40
Email: sodetek@arrakis.es

tierra, mantenibilidad y autonomía logística. Otras misiones típicas para las que los transportes tácticos están especialmente preparados son el lanzamiento de cargas a baja cota y las operaciones de evacuación rápida. Todas estas operaciones son imposibles de acometer por una aeronave de transporte estratégico.

El A400M presenta una carrera de despegue de 980 metros con su carga máxima, que representa un peso máximo total de 141 toneladas. Esta distancia es más corta que la registrada por aeronaves de transporte táctico de menor tonelaje. Permite el vuelo a baja velocidad, y es capaz de lanzar carga a 4.5m del suelo mediante el modo VLLE (*Very Low Level Extraction*). Gracias a su radio de giro de poco más de 28m, el A400M es un avión especialmente maniobrable en tierra. Para las operaciones en pistas no pavimentadas, se ha desarrollado un tren principal que permitiría que un A400M operase de forma continua desde una misma pista de tierra con un CBR 6 sin dañarla hasta entregar 1.000 Tm de carga de pago. En cuanto a autonomía en las operaciones de carga y descarga, containers y pallets pueden manipularse con un único jefe de carga, sin necesidad de personal de soporte en tierra.

A estas cualidades como avión de transporte táctico hay que añadir que el alcance del A400M casi duplica el de sus competidores para una misma carga de pago.

Una aeronave moderna

¿Cómo es posible que sea tan superior a los competidores? Hay que entender que el ciclo de vida de los aviones es muy largo, y el A400M va a sustituir aeronaves concebidas hasta hace 50 años, por lo que el salto tecnológico es importante. Destacan principalmente los mandos de vuelo, los materiales utilizados en su fabricación y el nuevo desarrollo de su planta de potencia.

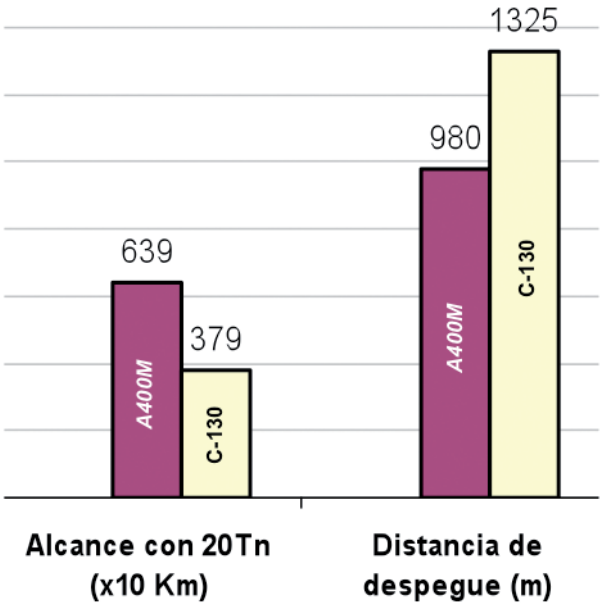

Figura 3. Distancia de despegue y alcance de dos aeronaves de transporte táctico: C-130 y A400M

© AIRBUS MILITARY 2009 _ A400M First Flight - Photo by S.Ramadier / AIRBUS Operations SAS

La tecnología '*fly-by-wire*' de los mandos de vuelo del A400M incorpora computadores de vuelo para ayudar al pilotaje, gobernados por leyes que asignan el modo de control del vuelo más apropiado en cada fase, y permiten, por ejemplo, proteger el avión frente a sobreesfuerzos, impidiendo realizar maniobras bruscas, y corregir turbulencias o amortiguar el cabeceo para proporcionar un vuelo más confortable.

En cuanto a las innovaciones en fabricación y montaje, la fibra de carbono ha sido protagonista en casi todas sus aeroestructuras, entre las que destacan el estabilizador vertical, el estabilizador horizontal, la puerta de carga, y sobre todo el ala. El A400M es el primer avión de transporte militar con las alas completamente fabricadas en fibra de carbono, incluidos los revestimientos, las costillas y los largueros principales.

Por otro lado, se encargó al consorcio EuroProp International el desarrollo de un nuevo turbo hélice de tres ejes. El TP-400 permite desarrollar una velocidad de crucero de entre Mach 0.68 y 0.72 cercana a la de los grandes cargueros de transporte estratégico, y a su vez permite el vuelo a bajas velocidades para operaciones tácticas. Para que esta planta de potencia trabaje en condiciones óptimas en todas las fases de vuelo, los motores están equipados con un FADEC (*Full Authority Digital Engine Control*) que gestiona automáticamente los parámetros del motor, y que descarga al piloto de esta tarea.

