

Benefició hacia las nuevas tecnologías para la navegación: Sistema de Vigilancia Dependiente
Automática (ADS-B) para Colombia

Sergio Alfredo García Castro

Universidad Militar “Nueva Granada”



Facultad Ciencias Económicas

Especialización Administración Aeronáutica Aeroespacial

Bogotá D.C. 2019

Tabla de Contenido

Tabla de Ilustraciones	3
Resumen.....	4
Abstract	4
Introducción	5
Definición del problema	6
Pregunta de investigación	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7
Marco teórico.....	7
Conceptos básicos	7
Tránsito aéreo y rutas aéreas en Colombia.....	11
Antecedentes históricos de los sistemas de navegación.....	13
Sistema ADS-B OUT en Colombia.....	14
Capacidades el sistema ADS-B.....	14
Funcionamiento del ADS-B en aerovías.....	15
Inconvenientes en la implementación del Sistema ADS-B	15
Ventajas del Sistema ADS-B	17
Conclusiones.....	19
Recomendaciones	21
Bibliografía	22

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Evolución del crecimiento del tránsito aéreo en Colombia 2008-2019.....	8
Ilustración 2. Principio de funcionamiento del sistema ADS -B OUT y ADS-B IN.....	10
Ilustración 3. Funcionamiento del sistema ADS-B OUT en tránsito aéreo.....	10
Ilustración 4 Carta de radionavegación Colombia nivel Superior. ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 5 Flight Information Regions Colombia.....	12
Ilustración 6 Instrumentos Antiguos de navegación.....	13
Ilustración 7 Ventajas del sistema ADS-B.....	17

Resumen

En este Ensayo se estudian las tecnologías de navegación y vigilancia que son actualmente usadas a las aeronaves que ostentan matrícula colombiana y se muestra una breve descripción de cada una de ellas. Al implementar nuevas tecnologías en equipos de comunicación y navegación se analizan sus ventajas y desventajas que consigo traen, el sistema Automático Dependiente de Vigilancia – Difusión (ADS-B) es una tecnología de comunicación y recepción de información mediante sistemas satelitales o estaciones en tierra la cual informa en tiempo real la posición, ubicación, velocidad y rendimiento de la aeronave, ayudando así a la vigilancia, seguridad y desarrollo operacional aeronáutico.

Palabras clave: Servicios, navegación, ADS-B, Dato, técnico, vigilancia; seguridad. .

Abstract

Neste artigo, são estudadas as tecnologias de navegação e vigilância atualmente utilizadas em aeronaves com registro colombiano, e é apresentada uma breve descrição de cada uma delas. Ao implementar novas tecnologias em equipamentos de comunicação e navegação, suas vantagens e desvantagens devem ser analisadas, o Sistema de Vigilância Automática Dependente - Radiodifusão (ADS-B) é uma tecnologia para comunicação e recepção de informações por sistemas de satélite ou estações terrestres que relata em tempo real a posição, localização, velocidade e desempenho da aeronave, ajudando assim a vigilância, segurança e desenvolvimento operacional aeronáutico.

Palavras-chave: Serviços, navegação, ADS-B, Dados, técnico, vigilância, segurança.

Introducción

En este Ensayo se refleja la importancia en la implementación de las nuevas tecnologías a los sistemas de radio ayudas a las aeronaves implementando el desarrollo satelital. El Plan Mundial de Navegación Aérea GANP (Por sus siglas en ingles Global Air Navigation Plan) establece que el primero de enero del año dos mil veinte todas las aeronaves deben estar equipadas con el nuevo equipo de vigilancia dependiente Automática – Transmisión ADS-B OUT (Por sus siglas en inglés Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), que tiene como función principal el control y la vigilancia del espacio aéreo.

Colombia y su Plan Nacional de Navegación Aérea (PNA) basado en el GANP, establece sobre cuáles son las metas a corto, mediano y largo plazo en el sector, el cual es guía en la aviación mundial, con el propósito de mejorar la efectividad y la eficiencia del espacio aéreo en aeródromos controlados y no controlados.

Debido al crecimiento del transporte aéreo en vuelos domésticos e internacionales es requerida una transición a nuevas ayudas a la navegación en este sector la cual sea de mayor seguridad dando información en tiempo real de los parámetros operacionales de cada aeronave que vuele o sobre vuele en el territorio colombiano.

