

Principais Iniciativas para Aumento da Segurança Operacional no Transporte Aéreo

Guilherme Conceição Rocha

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Praça Marechal-do-Ar Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, São José dos Campos - SP

Resumo — Este artigo apresenta um sumário das principais iniciativas para aumento da segurança operacional no transporte aéreo. De um modo geral, tais iniciativas resumem-se na incorporação de novas práticas de gestão da segurança operacional nas empresas e no desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a implantação da manutenção preditiva e para o controle e gerenciamento do tráfego aéreo.

Palavras-Chave — Segurança Operacional, Transporte Aéreo.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente o mundo assiste ao fenômeno irreversível da globalização, o qual traz consigo a crescente necessidade de mobilidade rápida das pessoas. Este fenômeno tem como consequência o incremento do tráfego aéreo, fato que aumenta a exposição ao risco de acidentes e incidentes aéreos.

Por outro lado, com a massificação dos meios de comunicação, a sociedade tem se tornado cada vez mais sensível a tais acidentes e incidentes e exigente quanto à redução da quantidade desses eventos, ou seja, faz-se necessário o aumento da segurança operacional no transporte aéreo.

A fim de atender a esta demanda, a atual estratégia do setor aéreo consiste no desenvolvimento e utilização de novos processos e tecnologias capazes de promover o aumento da segurança operacional através de atuação em fatores humanos e aspectos organizacionais, principais causas de acidentes e incidentes aéreos.

Neste contexto, o objetivo do presente artigo consiste em identificar as principais iniciativas em termos de novos processos e novas tecnologias para promover o aumento da segurança operacional no transporte aéreo.

De um modo geral, é possível agrupar as iniciativas para aumento da segurança operacional no transporte aéreo em três grandes grupos distintos, conforme descrito a seguir:

- Incorporação de novas práticas de gestão da segurança operacional nas empresas;
- Desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a implantação da manutenção preditiva; e
- Desenvolvimento de novas tecnologias e processos para controle e gerenciamento do tráfego aéreo.

Guilherme Conceição Rocha, guilherme.rocha@konatus.com.br, Tel +55-12-4009-9542, Fax +55-12-4009-9500
Este trabalho foi financiado pelas empresas KONATUS e DCA-BR.

A seguir será detalhado cada um destes grupos de iniciativas.

II. INCORPORAÇÃO DE NOVAS PRÁTICAS DE GESTÃO DA SEGURANÇA OPERACIONAL NAS EMPRESAS

O setor aéreo tem desenvolvido novas práticas de gestão da segurança operacional, visando adotar uma postura mais proativa e menos reativa. Basicamente tais práticas se fundamentam no gerenciamento de riscos, o qual consiste em analisar a significância e a probabilidade de ocorrência dos impactos dos perigos identificados. Define-se então um plano de mitigação de riscos, o qual prioriza os perigos associados a impactos mais severos e prováveis.

Hoje, as empresas do setor aéreo presenciam um intenso esforço no intuito de implantar abordagens sistêmicas dentro do contexto de segurança operacional. Aderindo a essa tendência, a OACI (Organização da Aviação Civil Internacional) recomenda que os estados membros, bem como os provedores de serviço destes, possuam um Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO).

O SGSO tem seu foco voltado para a garantia da segurança durante as operações aeronáuticas, através da abordagem de processos e gerenciamento de riscos, e, de acordo com o Doc 9859 da OACI, tem a sua estruturação fundamentada em 4 componentes básicos, também denominados pilares do SGSO. São eles:

1. Política e Objetivos do SGSO
2. Gerenciamento de Riscos
3. Garantia da Segurança Operacional
4. Promoção da Segurança Operacional

Na prática, uma organização que adote o SGSO tem os riscos inerentes às suas operações gerenciados pelo componente 2 (Gerenciamento de Riscos). Este processo principal é suportado por outros processos. Cabe ao componente 3 (Garantia da Segurança Operacional) assegurar a harmônica e eficaz interação entre os diversos processos que compõem a organização de modo a assegurar a perenidade de processos, bem como uma estrutura organizacional voltada para a segurança operacional.

Ao componente 1 (Política e Objetivos do SGSO) e ao componente 4 (Promoção do SGSO) competem respectivamente: o estabelecimento de políticas, objetivos, metas e planejamentos para o sistema, e a promoção do SGSO através de ações de divulgação, treinamento e capacitação.

