

Mantenimiento y Seguridad Aérea

Jesús Delgado Mariné

Resumen

Uno de los elementos que influyen en la seguridad aérea es el mantenimiento aeronáutico de las aeronaves. Gracias al severo cumplimiento de la normativa y los estrictos procedimientos establecidos se garantizará la calidad del mantenimiento. La implementación de programas de factores humanos ayudará a poner barreras a errores producidos por los humanos garantizando así una mayor fiabilidad del mantenimiento. Los Programas de Mantenimiento de las aeronaves se basarán en programas como el RCM (Reliability Centered Maintenance) los cuales garantizan un menor índice de fallo de los componentes de un sistema, mayor explotación empresarial y una mayor confiabilidad de mantenimiento.

1. Introducción

Los objetivos del proyecto consisten en averiguar y analizar los factores, aportados por una Organización de Mantenimiento Aeronáutico, que contribuyen a que el transporte aéreo sea el medio de transporte en masas más seguro del mundo [1]. Para ello será necesario estudiar la estructura de una Organización de Mantenimiento Aeronáutico y analizar la normativa que rige su funcionamiento, así como las capacitaciones de su personal, basándose principalmente en los Técnicos de Mantenimiento de Aeronaves.

Teniendo en cuenta las previsiones futuras del aumento de la Aviación Civil Europea para el año 2050 [2] y su consecuente desarrollo, la memoria, pretende subrayar la relevancia que tienen las tareas realizadas por ingenieros, directivos y técnicos de mantenimiento aeronáutico, teniendo en cuenta las consecuencias que se podrían derivar de una mala práctica de las tareas de diseño, mantenimiento u organización empresarial y el riesgo que éstas supondrían para la seguridad aérea.

A su vez se pretende analizar, el impacto medioambiental que producen los aviones proponiéndose algunas soluciones para minimizarlo.

El orden de los capítulos de la memoria tiene como finalidad lograr una comprensión progresiva de los términos y conceptos que se van exponiendo a lo largo de los capítulos. Para ello, se empieza explicando la normativa en la que se basan las organizaciones de mantenimiento aeronáutico, la propia organización del departamento de mantenimiento, la documentación, la confiabilidad y programas de mantenimiento, los factores humanos, el impacto medioambiental de la industria aeronáutica y por último, las conclusiones del proyecto.

2. Normativa

El 15 de Julio de 2002, el Parlamento Europeo y el Consejo de la unión europea crean el reglamento (EC) No 1592/2002. En él se dictaminan unas normas comunes en el ámbito de la aviación civil europea y da lugar a la creación de la EASA (Agencia Europea de Seguridad Aérea) cuyo objetivo será establecer un nivel elevado y uniforme de la aviación civil en Europa. Para ello la EASA será independiente en asuntos técnicos y dispondrá de autonomía jurídica, administrativa y financiera, lo cual hace necesario que sea un órgano de la Comunidad dotado de personalidad jurídica y capacidad de ejercer las competencias de ejecución que le confiere el Reglamento (EC) No 1592/2002. Siguiendo las instrucciones del Reglamento, a petición de la EASA, el 20 de Noviembre de 2006 la Comisión Europea aprueba el Reglamento (EC) No 2042/2003 cuyos objetivos principales serán:

- Asegurar la constante capacidad de aeronavegabilidad de cualquier producto aeronáutico. Para ello se adoptarán unos requisitos técnicos y procedimientos administrativos comunes.
- Crear un reglamento técnico que han de cumplir las organizaciones y el personal involucrado en el mantenimiento de los productos aeronáuticos, con el fin de garantizar, demostrar y asumir las responsabilidades de los trabajos realizados.

