

UNDÉCIMA CONFERENCIA DE NAVEGACIÓN AÉREA

Montreal, 22 de septiembre - 3 de octubre de 2003

Cuestión 1 del orden del día: **Introducción y evaluación de un concepto operacional global de gestión del tránsito aéreo (ATM)**
1.2: **Conceptos facilitadores para apoyar el concepto operacional de gestión del tránsito aéreo global**

CONCEPTO DE UTILIZACIÓN DE LA VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMÁTICA — RADIODIFUSIÓN (ADS-B)

(Nota presentada por la Secretaría)

RESUMEN

En esta nota se presentan los progresos logrados por el Grupo de expertos sobre enlaces de datos operacionales (OPLINKP) en la elaboración de un concepto de utilización de la vigilancia dependiente automática — radiodifusión (ADS-B). La culminación de este trabajo figura en el Apéndice. La Comisión de Aeronavegación convino en que el concepto de utilización debería presentarse a la Conferencia.

Las medidas propuestas a la Conferencia figuran en el párrafo 3.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La quinta reunión del Grupo de expertos sobre la vigilancia dependiente automática (ADSP/5, octubre de 1999) informó a la Comisión de Aeronavegación sobre los progresos realizados por los Estados y proporcionó información sobre el potencial de la vigilancia dependiente automática—radiodifusión (ADS-B) para satisfacer determinados requisitos, así como un desglose pormenorizado de las cuestiones por resolver antes de poder implantar una aplicación de este tipo. La Comisión enmendó el programa de trabajo del grupo de expertos a fin de incorporar la elaboración de requisitos operacionales para la utilización de un sistema destinado a aumentar el conocimiento de la situación del tránsito, la elaboración de un concepto de utilización y requisitos operacionales para la aplicación de la ADS-B, y la función de supervisar la evolución del uso de sistemas que proporcionan a bordo una garantía de mantenimiento de la separación, a fin de elaborar un concepto de utilización. La primera etapa de este programa de trabajo supone, por consiguiente, la elaboración de un concepto de utilización de la ADS-B.

2. ANÁLISIS

2.1 Durante el primer trimestre de 2003, el Grupo de expertos sobre enlaces de datos operacionales (OPLINKP, antes denominado Grupo de expertos ADSP) finalizó un concepto de utilización de la ADS-B, definido como una descripción detallada de la forma en que una determinada capacidad funcional o tecnología podía utilizarse, y que figura en el Apéndice de la presente nota.

2.2 Se hicieron considerables esfuerzos para incorporar diferentes puntos de vista sobre la función que la ADS-B desempeñaría por lo que respecta a la vigilancia en vuelo y en tierra a corto y medio plazos. Ciertamente, el hecho de que el concepto de utilización se centrara en el uso de la ADS-B a corto y medio plazos sin restringir los posibles usos de la ADS-B a más largo plazo, facilitó el que se encontrara un punto de confluencia.

2.3 El OPLINKP consideraba que la ADS-B podía convertirse en una aplicación de enlace de datos clave en un futuro entorno ATM, que suministraría nueva capacidad de vigilancia tanto a la tripulación de vuelo como a los servicios de tránsito aéreo. También se consideraba que podría *facilitar* el cumplimiento de determinados requisitos operacionales. La comunidad aeronáutica estaba investigando esta tecnología con miras a disponer de un sustituto rentable de los actuales sistemas y tecnologías. Reconociendo que cualquier nuevo sistema tendría que mantener o mejorar el actual nivel de seguridad operacional, se determinó que aún era necesario seguir investigando un gran número de cuestiones relacionadas con la ADS-B. Se estaban realizando varios proyectos de gran envergadura en los que la ADS-B se consideraba como una aplicación básica, y cuyos resultados se presentarían en los próximos años. Se observó que la coordinación y cooperación entre los Estados, organizaciones internacionales y la industria era un aspecto fundamental para la labor de esos proyectos.

2.4 En muchos sectores se considera que la ADS-B puede convertirse en una aplicación que permita tener a bordo un mayor conocimiento de la situación del tránsito y una garantía de mantenimiento de la separación. Con todo, también se ha reconocido que, en el contexto más amplio de tales posibilidades, que incluye una nueva distribución de responsabilidades entre la tripulación de vuelo y el controlador, la aplicación de los procedimientos relacionados con la ADS-B era realmente compleja. Sería necesario contar con la aceptación de los pilotos, los controladores y la comunidad aeronáutica en general, antes de introducir un nuevo concepto de suministro de servicios de tránsito aéreo.

2.5 Asimismo, es importante señalar que el concepto de utilización no debería considerarse como la expresión de una postura definitiva del grupo de expertos, especialmente teniendo en cuenta que todavía se debe llegar a un consenso sobre diversos asuntos vinculados a la aplicación de los servicios ADS-B. El concepto de utilización ofrece, más bien, un compendio de los temas que, en gran medida, está siendo objeto de examen y reflexión en la comunidad aeronáutica. En este sentido, el OPLINKP abrigaba la esperanza de que la Conferencia consideraría valiosa la información proporcionada, en particular por lo que respecta al examen de las actividades futuras de la OACI. El OPLINKP comprendía muy bien que aún quedaba mucho por hacer para proporcionar más detalles en el documento. La posibilidad de tener a bordo un mayor conocimiento de la situación del tránsito y una garantía de mantenimiento de la separación debería investigarse más a fondo a la luz de los nuevos sistemas de vigilancia y su incidencia en los servicios de tránsito aéreo. Sin embargo, el grupo de expertos convino en que la labor también debía concentrarse en los requisitos operacionales y en la determinación de las capacidades de los sistemas de a bordo y terrestres. Asimismo, era necesario elaborar normas y métodos recomendados (SARPS), procedimientos y textos de orientación relacionados con la ADS-B.

2.6 Además de lo que antecede, cabe señalar que a medida que el concepto operacional ATM alcance madurez, después de la Conferencia (véase AN-Conf/11-WP/4), probablemente terminará elaborándose una serie de requisitos ATM que definan el futuro sistema ATM y orienten la labor hacia el desarrollo de un sistema de ese tipo. A medida que se vaya adquiriendo experiencia y conocimientos sobre la ADS-B y la labor relativa a los requisitos ATM alcance madurez, se hará más clara la función de la ADS-B como un importante concepto y aplicación de enlace de datos en el futuro sistema. Los resultados y recomendaciones de la Conferencia deberían orientar la ulterior elaboración de los requisitos ATM basándose en el concepto operacional y en los requisitos operacionales para la ADS-B.

3. MEDIDAS PROPUESTAS A LA CONFERENCIA

3.1 Se invita a la Conferencia a examinar y evaluar el concepto de utilización de la ADS-B y formular recomendaciones sobre la labor ulterior.