A figura a seguir ilustra o relacionamento entre os diversos componentes do SGSO.

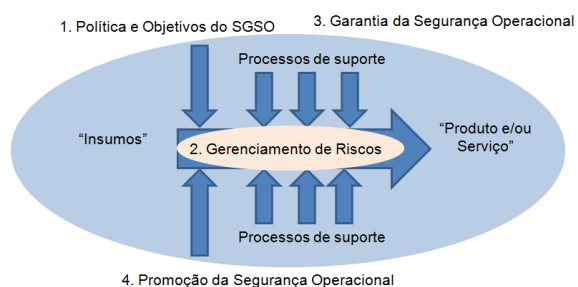


Fig. 1 – Componentes do SGSO.

III. DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS E PROCESSOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

O avanço tecnológico possibilitou grande aumento da quantidade de sensores embarcados nas aeronaves, os quais, além de fornecer informação valiosa para a tripulação, são utilizados para avaliar a condição de degradação de alguns equipamentos críticos. De fato, os sensores aeronáuticos têm se tornado mais precisos, mais confiáveis, menores e mais baratos, e, portanto, mais utilizados.

Esta realidade possibilitou o aparecimento da manutenção baseada na condição. No início aplicava-se esta técnica apenas para avaliar o melhor momento de realizar determinadas manutenções em motores (*EHM – Engine Health Monitoring*). Gradativamente amplia-se a abrangência de atuação da mesma para outros sistemas aeronáuticos (*PHM – Prognosis and Health Monitoring*) e para elementos estruturais (*SHM – Structural Health Monitoring*).

3.1. Contextualização e Conceituação

A Manutenção Baseada na Condição (*CBM – Condition Based Maintenance*) surgiu no início da década de 1960, com a evolução tecnológica do aparato de sensoriamento e nas técnicas de análise de séries temporais. Neste tipo de manutenção, monitora-se a evolução da condição ou saúde do equipamento ao longo do tempo e estima-se sua vida residual baseando-se nas séries temporais dos parâmetros medidos.

Na Manutenção Baseada na Condição, permite-se que os equipamentos aeronáuticos operem por mais tempo e que a intervenção ocorra com base em dados e não em suposições, de acordo com o acompanhamento de determinados parâmetros indicativos de desgaste ou do acúmulo de utilização do equipamento.

Ao fornecer subsídios para um julgamento mais objetivo do responsável pela manutenção, esta técnica torna as operações aéreas mais seguras, visto que evita intervenções desnecessárias, as quais sempre têm o potencial de introduzir novas falhas, bem como permite uma antecipação a respeito de algum comportamento anormal do sistema, antes da ocorrência de uma falha.

Um sistema de manutenção baseada em condição pode ser definido como um sistema que usa o conjunto de parâmetros medidos para determinar e programar ações de manutenção preditiva no momento mais oportuno.

A figura abaixo exemplifica o fluxo de informações existente num processo típico de manutenção baseada na condição.



Fig. 2 – Fluxo de informações do processo de manutenção baseada na condição.

3.2. Etapas da Manutenção Baseada na Condição

A manutenção baseada na condição (*CBM*) permite decisões fundamentadas nas informações coletadas por meio do monitoramento da condição, o qual consiste em três passos principais: aquisição de dados, processamento de dados e tomada de decisão de manutenção.

A) Aquisição de Dados: Consiste no processo de coleta e armazenamento de dados (informações) dos equipamentos para a implementação de um programa *CBM*. Os dados coletados podem ser categorizados em dois tipos principais: dados de eventos e dados de monitoramento da condição.

Os dados de eventos incluem informação sobre o que aconteceu (falha ocorrida) e/ou o que foi feito (medida de manutenção adotada) no equipamento monitorado. Os dados de monitoramento da condição são medidas relacionadas ao estado/condição do equipamento (pressão, temperatura, nível, densidade, etc.).

