



4^{to} Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica



DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA GESTION DE MANTENIMIENTO AERONAUTICO

N. Mira^a, J. Giro^a, V. Clark^b, M. Felippa^b, F. García Cuerva^c

^aDpto. Sistemas, Facultad de Ingeniería, Instituto Universitario Aeronáutico - Córdoba, Argentina. <http://www.iua.edu.ar>

^bCentro de Entrenadores y Simuladores de Vuelo, Dirección General de Investigación y Desarrollo, FAA – Cba., Argentina.

^cCentro de Ensayos en Vuelo, Dirección General de Investigación y Desarrollo, FAA - Córdoba, Argentina.

Palabras claves: mantenimiento aeronáutico, software de gestión, mantenimiento programado.

Resumen

Se presenta el desarrollo de una herramienta de gestión para las tareas de mantenimiento de aeronaves que se realizan en el Centro de Ensayos en Vuelo (CEV) perteneciente a la Fuerza Aérea Argentina, con el fin de lograr una mayor eficacia en el registro de toda actividad destinada a mantener la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves que posee el CEV.

Se propone automatizar las operaciones actuales gestionadas hasta el momento mediante una planilla de Excel, la cual produce una significativa carga de trabajo en cuanto al control del vencimiento de los ciclos, horas, cantidad de aterrizajes y tiempos de vida útil de cada parte y componente de todas las aeronaves que se mantienen, siendo un gran volumen de información el que se debe revisar y controlar.

El objetivo final es gestionar todas las operaciones necesarias centralizando la información que estará disponible a los usuarios en red. Se espera que el software de mantenimiento programado de partes de aeronaves a describir proporcione beneficios que mitiguen las limitaciones de la forma actual de operar, generando un secuenciamiento de actividades en base a los diferentes ciclos de vida útil de las partes y componentes que poseen frecuencias predeterminadas por el fabricante o por procedimientos propios del Centro de Ensayos en Vuelo en base a su propia experiencia, esta programación sistemática de tareas es lograda mediante un listado de alertas tempranas de próximos vencimientos permitiendo al encargado estar consciente del momento apropiado para realizar las inspecciones y sustituciones, siendo la finalidad específica del mantenimiento programado mantener la aeronavegabilidad de los aviones y restaurar el nivel especificado de fiabilidad.

Los principales beneficios que aporta la automatización mediante el software propuesto son: la simplificación y reducción de tareas de control del encargado de mantenimiento, dada la precisión y reducción de la información generada mediante las alertas tempranas, más orden en las actividades con una mejor visión de la situación mediante una interfaz con indicadores de vencimiento y estado de las partes, logrando una mejor programación de las inspecciones y recambios. La sistematización y el cálculo automático de los vencimientos permiten una óptima gestión de los recursos y la minimización del tiempo en tierra de detenimiento de la aeronave, finalmente aumentando el nivel de seguridad operacional.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo exhibe al lector una herramienta de gestión de software personalizada para automatizar el proceso de alertas tempranas y registro de las tareas de mantenimiento programado de aeronaves que se realizan en el Centro de Ensayos en Vuelo (CEV) perteneciente a la Fuerza Aérea Argentina.

Actualmente en el mercado existen diferentes tipos de software destinados al mantenimiento de aeronaves. Por la conformación heterogénea de las actividades propias del CEV se decidió desarrollar una nueva aplicación en base a un menor costo y con posibilidad de adecuar el desarrollo a los requerimientos particulares de la entidad en la cual se implementará.

Se propone automatizar los procesos actuales de mantenimiento, centralizando la información que estará disponible a los usuarios en red, con el fin de proporcionar una mayor eficiencia en el registro y ejecución de las actividades destinadas a mantener la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves.

Mediante la planificación y ejecución de una programación sistemática de tareas; se genera información fidedigna y oportuna; además de una mejora en la ejecución de las actividades de revisión e inspección para el recambio de las partes y componentes de la aeronave. De esta manera se busca brindar mayor seguridad y fluidez en los procesos de mantenimiento, siendo esta la finalidad específica del mantenimiento programado; mantener la aeronavegabilidad y restaurar el nivel especificado de fiabilidad.

Se espera que el software de mantenimiento programado proporcione beneficios que mitiguen las limitaciones de la forma actual de operar, generando nuevas posibilidades y optimización de las actividades.

Por consiguiente la sistematización y el cálculo automático de los vencimientos permitirá una óptima gestión de los recursos y la minimización del tiempo en tierra de la aeronave; finalmente aumentando el nivel de seguridad operacional.

2. ESTADO DEL ARTE

Con miras a entender el mercado actual, se realizó una búsqueda en lo referente a las distintas ofertas de software destinadas a dar una solución a los requerimientos del mantenimiento aeronáutico. De esta búsqueda se observó un factor que resultó ser determinante; su costo.

Acorde con esto, hay que adicionar la heterogeneidad del mercado aeronáutico en la cual conviven al mismo tiempo fuerzas armadas y compañías aéreas de diferentes conformación y reglamentación. Para este último caso y en particular para las de menor porte, la adquisición de una herramienta de software para la gestión del mantenimiento de sus aeronaves resulta ser, en su gran mayoría, inviable de ser asequible.