Definición del problema

Debido al crecimiento del sector aéreo en el territorio colombiano, las ayudas a la navegación actuales no son suficientes para la demanda de operaciones que se presentan en el país, la separación en vuelo crucero de las aeronaves, los tiempos de espera en el control de tránsito aeroportuario: aeródromos no controlados y controlados, están teniendo un crecimiento exponencial supremamente importante en el sector aéreo. Las características geográficas del país, siempre han sido un generador de riesgo en las operaciones de aeronaves, con ello la ubicación de los aeropuertos y pistas donde el tráfico está creciendo constantemente. Siendo Colombia el cuarto país del mundo en tener accidentes aéreos con 179 accidentes desde 1945 hasta la fecha (Galan, 2016).

La necesidad de mejorar la seguridad, capacidad y la eficiencia debe realizarse a través de mejoras en la optimización de equipos de navegación, El GANP (Por sus siglas en ingles Plan de navegación aérea) establece las medidas que deben crear los países en el desarrollo aeronáutico para la vigilancia y la seguridad estableciendo fechas de cumplimiento. La Aerocivil, no está cumpliendo con lo establecido por el GANP, lo que lleva consigo atrasos en desarrollo aéreo del país, la importancia de que las empresas aéreas colombianas sean actualizadas con el sistema ADS-B OUT para el desarrollo de operaciones es de gran importancia y el objetivo de la Aerocivil es de facilitar las mejoras al equipo de vuelo requeridos por el Plan Mundial de Navegación Aérea dando cumplimiento a lo pactado.

Pregunta de investigación

- ¿La prórroga en la implementación del sistema Equipo de vigilancia dependiente Automática – Transmisión (ADS-B OUT) afectará las operaciones aéreas en Colombia?

Objetivo General

Analizar los aspectos de la implementación del sistema ADS-B OUT en las aeronaves con matrícula colombiana y sus consecuencias debido a la prórroga dada por la Aerocivil.

Objetivos Específicos

- Demostrar la importancia de la implementación del sistema ADS-B OUT para las operaciones aéreas en el territorio colombiano.
- Identificar los inconvenientes operacionales en la prórroga dada por la Aerocivil en su ejecución.
- Realizar un cuadro comparativo de las ventajas del sistema ADS-B OUT en Colombia.

Marco teórico

Conceptos básicos

Actualmente la infraestructura que está siendo usada en ayudas a la navegación aérea en Colombia está basado en sistemas convencionales los cuales son VOR (Por sus siglas en ingles Very High Frequency omidirectional range), DME (Por sus siglas en inglés Distance Measuring

Equipmen), ILS (Por sus siglas en inglés Instrument Landing System) y NDB (Por sus siglas en ingles Non-Directional Beacon).

Debido al aumento de tráfico aéreo en el país se espera que estas ayudas de la navegación sean escasas para el control, vigilancia y demanda de las operaciones aéreas. Estos incrementos se pueden observar más al detalle en el Plan Nacional de Navegación Aérea PNA.

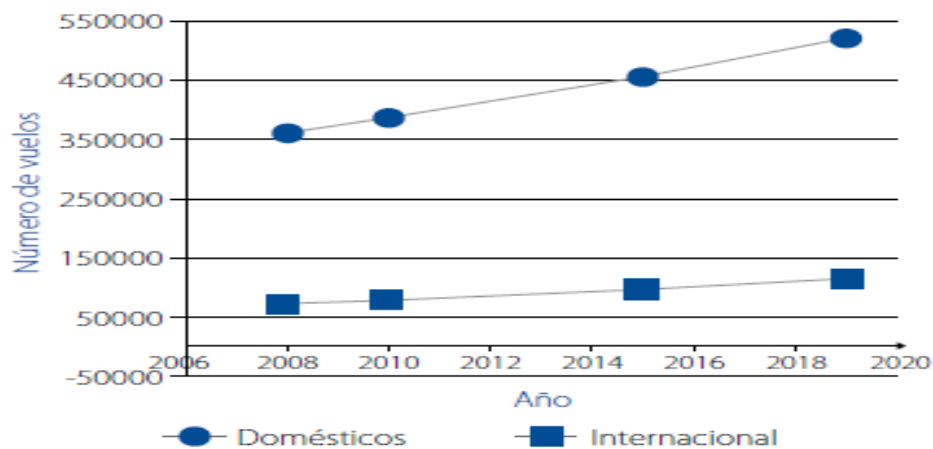


Ilustración 1. Evolución del crecimiento del tránsito aéreo en Colombia 2008-2019