La cuenta atrás hasta el Primer vuelo

La fase de desarrollo del avión tuvo lugar durante 2003 y 2004 en las diferentes oficinas de diseño de Airbus repartidas por toda Europa. Este proceso de definición, en permanente diálogo con los centros de fabricación, se denomina ingeniería concurrente, y permite avanzar en paralelo en la concepción del producto y de su proceso de fabricación para acortar los plazos asegurando que el producto cumplirá con los requisitos, y será industrializable.

Entretanto, en Sevilla comienza la selección del emplazamiento de la línea de montaje final, la definición conceptual de la logística y los procesos, y el lanzamiento del utillaje de largo ciclo, como gradas de montaje, sistemas de posicionamiento, taladrado y mecanizado.

En enero de 2005 tiene lugar en la fábrica alemana de Varel la tradicional ceremonia del 'Primer corte de metal', el lanzamiento a fabricación de la primera pieza del avión, que en este caso fue una de las cuadernas del fuselaje. A lo largo de ese año

se lanza la fabricación del resto de elementos y subconjuntos en distintos puntos de Europa, mientras en Sevilla avanza la construcción de los hangares, y la instalación del utillaje en la línea de montaje final.

A finales de 2006 Sevilla ya está lista, pero la llegada de los primeros elementos se retrasa hasta abril de 2007. La nueva factoría se estrena con el ensamblaje de las alas del espécimen estático, un modelo del avión a escala real que sirve para realizar ensayos estructurales con los que validar el diseño.

El ensamblaje del primer prototipo, conocido por su número de serie (*Manufacturing Serial Number*) como MSN001, comienza por fin en agosto de 2007. En diciembre de ese mismo año se produce el primer encendido del avión, con suministro externo de potencia eléctrica, para realizar pruebas funcionales.

La máxima de todo el proceso de fabricación es minimizar los fallos que pasan indetectados de una fase a la siguiente. Antes de llegar a este punto, cada equipo y subsistema se ha sometido por separado a rigurosos controles. La integración de los sistemas se ha depurado en una maqueta funcional denominada '*iron bird*', ubicada en Toulouse y vinculada al simulador de desarrollo, y se ha ido validando posteriormente a medida que progresaba el ensamblaje del prototipo. En esta última fase de la fabricación, el avión completo se conecta a un sistema automatizado que simula las condiciones de vuelo, y realiza comprobaciones exhaustivas de todos los sistemas en conjunto. El primer prototipo además deberá superar ensayos estructurales con carga estática para calibrar la instrumentación embarcada, y ensayos de vibración para validar el modelo dinámico.

En febrero de 2008 llegan a Sevilla los cuatro motores, y comienza su equipado. En junio se instalan en el avión, a tiempo para la ceremonia del '*rollout*', la presentación del A400M que tiene lugar el 26 de junio de 2008 ante las autoridades, los clientes y la prensa mundial.

En aquel momento el primer vuelo parecía al alcance de la mano, pero se verá retrasado casi año y medio por los problemas en el desarrollo de los motores. El *Flight Test Bed* (FTB), un Hércules C-130 modificado en el que se ha instalado uno de los motores del A400M para probarlo, no consigue levantar el vuelo hasta diciembre de 2008, y no es hasta otoño de 2009 que consigue acumular las 50 horas de vuelo que Ensayos de Vuelo se habían puesto como requerimiento para tener suficiente experiencia antes del despegue del A400M.

El plazo fijado en el contrato original para el primer vuelo expira en abril de 2009. Los países clientes conceden una prórroga hasta final de año, pero la presión es importante. En Sevilla se acelera el ritmo de trabajo para cumplir el compromiso adquirido, y desde verano se trabaja a triple turno, siete días a la semana. Los ensayos de combustible se desarrollan en el exterior del hangar con temperaturas de más de 40 grados. No obstante, el proveedor del FADEC no entrega la versión final válida para vuelo hasta octubre de 2009 (las primeras versiones utilizadas para validar este último desarrollo fueron entregadas a principios de verano y agosto).

La línea de montaje final da por finalizado el MSN001 pocas semanas después, y el 12 de noviembre entrega el prototipo a la organización de ensayos en vuelo, que es la responsable de prepararlo para el primer vuelo.

La puesta en marcha del avión comienza con el '*destorage*' y primer encendido de la unidad de potencia auxiliar (APU por sus siglas en inglés), una turbina que sirve para el arranque de los motores, y para alimentar los sistemas del avión con los motores parados. Durante el rodaje de la APU se vuelve a comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas con el avión funcionando autónomamente por primera vez.