Así mismo, las actividades de mantenimiento en la aviación militar, contemplan aspectos diferenciados respecto a las aeronaves civiles. Es por esto que es preciso indicar que existen diferentes reglamentaciones que deben ser cumplimentadas, según las normativas de cada país; para la Fuerza Aérea Argentina dichas normativas difieren a las impuestas a la aviación civil.

Aun cuando existen aplicaciones de variado alcance en este ámbito, para nuestro caso de estudio consideramos que no consiguen cubrir todas características propias del organismo; por su elevado costo, funcionalidad, reglamentación o la combinación de todas ellas.

3. MARCO TEÓRICO

En los inicios de la aviación los programas de mantenimiento de aeronaves eran confeccionados por los propios mecánicos. Al carecer del conocimiento necesario, propio de aquellos años en que la aviación surgía, estos era meramente empíricos; la experiencia resultaba ser su único fundamento. Acorde con este conocimiento, los trabajos referentes al mantenimiento eran definidos solo en función de las fallas que los propios aparatos presentaban durante su operación tanto en tierra como en vuelo.

La carencia de datos relevados, la inexistencia de información para detectar trazabilidad sobre los distintos elementos, sumado a la incapacidad de definir los distintos ciclos de mantenimientos fueron factores que caracterizaron a este periodo.

Con el advenimiento de los motores a reacción y por consiguiente, una evolución en el desarrollo tecnológico dada a comienzos de la década del 50 del siglo pasado, fue necesario la introducción de programas de

mantenimiento. Estos programas consistían en el reacondicionamiento de cada aeronave siendo este trabajo de tipo *overhaul*.

Ya en los años sesenta dada la necesidad de trabajar mancomunadamente los fabricantes de aeronaves, proveedores, Administración Federal de Aviación y las compañías operadoras se nuclearon bajo la MSG: *Maintenance Steering Group* para definir e investigar cuales eran los beneficios de realizar mantenimientos de tipo preventivo.

El trabajo realizado por la MSG determinó como resultado un nuevo tipo de mantenimiento denominado *on condition maintenance*. Siendo complementado con un manual de mantenimiento denominado "Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo de Programas"; conocido como MSG-1 desarrollado para aeronaves Boeing 747. [1]

En el contexto de los años setenta surgía el documento la MSG-2 confeccionado bajo el título de "Planificación del Programa de Mantenimiento de Aerolíneas y Fabricantes" el cual incorporaba un nuevo paradigma; orientado a procesos. Esta nueva filosofía consistía en realizar un análisis "todo- parte"; analizar no solo las partes sino también cada componente que la conforman.

Este paradigmas se basó en que toda aeronave y sus componentes alcanzaban un determinado tiempo o vida útil, razón por la cual, estos debían ser restaurados a condición de nuevos.

A su vez el Departamento de defensa norteamericano elaboro una metodología para el desarrollo de mantenimientos basados en prácticas aprobadas que sentaron las bases del documento MSG-3, conformándose actualmente como un estándar para el mantenimiento. [1]

Esta metodología está orientada a trabajos de tipo "*Top-down*", analizando los modos de fallas de un sistema de forma descendente desde su propio nivel hacia abajo, de manera que las tareas de mantenimiento son constituidas como preventivas. De esta manera los trabajos de mantenimiento son realizados por la seguridad operacional, costos y los beneficios operacionales. Sucesivas mejoras han sido introducidas a la MSG-3 las cuales involucran una mayor y mejor cobertura de todos los modos de fallas.

En este contexto, podemos definir al mantenimiento de una aeronave como una serie de actividades efectuadas a fin de conservar sin fallas las partes, componentes y sistemas a una condición de fiabilidad y seguridad operacional y aeronavegabilidad satisfactoria al menor costo posible. [2]

Así por ejemplo, cuando nos referimos a aeronavegabilidad decimos que se deben cumplir tres condiciones fundamentales, siendo la primera la condición en la que una aeronave, motor, o hélice cumplen con las especificaciones de diseño del certificado tipo aprobado, a su vez estos ítems deben ser mantenidos de acuerdo a la guía de inspección o programa de mantenimiento del fabricante, finalmente la tercera condición es que el vuelo de la aeronave debe realizarse cumpliendo los límites del manual de vuelo. [3]

A continuación, conforme a lo expuesto, esbozaremos dentro del marco teórico, una descripción de los distintos tipos de mantenimiento aeronáutico, su filosofía y las leyes que los regulan según la actual legislación.

3.1. Mantenimiento Aeronáutico

Todo lo concerniente al mantenimiento aeronáutico con respecto a nuestro país se encuentra en la Directivas del Reglamento de Aeronavegabilidad Militar (DIRAM) Parte 6 [4], a continuación se extraen los conceptos más relevantes para este trabajo.

El Mantenimiento Aeronáutico implica las tareas de controlar, reparar y/o modificar el material aeronáutico, para mantener o mejorar las características y especificaciones originales, a efectos de cumplir con las regulaciones de Aeronavegabilidad Militar.