En el Reglamento (EC) No 2042/2003 encontramos los Anexos I, II, III y IV. El Anexo I Part-M, nos proporcionará las medidas necesarias para garantizar el mantenimiento de la aeronavegabilidad (incluido el mantenimiento), es decir, todos los procesos que aseguran que la aeronave cumple con los requisitos de aeronavegabilidad en vigor en cualquier momento de su vida operativa y que está en condiciones para una operación *segura*. El Anexo II Part-145 describe las condiciones necesarias para que una organización de mantenimiento pueda ser aprobada. Especifica los requisitos necesarios que debe cumplir el personal, las herramientas útiles necesarias, la planificación de los trabajos de mantenimiento, el control de registro de los trabajos efectuados, la política de calidad y seguridad que la organización debe seguir, la estructura de la empresa, etc. El Anexo III Part-66 describe todos los requisitos mínimos necesarios para que una persona pueda adquirir una licencia de Técnico de Mantenimiento de Aeronaves (TMA). En él se detalla el programa de estudios mínimo necesario para adquirir los conocimientos de TMA, las horas mínimas de duración de los cursos, el tipo de licencias, las habilitaciones, y los formatos de la licencia de TMA. El Anexo IV Part-147 veremos cómo ha de ser impartida la formación de los TMA. Nos habla

principalmente de los centros de formación, de los instructores, profesores, el material didáctico, los exámenes, y la normativa que han de cumplir los centros de formación.

Con el fin de que la EASA pudiera garantizar y tuviera otra herramienta más para ejercer la función certificadora de productos y organizaciones aeronáuticas, el 24 de Septiembre de 2003, la Comisión Europea crea el Reglamento (EC) No 1702/2003 compuesto del Anexo Part-21. En él se especifica la normativa de aplicación dirigida a los procedimientos de certificación de productos, partes y dispositivos, certificados de tipo, requisitos de ruido, emisiones, aprobaciones de partes y sistemas, certificados individuales de aeronavegabilidad, permisos de vuelo y certificados restringidos.

Así que, una aeronave (que deberá ser diseñada por una organización aprobada según la Part-21), solo podrá ser operada para el transporte aéreo comercial cuando lo haga un operador contratando el *mantenimiento* a una organización aprobada según la Part-145, que use el *personal certificador* según la Part-66 el cual haya sido *formado* según la Part-147.

3. Organización del Departamento de Mantenimiento

Una vez entró en vigor el Reglamento (EC) No 2042/2003 con el fin de cumplir la normativa establecida, todas las organizaciones (o empresas) dedicadas al mantenimiento de aeronaves de la Unión Europea, tuvieron que adaptar su estructura empresarial.

En primer lugar es necesario que la compañía operadora del avión tenga una estructura y unos procedimientos determinados, descritos en su MOA (Maintenance Organisation Approval). El MOA es el documento que definirá el personal responsable del mantenimiento de la flota del operador, la coordinación de mantenimiento, los deberes y responsabilidades de mantenimiento, la forma de coordinación entre el departamento de mantenimiento de la flota y el departamento de operaciones del operador. Definirá también la política de formación del personal de la compañía operadora así como el programa de formación de recursos humanos a impartir. A su vez, define los procedimientos de notificación entre la DGAC y la compañía operadora, los procedimientos de seguimientos técnicos del avión y las aplicaciones de la MEL (Minimum Equipment List) del apartado 4, los programas de mantenimiento del avión, el cumplimiento y control de las directivas de aeronavegabilidad, los programas de fiabilidad, las inspecciones de realizar antes de cada vuelo, los procedimientos de vuelos de pruebas, la estructura del sistema de calidad de mantenimiento, los procedimientos de las auditorias y los procedimientos de control de que todo el mantenimiento de la aerolínea, se realiza por una organización EASA Part-145 aprobada.