El siguiente paso consiste en el '*destorage*' de los cuatro motores. Para ello se llenan los depósitos de aceite y combusti-

EA7GDQ-ROLDÁN

ble, y se hacen girar los motores inyectando en la turbina aire a alta presion procedente de la APU. Una operación denominada '*cranking*', que sirve para bombear fluidos, y garantizar que los circuitos de refrigeración, lubricación y combustible se llenan por completo.

El arranque de los motores es el paso más crítico del proceso. Primero se arrancan de uno en uno, y el 19 de noviembre se cumple otro hito importante: el primer rodaje de los cuatro motores en simultáneo. Se realizan varios rodajes, en distintos regímenes, llegando hasta la máxima potencia (TOGA, de *Take-Off / Go-Around*), durante los cuales continúan las comprobaciones de todos los sistemas de avión así como de la instrumentación de ensayos en vuelo: el prototipo lleva a bordo más de 10 toneladas de sensores, cables, y computadores embarcados, que durante el vuelo monitorizan miles de parámetros, y retransmiten información de las pruebas en tiempo real a la estación en tierra, desde la que los ingenieros de análisis realizan el seguimiento.

El 24 de noviembre se realiza el primer taxi de baja velocidad, una prueba en la que el avión se desplaza autónomamente por la plataforma, para comprobar el tren de aterrizaje, los instrumentos, y la maniobrabilidad en tierra. En este punto se interrumpen los ensayos para completar la instalación pirotécnica del sistema de evacuación de emergencia, una medida de seguridad adicional que sólo lleva el primer prototipo. En caso de emergencia, este sistema literalmente abriría un agujero en el fuselaje del avión para facilitar su evacuación. La instalación del potente explosivo de este sistema es una operación delicada realizada por especialistas, con un perímetro de seguridad alrededor del avión.

La última fase antes del vuelo consistió en la realización de varios despegues abortados, o RTOs (*Rejected Take-Offs*), en los que el avión acelera en la pista como lo haría para despegar y, a continuación, aplica los frenos para abortar la maniobra. Este ejercicio se repite varias veces, incrementando progresivamente la velocidad a la que se aplican frenos. El último RTO requiere que el avión esté completamente listo para vuelo.

Este proceso tuvo una duración total de 29 días, pero el avión está bien acabado y sólo son necesarios pequeños ajustes que el equipo de soporte en tierra resuelve muy rápidamente. A principios de diciembre, se da luz verde al primer vuelo.

Descripción del vuelo

La fecha del vuelo no se confirmó hasta el último momento, ya que dependía de las condiciones meteorológicas: las hélices llevan sensores que no pueden mojarse, por lo que la lluvia habría impedido el primer vuelo. En palabras de su piloto, el prototipo del A400M es como un Fórmula 1, a la vez poderoso y delicado.

Seis personas componen la tripulación del primer vuelo. El comandante es el británico Ed Strongman, ex-piloto de la RAF con más de 30 años de experiencia en ensayos en vuelo. El primer oficial es el español Nacho Lombo, veterano de los ensayos en vuelo del Eurofighter y del tanquero A330 MRTT. Cuatro ingenieros de ensayos, todos franceses, completan la tripulación:

© AIRBUS MILITARY 2009 _ A400M First Flight - Photo by O.Falcon / Salvora Aéreas SL

Eric Isorce dirige el ensayo, Didier Ronceray es el especialista de '*handling qualities*', Jean Philippe Cottet, el especialista de motor, y Gerard Leskerpit acompaña a los pilotos en cabina como mecánico de vuelo. Están respaldados por 50 ingenieros en cada una de las dos salas de telemetría interconectadas, que permiten seguir el vuelo simultáneamente desde Sevilla y Toulouse.

El 11 de diciembre de 2009, a las 10:16, el MSN001, primer prototipo del A400M, despega del aeropuerto de San Pablo, con un peso al despegue de 127t (14t por debajo del máximo).

Para cumplir con el extenso programa de ensayos incluido en el primer vuelo, era necesario alterar el comportamiento normal de los mandos de vuelo, por ejemplo para anular las protecciones y llevar el avión hasta sus límites, o para introducir pulsos que provoquen la aparición de vibraciones (*flutter*) y así poder comprobar la respuesta del aparato. Ésta es precisamente la función de un sistema de pruebas denominado ADIS.

Una vez en el aire, la tripulación pasó a evaluar las cualidades de manejo del avión en todas las configuraciones de flaps. La mayor parte del vuelo se hizo con la ley de control directa (la más básica, con las protecciones anuladas y con respuesta proporcional de los mandos). Esto se hace así al explorar la envolvente de vuelo para asegurar que no hay sorpresas, y que el avión es perfectamente estable y fácil de volar. A continuación se conecta la ley de control normal y se explora el mismo rango de nuevo.