Nota. Tomado de Gómez & Ortiz. Modeling and simulation of VDL mode 2 subnet for CPDL in El Dorado Airport. 32 st Digital Avionics System Conference, DASC, 2013

En esta Ilustración, se observa el crecimiento y la evolución en los vuelos domésticos e internacionales del territorio colombiano donde el mayor número de vuelos son las operaciones internacionales.

Debido al incremento de las operaciones aéreas, la Aerocivil es conciente que debe realizarse una actualización a las tecnologías que prestan el servicio de navegación y vigilancia a las aeronaves de matrícula colombiana, estas nuevas tecnologías se basadas en satélites, sistemas

de datos digitales, aviónica y demás equipos que sean necesarios, no solamente en las aeronaves si también equipos ubicados en tierra.

El documento de la OACI GREPECAS 2011 detalla cómo debe hacerse la transición a las nuevas tecnologías de navegación, las cuales ayuden al control y vigilancia en donde el enfoque principal es el enlace de datos, las automatizaciones de quipos y el uso de satélites para recibir y enviar datos en tiempo real sobre la condición de las aeronaves. Con el uso de estas nuevas tecnologías aparece el sistema vigilancia dependiente automática – Radiodifusión ADS-B (por sus siglas en inglés Automatic Dependence Surveillance – Broadcast) (COLOMBIA, 2018).

El sistema ADS-B determina la posición de la aeronave satelitalmente mediante el sistema GNSS (Por sus siglas en inglés Global Navigation Satellite System), este sistema de navegación ADS-B a la vez es transmitida a otras aeronaves y estaciones en tierra, diseñado principalmente con el propósito de vigilar e identificar. Existen dos sistemas ADS -B OUT y ADS-B IN.

- ADS-B OUT: Es el sistema con capacidad de difundir la información a sistemas que tengan capacidad de recepción.
- ADS-B IN: Es el sistema que tiene la capacidad de recibir la información de los sistemas ADS-B OUT que transmiten.

El sistema ADS-B tiene mayores ventajas para la vigilancia que los sistemas convencionales mencionados anteriormente, la información de la posición, velocidad, altitud, parámetros de los motores y componentes mayores en la aeronave son de mayor precisión y seguridad para el control de las aeronaves, generando información más fiable y de mayor velocidad mejorando con ello la utilización del espacio aéreo.

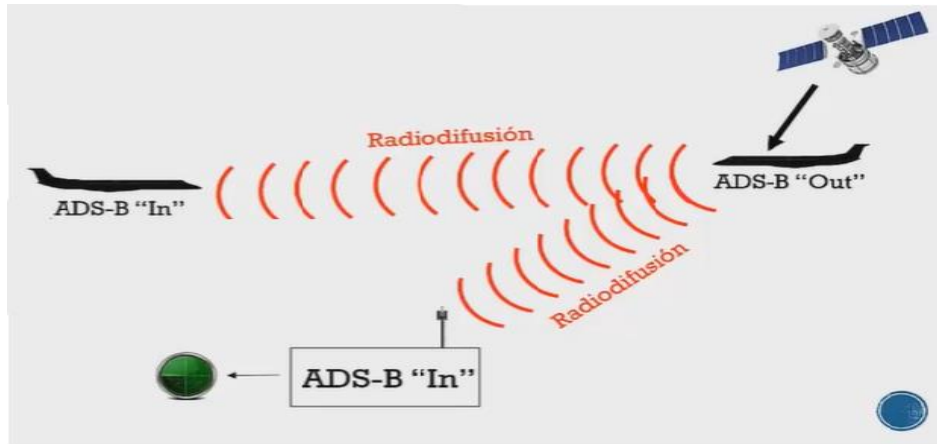


Ilustración 2. Principio de funcionamiento del sistema ADS -B OUT y ADS-B IN.

Tomado: Mundo Aeronáutico, 2018.