— — — — —

APÉNDICE

CONCEPTO DE UTILIZACIÓN DE LA VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMÁTICA — RADIODIFUSIÓN (ADS-B)

ÍNDICE

Índice	A-2
Lista de abreviaturas	A-4
Preámbulo	A-6
Glosario de términos	A-7
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	A-8
1.1 Objetivo y alcance	A-8
1.2 Antecedentes	A-8
1.3 Reseña del concepto	A-9
Capítulo 2. CONCEPTO DE VIGILANCIA UTILIZANDO LA ADS-B	A-10
2.1 Generalidades	A-10
2.2 Funciones de la ADS-B	A-10
2.3 La función de la ADS-B en la gestión del tránsito aéreo (ATM)	A-11
2.3.7 Mejoras y beneficios para la ATM	A-12
2.4 Aplicaciones de la ADS-B	A-13
2.4.1 Información general	A-13
2.4.2 Aplicaciones de vigilancia basadas en tierra	A-14
2.4.3 Aplicaciones de vigilancia basadas en la aeronave	A-15
2.4.4 Otras aplicaciones	A-17
Capítulo 3. ESCENARIOS OPERACIONALES	A-18
3.1 Descripción de la ADS-B y su entorno	A-18
3.2 Descripción de escenarios	A-18
3.2.2 Escenario de operaciones de superficie	A-18
3.2.3 Escenario de una terminal y de un espacio aéreo en ruta ocupados	A-20
3.2.4 Escenario de un espacio aéreo en ruta de baja densidad	A-22
3.2.5 Escenario de un espacio aéreo terminal sin cobertura radar	A-23
Capítulo 4. DIVERSOS ASPECTOS	A-25
4.2 Aspectos técnicos	A-25
4.2.1 Normas técnicas	A-25
4.2.2 Vigilancia de tipo dependiente basada en datos de navegación	A-25
4.2.3 Validez de los datos de intención	A-25
4.2.4 Instalación de aeronaves	A-25
4.2.5 Estaciones terrestres remotas	A-26
4.2.6 Adaptación del sistema automatizado	A-26
4.2.7 Seguridad	A-26
4.2.8 Performance del enlace de datos	A-27
4.3 Aspectos operacionales	A-28
4.3.1 Aspectos relativos a los factores humanos	A-28
4.3.2 Elaboración de procedimientos, normas de separación, diseño del espacio aéreo y cuestiones relativas a la instrucción	A-29
4.3.3 Equipos de la flota	A-29

4.3.4	Aspectos relativos a la transición	A-29
4.3.5	Aspectos institucionales	A-30
4.3.6	Aspectos ambientales	A-30
Capítulo 5. IMPLANTACIÓN		A-31
5.1	Planificación	A-31
5.1.2	Equipo de implantación para asegurar la coordinación internacional	A-31
5.1.3	Compatibilidad de sistemas	A-31
5.1.4	Integración	A-32
5.2	Lista de verificación para la implantación	A-32
5.2.3	Fase conceptual	A-33
5.2.4	Fase de diseño	A-34
5.2.5	Fase de implantación	A-35

LISTA DE ABREVIATURAS

ADS	vigilancia dependiente automática
ADS-B	vigilancia dependiente automática — radiodifusión
ADS-C	vigilancia dependiente automática — contrato
ADSP	grupo de expertos ADS (de la OACI)
AIS	servicios de información aeronáutica
APW	aviso de proximidad del terreno
ASAS	sistemas de a bordo para mantenimiento de la separación
ASDE	equipo de detección en la superficie del aeropuerto
ASM	gestión del espacio aéreo
ATC	control del tránsito aéreo
ATFM	gestión de la afluencia del tránsito aéreo
ATM	gestión del tránsito aéreo
ATMCP	Grupo de expertos sobre el concepto operacional de gestión del tránsito aéreo
CAP	parámetros de acceso del controlador
CDTI	presentación de información de tránsito en el puesto de pilotaje
CNS	comunicaciones, navegación y vigilancia
CPDLC	comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto
DLIC	capacidad de iniciación de enlace de datos
ELT	transmisor de localización de emergencias
ETA	hora prevista de llegada
FANS	sistema de navegación aérea del futuro
F&CM	gestión de la afluencia y capacidad
FIS-B	servicio de información de vuelo — radiodifusión
FMS	sistema de gestión de vuelo
GNSS	sistema mundial de navegación por satélite
GPW	advertencia de la proximidad del terreno
HF	alta frecuencia
IHM	interfaz ser humano-máquina
IAF	punto de referencia de aproximación inicial

IFR	reglas de vuelo por instrumentos
MSAW	advertencia de altitud mínima de seguridad
MTCD	detección de conflictos a plazo medio
OPLINKP	Grupo de expertos sobre enlace de datos operacionales
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PSR	radar primario de vigilancia
SAR	búsqueda y salvamento
SARPS	normas y métodos recomendados
SMC	control del movimiento en la superficie
SSR	radar secundario de vigilancia
STCA	alerta a corto plazo en caso de conflicto
TIS-B	servicio de información de tránsito — radiodifusión
VFR	reglas de vuelo visual
VMC	condiciones meteorológicas de vuelo visual

— — — — —

PREÁMBULO

En este documento se presenta el concepto de utilización de la vigilancia dependiente automática — radiodifusión (ADS-B) y por consiguiente se proporciona una descripción del sistema ADS-B y su función detallada como una aplicación que permite importantes cambios en los futuros sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tránsito aéreo (CNS/ATM).

La descripción de la función de la ADS-B tendrá en cuenta la situación heterogénea y cambiante con respecto a la infraestructura terrestre disponible, las capacidades de las aeronaves, los regímenes del espacio aéreo, etc. Esto repercute considerablemente en la transición del actual al futuro sistema.

El concepto de utilización de la ADS-B se ilustra mediante un número de escenarios operacionales típicos. Estos escenarios describen las diversas fases de vuelo posibles en un entorno puerta a puerta, incluida la vigilancia aeroportuaria. Éstos proporcionan una descripción de las interacciones entre los componentes de a bordo, terrestres, humanos y automatizados del sistema. Además, los escenarios describen varias de las aplicaciones a las que se presta apoyo y la función de la ADS-B como facilitadora en un entorno de vigilancia mixto. Cabe señalar que los escenarios seleccionados tienen por finalidad ser ejemplos ilustrativos y no incluyen todas las posibles utilizaciones de la ADS-B.

El concepto de utilización de la ADS-B describe la función de la ADS-B para prestar apoyo al futuro servicio de vigilancia. Esto trasciende el servicio de vigilancia tradicional basado en tierra y se extiende para incluir la utilización aire-aire así como la capacidad para proporcionar datos adicionales tales como el vector de estado y la intención de trayectoria. Los niveles de vigilancia a los que debería prestar apoyo la ADS-B son: vigilancia básica, vigilancia ampliada (utilizando el vector de estado) y la vigilancia basada en la intención (utilizando la intención de trayectoria) en tierra y en el aire, según corresponda.

Cabe señalar que la función de la ADS-B, como se detalla en el concepto de utilización de la ADS-B complementa otros componentes habilitantes tales como el radar secundario de vigilancia (SSR), el SSR en Modo S o el contrato de vigilancia dependiente automática (ADS-C).

En el documento también se presenta un análisis del impacto sobre los diversos niveles (operacional, de organización, etc.), como resultado de la introducción del sistema ADS-B.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Sistemas de a bordo para mantenimiento de la separación(ASAS) (en proceso de elaboración) — Un sistema de aeronave basado en la vigilancia de a bordo que presta asistencia a la tripulación de vuelo apoyando la separación de su aeronave con respecto a otra aeronave.

Contrato ADS. Medio por el cual se intercambian las condiciones de un acuerdo ADS entre el sistema de tierra y la aeronave y se indican las condiciones bajo las cuales se iniciarán los informes ADS así como los datos que figurarían en los mismos.