En segundo lugar, para que una organización de mantenimiento sea aprobada según la Part-145, deberá cumplir los requisitos que la organización haya descrito en su MOE (Maintenance Organisation Exposition). El MOE es el documento donde se describen y especifican todos los procedimientos que sigue la organización cuando realiza cualquier tarea de mantenimiento para la que ha sido

aprobada. Es decir en él encontraremos por ejemplo, la descripción de la política de calidad y seguridad, la lista de todo el personal certificador de la compañía, el alcance de los trabajos de la organización, la descripción de almacenaje, etiquetado y entrega de componentes de aeronave y material para mantenimiento de aeronaves, los procedimientos de reparación, el cumplimiento con los programas de mantenimiento de las aeronaves tanto a aviones de la aerolínea como a aviones de terceros, la documentación de mantenimiento utilizada y su cumplimiento, el control del sistema computerizado de registros de mantenimiento, el control del plan horas/hombre respecto a trabajos de mantenimiento planificados, etc.

Entonces tendremos que la compañía operadora (aerolínea) deberá cumplir el MOA y la compañía de mantenimiento deberá cumplir el MOE, a efectos de cumplir con los requisitos de certificación necesarios dictaminados por las Autoridades de Aviación Civil.

Uno de los cambios más importantes que hubo en las empresas al entrar en vigor la normativa Part-145 publicada por la EASA fue la creación de un nuevo departamento de Calidad y Seguridad.

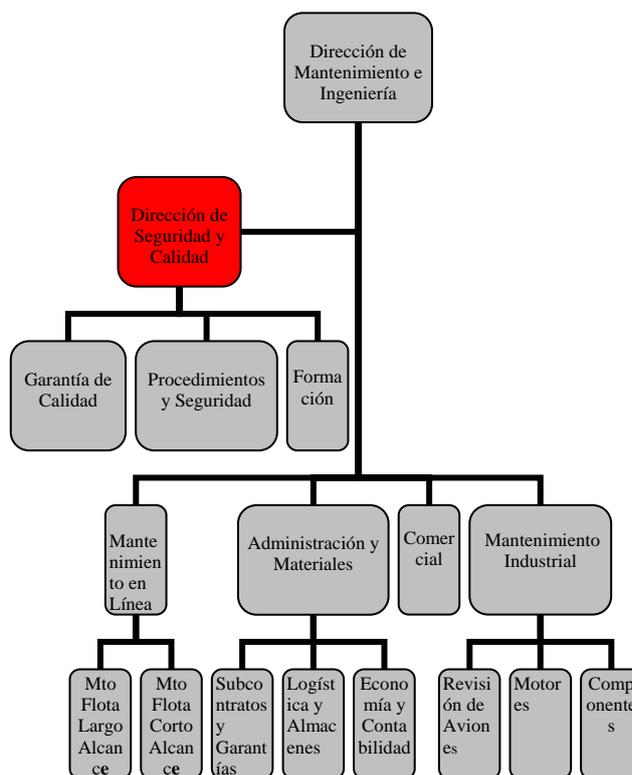


Fig. 1. Organigrama Organización de Mantenimiento

Si analizamos el organigrama de una empresa de mantenimiento (ver figura 1) cabe destacar que el departamento de calidad es independiente y se encuentra unido directamente al departamento de dirección de la empresa. El objetivo de tal estructura sirve para, que en el caso de detectar alguna anomalía o incumplimiento de los procedimientos establecidos en el MOE de la empresa, informar directamente a la dirección para anular y evitar

que dicho procedimiento se siga aplicando inadecuadamente y junto con la dirección de la empresa elaborar una estrategia conjunta para modificar el defecto y volver a cumplir con los estándares de calidad y seguridad. Esto, no es un hecho casual. Así encontraremos siempre al departamento de calidad y seguridad en el organigrama de cualquier empresa de mantenimiento. Este es un hecho que diferencia la estructura del organigrama de una empresa de mantenimiento aeronáutico con el organigrama de otra empresa perteneciente a otro sector empresarial.