En la Ilustración 2 se muestra el funcionamiento básico del sistema ADS-B OUT Y ADS-B IN en aeronaves con satélites y estaciones en tierra.

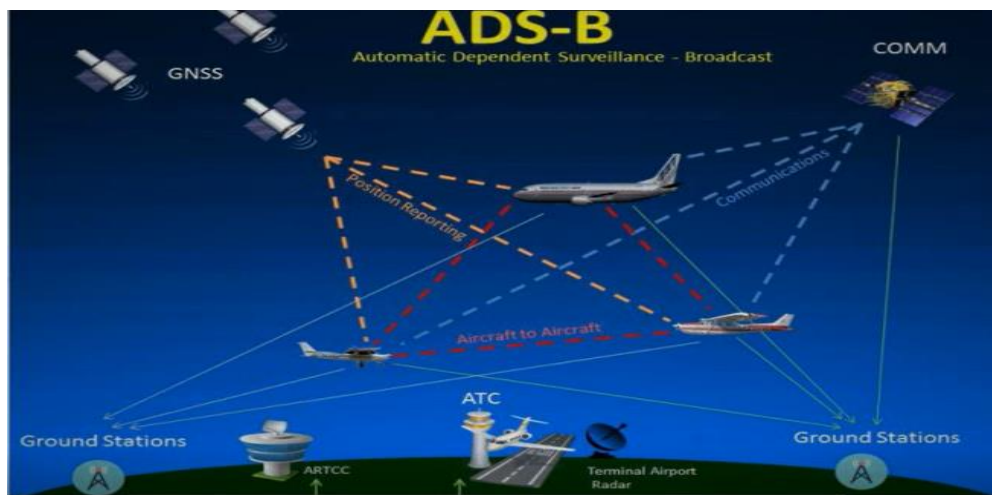


Ilustración 3. Funcionamiento del sistema ADS-B OUT en tránsito aéreo.

Nota. Tonado de Mundo Aeronáutico, 2018

En esta ilustración se observa el funcionamiento en el transito operacional a diferentes niveles de vuelo y comunicación con aeropuertos y diferentes equipos de vuelo.

Colombia ya cuenta con 11 antenas instaladas para la implementación del ADS-B IN y se espera que en noviembre del año 2020 ya se cuenten con 40 antenas instaladas, con el propósito de proveer a todas las aeronaves que sobrevuelan el espacio aéreo colombiano los servicios de navegación y vigilancia (SCRIBE, 2018).

Tránsito aéreo y rutas aéreas en Colombia.

La ubicación geográfica de Colombia es excelente ya que para las operaciones aéreas tienen conexión entre y con Sur América, Centro América y Norte América. Esta ubicación les da ventaja comparativa respecto a otros países de la región, ya que el tráfico de las aerovías sobre el espacio aéreo de Colombia, es del 75% según el informe de la Aerocivil. (Ver anexo 1)

Geográficamente Colombia es un sector con variación montañosa, esto hace que la elevación y ubicación de los aeropuertos principales sean complejos operacionalmente, debido a eso la ubicación e instalación de las ayudas a la navegación en tierra son más complejas, pero son necesarias para mayor cubrimiento para la prestación del servicio de navegación y vigilancia aérea en el país (Gomez, 2018).

Los servicios de control de tránsito aéreo son realizados sobre todo el territorio colombiano y están divididos por FIR (Por sus siglas en inglés Flight Information Regions), el FIR las cuales son: FIR Bogotá y FIR Barranquilla, como se aprecia en la Ilustración 4 (Gomez., 2018).