B) Processamento de Dados: O primeiro passo do processamento de dados do programa de *CBM* é a filtragem de dados. Essa etapa é importante, uma vez que os dados sempre contêm erros. A filtragem de dados garante (ou pelo menos aumenta a chance) que apenas dados isentos de erros sejam usados para análises e modelagens futuras. Outro passo importante realizando na etapa de processamento de sinal é a análise de dados de eventos, que é conhecida como análise de confiabilidade. Esse passo tem a finalidade de ajustar a distribuição de probabilidade de intervalos entre eventos a um modelo de distribuição para análises futuras.

C) Tomada de Decisão de Manutenção: A tomada de decisão de manutenção é o terceiro e último passo do programa de *CBM*. Nessa fase, o diagnóstico e prognóstico, que são as duas categorias de suporte a decisão, devem fornecer informações suficientes para que o pessoal da manutenção possa tomar decisões corretas e realizar ações de manutenção eficientes. O prognóstico é superior ao diagnóstico, pois pode prevenir falhas e panes e, quando possível, deixar o pessoal da manutenção preparado para os problemas iminentes. Essa atitude preventiva reduz os custos com manutenção corretiva e aumenta a segurança operacional. Entretanto, o prognóstico não consegue substituir o diagnóstico completamente, pois sempre existem alguns modos de falhas que não são previsíveis ou cuja iminência não seja detectada. Isso se deve à ocorrência de fatores aleatórios (ex: queda brusca de energia) a que todo equipamento está sujeito. Assim, o diagnóstico pode ser uma ferramenta complementar ao prognóstico.

O diagnóstico de falhas em máquinas é um procedimento de mapeamento das informações extraídas dos dados de monitoração da condição e de eventos em um espaço de

modos de falha, também conhecido como reconhecimento de padrões de operação. Em geral, esse reconhecimento de padrões é realizado por especialistas num domínio específico de diagnóstico. Isto pode ser implementado de duas formas: via recrutamento de pessoal altamente treinado e habilitado; ou através do reconhecimento automático de padrões. Varias técnicas de diagnóstico automático foram desenvolvidas com ênfase nas abordagens estatística e de inteligência artificial (IA). Abaixo é possível verificar as principais abordagens de IA aplicadas ao diagnóstico automático:

- Redes neurais artificiais (ANN);
- Sistemas especialistas (SE);
- Sistemas ou modelos difusos (fuzzy);
- Sistemas híbridos neurofuzzy;
- Raciocínio baseado em casos (RBC); e
- Algoritmos genéticos.

A tendência atual da manutenção baseada na condição é conciliar as técnicas mais modernas de diagnóstico com técnicas de análise de tendência. De fato, sob esse novo paradigma, faz-se inicialmente a detecção de comportamento anormal (fora da assinatura padrão do equipamento) antes da ocorrência de uma falha. Na sequência, a partir da análise de tendência da evolução dos parâmetros do equipamento, é feito o prognóstico do tempo de vida residual do equipamento, estimando-se quando o conjunto de parâmetros do sistema atingirá um determinado limiar de falha.

3.3. Benefícios

Atualmente a manutenção baseada na condição tem adquirido bastante popularidade em empresas aéreas pelos benefícios que trazem para o operador, conforme listados abaixo:

- Diminuição do custo de homem-hora de manutenção;
- Melhora nas estratégias de manutenção programada e no suporte logístico;
- Uso reduzido das partes da aeronave por meio de um monitoramento de uso preciso e automatizado;
- Redução de remoções indevidas de equipamentos, acarretando em eventos de *NFF (No Fault Found)*;
- Redução de prejuízos futuros através da execução de diagnósticos antecipados;
- Melhora na análise de eventos, incidentes e acidentes;
- Aumento do *TBO (Time Between Overhauls)*;
- Aumento da segurança operacional; e
- Redução do consumo de combustível.

A implantação sistematizada de um Sistema de Manutenção Baseada na Condição (*CBM*) no meio aeronáutico exige um esforço coordenado entre operadores, autoridades aeronáuticas, fornecedores de equipamentos e prestadores de serviço de manutenção.

IV. DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS E PROCESSOS PARA CONTROLE E GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO AÉREO

4.1. Motivação

Existe grande necessidade de otimizar e melhorar a capacidade operacional do sistema de controle de tráfego aéreo atual frente à demanda crescente por serviços de tráfego aéreo.

O sistema de controle de tráfego aéreo (*ATC – Air Traffic Control*) atual baseia-se em auxílios de navegação terrestres, sistema RADAR e comunicação por voz, que já não atendem satisfatoriamente à demanda atual da aviação civil.