Clasificación del Mantenimiento Aeronáutico

Por la complejidad de los trabajos a realizar se clasifica en:

- ✓ Mantenimiento Mayor o de Tercer Escalón/ Nivel: Consiste en trabajos de gran envergadura, desarrollándose en instalaciones fijas, adecuadas a tal efecto. (como ser recorrida, inspección mayor, reparación mayor y modificación).
- ✓ Mantenimiento Menor, Intermedio o de Segundo Escalón/ Nivel: Consiste en trabajos de mediana complejidad que se desarrollan en instalaciones fijas o móviles. (como ser inspecciones intermedias y reparaciones menores).

- ✓ Mantenimiento elemental Operacional, o de Primer Escalón/ Nivel: Consiste en tareas simples y rutinarias tales como inspecciones oculares, funcionales, recambio de piezas, subconjuntos o conjuntos de fácil acceso que se desarrollan en el lugar de operación.

Por el objetivo perseguido se clasifica en:

- ✓ Preventivo: Son las acciones de mantenimiento aplicadas sobre el material que se encuentra en servicio para conservarlo en dicha situación. Este incluirá el mantenimiento programado y el predictivo, el cual abarca las acciones de monitoreo de parámetros del material, a los efectos de determinar la necesidad de una acción correctiva en función de la variación con respecto a un estándar.
- ✓ Restaurativo: Son las acciones de mantenimiento aplicadas sobre material que se encuentra fuera de servicio, para devolverlo al servicio operativo, sin introducir cambios en su conformidad o diseño.
- ✓ De Modificación: Son las acciones de mantenimiento que introducen en el material variaciones en la conformación o en el diseño, con el objeto de mejorar su eficiencia o variar su capacidad original.

3.2. Programas de Mantenimiento

- ✓ El Programa de Mantenimiento de un producto, consiste en el conjunto de tareas de mantenimiento programado establecidas para todos los escalones de mantenimiento y establece la base de la planificación de tareas de mantenimiento a lo largo de su vida operativa, e incluye a sus componentes y partes.
- ✓ Las aeronaves militares y sus componentes deben cumplir con los Programas de Mantenimiento aprobados por el respectivo Los Organismos Superiores de Regulación de Aeronavegabilidad (OSRA), ya sean éstos recomendados por el fabricante o un Programa equivalente, para cada producto o parte que deba ser mantenido.
- ✓ En los casos que se realicen Operaciones Especiales (*Reduced Vertical Separation Minimum* RVSM-RNPA, *Extended Ranged Twin-Engine Operation Performance Standard* ETOPS entre otras) se deberán cumplir con las tareas y procedimientos de mantenimiento previsto para dicha actividad.
- ✓ Cuando se produzcan cambios al Diseño Aprobado que requieran modificaciones al programa de mantenimiento, estos deberán ser incorporados.

Contenido del Programa de Mantenimiento

El Programa de Mantenimiento debe contener como mínimo:

- ✓ Inspecciones periódicas y eventuales requeridas, de acuerdo al régimen de utilización de las aeronaves y de los productos y partes que le componen.
- ✓ Referencias a la documentación técnica necesaria para la realización de tales inspecciones.
- ✓ Instrucciones para el mantenimiento predictivo, por condición u otros.
- ✓ Aplicación de Boletines de Servicio, Directivas de Aeronavegabilidad Militar (DAM) y toda otra documentación mandataria equivalente y aprobada por el respectivo OSRA.

El Programa de Mantenimiento deberá contemplar las recomendaciones del fabricante y las que resultan de la experiencia de utilización de las aeronaves, como puede ser un Programa de Integridad Estructural, Programa de Control de Corrosión, Control por Fatiga, etc., como así también inspecciones especiales debido a fallas encontradas y reparaciones temporales o definitivas que requieran inspecciones periódicas.

3.3. Trazabilidad

Es el conocimiento y registro del estado de los productos y partes desde su fabricación hasta su disposición final, permitiendo la reconstrucción de la historia, utilización, localización y procesos realizados.

Registro de mantenimiento de productos y partes

El registro de mantenimiento de cada producto o parte debe contener:

1. Tipo de inspección o tarea de mantenimiento realizada, extensión y una descripción detallada de la misma; además de la fecha de iniciación y término.
2. Horas totales y ciclos totales de la aeronave o componente de aeronave, especificando matrícula o el número de parte y el número de serie del componente; tiempo o ciclos disponibles / remanentes hasta su próxima intervención, en caso que corresponda.
3. Referencia a la documentación técnica utilizada y aceptada por el respectivo OSRA.
4. Datos de peso y balanceo si corresponde a la intervención realizada.
5. Estado actualizado de componentes con vida límite y con límite de funcionamiento.
6. Estado actualizado del Cumplimiento de las DAM y Boletines de Servicio aplicables, incluyendo la fecha y los métodos de cumplimiento y, si la DAM requiere acción recurrente, el plazo y fecha en el cual la próxima acción deberá ser realizada.
7. Datos necesarios para describir las novedades o defectos detectados de acuerdo con las normas aplicables, las medidas correctivas y la firma del personal técnico debidamente habilitado y autorizado.
8. Identificación y firma de la persona que efectuó la tarea de mantenimiento.
9. Identificación y firma de la persona que efectuó la inspección requerida o la inspección de proceso.
10. Identificación y firma de la persona que certifica la conformidad del mantenimiento y de la que aprueba el retorno al servicio de una aeronave o componente.
11. Documentos tales como los formularios ATAD 8130-3M, 337M o equivalentes y certificaciones de productos estándar.