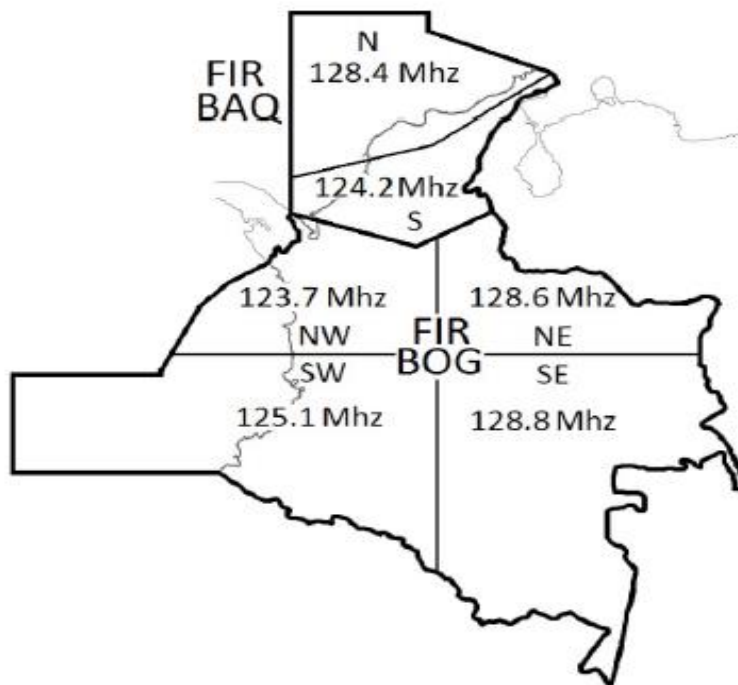


Ilustración 4. Flight Information Regions Colombia

Nota. Tomado de Fuente: Gómez y Ortiz (2014). Results of a VDL, 2019

El Centro de Control FIR Bogotá tiene una división de cuatro sub secciones, cada una de ellas, maneja frecuencias diferentes dependiendo del sector donde se encuentre ubicada la aeronave, a través de estas frecuencias son las que la tripulación a bordo debe acceder para comunicarse con los controladores de tránsito aéreo, para recibir información de navegación con el Control de Tránsito Aéreo ATC (Por sus siglas en ingles Air Traffic Control)

El Centro de Control FIR Barranquilla tiene una división de dos sub secciones igual que el FIR Bogotá maneja diferentes frecuencias dependiendo de la ubicación y trayecto de la aeronave, deberán sintonizar las respectivas frecuencias para la comunicación con el ATC. Control).

Antecedentes históricos de los sistemas de navegación.

En tiempos antiguos la navegación se realizaba de dos maneras:

- Navegación Visual: La cual se basa en lugares o puntos de referencia.
- Navegación astronómica: Observada a través de los astros, estrellas y constelaciones.

Los instrumentos utilizados para navegar en épocas antiguas era el astrolabio, el cuadrante y el sextante (Lancheros, 2012).



Ilustración 5. Instrumentos antiguos de navegación

Nota. Tomado de Folios de Historia, 2018

El desarrollo de la aeronáutica demandó un gran adelanto de los métodos de navegación a mitad del siglo XX, con la implementación de las radioayudas como NDB, VOR, DME y ILS. Estas radioayudas funcionan a través de ondas electromagnéticas enviadas desde tierra para informar posición y rumbo de la aeronave. Con el aumento de la densidad del tráfico aéreo, se dio paso a la implementación de nuevos sistemas de navegación satelitales, entre los que se destacan el GPS (Global Positioning System), GLONASS (Navigatsionnaya Spuntnikkovaya Sistema) y el GALILEO. Todos ellos conforman la constelación de satélites GNSS (por sus siglas en inglés Global Navegación Satélite System). (Better, 2002)

Sistema ADS-B OUT en Colombia

Se deberá prestar el servicio de vigilancia aeronáutica como un servicio de control de tráfico aéreo, siendo la seguridad en las operaciones aéreas un factor de importancia para ello, se requieren de nuevas tecnologías que ayuden a la mitigación de riesgos que se presenta en el espacio aéreo controlado. El uso de la tecnología ADS-B, asegura la optimización de la capacidad de vigilancia y la precisión de las operaciones, en temas de seguridad proporcionando:

- Vigilancia del tráfico entre aeronaves.
- Ayuda a los pilotos con el control de la vigilancia que se presente en la superficie de los aeródromos.
- Vigilancia en lugares geográficamente complejos donde no hay sistemas de ayuda a la navegación.
- Es un complemento a las ayudas a la navegación existentes.
- Mejora las funciones de comunicación con el control de tráfico aéreo.
- Mayor precisión y funciones de alerta.

Capacidades el sistema ADS-B

Las capacidades del ADS-B permite el uso de separaciones en aéreas remotas clasificando el espacio aéreo entre las aeronaves, admitiendo mayor flujo de tránsito y permitiendo mejorar la información recibida para las decisiones que se presenten durante dichas operaciones. Proporciona eficiencia en la información de vigilancia precisa con parámetros de los vuelos en operaciones que sean de tipo especial, en caso de una contingencia permite el despliegue rápido de ayudas que sean necesarias.