Una organización de mantenimiento aeronáutico EASA Part-145 debe formarse con personal de mantenimiento formado de acuerdo a la normativa EASA Part-66. Según la aptitud para el servicio que tengan los TMA para trabajar en diferentes sistemas y equipos de las aeronaves encontraremos 4 categorías: A, B1, B2 y C; es lo que se denomina personal certificador. El personal certificador es aquel con capacidad conferida por la empresa, para otorgar la aptitud para el servicio (Release to Service) del avión, en relación con los trabajos de mantenimiento realizados en aviones, motores, equipos, sistemas y componentes.

4. Documentación, Confiabilidad y Programas de Mantenimiento

Durante el proceso de fabricación y diseño distinguiremos básicamente dos categorías principales de pruebas. Por una parte encontraremos los ensayos y comprobaciones orientados a la certificación de un diseño (estas pruebas estarán relacionadas con la obtención de un *certificado de tipo*) y por otra parte, encontraremos aquellas pruebas e inspecciones destinadas a verificar la conformidad de un producto con dicha certificación de diseño (relación directa con la obtención del *certificado de aeronavegabilidad*). En cuanto a documentación de la nueva aeronave, el fabricante tendrá que proporcionar dos tipos de documentación, la documentación de operaciones y la de mantenimiento de la aeronave, con el fin de poder operarla y mantenerla con la máxima seguridad para la que ha sido concebida y así certificada. Así se crea una metodología de trabajo basada siempre en el uso continuo de documentación y procedimientos. Para toda acción que se deba realizar a o en un aeronave, ya seamos un, ingeniero, piloto o TMA, deberemos consultar previamente un manual o documento que nos indicará la forma y procedimientos a seguir, para realizar dicha acción. Toda acción debe estar escrita.

En la industria aeronáutica se utiliza el código ATA 100. Es un estándar americano que consiste en dividir el avión en 100 sistemas o capítulos diferentes, así que los constructores aeronáuticos a la hora de referirse a cualquier información o sistema de la aeronave, clasificarán la información de los sistemas de la aeronave en 100 capítulos, según éste código.

Los manuales de mantenimiento más utilizados son: AMM, SRM, IPC, SRM, AWD, ASM, SB, AD, MRBR, SIL, ALI, CMR, CPC, MPD, VSB, Airnav y Airman. Cabe mencionar la MEL (Minimum Equipment List), que es un manual que pertenece a la documentación de operaciones, pero que tiene gran importancia para el departamento de mantenimiento, de hecho es el manual que sirve de "conexión" entre el departamento de mantenimiento y el departamento de operaciones. En ella encontramos la lista

de los equipos o sistemas mínimos requeridos que afectan a la aeronavegabilidad de la aeronave, y que permiten poder despachar el avión a volar. Podemos encontrar dos tipos de MEL, la Master MEL (MMEL) y la MEL del operador. La MMEL será la MEL menos restrictiva de las dos, y la que nos marcará los límites del equipo mínimo requerido para volar con seguridad, teniendo algún sistema inoperativo. La MEL del operador siempre será más restrictiva que la MMEL. Por lo tanto encontraremos diferencias de mantenimiento entre las compañías que utilicen la MMEL o la MEL del operador.

Para mejorar el mantenimiento de las aeronaves y controlar sus costes, se empezaron a implantar sistemas de control y planificación del mantenimiento. La transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial "el transporte en masas más seguro para viajar" [1], fue el desarrollo del RCM (Reliability Centered Maintenance). El RCM es un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente.

Los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de los fallos de los equipos, como se muestra en la figura 2 [3].

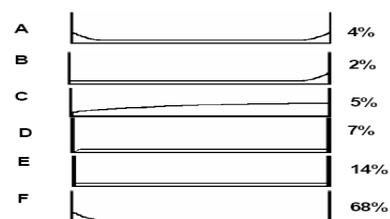


Fig. 2. Patrones de Fallos de la Industria Aeronáutica

Las investigaciones sobre los modos de fallos revelan que la mayoría de los fallos de los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán de alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza. Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de fallo. Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de fallo dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de los fallos en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables. Gracias al RCM se requieren menos horas/hombre de mantenimiento por hora de vuelo en las aeronaves, lo que las hace más productivas. A su vez, gracias al RCM el desempeño de la confiabilidad de las aeronaves se ha optimizado de una forma drástica.