Se debe registrar los detalles del mantenimiento realizado de manera clara y legible en tinta o por otro medio permanente aceptado por el OSRA.

3.4. Registro de Defectos o de Condiciones no Aeronavegables

Debe registrarse, de una manera aceptable para el respectivo OSRA, el análisis y acción correctiva de todo defecto, falla o avería que genere una condición no aeronavegable y requiera una acción de mantenimiento correctivo que recupere el material a su condición previa a la misma, tanto funcional como estructural.

Ésta situación deberá informarse al OSRA o la Dirección General de Aeronavegabilidad Militar Conjunta (DIGAMC) de acuerdo a la DIRAM 7 u 8 según corresponda.

4. ORGANISMOS LEGISLATIVOS

La Autoridad Técnica Aeronáutica de la Defensa en ejercida por el Ministerio de Defensa de la República Argentina, a través de la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica (DGNCT).

El sistema de aeronavegabilidad de la defensa tiene los siguientes fundamentos legales:

1. La ley n° 17.285, “código aeronáutico” [5], en su artículo 1° establece que “a los efectos de este código, aeronáutica civil es el conjunto de actividades vinculadas con el empleo de aeronaves públicas y privadas, excluidas las militares” posteriormente en el mencionado artículo y en el artículo 10° establece que “las normas relativas a circulación aérea, responsabilidad y búsqueda, asistencia y salvamento, son aplicables también a las aeronaves militares”, luego en el título ii “circulación aérea” establece que “ninguna aeronave volará sin estar provista de certificados pc 14-05 público 2 de matriculación y aeronavegabilidad y de los libros de a bordo que establezca la reglamentación respectiva”.

2. La ley n° 22.520, “ley de ministerios” (t.o. 1992) [6], en su artículo 19°, inciso 24 establece que es de competencia del ministerio de defensa “entender en el registro, habilitación, fiscalización y dirección técnica de los actos y actividades vinculadas a la navegación por agua y aire en cuanto sean de su jurisdicción”.
3. La ley n° 23.554, “defensa nacional”[7], en su artículo 21° establece que la “organización y funcionamiento de las fuerzas armadas se inspirarán en criterios de organización y eficiencia conjunta, unificándose las funciones, actividades y servicios cuya naturaleza no sea específica de una sola fuerza”.
 - 3.1. El decreto n° 727/06, reglamentario de la ley n° 23.554, en sus artículos 17°, 18° y 19° asigna al Estado Mayor Conjunto (EMC) Fuerzas Armadas (FA) tareas y responsabilidades relacionadas con el control y funcionamiento de las Fuerzas Armadas:
 - 3.2. Art. 17°: “en función de los principios, las normas y/o pautas fundamentales elaboradas e impartidas por el ministerio de defensa, el estado mayor conjunto tendrá entre otras responsabilidades la de formular la doctrina militar conjunta, y promover su actualización; elaborar el planeamiento militar conjunto; controlar la eficacia del accionar militar conjunto e informar al ministerio de defensa, acerca del desempeño y los resultados del ejercicio de tales responsabilidades”.
 - 3.3. Art. 18°: “el estado mayor conjunto de las fuerzas armadas procurará la máxima integración y estandarización del conjunto de reglas, procesos, procedimientos, funciones, servicios y actividades relativos al uso o empleo eficiente de los medios militares, como así también al fortalecimiento y consolidación de las capacidades operacionales”.
 - 3.4. Art. 19°: “el jefe del estado mayor conjunto será el responsable del empleo de los medios militares en tiempos de paz. A tal efecto tendrá el control funcional sobre las fuerzas armadas, con autoridad para impartir órdenes, pudiendo disponer de tales medios para el cumplimiento de las misiones encomendadas en el marco del planeamiento estratégico militar”.
4. Ley 25.188 art. 1° (ética en el ejercicio de la función pública)[8]:
 - 4.1. Art. 1°: la presente ley de ética en el ejercicio de la función pública establece un conjunto de deberes, prohibiciones e incompatibilidades rectificación 1/15 pc 14-05 público 3 aplicables, sin excepción, a todas las personas que se desempeñen en la función pública en todos sus niveles y jerarquías, en forma permanente o transitoria, por elección popular, designación directa, por concurso o por cualquier otro medio legal, extendiéndose su aplicación a todos los magistrados, funcionarios y empleados del estado.
5. La resolución Ministerio de Defensa (MD) n° 639 del 24 de mayo de 2007, ordena al EMC de las FA la creación de un reglamento de “aeronavegabilidad militar conjunta”, una “directiva de habilitación del personal técnico”, y una “directiva de habilitación de tripulantes” análogos a las normativas civiles, así como indica que el ministerio de defensa establecerá en su ámbito, el organismo responsable para supervisar en las fuerzas armadas el mantenimiento de las aeronaves y la capacitación del personal.
6. La resolución md n° 18 del 20 de diciembre de 2007 aprueba el proyecto inicial de la presente publicación, fija los plazos de su implementación y establece la autoridad competente.
7. El decreto n° 1451/08 establece que la autoridad técnica aeronáutica de la defensa es la dirección general de normalización y certificación técnica del ministerio de defensa, con la responsabilidad de dirigir el sistema de aeronavegabilidad de la defensa.