Igualmente transmite información de identificación mostrando sus parámetros de velocidad, altitud, rumbo, distancia, posición y vectores de rumbos deseados. Adicionalmente, es una herramienta que transmite en cualquier receptor que posea características adecuadas y recibe información, permitiendo operaciones de mayor precisión.

Los controladores de tráfico aéreo utilizarán la información de ADS-B para ayudar a las aeronaves que soliciten asistencia a la navegación, emiten alertas de seguridad y anuncios del tráfico que se presente en los aeródromos. Este sistema ayuda a reducir los mínimos de separación en aeronaves en lugares remotos o de difícil comunicación para los controladores.

Funcionamiento del ADS-B en aerovías

El ADS-B posee un procesamiento de mayor velocidad en la transmisión y recepción de información cuando las aeronaves se encuentran en la fase de vuelo crucero, de este modo aumenta la conciencia situacional de la tripulación, mejorando el proceso de toma de decisiones en la cabina del controlador de tráfico aéreo. Esto optimizará las predicciones y aumentará la efectividad en la detección de posibles riesgos que se pueden presentar en las operaciones. Finalmente, perfeccionará la eficiencia y facilitará los trayectos de las aeronaves en fase de vuelo crucero, teniendo adicionalmente un impacto positivo en el consumo de combustible y medio ambiente.

Inconvenientes en la implementación del Sistema ADS-B

Según el RAC 4 en su numeral 4.2.2.6, se estableció como fecha inicial el primero de enero del año dos mil veinte la instalación del sistema ADS-B a todas las aeronaves con matrícula colombiana y que operen el espacio aéreo del país, esto cumpliendo con el GANP, que

también estableció la fecha de implementación a nivel mundial, para el primero de enero del 2020.

Las empresas que operan con aeronaves con matrícula colombiana, mostraron su inconformismo en el procedimiento de aplicabilidad que exige la Aerocivil, por los altos costos que genera la instalación y funcionamiento de los equipos a bordo, por parte de talleres aeronáuticos certificados.

En mayo de 2019, la Aerocivil Civil dio a conocer un nuevo plazo en la implementación del sistema ADS-B en el territorio colombiano hasta el treinta de abril (30°) de abril del año dos mil veintidós (2022). Al no cumplirse la fecha inicial del primero (1°) de enero del año dos mil veinte (2020), Colombia, estaría incumpliendo la fecha establecida por el Plan Mundial de Navegación Aérea GANP y también por el Plan Nacional de Navegación Aérea. En consecuencia, la seguridad operacional en el país, se verá afectada, pudiéndose generar riesgos innecesarios.

La vigilancia en el espacio aéreo en Colombia es de gran importancia, la geografía más que todo las cordilleras y los sectores montañosos son de difícil operación para las aeronaves, las variaciones de las condiciones climáticas y los cambios de las ráfagas de vientos, son condiciones que cambian constantemente. Si no se actualiza a las nuevas tecnologías de navegación las probabilidades de accidentes son mayores en un desarrollo operacional en zonas de riesgo.

El control de tráfico aéreo en aeródromos controlados y no controlados se verán con mayor congestión debido al incremento de las operaciones regulares y no regulares de vuelos domésticos e internacionales generando retrasos, altos costo y riesgos operacionales a a las empresas.

Ventajas del Sistema ADS-B

La implementación de nuevas tecnologías en Colombia, permitirá optimizar la prestación de los servicios en las operaciones aéreas en términos de vigilancia, control y rendimiento. Gracias a estas nuevas tecnologías que se presentan, el sistema ADS-B ayuda a mejorar las operaciones dentro del espacio aéreo.

El Sistema ADS-B es considerado un sistema de cooperación para las aeronaves y los controladores de tráfico aéreo facilitando la comunicación entre ellos, mejorando la cobertura y la vigilancia en todo el espacio aéreo colombiano. La Aerocivil actualmente está desarrollando instalación de equipos de tierra que ayuden a la cobertura del territorio para mayor seguridad, del sistema ADS-B.