Las organizaciones de mantenimiento efectuarán dos tipos de mantenimiento. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo. Podemos encontrar dos tipos de Programas de Mantenimiento (MP) dentro del mantenimiento preventivo: el MP del constructor y el MP

del operador. El tipo de inspecciones de un MP a realizar dependerá de CYC, FLH y DAYS. Del mismo modo que pasaba con la MEL, el MP del operador será más restrictivo que el MP del constructor.

De nuevo, esta diferencia entre MP, provocará diferencias entre el mantenimiento realizado en de diferentes aerolíneas.

5. Factores Humanos

En la actualidad, el desarrollo tecnológico está al alcance de todas las empresas. La diferencia entre una empresa buena y una empresa excelente, no se encuentra en la tecnología, sino en la potenciación del capital humano. A pesar de que la tecnología va reemplazando cada vez más al hombre en las organizaciones de producción, las empresas aeronáuticas aún necesitan la presencia de seres humanos para operar y mantener sus aeronaves. Esta dependencia de los seres humanos, conlleva asociada una constante fuente de posibles errores que deberán ser reducidos al mínimo, en el menor tiempo posible. Las investigaciones indican que la causa principal de los accidentes aéreos hoy en día son los errores debidos a factores humanos. El desarrollo técnico de la industria aeronáutica ha avanzado hasta el punto de que los fallos técnicos representan entre el 20% y el 30 % de todos los accidentes, mientras que los factores humanos representan entre un 70 y un 80 % [4]. Entonces, la única manera de reducir el efecto de los errores de mantenimiento es mediante una capacitación que permita al personal tener una mayor conciencia de los factores de desempeño humano. Cuando se tienen en cuenta los factores humanos, la calidad mejora. El ambiente laboral es más agradable, las condiciones de trabajo son idóneas, el trabajo realizado también es mejor al evitar fallos provocados por los errores humanos, el riesgo de que los trabajadores sufran algún accidente o lesión disminuye. Por lo tanto, los factores humanos influyen en las condiciones laborales, en la seguridad y fiabilidad de los trabajos de mantenimiento que se realizan. Pero se tiene que concienciar a todos los miembros de la empresa para que el rendimiento de ésta sea mayor en muchos aspectos. El objetivo de cualquier programa de factores humano será reducir el error humano. Para ello será necesario implementar en la empresa el concepto de cultura de seguridad. Esto ayudará a minimizar la cadena de errores representados por el modelo del queso suizo en la figura 3, que representa cómo los componentes de un sistema pueden interactuar para producir un accidente, y es por ello que la industria aeronáutica se sirve de la cadena de seguridad, diseñada de tal modo que cada nivel tendrá la oportunidad de verificar la corrección del trabajo realizado por el nivel anterior.

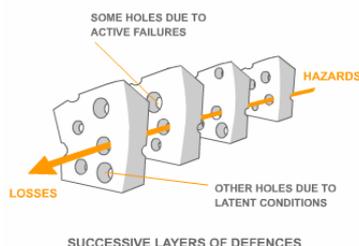


Fig. 3. Modelo del Queso Suizo

Si se encuentra una desviación respecto a la norma, esta desviación puede ser corregida inmediatamente. Esto debe ocurrir a todo lo largo del proceso de diseño, ensamblaje, pruebas, mantenimiento y operación. De lo contrario, la tripulación de vuelo, podría descubrir la desviación de manera catastrófica.