Frente a este cenário, faz-se necessária a reavaliação dos conceitos operacionais como parte das soluções para aprimoramento do sistema *ATC* atual.

4.2. Sistemas *CNS/ATM*

O conceito *CNS/ATM (Communications, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management)*, foi definido pela OACI, para revolucionar o sistema *ATC* atual, com base no desenvolvimento de novas tecnologias.

A principal meta a ser atingida com a implantação deste conceito é a otimização da utilização do espaço aéreo, ocupando espaços ociosos, reduzindo percursos e separação entre aeronaves, agilizando processos e aprimorando as comunicações, com precisão e segurança.

O novo conceito deverá propiciar tecnologias capazes de resolver questões como: congestionamento de tráfego, atrasos, falhas nas coberturas de áreas oceânicas e/ou remotas, otimização de rotas e procedimentos, e falhas nas comunicações por rádio, com eficiência e segurança.

O conceito *CNS/ATM* será baseado em sistemas de comunicação, navegação e vigilância a serem disponibilizados globalmente.

Denomina-se *ATM (Air Traffic Management)* o resultado da integração desses sistemas, capaz de prover controle de tráfego aéreo, gerenciamento do espaço aéreo e gerenciamento do fluxo do tráfego aéreo.

Nos Estados Unidos da América, o plano de implantação do *CNC/ATM* denomina-se *NextGen (Next Generation Air Transportation System)*. Os trabalhos são conduzidos pelo *JPDO (Joint Planning and Development Office)* sob a liderança da *FAA (Federal Aviation Administration)*.

O plano europeu chama-se *SESAR (Single European Sky ATM Research Programme)*, consiste num consórcio de aproximadamente 30 empresas e 20 parceiros e visa eliminar a abordagem fragmentada da Gestão de Tráfego Aéreo Européia, modificando seus sistemas e sincronizando as partes envolvidas.

No Brasil, a implantação do *CNS/ATM* está a cargo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

4.3. Histórico

O sistema *ATC* mundial ainda usa componentes definidos nos anos 40, seguindo a Convenção de Chicago de 1944, a qual deu origem à criação da OACI (Organização da Aviação Civil Internacional).

Em 1983, a OACI estabeleceu um Comitê Especial para estudo dos Sistemas Futuros de Navegação Aérea (*FANS – Future Air Navigation Systems*).

Em 1991 foi aprovado o conceito *CNS/ATM* pela 10ª Conferência de Navegação Aérea (ANC-10 Edição do Plano de Transição para os Sistemas *CNS/ATM*).

Em 1998 foi aprovado o Plano Global de Navegação Aérea para os Sistemas *CNS/ATM – Doc 9750*.

Em 2003 houve a aprovação do Conceito Operacional *ATM* Global, formalizada no documento da OACI Doc 9854 NA/458.

Em 2006 foi disponibilizada uma nova edição do Plano Global de Navegação Aérea para os Sistemas *CNS/ATM*, revisada e contendo elementos para formulação de estratégias e metodologias necessárias para harmonização global – Revisão do Doc 9750.

Em consonância com o conceito *CNS/ATM*, concebe-se uma rede de telecomunicações aeronáuticas, composta por diversos sistemas e tecnologias, para troca de informações através de enlace de dados ar-terra e terra-terra. Esta rede é denominada *Aeronautical Telecommunication Network*, ou simplesmente *ATN*.

Tal rede utiliza sistemas digitais de comunicação global por satélites, estações de solo e sistemas embarcados, envolvendo informações de voo e meteorológicas.

Utiliza-se, neste caso, um protocolo de rede (parecido com internet) aprovado pela OACI para serviços de comunicação e tráfego de dados aeronáuticos ar-terra e terra-terra.

A rede foi concebida baseada em padrões *OSI (Open Systems Interconnection)*, os quais formam um sistema de comunicação aberto (não proprietário), comportando transferência de informações entre sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo, operações de linhas aéreas e serviços de trocas de mensagens em geral.