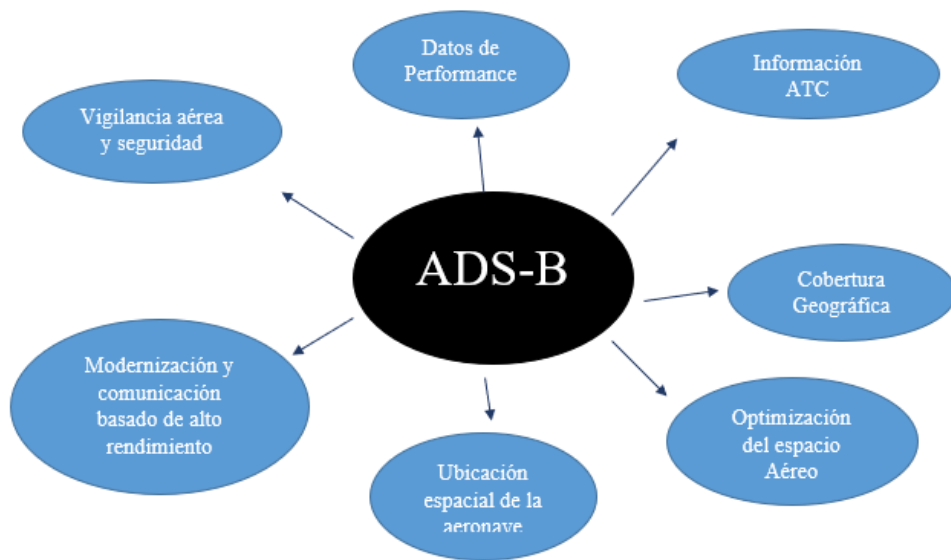


Ilustración 6. Ventajas del sistema ADS-B

Autor: Elaboración propia.

El Sistema ADS-B desarrolla optimización en los sectores de comunicación, rendimiento, innovación, cobertura geográfica, vigilancia y seguridad. Importancia de la implementación del

Conclusiones

La Actualización de los equipos de navegación ADS-B para las aeronaves con matrícula colombiana y que sobrevuelan el espacio aéreo, tienen el cumplimiento obligatorio a partir del primero de noviembre del dos mil veintidós, este atraso en la incorporación de la tecnología generara inconvenientes en las operaciones aéreas tanto en vuelos domésticos e internacionales.

Colombia y su ente regulador la Unidad Administrativa Espacial de Aeronáutica Civil informa sobre los pasos que se deben realizar para implementación de los sistemas ADS-B en el país, es de principal importancia el funcionamiento de estas tecnologías debido al alto riesgo que se presentan en operaciones debido a la geografía colombiana.

Las empresas deben realizar los procedimientos que estipula la Aerocivil en la implementación del sistema ADS-B, el beneficio de la seguridad es la importancia en el sector aéreo dado que el no cumplimiento en la instalación del sistema a las aeronaves perderá automáticamente la certificación de la aeronavegabilidad.

Otro beneficio en el uso del sistema ADS-B es la mejora de los tiempos de vuelo en las rutas optimizando: El tránsito, Consumo de combustible, periodos laborales de tripulación, generando sostenibilidad y desarrollo a las empresas operadoras.

Los propietarios y explotadores de las aeronaves han mostrado no estar de acuerdo con la fecha de instalación del sistema ADS-B, ya que las empresas de aviónica que son las que se encargan de la instalación del sistema han elevado sus costos de instalación debido a la alta demanda que se ha generado en el sector aéreo de Colombia

La Aeronáutica Civil y su dependencia de inspección de mantenimiento está exigiendo otros requerimientos en la instalación del sistema, ejemplo de ello, es el estudio de dato técnico

aprobado, ya que el sistema ADS-B es aprobado por las casas fabricantes de las aeronaves el dato técnico aprobado no debería ser requisito para la instalación del ADS-B en las aeronaves.

Las empresas aéreas también han mostrado su inconformidad ya que la dependencia de mantenimiento de la aeronáutica civil no cuenta con el personal necesario para la aprobación y certificación que deben realizar el sistema ADS-B siendo esta una demora más en la certificación.