Nota.— El término “contrato ADS” es genérico y tiene diversos significados, contrato ADS relacionado con sucesos, contrato ADS de solicitud, contrato ADS periódico o modo de emergencia. Pueden implantarse sistemas de transmisión terrestre de informes ADS entre sistemas terrestres.

Comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto (CPDLC) — Una aplicación de enlace de datos que proporciona un medio de comunicación entre el controlador y el piloto por medio de enlaces de datos para las comunicaciones ATC.

Vigilancia dependiente automática — radiodifusión (ADS-B) (en proceso de elaboración) — Una técnica de vigilancia que proporciona la capacidad para que las aeronaves, vehículos aeroportuarios y otros objetos puedan transmitir o recibir automáticamente datos tales como la identificación, su posición en cuatro dimensiones y datos adicionales, de ser apropiado, en modo de radiodifusión mediante enlace de datos. En el caso de las aeronaves y los vehículos aeroportuarios los datos son extraídos de sus sistemas de navegación y de determinación de la posición instalados a bordo.

— — — — —

Capítulo 1. Introducción

1.1 Objetivo y alcance

1.1.1 El objetivo de este documento es elaborar un concepto de utilización de la ADS-B. Esta tecnología está en proceso de desarrollo y de ensayo y también se utiliza operacionalmente en diversas zonas del mundo. Sin embargo, aún no se han elaborado normas internacionales que incorporen la ADS-B en el futuro sistema mundial de los CNS/ATM. Este documento constituye el primer paso en este proceso de la OACI.

1.1.2 La tarea que la Comisión de Aeronavegación encargó al grupo de expertos OPLINK fue “elaborar un concepto de utilización y requisitos operacionales para la aplicación de la ADS-radiodifusión.” El alcance de este documento se restringe a la parte de la tarea relacionada con el concepto de utilización. No comprende requisitos operacionales específicos, si bien su contenido llevará naturalmente a la elaboración de requisitos operacionales para la ADS-B.

1.2 Antecedentes

1.2.1 A principios de la década de 1990, la OACI aprobó el concepto de los sistemas de navegación aérea del futuro (FANS) basado en la tecnología de satélites, que posteriormente evolucionó en los CNS/ATM. El sistema tradicional de vigilancia ATC tiene limitaciones que restringen sus capacidades en el actual y en el futuro entorno ATM. Estas limitaciones incluyen lo siguiente:

- a) vigilancia limitada o no convencional incluyendo áreas continentales no equipadas, bajas altitudes, áreas no continentales, movimientos en la superficie, conos de silencio, conos ciegos, inspección por antena, etc. En algunos casos (p. ej., zonas oceánicas), esto resultará en la necesidad de un control de procedimientos utilizando informes de posición orales;
- b) rotación mecánica de las antenas radar clásicas que producen períodos de exploración ineficientes y limitaciones para adaptar el ritmo de notificación a fin de que responda a las necesidades ATC. [Nota.— *Las antenas de exploración electrónica (E-SCAN) pueden ofrecer una alternativa en este caso*];
- c) comunicaciones mutiladas, no sincronizadas y divididas;
- d) no disponibilidad de datos basados en la aeronave, más allá de los relativos a la identificación en Modo A/C y datos de altitud;
- e) cooperación no homogénea debido a que actualmente existe una diversidad de sistemas con diferentes niveles de performance y capacidad;
- f) en algunas regiones la escasez de códigos en Modo A (sólo se dispone de 4 096) que exige frecuentes cambios de códigos durante el vuelo puede también crear ambigüedades respecto a la identificación;
- g) falta de capacidad para apoyar las futuras aplicaciones de conocimiento de la situación del tránsito a bordo, debido a que la tripulación de vuelo no dispone de los datos de vigilancia correspondientes; y

- h) falta de capacidad para apoyar las aplicaciones de vigilancia en la superficie de aeropuertos.

1.2.2 Debido a limitaciones como éstas y de costos, los sistemas de vigilancia existentes no lograrán alcanzar los niveles necesarios en cuanto a capacidad, flexibilidad y eficiencia que se requieren para hacer frente al crecimiento del tráfico aéreo previsto en el futuro. Se han desarrollado diversas tecnologías de vigilancia para resolver estas limitaciones. Entre éstas figuran el radar secundario de vigilancia (SSR) en Modo S con servicios ampliados, el contrato ADS (ADS-C), y la ADS-radiodifusión (ADS-B).

1.3 **Reseña del concepto**

1.3.1 En la primera reunión del Grupo de expertos sobre el concepto operacional de gestión del tránsito aéreo (ATMCP/1) se definió el concepto de operacional de gestión del tránsito aéreo como una descripción de los servicios que se requerirán para operar el sistema mundial de tránsito aéreo hasta el 2025 y más allá de esa fecha. El concepto operacional trata sobre lo que se necesita para aumentar la flexibilidad del usuario y maximizar las eficiencias operativas a fin de aumentar la capacidad del sistema y aumentar los niveles de seguridad en el futuro sistema de gestión del tránsito aéreo. La amplia labor que se ha llevado a cabo o que está en curso ha convencido a la OACI de que la funcionalidad de la ADS-B tiene el potencial de ser uno de los elementos clave necesarios para lograr estas metas del concepto operacional.

1.3.2 El concepto de utilización de la ADS-B describe la función de la ADS-B como uno de los componentes habilitantes de este sistema mundial CNS/ATM. La descripción de la ADS-B en este contexto se trata en el Capítulo 2. Incluye la funcionalidad, la función de la ADS-B en la ATM, las mejoras operacionales y las aplicaciones típicas. Las aplicaciones se ilustran en el Capítulo 3 mediante la utilización de diversos escenarios operacionales. Estos escenarios incluyen todas las fases de los vuelos en un entorno de puerta a puerta, contiene ciertos aspectos de las interacciones aire-aire, aire-tierra, tierra-aire y tierra-tierra y los elementos humanos y automatizados del sistema. Por último, en el Capítulo 4 se analizan aspectos importantes que han de tenerse en cuenta mientras que el Capítulo 5 se trata sobre la implantación por parte de los Estados.

1.3.3 Durante la elaboración del concepto de utilización de la ADS-B, se tuvo en cuenta otros componentes habilitantes co-existentes (ADS-C, TIS-B¹, CPDLC, etc.) a fin de determinar sus funciones complementarias en los diversos escenarios operacionales.

1.3.4 El objetivo general es lograr una comprensión común de los términos, definiciones y posibles usos de la ADS-B en un entorno futuro. Un objetivo secundario es hacerlo al inicio de las diversas etapas de desarrollo a fin de influir y facilitar ese desarrollo.

— — — — —

¹ TIS-B es un servicio que permite la radiodifusión vía ADS-B de datos sobre la posición y otros de las aeronaves que no están equipadas con ADS-B. Se considera un medio importante para apoyar los servicios ADS-B durante el período de transición cuando no sea viable ni rentable equipar todas las aeronaves con ADS-B.