En configuración limpia, se abrió la envolvente hasta una velocidad de 300 nudos, tanto en ley de control de vuelo directa como en la normal. También se dedicó atención a la configuración de flaps 4 (totalmente extendidos), que es la que había que usar para aterrizar, y de hecho se llegó a reducir la velocidad hasta hacer saltar la alarma de entrada en pérdida.

Estos primeros ensayos se realizaron a 8.000-10.000 pies, pero a continuación el avión se llevó hasta los 18.000 pies para comprobar la presurización y el funcionamiento de todos los sistemas.

Durante el vuelo se probaron también algunos de los equipos de aviónica militar del aparato, como los '*Head-Up Displays*' y el sistema de mapa digital. También se realizaron un par de ciclos de retracción y extracción del tren de aterrizaje. Los motores se comportaron bien, en todos los regímenes, desde máxima potencia hasta ralentí, y las tensiones registradas en las palas de las hélices fueron las esperadas.

El vuelo duró un total de 3h 45min. Antes del aterrizaje, el avión realizó una pasada a baja altura sobre la pista del aeropuerto de San Pablo, que fue seguida con atención por SM el Rey Don Juan Carlos I, las autoridades, invitados, prensa y empleados desde la grada instalada frente a la factoría.

La recepción de la tripulación fue calurosa. En sus primeras impresiones, Ed Strongman se confesó impresionado con las cualidades de vuelo del A400M, mucho más preciso a los mandos, ágil y maniobrable que un avión civil.

A partir de ahora

Después del primer vuelo y las celebraciones, estaba previsto dedicar una semana a la evaluación de los datos recogidos en el vuelo inaugural y a una detallada inspección post-vuelo, para depurar cualquier anomalía que hubiera pasado desapercibida. Aunque el mal tiempo provocó un retraso y obligó a cancelar los planes de trasladar el prototipo a Toulouse, el 22 de diciembre se pudo realizar un segundo vuelo local, de 3 horas y 10 minutos de duración,

en el que el avión alcanzó los 30.000 pies de altitud y alcanzó su velocidad máxima de 330 nudos (Mach 0.72).

La actividad se reanudó tras las vacaciones de Navidad, con un tercer vuelo el 7 de enero, y desde entonces se está volando casi diariamente, explorando distintas configuraciones, y evaluando las características de manejo del avión y de los sistemas. Uno de los objetivos del primer mes de la campaña es trabajar lo más posible en los motores y las hélices para poder prescindir cuanto antes de la instrumentación de las palas de las hélices, que actualmente impide volar con lluvia.

Fernando Alonso, director de ensayos en vuelo de Airbus, ha expresado su satisfacción con el rápido progreso alcanzado en los primeros vuelos, muy prometedor en su opinión si se compara con programas anteriores. El programa de ensayos en vuelo del A400M es particularmente complejo porque comprende todos los requisitos de certificación civil que estipula la Agencia Europea de Seguridad en Vuelo (EASA), y además toda una serie de pruebas adicionales para obtener la certificación militar, de acuerdo a unos requisitos armonizados definidos por las fuerzas aéreas de los países clientes. La certificación militar supone alrededor de un 60% del total de la campaña.

La campaña de certificación comienza con vuelos de apertura de la envolvente en los que se exploran los límites de la capacidad del avión, y vuelos de cualidades de manejo, en los que se comprueba la capacidad de maniobra, autonomía, alcance, y otros parámetros del aparato. Más adelante se prueban en vuelo los sistemas de navegación, comunicaciones, los sistemas militares y de misión, y la operatividad en condiciones extremas de frío o calor, entre otras.

Para cumplir con los plazos se contará con cinco prototipos, tres de ellos con base en Toulouse (MSN001, MSN003 y MSN006), y los otros dos (MSN002 y MSN004) basados en Sevilla. En el reparto de trabajo, Sevilla hará valer su experiencia en la parte militar, si bien está prevista la interoperabilidad entre ambos centros para aprovechar de forma óptima los recursos y la meteorología y garantizar así el comienzo de las entregas previsto a finales de 2012.

Manuel Heredia Ortiz es Doctor Ingeniero Industrial y trabaja en Airbus Military como Industrial Manager del Centro de Ensayos en Vuelo del A400M.

Rubén Carvajal Vázquez es Ingeniero Aeronáutico y trabaja en el Departamento de Utillaje de Airbus Military.

Desde 2008 editan el primer blog dedicado a la industria aeronáutica en Andalucía, ***blog.aergenium.es***, donde se puede consultar más información, fotografías y enlaces de interés sobre el tema de este artículo