Debido al incremento exponencial del tránsito de los aeródromos controlados y no controlados genera déficit en la gestión de control y seguridad por el aumento de las aeronaves que cada vez van a necesitar los servicios de control y tránsito aéreo.

Colombia no cumplirá con la fecha programada por el Plan Mundial De Navegación Aérea el primero de de enero del dos mil veinte esto generar inconvenientes en la navegación del territorio colombiano al no cumplir con las consideraciones de la OACI, lo cual genera riesgo operacional con el equipo no instalado.

Recomendaciones

Se recomienda que la Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil realice conferencias con las empresas, donde desarrollen ideas que beneficien el sector aéreo, temas como: Facilitación de Mantenimiento, Adquisición y desarrollo de sistemas tecnológicos, Costos en la adquisición de tecnologías requeridas para operaciones.

Es importante que las empresas aéreas conozcan y se familiaricen con los cambios que se están dando mundialmente en el sector aéreo, las empresas se deben concientizar que si no cumplen con los cambios que se requieren podrían generar riesgos operacionales con las aeronaves que posean.

Las empresas con su personal aeronáutico y La Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil son responsables en el atraso de la implementación de sistemas de nuevas tecnologías requeridos mundialmente por la OACI y publicado por la FAA, al no evaluar ni tener planteado un cronograma de cumplimiento para ello.

Establecer un parámetro de precios para la implantación del ADS-B out ya que las empresas aéreas colombianas han mostrado su inconformidad por el alto precio del sistema, debido a la demanda las empresas de aviónica del Colombia han aumentado sus precios tomando ventaja de la fecha de implementación.

Se recomienda que La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil tenga varios canales de comunicación hacia las empresas aéreas, ya que se ha evidenciado que las empresas desconocen los comunicados, publicaciones y conferencias por falta de aviso del ente regulador.

Bibliografía

- 20-165B, F. A. (s.f.). *Airworthiness Approval of Automatic Dependent Surveillance*.
- 229D, R. (s.f.). *Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning*.
- 4, R. (2016). Normas De Aeronavegabilidad Y Operaciones De Aeronaves ., (pág. 54).
- Aerocivil. (2010). *Políticas planes y proyectos institucionales de la Unidad Administrativa*.
- Better, f. (2002). next generation data link air traffic technology internacional. *Internacional press*.
- Civil, A. (2016). “Proceso de implementación vigilancia dependiente automatica–.
- COLOMBIA, U. A. (2018). *Generalidades para la aprobacion de Aeronavegabilidad del Sistema ADS BOUT*. Bogotá .
- company, i. (2015). *Automatic Dependent Surveillance - Broadcast*.,
- Galan, J. (2016). Los peores accidentes aereos en Colombia. *EL PAIS*.
- Gomez, L. (2018). Vigilancia Dependiente Automatica (ADS-B) en Colombia. *CIENCIA Y PODER*, 31.
- Gomez, L. (2018). *Vigilancia Dependiente Automática (ADS-b) en Colombia*.
- Gomez, L. (2018). www.unal.edu.co. Obtenido de www.unal.edu.co:
<http://www.aerocivil.gov.co/cea/panacea/Documents/ADS-B%20en%20Colombia.pdf>
- Gomez., L. (2018). VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMATICA (ADS-B) EN COLOMBIA. *CIENCIA Y PODER*, 31.
- Guy, G. (2009). *An Air-Traffic Upgrade to Improve Travel by Plane*.

Lancheros, M. (2012). ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE NAVEGACION. *detopografia*.

Mozdzanowska, A. (2007). *Dynamics of Air Transportation System Transition and Implications for ADS-B Equipage*.

OACI. (2013). *Air Traffic Management Doc 4444. Montreal*.

OACI. (2018). *consideraciones técnicas operacionales para la implantación*.

Perez, P. (Julio 2013.). “estudio y simulación de un sistema de vigilancia aeronáutica para el control. *Revista Visión Electrónica*,.

R, R. W. (2010). *New Air Traffic Surveillance Technology*.

RTCA. (2002). *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B)*.

SCRIBE, V. (Dirección). (2018). *INCORPORACION SISTEMA ADS-B EN COLOMBIA*
[Película].

Zuluaga, J. F. (17 de OCTUBRE de 2014). *www.publicacionesfac.com*. Obtenido de
www.publicacionesfac.com:

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/article/view/141/279>