Capítulo 2. Concepto de vigilancia utilizando la ADS-B

2.1 Generalidades

2.1.1 La vigilancia se utiliza en la aviación civil para diversos fines, entre los que se incluye la ATM, la información meteorológica, la evitación del impacto contra el terreno, y búsqueda y salvamento. Se utilizan diversas tecnologías para proporcionar datos de vigilancia para la ATM, pero sólo dos de ellas son completamente independientes de los objetivos bajo vigilancia (que puede incluir aeronaves, vehículos y una variedad de otro tipo de “tránsito”). Estas técnicas independientes son captación visual y radar primario de vigilancia (PSR).

2.1.2 Todas las demás técnicas, incluyendo SSR, ADS-C y ADS-B y los informes de posición CPDLC, exigen diversos grados de cooperación del objetivo y el equipo de a bordo en servicio para facilitar el intercambio de datos de vigilancia. Por ejemplo, tanto la notificación oral como las CPDLC exigen el uso de equipos de comunicaciones específicos y dependen de los datos de navegación 4-D determinados por la aviónica.

2.1.3 El SSR en Modo S aumenta la información en Modo A/C (identificación y altitud) mediante la incorporación y ampliación de la dirección de la aeronave y una capacidad de enlace de datos bidireccional. El Modo S también facilitó la evolución del sistema anticolidión de a bordo (ACAS).

2.1.4 Como lo indica su nombre, la ADS puede considerarse como un híbrido de las técnicas de vigilancia “tradicionales” que combina una dependencia en los informes de posición con la automatización que es típica de las respuestas SSR. Los informes ADS-C se preparan de acuerdo con el contrato convenido entre el ATS y la aeronave. Análogamente a los informes de radar, estos informes no son recibidos por otras aeronaves y los intervalos entre informes es relativamente prolongado. Por el contrario, los informes ADS-B se radiodifunden a intervalos más frecuentes y, además de la vigilancia en tierra “similar a la del radar” puede proporcionar una capacidad de vigilancia de a bordo. Una de las principales ventajas de la ADS-B, ADS-C y Modo S es la capacidad de transmitir vector de estado y datos de intención.

Nota.— El Modo S ampliado se puede utilizar para transmitir información de intención al sistema terrestre pero no a otra aeronave como puede hacerse con la ADS-B.

2.2 Funciones de la ADS-B

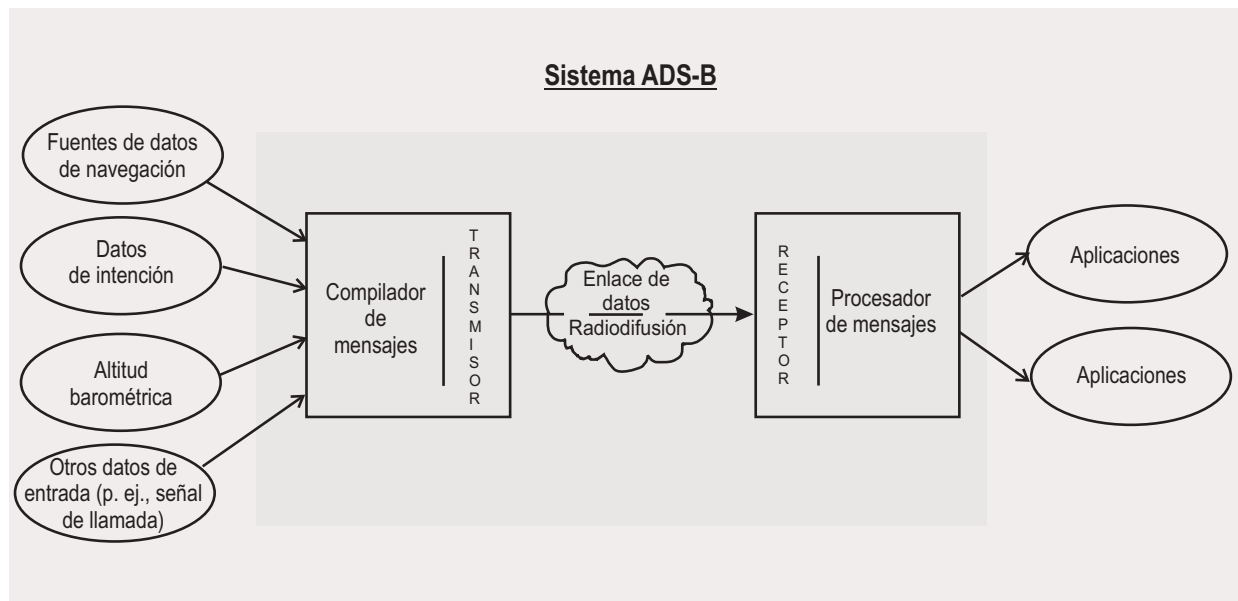
2.2.1 La ADS-B es una aplicación de vigilancia que facilita la transmisión periódica de parámetros tales como la identificación, posición e integridad de la posición mediante un enlace de datos por radiodifusión. Cualquier usuario, ya sea a bordo o basado en tierra dentro del ámbito de esta radiodifusión puede optar por recibir, tramitar y presentar esta información. La información ADS-B se radiodifunde sin conocimiento alguno de los usuarios que puedan recibirla y sin la expectativa de obtener un acuse de recibo o respuesta. Además de aeronaves y vehículos, la ADS-B puede utilizarse para indicar peligros tales como obstáculos, paracaidistas, etc.

2.2.2 La ADS-B es automática en el sentido que no requiere que la tripulación de vuelo o el controlador intervengan para transmitir la información. Es vigilancia dependiente en el sentido de que la información relativa a la vigilancia que se obtiene depende de la capacidad adecuada de navegación y radiodifusión en la fuente emisora.

2.2.3 Un sistema ADS-B consiste de los siguientes componentes (véase la Figura 1): un subsistema transmisor que incluye la generación del mensaje en la aeronave/vehículo/obstáculo fuente, el medio de radiodifusión del enlace de datos, un subsistema receptor que incluye la recepción del mensaje

y funciones de compilación de informes en el sistema receptor de la aeronave/vehículo o sistema terrestre. Cabe señalar que algunos usuarios de la ADS-B podrían estar en condiciones de transmitir pero no recibir, algunos usuarios con base en tierra pueden recibir pero no transmitir.

Figura 1. Relación funcional entre la ADS-B y aplicaciones de vigilancia



2.2.4 La fuente de la información transmitida así como las aplicaciones del usuario no se consideran parte del sistema ADS-B, pero es necesario incluir sus necesidades en materia de performance al definir la performance global del sistema ADS-B.

2.3 La función de la ADS-B en la gestión del tránsito aéreo (ATM)

2.3.1 La ATM se ha descrito en el concepto operacional ATM que se presentó en la ATMCP/1 (Montreal, 18 a 28 de marzo de 2002) y que se presentará en la 11ª Conferencia de navegación aérea (Montreal, 22 de septiembre a 3 de octubre de 2003) como la gestión dinámica e integrada del tránsito aéreo y del espacio aéreo — de forma segura, económica y eficaz mediante el suministro de instalaciones y servicios sin discontinuidades en colaboración con todos los socios. El concepto operacional también describe un sistema que proporciona ATM mediante la integración cooperativa de personas, información tecnológica, instalaciones y servicios apoyados por comunicaciones, navegación y vigilancia por aire, en tierra y por satélites.