Los organismos y organizaciones que integran el Sistema de Aeronavegabilidad de la Defensa se detallan a continuación:

- ✓ Dirección General de Normalización y Certificación Técnica (DGNCT) en el Ministerio de Defensa.
- ✓ Dirección General de Aeronavegabilidad Militar Conjunta (DIGAMC) en el Estado Mayor Conjunto.
- ✓ Organismos Superiores de Regulación de Aeronavegabilidad (OSRA) en la jurisdicción de las Fuerzas Armadas.
- ✓ Organismos Superiores Logísticos de Mantenimiento (OSLM) en la jurisdicción de las Fuerzas Armadas.
- ✓ Organismos Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico (OTMA) en la jurisdicción de las Fuerzas Armadas.
- ✓ Organizaciones de Mantenimiento Aeronáutico de la Defensa (OMAD).
- ✓ Otros organismos y organizaciones relacionadas con los productos aeronáuticos en las diferentes etapas de su ciclo de vida y de su ciclo logístico.

4.1. Documentación de interés

- ✓ AC 43-12A Change 1 “Preventive Maintenance”.
- ✓ AC 43-9C “Maintenance Records”.
- ✓ AC 39-7D “Airworthiness Directives”.
- ✓ AC 20-77B “Use of manufacturer’s Maintenance manuals”.
- ✓ AC 120-16G “Air carrier Maintenance Programs”.
- ✓ DIRAM Parte 6 “Mantenimiento Aeronáutico”.
- ✓ DIRAM Parte 7 “Organismos Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico”.

5. CASO PRÁCTICO / CONTEXTO

En el Organismo Técnico de Mantenimiento Aeronáutico (OTMA) el cual es parte del Centro de Ensayos en Vuelo, se realizan tareas de mantenimiento en diferentes niveles de intervención.

Los programas de mantenimiento ejecutados en el organismo, han sido aprobados por la Dirección General de Aeronavegabilidad Militar. Estos programas comprenden y aplican las instrucciones recomendadas por el fabricante, esto incluye llevar el registro de los componentes con vida límite por horas de servicio y por tiempo calendario, el registro de cumplimiento de las Directivas de Aeronavegabilidad y Boletines de Servicio y la trazabilidad de las partes e instrumental.

Además como estipula el reglamento de Aeronavegabilidad Militar, el OTMA CEV es responsable del registro de aquellas herramientas que deben ser calibradas en intervalos regulares.

La flota de aeronaves que posee el CEV es de conformación heterogénea, consta de una aeronave turbofan de entrenamiento, una aeronave turbohélice, una aeronave de enlace con motor alternativo y dos aeronaves de entrenamiento con motor alternativo, simultáneamente se realiza el mantenimiento de primer nivel de dos modelos de asientos eyectables.

Actualmente el registro de mantenimiento de la flota de aeronaves es realizado mediante procesos manuales - no informatizados-, en formato papel.

El personal a cargo contabiliza las horas de vuelo o el tiempo transcurrido en base a registros previos, con la posibilidad de cometer errores, debido a que estos registros son precisos en la medida en que el personal que realiza esta tarea asuma una máxima atención al detalle.

Para minimizar el error en el registro del mantenimiento, trazabilidad de los componentes y la contabilización de hora y fechas, se han confeccionado planillas de cálculo (ver Tabla 1), la cual otorga una escasa informatización del mantenimiento pero aun así persiste la dependencia a la gestión de los procesos manuales en registro de datos y comprobación de vencimientos.

Además estas planillas están restringidas en su diseño a un solo modelo de aeronave, lo cual no resuelve el problema; y en alguna medida genera nuevos inconvenientes debido a que para el resto de la flota, todavía se emplean registros manuales en papel.

Por otra parte una característica indeseada de la actual forma de trabajo, es la ausencia de indicadores para realizar una mejora continua y la necesidad de obtener un rápido estado de situación de una aeronave en particular.