A rede *ATN* proporciona melhorias com relação aos sistemas convencionais de telecomunicações, tais como:

- Redução de erros na recepção e interpretação das informações;
- Redução da carga de trabalho da tripulação e dos agentes de solo;
- Conexão dos usuários em ambiente global de comunicação de dados; e
- Racionalização e uso eficiente dos canais de comunicação.

Entre os sistemas que compõem a *ATN* merecem destaque o sistema *CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communications)*, o *ACARS (Aircraft Communication Addressing and Reporting System)* e o *GNSS (Global Navigation Satellite System)*.

A rede *ATN* ainda não está disponível universalmente.

4.4. *CPDLC – Contoller Pilot Data Link Communications*

Este sistema estabelece a comunicação entre a aeronave e a estação de solo via enlace de dados digital. Abaixo estão relacionadas suas principais características:

- Permite impressão de mensagens;
- Permite troca direta de mensagens em formato texto;
- Proporciona o melhoramento das comunicações oceânicas;
- Permite carregamento de mensagens diretamente no *FMS (Flight Management System)*;
- Permite a tripulação enviar complexas solicitações de autorização de rotas sem necessidade de digitar;
- Permite o *FMS* produzir relatórios automaticamente;
- Auxilia o gerenciamento da carga de trabalho e reduz erros de comunicação.

O *CPDLC* está disponível para aeronaves equipadas adequadamente e para operação por tripulações certificadas. Trata-se de um meio rápido, confiável e seguro, podendo ser utilizado em combinação com outros sistemas como *ADS-B, TCAS/ACAS*.

Serviços de enlace de dados estão sendo disponibilizados em diversos locais ao redor do mundo. Atualmente seu uso não é obrigatório, porém em 2011 será obrigatório na Europa.

O enlace de dados digitais entre aeronaves e entre aeronaves e estações de solo pode ser realizado através de transmissão *HF (High Frequency)* ou *VHF (Very High Frequency)*.

4.5. *ACARS - Aircraft Communication Addressing and Reporting System*

Trata-se de uma tecnologia de enlace de dados usada primariamente pelos departamentos de controle operacional das empresas aéreas para transmissão de *ADD (Aircraft Derived Data)* às estações de solo.

Começou a ser desenvolvido na Europa no início dos anos 80 como uma rede mundial de enlace de dados para a aviação comercial.

O seu principal objetivo consiste em reduzir a carga de trabalho das tripulações utilizando tecnologia de computação e enlace de dados para intercâmbio de mensagens entre as aeronaves e as estações de controle no solo, para melhorar a segurança e a eficiência da aviação moderna.

O atual escopo do *ACARS* envolve os seguintes serviços de enlace de dados:

- ***D-ATIS (Digital Automatic Terminal Information System)***: provê informações operacionais para a aeronave antes da decolagem ou pouso.
- ***DCL (Departure Clearance)***: também chamado de *PDC (Pre-Departure Clearance)*, permite obtenção de informações do destino liberado.
- ***OCL (Oceanic Clearance)***: especifica a área de destino liberada, ponto de entrada e en-route, nível de voo, número de Mach e outras informações sobre a rota oceânica.

Atualmente a principal restrição ao uso do *ACARS* nas aplicações de controle de tráfego aéreo reside na baixa taxa de transmissão de dados.

4.6. *GNSS – Global Navigation Satellite System*

GNSS representa o termo genérico para designar Sistemas de Navegação por Satélites para fornecimento de posição geo-espacial com cobertura global.

Com a implantação do *GNSS*, as atuais estações de *VOR (VHF Omnidirectional Range)*, usadas para auxílio à navegação, deverão ser gradativamente desativadas.

O *GNSS* envolve sistemas já disponíveis, bem como em desenvolvimento, tais como:

A) *GPS – Global Positioning System (EUA)*: Atualmente este é o único sistema de navegação por satélites totalmente operacional globalmente. O sistema é composto por 24 satélites em 6 planos orbitais.

B) *GLONASS – GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (URSS/Rússia)*: Inicialmente desenvolvido pela antiga URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas), consiste numa constelação de 24 Satélites em 3 planos orbitais.

Foi completado em 1995, porém houve uma degradação do serviço, o qual tem sido recuperado gradativamente pela Rússia desde 2001.

C) *GALILEO*: Trata-se de um *GNSS* em construção pela União Européia, como uma alternativa e uma complementação ao *GPS* e ao *GLONASS*. Quando totalmente operacional deverá ter uma precisão maior que aquela do *GPS* e uma constelação de 30 Satélites em 3 planos orbitais.