2.3.2 Este concepto operacional identifica siete componentes interdependientes del futuro sistema ATM que son:

- a) organización y gestión del espacio aéreo;
- b) operaciones de aeródromo;
- c) equilibrio entre la demanda y la capacidad;
- d) sincronización del tránsito;

- e) gestión de conflictos;
- f) operaciones del usuario del espacio aéreo; y
- g) gestión del suministro de servicios ATM.

2.3.3 Se consideran inherentes a este concepto las características de ajustes a escala y adaptabilidad según las necesidades específicas y operacionales de cada Estado y región. La ADS-B comparte estas características en el sentido de que esas aplicaciones específicas de la tecnología pueden implantarse según la necesidad.

2.3.4 La ADS-B es una tecnología habilitante que mejorará el suministro de la ATM en una variedad de aplicaciones, desde el control de tránsito aéreo “tipo radar” hasta un mejor conocimiento de la situación del tránsito en el puesto de pilotaje. La ADS-B también facilita el intercambio de información relacionada con la meteorología, navegación, vigilancia y otra información operacional en forma integrada.

2.3.5 Las aplicaciones de la ADS-B tendrán repercusiones directas en las operaciones de aeródromo, sincronización del tránsito, operaciones de usuario del espacio aéreo y gestión de conflictos. Estos efectos influirán a su vez en la naturaleza de la organización y gestión del espacio aéreo, el equilibrio entre la demanda y la capacidad y gestión del suministro de servicios ATM.

2.3.6 En resumen, debería recalarse que la ADS-B podría proporcionar cobertura de vigilancia de “puerta a puerta”, es decir, desde el primer movimiento de la aeronave en la superficie pasando por todas las fases de vuelo y de regreso a tierra hasta apagar los motores en el lugar de destino.

2.3.7 **Mejoras y beneficios para la ATM**

2.3.7.1 Se prevé que la ADS-B y sus aplicaciones ofrezcan importantes mejoras operacionales al resolver algunas de las limitaciones del actual sistema de vigilancia, optimizando el volumen de trabajo del controlador/tripulación de vuelo, traducándose en ventajas en los campos de la seguridad, capacidad, eficiencia e impacto ambiental, contribuyendo así a los objetivos globales de los CNS/ATM. Estos beneficios incluyen lo siguiente:

- a) ampliación de la cobertura de vigilancia para bajas altitudes (por debajo de la actual cobertura radar) y zonas donde actualmente no existe cobertura radar, redundando en una utilización más eficiente del espacio aéreo;
- b) facilitación de un servicio de vigilancia de “puerta a puerta” sin discontinuidad, no sólo para la aviación civil internacional sino que también incluiría a la aviación general y a las operaciones militares;
- c) utilización de datos de aeronave en una variedad de sistemas, p. ej., alerta de conflictos basada en tierra, advertencia de altitud mínima segura, aviso de proximidad a zona peligrosa, instrumentos automatizados de apoyo, procesamiento y distribución de datos de vigilancia, así como la facilitación del acceso del controlador a los parámetros del vector de estado, [algunas veces denominado *parámetros de acceso del controlador (CAP)*];
- d) capacidad de vigilancia de a bordo que puede mejorar el conocimiento de la situación del tránsito por parte de la tripulación de vuelo y permitir la introducción de sistemas de a bordo para ayudar a la separación;

- e) aumento de la seguridad y capacidad de los aeropuertos, especialmente bajo condiciones de poca visibilidad, al proporcionar vigilancia en la superficie de los aeropuertos protegiendo al mismo tiempo contra incursiones en la pista. La ADS-B permitirá la identificación y seguimiento de los vehículos apropiados en el aeropuerto así como de las aeronaves;
- f) cambios en la sectorización del espacio aéreo y en la estructura de rutas resultantes de una vigilancia mejorada que debería permitir rutas más eficientes;
- g) costos de infraestructura reducidos. Especialmente en un espacio aéreo en el que todas las aeronaves están equipadas con ADS-B, podrían ponerse fuera de servicio algunos equipos radares. En los casos en que actualmente se requiere cobertura de vigilancia múltiple se podría lograr la optimización de la infraestructura de vigilancia mediante la implantación de la combinación más eficiente de sensores radar y ADS-B. En consecuencia, la cobertura ADS-B podría reducir el número requerido de sensores radar; y
- h) economías en los costos mediante la implantación de un sistema de vigilancia basado en la ADS-B en lugar de los gastos inherentes al ciclo de vida vinculados con la instalación, mantenimiento y ampliación de los actuales sistemas de vigilancia basados en radar.

2.3.7.2 Se reconoce que otras tecnologías, p. ej., la vigilancia ampliada en Modo S, la ADS-C y los sistemas multilaterales basados en tierra también pueden ofrecer algunos de los beneficios descritos.

2.4 Aplicaciones de la ADS-B

2.4.1 Información general

2.4.1.1 En un esfuerzo por proporcionar las mejoras operacionales indicadas antes, se están investigando varias aplicaciones y en algunos casos ya están en proceso de implantación. No se pretende que estas aplicaciones sean totalmente inclusivas, sin embargo abarcan la mayor parte de las aplicaciones que se están considerando a plazos corto y medio. Reconociendo que cada servicio está en una etapa de desarrollo diferente sólo se ha incluido en los escenarios algunas de las aplicaciones descritas en la Tabla 1 a continuación (véase el párrafo 3.2).

Categoría	Aplicaciones
Aplicaciones de vigilancia basadas en tierra	a) vigilancia ATC en un espacio aéreo con cobertura radar; b) vigilancia ATC en un espacio aéreo sin cobertura radar; c) vigilancia en la superficie de los aeropuertos; y d) datos originados en la aeronave para entornos ATM basados en tierra.
Aplicaciones de vigilancia basadas en la aeronave	a) conocimiento de la situación del tránsito 1) mayor conocimiento de la situación del tránsito en la superficie del aeropuerto 2) mayor conocimiento de la situación del tránsito durante las operaciones de vuelo 3) adquisición visual mejorada 4) mejores aproximaciones visuales sucesivas b) Espaciado y separación de a bordo 1) mejoras en las operaciones de puesta en secuencias y confluencia 2) procedimientos en cola 3) mejores operaciones de cruce y de adelantamiento
Otras aplicaciones	Control en la plataforma/gestión de puerta Control del ruido Seguimiento del vuelo (para AOC, escuelas de pilotaje) Emisión de derechos de aeropuerto a distancia Mejora del conocimiento de la situación de obstáculos SAR, ELT, respuesta de emergencia

Tabla 1. Posibles aplicaciones ADS-B cuya futura implantación es objeto de consideración

2.4.2 Aplicaciones de vigilancia basadas en tierra

2.4.2.1 Vigilancia ATC en un espacio aéreo con cobertura radar

2.4.2.1.1 Una mayor precisión de los datos y de los índices de actualización de los informes ADS-B, junto con otras capacidades podrían mejorar los servicios de vigilancia y facilitar la aplicación de normas de separación reducida.

2.4.2.1.2 Esta aplicación mejorará la vigilancia ATC que se proporciona actualmente por radar en el espacio aéreo en ruta. Un ejemplo es el caso de la vigilancia en zonas en las que se proporciona cobertura con un solo radar. Cuando se utiliza SSR, la ADS-B puede proporcionar un sistema de reserva y complementar las actualizaciones de posición radar mediante informes de posición adicionales. Cuando se utiliza PSR, la ADS-B puede proporcionar datos adicionales tales como identificación de la aeronave y altitud barométrica.