PLANILLA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO									
T.G.: 1929,5		VENCIMINETO POR HORAS							
ITEM	VENCIM.	DESCRIPCION	N/P	N/S	ULT. CUMPL.	REMAN.	TBO	MODOS	MARCA
1	1954,1	INSPECCION DE 100 HS.	IA-63PAMPA	1003	1854,1	24,6	100	INSP.	PAMPA II
2	2154,1	INSPECCION DE 300 HS.	IA-63PAMPA	1003	1854,1	224,6	300	INSP.	PAMPA II
3	2454,1	INSPECCION DE 600 HS.	IA-63PAMPA	1003	1854,1	524,6	600	INSP.	PAMPA II
4	2402	INSPECCION DE 1200 HS.	IA-63PAMPA	1003	1202	472,5	1200	INSP.	PAMPA II
5	2182,4	ARRANCADOR/GENERADOR	23080-002	4184	1182,4	252,9	1000	R/G	PAMPA II
6	3200,4	SERVO ACT ALERON IZQ	613B0000-02	124	1200,4	1270,9	2000	R/G	PAMPA II
7	3360,4	SERVO ACT ALERON DER	614B0000-01	110	1360,4	1430,9	2000	R/G	PAMPA II
8	3748,2	SERVO ACT COMAN DIREC	615A0000-02	124	1748,2	1818,7	2000	R/G	PAMPA II
9	3201,4	SERVO ACT COMAN PROFU	612A0000-04	110	1201,4	1271,9	2000	R/G	PAMPA II
10	2653,4	ACTUADOR DE FLAPS	610B0000-01	109	653,4	723,9	2000	R/G	PAMPA II
11	3345,3	ACT DE FRENO AERO IZQ	611A0000-02	141	1345,3	1415,8	2000	INSP.	PAMPA II
12	2465,4	ACT DE FRENO AERO DER	611A0000-02	142	465,4	535,9	2000	INSP.	PAMPA II
13	8000,6	VALV SELEC TRASV IZQ	AV23B1157		0,6	6071,1	8000	INSP.	PAMPA II
14	8000,6	VALV SELEC TRASV DER	AV231157		0,6	6071,1	8000	INSP.	PAMPA II
15	10000,6	VALV DE INTERC TANQ ALA INT IZQ	AV17B1253		0,6	8071,1	10000	INSP.	PAMPA II
16	10000,6	VALV DE INTERC TANQ ALA INT DER	AV17B1253		0,6	8071,1	###	INSP.	PAMPA II
17	2219	UNI ALIMEN COMB ESCOBILLAS	203910	111	1019	289,5	1200	R/G	PAMPA II
18	8136,3	VALV CORTE DE COMB	AV24B1327B	L-95157	136,3	6206,8	8000	R/G	PAMPA II
19	3617,4	DEPOSITO HIDR SIST 1	6-6216-0000-4	870012	1617,4	1687,9	2000	V/U	PAMPA II
20	2633,1	BOMBA HIDR SIST 1	40191	AH86539	133,1	703,6	2500	R/G	PAMPA II
21	1984	VALV LIMIT DE PRES SIST1	6-4222-0000-4	830014	-16	54,5	2000	R/G	PAMPA II
22	3309,6	DEPOSITO HIDR SIST 2	6-6216-0000-4	60008	1309,6	1380,1	2000	V/U	PAMPA II
23	2786,4	BOMBA HIDR SIST 2	40191-01	86516	286,4	856,9	2500	R/G	PAMPA II
24	1942,6	VALV LIMIT DE PRES SIST2	6-4222-0000-4	880010	-57,5	13,1	2000	R/G	PAMPA II
25	2401,4	TREN PRINCIPAL	2265-0000-000	2010 LMAASA	1201,4	471,9	1200	V/U	PAMPA II
26	2796,3	TREN PRINCIPAL	2266-0000-000	2010 LMAASA	1596,3	866,8	1200	V/U	PAMPA II
27	2817,4	TREN DELANTERO	2269-0000-000A	2010 LMAASA1	1617,4	887,9	1200	V/U	PAMPA II
28	1519	CONVERT OXIGENO LIQUIDO	E-26020	17461	1019	-410,5	500	V/U	PAMPA II
29	2625,4	CONECTOR DE SUMINISTRO	E-20623	6515324	1025,4	695,9	1600	V/U	PAMPA II
30	2625,4	MANGUERA DE AIREACION	E-26052	13072	1025,4	695,9	1600	V/U	PAMPA II

Tabla 1: Planilla de registro de mantenimiento

6. SOLUCIÓN PROPUESTA

Con las exigencias de un mundo cada vez más competitivo y exigente, la Fuerza Aérea Argentina, particularmente el Centro de Ensayos en Vuelo impulso el desarrollo de un software el cual fuera capaz de gestionar el mantenimiento aeronáutico.

Como se sabe, la actividad propia del mantenimiento de aeronaves está sujeta a continuas actualizaciones en todos sus campos, en relación a las crecientes demandas de mejora en todas las operaciones y en la aplicación de nuevas tecnologías.

Esta incorporación de tecnología supone en cierta media un avance en el proceso de mejora de las actividades involucradas. Muchos investigadores han demostrado que los ahorros sustanciales son ciertamente posibles mediante el uso de enfoques más avanzados tecnológicamente, para el mantenimiento actividades. [9]

Es en este contexto, que el Software diseñado introducirá un aporte tecnológico sustancial para la gestión del mantenimiento aeronáutico; particularmente, a los requerimientos específicos del CEV.

A fin de lograr una definición del concepto de sistema, como un software dentro del ámbito del mantenimiento (ver figura 1) se define al sistema desde la perspectiva de la dinámica, como: Un conjunto interconectado de elementos cuya estructura determina todas las modalidades del comportamiento dinámico. El comportamiento se refiere a los valores de las variables del sistema a lo largo del tiempo. La estructura se puede describir como el número, disposición, polaridad y orden de los bucles de reglamentación en el modelo del sistema. [10]