D) *BEIDOU – Beidou Navigation System (China)*: Também chamado de Beidou-1, é um sistema experimental com cobertura regional, composto por 4 satélites.

E) *COMPASS – (China)*: Também chamado Beidou-2, não é uma extensão do Beidou-1, mas um novo sistema em desenvolvimento. Deverá ser composto por uma constelação de 35 satélites, sendo 5 geostacionários.

A fim de aumentar a precisão das informações dos sistemas *GNSS* são utilizados sistemas de aumento de precisão denominados genericamente pela OACI de *GBAS (Ground Based Augmentation System)*. O sistema opera através da transmissão, via estação terrestre, das correções de erros para uma determinada localidade.

A denominação norte-americana para o *GBAS* é designada por *LAAS (Local Area Augmentation System)*.

Um dos principais benefícios do *GBAS/LAAS* é que uma simples estação localizada em um grande aeroporto poderá ser utilizada para múltiplas aproximações de precisão dentro da área local, representando uma redução de custos significativa em comparação com a manutenção dos sistemas *ILS (Instrument Landing System)* atuais.

Outra vantagem é que um *GPS* com capacidade *LAAS* poderá guiar uma aeronave em qualquer tipo de aproximação necessária para evitar obstáculos no percurso.

Com a difusão do *GNSS* e *GBAS*, a maioria dos aeroportos poderá ter a partir de agora, ou em um futuro muito próximo, procedimentos de aproximação por instrumentos.

Estima-se que em pouco tempo o *GBAS/LAAS* substituirá o sistema *ILS* para aproximação e pouso em condições de baixa visibilidade e teto.

Com a evolução do uso de satélites para navegação, novas categorias de aproximação para pouso foram desenvolvidas (em complementação às já existentes), tais como:

- *LNAV: Lateral NAVigation*;
- *LNAV/VNAV: LNAV + Vertical NAVigation (FMS)*;
- *LPV: Localizer Performance with Vertical Guidance*; e
- *GLS: GNSS Landing System*.

Os procedimentos de aproximação por instrumentos recebem a denominação *TERPS (TERminal instrument ProcedureS)* pelo *FAA* e *PANS-OPS (Procedures for Air Navigation Services – OPERationS)* pela OACI.

Esses procedimentos são utilizados por todas as aeronaves voando sob condições *IFR (Instrument Flight Rules)*.

A seguir destacam-se as principais vantagens do uso dessas tecnologias:

- Aproximações por instrumentos em quaisquer aeroportos não equipados com auxílios à navegação;
- Aproximação de precisão em aeroportos sem *ILS*;
- Economia de combustível;
- Custo reduzido (elimina a necessidade de auxílios à navegação em cada aeroporto).
- Redução do *stress* da tripulação; e
- Redução dos erros inerentes às aproximações de não-precisão baseadas em auxílios convencionais.

V. CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho de pesquisa, foram identificadas várias iniciativas para promover o aumento da segurança operacional no transporte aéreo.

Estas têm como objetivo comum a sistematização e automatização de processos, a diminuição da subjetividade nas decisões e a quantificação de informações relevantes.

Deste modo, pode-se afirmar que a atual estratégia do setor aéreo para aumento da segurança operacional concentra-se no desenvolvimento de novas tecnologias e processos capazes de minimizar os efeitos negativos dos fatores humanos e aspectos organizacionais na ocorrência de acidentes e incidentes.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Safety Management Manual - Doc 9859:2009, OACI, 2009
- [2] Ellis, B.A., "The Challenges of Condition Based Maintenance", www.jethroproject.com, TJP, pp. 1-4, 2009
- [3] Lougee, H., "HUMS – Certification Considerations for Current and Emerging Technology", IEEE, 2002
- [4] Global Air Navigation Plan - Doc 9750-AN/963, OACI, 2007
- [5] Global Air Traffic Management Operational Concepts - Doc 9864-AN/458, OACI, 2005
- [6] Global ATM Operational Concept - Doc 9854-AN/458, OACI, 2005
- [7] Global Navigation Satellite System Panel - ICAO GNSSP IP11, OACI, 2001