Con el fin de poner barreras a los errores, se utilizan los conceptos de diseño Fail Safe / Safe Live. Fail Safe será un componente diseñado que en caso de fallo, fallará de un modo que no cause ningún daño o que perjudique en la menor manera posible a otros dispositivos. Safe Live designa el límite seguro de "vida" de un componente, es decir la caducidad operacional del componente.

A medida que la ciencia evoluciona, aparecen nuevos materiales, nuevos sistemas y nuevos equipos. La filosofía de los constructores aeronáuticos pasa muchas veces, por sacrificar las mejores prestaciones de un nuevo equipo, por las de fiabilidad del mismo. Es por ello que encontramos equipos que incluso siendo obsoletos tecnológicamente, siguen aún montados en los sistemas de las aeronaves.

6. Impacto Medioambiental

Uno de los motivos del gran desarrollo de la industria aeronáutica ha sido gracias a la ausencia de una intervención normativa y a la carencia de regulaciones ambientales en comparación a otros medios de transporte, por lo que su crecimiento se espera que continúe aceleradamente.

La aviación también contribuye al cambio climático del planeta debido principalmente a las emisiones que producen los reactores de CO_2 y de los NO_x que son actualmente de un 3% aproximadamente [5]. Las fuentes que producen el impacto medioambiental son los motores, los APU (Auxiliar Power Unit) y los equipos de handling de los aeropuertos. Las consecuencias del impacto medioambiental son el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento del ruido de los reactores, la congestión del tráfico aéreo, el aumento de impactos de pájaros y el aumento de las probabilidades del lanzamiento de combustible.

7. Conclusiones

Se estructuran las conclusiones teniendo en cuenta los aspectos de seguridad y los aspectos medioambientales.

Aspectos de Seguridad:

El objetivo principal de cualquier organización de mantenimiento aeronáutico deberá ser el de proporcionar un mantenimiento enfocado a garantizar la máxima calidad de seguridad posible. Se deberían implementar sistemas de control de riesgo adecuado en todas las organizaciones de mantenimiento. Aunque a primera vista podría parecer lo contrario, la implantación de un sistema de control de riesgo, con el consiguiente desarrollo de procesos, procedimientos, controles y auditorías, todo esto tras un exhaustivo diagnóstico de la salud operativa de la compañía, no debe ser considerado un gasto, sino una inversión de futuro.

Es necesario que una organización de mantenimiento aeronáutico disponga de un departamento de calidad

totalmente independiente, con el fin de garantizar el seguimiento de los procedimientos y evitar cualquier posible desviación del mantenimiento realizado según el MOE de la compañía. La calidad total requiere claridad y procedimientos de operación completos. El control del seguimiento de la normativa y procedimientos, tanto por parte del departamento de calidad y seguridad de la compañía, como por parte de la administración deberá ser máximo, ya que un programa de auditorías estricto por ambas partes, ayudará a detectar rápidamente cualquier desviación de la normativa.

La implementación de programas de factores humanos e implementación de la cultura de seguridad, minimizará los errores de mantenimiento.

Un accidente se produce por una consecución de errores y se evitará o minimizará creando barreras de protección. Un mayor conocimiento de las consecuencias del error humano estará vinculado a un aumento de la fiabilidad del mantenimiento. Enfoques de diseño como los de Fail safe/safe live, así como tecnología y equipos montados en las aeronaves, dedicados a poner barreras al error humano, garantizarán una mayor seguridad de vuelo. Si las nuevas tecnologías que se incorpora no tienen un índice de fiabilidad muy elevado y a la vez su mantenimiento no es sencillo, podría implicar mucha más carga de trabajo al personal de mantenimiento, revirtiendo en un mayor riesgo de introducir algún error humano y una disminución de la productividad de la aeronave.

La gerencia de una organización de mantenimiento deberá estar convencida de que la excelencia en seguridad es tan importante como los costos, la productividad, la calidad y las relaciones con los empleados. La formación continua de todo el personal dirigida tanto a los directivos, ingenieros como a los técnicos de mantenimiento, aumenta la fiabilidad del mantenimiento al aumentar los conocimientos del personal, aumentando así la conciencia situacional.