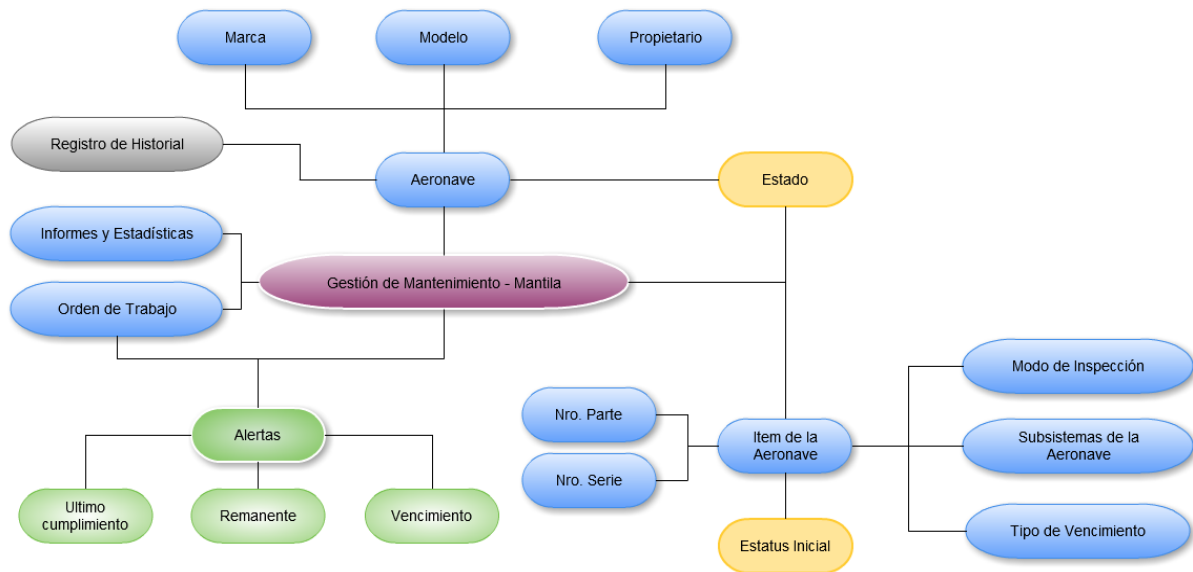


Figura 1: Modelo Conceptual del Sistema de Mantenimiento

6.1. Desarrollo

En consecuencia a lo expuesto anteriormente, se planteó en el Centro de Entrenadores y Simuladores de Vuelo un proyecto para automatizar el proceso de mantenimiento que se lleva a cabo en el OTMA CEV, desarrollando la herramienta denominada **SU0514: Software de Mantenimiento Programado y Preventivo de Aeronaves**.

En resultado al diagnóstico realizado, según lo mencionado en el contexto, se destacan los siguientes inconvenientes observados en la ejecución de los procesos actuales.

- Registro del mantenimiento y trazabilidad de los componentes
- Falta de atención del personal en la tarea
- La contabilización de hora y fechas de vida útil
- Escasa informatización del mantenimiento
- Dependencia a la gestión de los procesos manuales en la comprobación de vencimientos.
- Planillas restringidas en su diseño a un solo modelo de aeronave
- Se emplean registros manuales en papel
- Ausencia de indicadores para realizar una mejora continua
- La necesidad de obtener un rápido estado de situación de una aeronave.

De manera que la solución desarrollada debió contemplar: incluir la trazabilidad a fin de gestionar y registrar la ejecución de órdenes de trabajo. Asegurando así, la continuidad de la aeronavegabilidad de: una aeronave, motor, hélice, componente o accesorio; lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, remplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación.

Así mismo, se incluyeron el monitoreo de indicadores con la gestión de alertas tempranas que permitan visualizar el *status* (ver figura 2) de cada componente y también de las partes de cada aeronave.

Por otra parte la implementación de una base de datos, constituyó en una poderosa herramienta que permite administrar un gran volumen de información y datos; sobre el estado de piezas o componentes, boletines de servicio, mantenimiento y vencimientos entre otros aspectos.



Figura 2: Interfaz Reporte de Estado de la Aeronave.

Beneficios que aporta el software:

- ✓ Controlar y emitir alertas tempranas de vencimientos e inspecciones programadas.
- ✓ Visualizar indicadores con iconografía, los cuales reflejan de manera rápida el reporte de situación (ver figura 3).
- ✓ Controlar la trazabilidad a partir de la actividad de mantenimiento, vida útil y recambio de partes.
- ✓ Administrar información de las aeronaves, marcas, partes, ítems, componentes y propietarios.
- ✓ Actualizar el reemplazo de partes e inspecciones realizadas.
- ✓ Ejecutar tareas de mantenimiento en un tiempo mínimo para el operador.
- ✓ Interfaces de uso intuitivo para el usuario, con una rápida experiencia de usuario.
- ✓ Determinar niveles de seguridad los cuales garantizan que cada usuario tenga acceso a la información propia al rol que este cumple
- ✓ Registrar del historial de actividades que se ejecutan en el sistema.
- ✓ Proporcionar información precisa y oportuna de manera centralizada y en red
- ✓ Optimizar procesos organizacionales
- ✓ Mejorar y resguardar la integridad de los datos
- ✓ Minimizar el error en el registro del mantenimiento, trazabilidad de los componentes.
- ✓ Minimiza el error de cálculo y la estimación de vencimientos
- ✓ reemplazo de partes e inspecciones realizadas.