2.4.2.1.3 En estos entornos la ADS-B también puede proporcionar datos adicionales de aeronave, que pueden mejorar el procesamiento de datos de vigilancia (p. ej., datos de intención, vector de estado).

2.4.2.2 Vigilancia ATC en un espacio aéreo sin cobertura radar

2.4.2.2.1 Esta aplicación proporcionará vigilancia ATC en zonas sin cobertura radar, (p. ej., áreas continentales remotas, áreas de operaciones en alta mar o ciertas áreas oceánicas). La finalidad es mejorar la información sobre el tránsito y los servicios de separación.

2.4.2.2.2 Aún cuando se utiliza la ADS-C, la ADS-B puede proporcionar actualizaciones de posición más frecuentes lo cual facilita una posible reducción en las mínimas de separación.

2.4.2.3 Vigilancia en la superficie del aeropuerto

2.4.2.3.1 Esta aplicación proporcionará una nueva fuente de información sobre vigilancia en el aeropuerto para lograr una gestión más segura y eficiente del movimiento en tierra en los aeropuertos. También se puede equipar con ADS-B a los vehículos terrestres apropiados que circulan en los aeropuertos y pueden figurar en pantalla, junto con la aeronave, en una presentación de situación.

2.4.2.3.2 Apoyará la detección de conflictos en tierra mediante actualizaciones frecuentes a la aeronave y posiciones de vehículos, facilitando así la vigilancia de aeronaves y vehículos para proteger contra incursiones en la pista.

2.4.2.4 Datos basados en la aeronave para instrumentos ATM terrestres

2.4.2.4.1 Esta aplicación proporcionará datos adicionales basados en la aeronave tales como vector de estado y datos de intención por medio de la ADS-B para uso del sistema ATC terrestre a fin de desarrollar o aumentar los instrumentos de apoyo automatizados tales como:

- a) supervisión de cumplimiento;
- b) previsión de conflictos;
- c) detección de conflictos;
- d) advertencia de altitud mínima de seguridad;
- e) advertencia de proximidad a zona peligrosa; y
- f) orden de secuencia del tránsito.

2.4.3 Aplicaciones de vigilancia basadas en la aeronave

2.4.3.1 Conocimiento de la situación del tránsito

2.4.3.1.1 Las aplicaciones de conocimiento de la situación del tránsito están destinadas a que la tripulación de vuelo aumente su conocimiento de la situación del tránsito que los rodea, tanto en el aire como en la superficie del aeropuerto, y por consiguiente mejore el proceso de toma de decisiones de la tripulación de vuelo con miras a lograr una gestión segura y eficiente de su vuelo. No se prevé ningún cambio en las tareas o responsabilidades de separación como resultado de la implantación de estas aplicaciones.

2.4.3.1.2 Se necesitará impartir capacitación adecuada para evitar el uso inapropiado del conocimiento mejorado de la situación del tránsito tal como formular preguntas inadecuadas o efectuar maniobras imprevistas que podrían confundir al ATC.

2.4.3.1.3 Mejor conocimiento de la situación del tránsito en la superficie del aeropuerto

2.4.3.1.3.1 Esta aplicación proporciona a las tripulaciones de vuelo un mejor conocimiento de la situación del tránsito en la superficie del aeropuerto tanto para las operaciones en las calles de rodaje como en las pistas, en todo momento y particularmente en condiciones de baja visibilidad. Los objetivos son mejorar la seguridad en las maniobras de empuje, en los cruces de las calles de rodaje y antes de entrar a la pista.

2.4.3.1.4 Mejor conocimiento de la situación del tránsito durante las operaciones de vuelo

2.4.3.1.4.1 Esta aplicación proporciona a las tripulaciones de vuelo un mejor conocimiento de la situación del tránsito durante las operaciones de vuelo, independientemente de las condiciones visuales. Se proporcionan datos adicionales a las tripulaciones de vuelo para complementar la información sobre el tránsito proporcionada ya sea por los controladores o por otras tripulaciones de vuelo. Esto podría facilitar la comprensión de las instrucciones ATC por parte de la tripulación, disminuir potencialmente las comunicaciones orales y en los casos en que se haya implantado comunicaciones CPDLC o por alta frecuencia (HF), compensar la pérdida de la línea de llamada. En consecuencia, el logro de los objetivos debería producir mejoras en la seguridad y la eficiencia de los servicios de tránsito aéreo.

2.4.3.1.5 Adquisición visual mejorada

2.4.3.1.5.1 Esta aplicación es una ayuda para que las tripulaciones de vuelo mejoren su capacidad de adquisición visual, particularmente con respecto a los procedimientos para “ver y eludir” que se aplican a las operaciones VFR/VFR y IFR/VFR en los espacios aéreos de clases D, E y G. De hecho, hemos alcanzado los límites del principio convencional de “ver y eludir” debido a la creciente velocidad de las aeronaves, la baja visibilidad externa en los puestos de pilotaje modernos y el volumen de trabajo de los pilotos en algunas fases de vuelo.

2.4.3.1.6 Mejores aproximaciones visuales sucesivas

2.4.3.1.6.1 Esta aplicación es una ayuda para que las tripulaciones de vuelo realicen aproximaciones visuales sucesivas cuando tienen la responsabilidad de mantener una separación visual respecto a las aeronaves a las que siguen. Los objetivos son efectuar procedimientos de aproximación visual sucesiva de forma más regular para mejorar el caudal en la pista y realizar operaciones más seguras.

2.4.3.2 Aplicaciones de espaciado y separación de a bordo

2.4.3.2.1 Mejores operaciones de puesta en secuencia y confluencia

2.4.3.2.1.1 El objetivo es redistribuir las tareas entre los controladores y las tripulaciones de vuelo en relación con la puesta en secuencia (p. ej., seguir en cola) y la confluencia del tránsito. Se proporcionará a los controladores nuevos procedimientos que permitirían a la tripulación de vuelo establecer y mantener un determinado tiempo o distancia respecto a una aeronave designada. Las tripulaciones de vuelo realizarán estas nuevas funciones utilizando una interfaz avanzada ser humano-máquina. Los beneficios previstos son una mejor gestión de las tareas del controlador y una adhesión más sistemática a los valores de espaciado requeridos.

2.4.3.2.2 Procedimiento en cola en un espacio aéreo oceánico

2.4.3.2.2.1 El procedimiento en cola en un espacio aéreo oceánico sin cobertura radar permitirá que una aeronave equipada con ADS-B, que se encuentra en cola y que podría no estar espaciada longitudinalmente de otra por la mínima de separación existente basada en la distancia, pueda ascender o descender a través de los niveles de vuelo de cada cual. El objetivo es mejorar la utilización del espacio aéreo oceánico facilitando un índice más elevado de cambios en los niveles de vuelo que el que se proporciona actualmente, con lo cual se lograría un vuelo más eficiente (p. ej., economía de combustible, evitar niveles de vuelo turbulentos).