Programas de mantenimiento basados en la confiabilidad como el RCM requieren menos horas/hombre de mantenimiento por hora de vuelo en las aeronaves, lo que las hace más productivas. A su vez, gracias al RCM el desempeño de la confiabilidad de las aeronaves se ha optimizado de una forma drástica.

Los parámetros que podrían aumentar los niveles de riesgo y aún no están contemplados por las leyes son:

- La formación inicial
- La formación permanente
- Tiempos de trabajo y descanso
- Combinación de nivel de experiencia entre TMA
- Operaciones con la MEL o MMEL
- Libertad de aplicación de la MEL
- Tiempos de tránsito cortos con averías y aumento de la programación de vuelos
- Presión empresarial
- Mayor o menor implementación de procedimientos de seguridad

Aspectos Medioambientales:

El futuro de la industria aeronáutica estará condicionado por el impacto medioambiental que produce, en el momento de que exista una normativa medioambiental severa que la regule. El momento en el que las aeronaves producen un mayor impacto medioambiental es durante las fases de aterrizaje y despegue.

Con el fin de reducir el impacto medioambiental se proponen las siguientes opciones:

Opciones de la tecnología de las aeronaves y de los motores; las mejoras en la eficiencia de los motores reducen el consumo específico de combustible y la mayoría de los tipos de emisiones; pero las estelas de condensación pueden aumentar y, sin adelantos en la tecnología del combustible, las emisiones de NO_x también aumentarán.

Opciones en materia de combustible; la reducción del contenido de sulfuro del queroseno permitirá disminuir las emisiones de SO_x y la formación de partículas de sulfato.

Una opción para disminuir las emisiones producidas por los aviones, podría ser la de rodar (taxi) con un solo motor desde la pista de aterrizaje hasta la Terminal y viceversa. En cuanto a la emisión de gases de los APU se podrían reducir las operaciones de los APU al máximo, dotando a los aeropuertos de grupos de generación neumática, eléctrica y aire acondicionado y construyendo aeropuertos en los que exista menos distancia entre la Terminal y la pista de despegue y aterrizaje.

Durante las fases de despegue y aterrizaje se podrían disminuir el impacto medioambiental optimizando los ajustes de aumento y reducción de potencia de los motores.

Opciones Operacionales:

Los sistemas de gestión del tránsito aéreo se utilizan para el guiado, separación, coordinación y control de los movimientos de las aeronaves. Los sistemas de tránsito aéreo nacional e internacionales existentes tienen limitaciones que resultan, por ejemplo, en esperas (aeronaves que vuelan en un circuito fijo esperando la autorización para aterrizar), rutas ineficientes y descoordinación entre espacios aéreos debido a la dependencia del control del espacio aéreo de cada estado. Estas limitaciones resultan en un consumo excesivo de combustible y por consiguiente, en emisiones excesivas. Las soluciones son volar las rutas más directas y aumentar la efectividad de la gestión del tráfico aéreo entre los países de la UE.

8. Agradecimientos

Departamento de Mantenimiento de Iberia, SR Technics.

Referencias

- [1] G. Bisignani, "IATA Annual Report 2006", Paris, June 2006, pp. 18-19.
- [2] Comisión de Las Comunidades Europeas, "COM (2005) 35", Bruselas, 9 de Febrero de 2005, pp. 4.
- [3] A.M. Smith, "Reliability Centered Maintenance", New York, McGraw-Hill, 1993.
- [4] R. Valero, R., "Curso de Factores Humanos". Madrid, GSGT, 2005, pp.10-12

- [5] Comisión de Las Comunidades Europeas, “COM (2005) 456 final”, Bruselas, 27 de Septiembre de 2005, pp. 2.