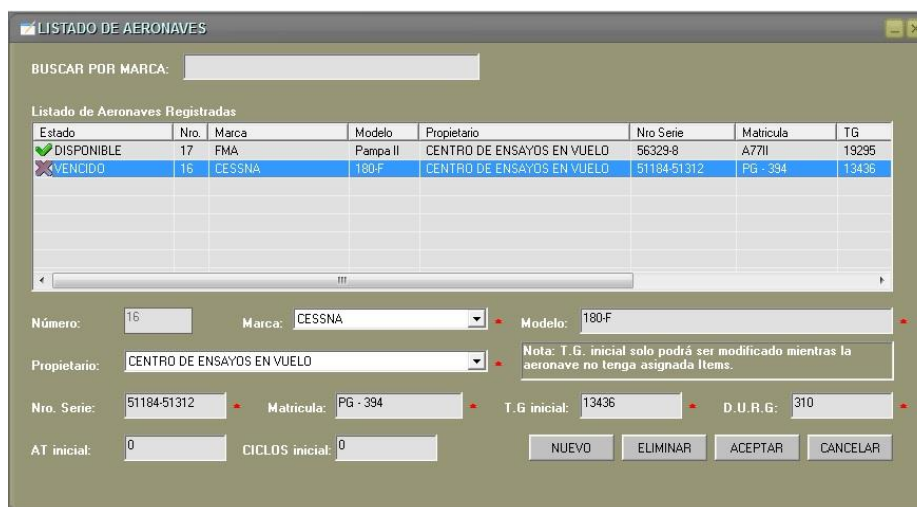


Figura 3: Interfaz Listado de Aeronaves.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Como resultado del proyecto se consiguió fundamentar las bases para desarrollar una herramienta para la gestión de mantenimiento aeronáutico capaz de centralizar y unificar la gestión, proporcionar información precisa y oportuna sobre el estado de los componentes y la disponibilidad cada una de las aeronaves.

En consecuencia, con la automatización se pudo minimizar el error de cálculo y la estimación de vencimientos; procesos antes realizados de forma manual. Las posibles faltas de atención del operador durante el proceso de registro, ahora son marcados con indicadores y controles propios que el software implementa; estas alertas ofrecen una guía al usuario en el registro de las tareas de mantenimiento que realizó, dejando en el sistema un registro del usuario responsable.

Se destaca, la flexibilidad y adaptabilidad del software, el cual cumple con las particularidades propias del CEV. Acorde con la política de seguridad y confidencialidad requeridas se establecieron archivos de registros de sistema y gestión de usuarios.

En recapitulación este proyecto lograra que el Centro de Ensayos en Vuelo cuente con un nuevo sistema de gestión; el cual va a introducir ventajas de optimización significativas al actual modo de trabajo. Una vez finalizada su implementación, el software permitirá contar con una planificación del mantenimiento para el corto, mediano y largo plazo, mejorando y resguardando la integridad de los datos para optimizar la gestión de los recursos y la minimización del tiempo en tierra de la aeronave, finalmente aumentando el nivel de seguridad operacional.

Se prevé a futuro ampliar el sistema para permitir registrar las órdenes de trabajo asociadas al mantenimiento y además los documentos involucrados durante el proceso.

8. REFERENCIAS

- [1]. Oscar Abundez. (2015, marzo). Desarrollo de una Herramienta de Mantenimiento. Recuperado 12 de octubre de 2016, a partir de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15508/2085%202015%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2]. Anaya Fuentes, m. A., & Centeno Abundes, m. A. (2012). Propuesta del uso de nuevas tecnologías y redes informáticas para el manejo y accesibilidad de la información técnica, que facilite los servicios de mantenimiento de aeronaves. Recuperado a partir de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/7833>
- [3]. Dirección General de Aeronáutica Civil. "Circular Obligatoria AV-43.2/07, que regula el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves". Revisión 02. 16 de noviembre de 2009.
- [4]. SUBPARTE A - DIRAM-6-Revision-6.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.fuerzas-armadas.mil.ar/Dependencias/DIGAMC-Documentacion/Normas-Vigentes/DIRAM/DIRAM-6-Revision-6.pdf>
- [5]. Código Aeronáutico - Sanción de la ley 17.285. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2016, a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/20000-24999/24963/texact.htm>
- [6]. Ley 22.520 - Infoleg. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2016, a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/45000-49999/48853/texact.htm>
- [7]. LEY DE DEFENSA NACIONAL. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2016, a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/20000-24999/20988/texact.htm>
- [8]. Ley N° 25.188. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2016, a partir de <http://www.mecon.gov.ar/digesto/leyes/ley25188.htm>
- [9]. Sharma, A., Yadava, G. S., & Deshmukh, S. G. (2011). A literature review and future perspectives on maintenance optimization. Journal of Quality in Maintenance Engineering.

[10]. Drew, D. R. (1995): Dinámica de sistemas aplicada. Isdefe. Madrid.

9. DATOS DE CONTACTO

Centro de Entrenadores y Simuladores de Vuelo, Dirección General de Investigación y Desarrollo, FAA – Cba., Argentina.

Valeria Clark: valeriaclark@hotmail.com

Marcos Felippa: marcosfelippa@hotmail.com

Centro de Ensayos en Vuelo, Dirección General de Investigación y Desarrollo, FAA - Córdoba, Argentina.

Federico García Cuerva: garciacuervafg@gmail.com

Dpto. Sistemas, Facultad de Ingeniería, Instituto Universitario Aeronáutico - Córdoba, Argentina.

<http://www.iua.edu.ar>

Natalia Mira: ncmira@gmail.com

Juan Giro: juanfgiro@gmail.com