2.4.3.2.3 Operaciones mejoradas para cruzar y adelantar.

2.4.3.2.3.1 El objetivo es redistribuir las tareas entre los controladores y las tripulaciones de vuelo en relación con las operaciones para cruzar y pasar el tránsito designado. Se proporcionará a los controladores nuevos procedimientos que permitirán a la tripulación de vuelo maniobrar basándose en las instrucciones del controlador a fin de lograr un determinado valor de separación respecto a una aeronave designada. Las tripulaciones de vuelo realizarán estas nuevas tareas utilizando una interfaz avanzada ser humano-máquina. El principal beneficio previsto es aumentar la disponibilidad del controlador mediante la redistribución de tareas.

2.4.4 Otras aplicaciones

2.4.4.1 Otras aplicaciones ADS-B que son objeto de consideración en diversos grados en los foros de aviación, grupos de expertos y grupos de la industria incluyen lo siguiente:

- a) seguir a la aeronave para asegurar que cumplan con sus trayectorias de vuelo en entornos sensibles al ruido (p. ej., la prohibición de vuelos durante determinadas horas);
- b) facilitar la recopilación de datos para fines de publicación de derechos aeronáuticos en zonas remotas donde corresponde llevar a cabo este procedimiento;
- c) permitir que las escuelas de pilotaje supervisen el progreso de pilotos inexpertos — p. ej., vuelos de navegación, solo;
- d) facilitar la presentación de obstáculos temporales — p. ej., una grúa de construcción equipada con un emisor ADS-B; y
- e) búsqueda y salvamento (SAR), transmisor de localización de emergencia (ELT), respuesta de emergencia. La aviónica podría diseñarse específicamente para radiodifundir mensajes ADS-B apropiados apenas se active a raíz de un accidente. Los mensajes ADS-B codificados digitalmente pueden radiodifundirse en medios que apoyan el tráfico normal de mensajes ADS-B.

— — — — —

Capítulo 3. Escenarios operacionales

3.1 Descripción de la ADS-B y su entorno

3.1.1 Los entornos operacionales en que se utilizará la ADS-B podrían comprender algunas de las siguientes características:

- a) diversas capacidades de infraestructura, que fluctúan desde la falta de medios de vigilancia hasta la coexistencia de la ADS-B con diferentes tipos de fuentes de datos convencionales tales como los radares primarios y secundarios de vigilancia. Se prevé que varias otras tecnologías tales como ADS-C y CPDLC desempeñarán una función complementaria en el suministro de servicios ATC;
- b) niveles mixtos de equipos de aeronave, al menos durante el período de transición;
- c) distintos tipos de espacio aéreo (p. ej., distintos niveles de densidad de tránsito);
- d) diversas fases de vuelo, p. ej., superficie de aeropuerto, TMA, en ruta, no continental, continental; y
- e) diversos tipos de aplicaciones/servicios en diferentes entornos.

3.1.2 El modo de radiodifusión en la ADS-B proporciona datos de vigilancia a todos los que pueden recibir la transmisión. Esto incluye funciones de vigilancia de a bordo así como funciones de vigilancia en tierra. Dependiendo del tipo de espacio aéreo, de la fase de vuelo o de las condiciones operacionales, se pueden aplicar diversas frecuencias para los informes ADS-B a fin cumplir con las frecuencias de actualizaciones que requieren las diferentes aplicaciones.

3.2 Descripción de escenarios

3.2.1 Los siguientes escenarios describen el vuelo de XYZ123, una aeronave de transporte complementario de 50 asientos que ofrece servicios regulares de una ciudad capital a un pequeño centro regional. Si bien los nombres, señales de llamadas y números de vuelo son ficticios, los escenarios tienen por objeto describir el servicio (a corto plazo) de la tecnología ADS-B en una gama de aplicaciones.

Nota.— La intención de estos escenarios es mostrar las posibles funciones de la ADS-B, más que limitarlas.

3.2.2 Escenario de operaciones de superficie

3.2.2.1 La aeronave XYZ123 está estacionada en una puerta de la terminal, esperando la llegada de los pasajeros que transbordan de la aeronave ABC022. El aeropuerto está cubierto por nubes bajas y la ABC022 está establecida en una aproximación por instrumentos en condiciones de lluvia fuerte. En su presentación de información de tránsito en el puesto de pilotaje (CDTI), el Comandante del vuelo XYZ123 observa que la aeronave ABC022 efectúa una aproximación frustrada y se comunica con el despachador de la compañía que también ha estado siguiendo el progreso de la ABC022 en una pantalla desde su estación de trabajo. Coinciden en que los pasajeros no alcanzarán a hacer el transbordo y proceden a cerrar las puertas.

3.2.2.2 La tripulación de XYZ123 verifica la presentación en el puesto de pilotaje, espera que una aeronave se retire y solicita autorización para efectuar una maniobra de empuje. En vista de una lluvia muy

fuerte que obstaculiza la visibilidad en la zona de maniobras, el controlador de la zona de maniobras verifica la pantalla para ver si hay vehículos o aeronaves en las inmediaciones y procede a aprobar la maniobra de empuje. Una vez que se desconecta el remolcador, la tripulación de XYZ123 verifica nuevamente su CDTI para controlar el tránsito en las proximidades y finaliza su verificación previa al rodaje.

3.2.2.3 Continúa lloviendo fuertemente y la tripulación de XYZ123 solicita autorización para el rodaje dentro del horario previsto. La torre está bastante ocupada atendiendo varias llegadas que efectúan aproximaciones frustradas y el controlador del movimiento en la superficie tiene una elevada carga de trabajo en condiciones de visibilidad reducida, las puertas están recargadas y comienza el período punto de la mañana. El controlador observa que los datos de la aeronave XYZ123 la identifican como equipada con CDTI por lo que la autoriza a que siga a la aeronave HIPPO35 vía la pista de rodaje B hasta la posición del punto de espera E para la Pista 27.

3.2.2.4 La tripulación de XYZ123 toma nota de la posición de HIPPO35 en su CDTI y la sigue a una distancia inferior a la que normalmente (por razones de seguridad) se permitiría en condiciones de visibilidad reducida. En la pista de rodaje E, la aeronave de transporte complementario disminuye la velocidad y vira hacia la pista antes de detenerse en el punto de espera, mientras que la aeronave HIPPO35 continúa lentamente hacia el este para esperar una partida haciendo uso de toda la longitud. La tripulación avisa que está lista utilizando la frecuencia de la torre.

3.2.2.5 Tanto la tripulación de XYZ123 como el controlador de aeródromo observan que el umbral del tramo contra el viento de la Pista 27 continúa ocupada por CAR004, un oficial de seguridad de aeropuertos que efectúa una inspección. Se dan instrucciones a la aeronave XYZ123 para que se alinee y espere, y antes de ingresar a la pista la tripulación verifica la trayectoria de aproximación con su CDTI, y observa que la aeronave DEF987 está establecida en final a 10 millas y que la ABC022 está establecida a 14 millas.

3.2.2.6 La aeronave ABC022 está ejecutando un procedimiento de espaciamiento de a bordo, aproximadamente a 4 NM detrás de DEF987 después de haber sido vectorado a esa posición por un controlador de aproximación. Valiéndose de la presentación de intención en CDTI y de los datos reales de DEF987, la aeronave ABC022 puede mantener un espaciamiento constante de 85 segundos detrás de la aeronave precedente durante el curso completo hasta el umbral de la pista.

Escenario de operaciones en la superficie			
Situación	Usuarios	Aplicaciones	Funciones ATM
Maniobra previa al empuje	Despachador de aeronaves	Control en la plataforma	Operaciones de aeródromo
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	Operaciones de usuario del espacio aéreo
Empuje e inicio	SMC	Vigilancia ATC principal	Gestión de conflictos
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	Sincronización del tránsito

Escenario de operaciones en la superficie			
Situación	Usuarios	Aplicaciones	Funciones ATM
Rodaje	SMC	Vigilancia ATC principal	Operaciones de aeródromo
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación Adquisición visual mejorada Navegación de superficie	Operaciones del usuario del espacio aéreo
Entrada a la pista	Torre	Vigilancia ATC suplementaria	Gestión de conflictos
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	Sincronización del tránsito
	CAR004	Mejor conocimiento de la situación	
Aproximación final	ABC022 DEF987	Espaciado de a bordo Mejor conocimiento de la situación Asistencia para la separación	Gestión de conflictos Sincronización del tránsito

3.2.3 Escenario de una terminal y de un espacio aéreo en ruta ocupados

3.2.3.1 La aeronave XYZ123 está alineada, lista para efectuar una salida en la intersección en la Pista 27, mientras que el inspector de seguridad del aeródromo está finalizando una inspección de pista en el extremo occidental. Detrás de XYZ123, están establecidas las aeronaves DEF987 y ABC022 en final para la Pista 27 y la HIPPO35 está a la espera en el punto de espera situado en el extremo de la salida. El uso de presentaciones ADS-B ha permitido que el conocimiento de situación del tránsito se comparta entre el ATC, el inspector de seguridad y dos tripulaciones de vuelo. La aeronave HIPPO35 no está equipada con CDTI y, en condiciones de lluvia fuerte, su tripulación apenas puede divisar el avión de transporte complementario que se encuentra en la pista. En el lapso de un minuto el oficial de seguridad despeja la pista y después de que el controlador da instrucciones al oficial de seguridad para que mantenga la pista despejada, éste procede a autorizar a la aeronave a que despegue. La tripulación de XYZ123 efectúa una exploración visual de la pista, verifica su CDTI y avanza las palancas de mando. Una vez establecida en ascenso, la tripulación de XYZ123 llama al controlador de salida quien le autoriza a ascender al nivel de vuelo FL150, un nivel intermedio ya que se ha dado prioridad a una aeronave de servicios médicos que mantiene el nivel FL160. La CDTI muestra a la tripulación una afluencia constante de aeronaves que llegan por las rutas de llegada regulares situadas al norte y al sudeste y pueden localizar rápidamente la aeronave de servicios médicos con derrota del nordeste, a 65 millas. La tripulación de XYZ123 determina que el mantener un elevado ritmo de ascenso no representa ninguna ventaja y pide autorización para aumentar de velocidad a fin de minimizar el tiempo para adelantar.

3.2.3.2 El controlador de salida ha identificado a las dos aeronaves en el radar, pero está utilizando los datos de intención de la ADS-B radiodifundidos por ambas aeronaves para complementar la vigilancia radar. Con esta información ampliada el controlador de salida autoriza nuevamente a la aeronave XYZ123 a que prosiga directamente a su destino, observa los cambios en los datos de intención a medida que la tripulación actualiza su sistema de gestión de vuelo y luego transfiere la aeronave de servicios complementarios al controlador en ruta encargado del siguiente sector.

3.2.3.3 Mediante el dispositivo de detección de conflictos a plazo medio, el controlador en ruta observa que, como resultado de la nueva autorización, las dos aeronaves pasarán con una separación lateral de 3,5 millas, aproximadamente a 42 millas de la cabeza de radar. A medida que el dispositivo es aumentado por la disponibilidad de los datos de intención y los reales por medio de la ADS-B, éste puede predecir la distancia de paso con mayor exactitud. En este radio, normalmente se requiere una separación radar de 5 millas pero debido a que ambas aeronaves están equipadas con ADS-B, la performance de vigilancia, que incluye un ritmo de actualización más rápido hace posible la aplicación de una separación mínima reducida. En el momento en que la tripulación de XYZ123 se pone en contacto con el centro de control de tránsito aéreo, el controlador puede suspender la restricción y autorizar nuevamente a la aeronave de servicios complementarios que vuela en el nivel previsto de FL250.

3.2.3.4 Durante el ascenso, la tripulación también ha estado observando un objetivo no identificado en enlace ascendente por TIS-B que aparece intermitentemente en la CDTI, ligeramente a la izquierda de la derrota y dirigiéndose lentamente hacia el oeste. El símbolo indica que los datos están basados en un eco del radar primario, lo que sugiere a la tripulación que probablemente se trata de una aeronave de recreo que opera bastante por debajo del área de control. No obstante, la tripulación efectúa una exploración visual en la dirección indicada en la CDTI.

Escenario de una terminal y un espacio aéreo en ruta ocupados			
Suceso	Usuarios	Aplicaciones	Funciones ATM
Despegue	Torre	Vigilancia ATC suplementaria	Operaciones de los usuarios del espacio aéreo
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	
Salida	ACC	Vigilancia ATC suplementaria	Gestión de conflictos Sincronización del tránsito
		Aplicaciones ATM	
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	
Ascenso	ACC	Vigilancia ATC suplementaria	
		Aplicaciones ATM	
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	

3.2.4 Escenario de un espacio aéreo en ruta de baja densidad

3.2.4.1 La aeronave XYZ123 está volando a velocidad de crucero en el nivel de vuelo FL250 y la tripulación está siguiendo la derrota directa a su destino desde poco después de su salida. La aeronave está actualmente en un espacio aéreo de relativa baja densidad y pasó más allá de la cobertura radar poco después de alcanzar la cima de la subida. No obstante, en la presentación de situación en la pantalla del controlador en ruta la aeronave continúa identificada por razones de su capacidad de enlace de datos ADS-B. El destino se encuentra a unos 40 minutos más.

3.2.4.2 La tripulación ha estado siguiendo la frecuencia de emergencia en VHF y súbitamente detecta una transmisión de un radiofaro localizador de emergencias. La tripulación notifica al ATC acerca del radiofaro y continúa observando la señal, que es cada vez más débil. A petición del ATC, la

tripulación explora su CDTI para ver si hay objetivos ADS-B estacionarios y notifica la ubicación y señal de llamada de una aeronave, aparentemente en tierra, a 96 millas al oeste de la aeronave. La señal ELT se desvanece después de unos pocos minutos a medida que la XYZ123 continúa hacia el nordeste.

3.2.4.3 La tripulación verifica las condiciones meteorológicas en el lugar de destino y se prepara para el descenso. En la CDTI se muestra a una aeronave de negocios, la XYZ205, que llegará al mismo destino desde el sudeste requiriendo atravesar una distancia similar. La Sección de operaciones de la compañía también ha estado siguiendo a ambas aeronaves y ha hecho los arreglos necesarios para reservar personal que se encargue de la aeronave XYZ205 en la posición de estacionamiento en espera. La Sección de operaciones también ha observado que XYZ123 lleva dos minutos de adelanto con respecto al horario previsto.

3.2.4.4 A 85 millas del destino, la tripulación recibe autorización para el descenso a 4000 pies y se le informa sobre el tránsito que cruza el espacio aéreo de Clase E a 30 millas delante de la aeronave y a 8 500 pies. Utilizando la CDTI la tripulación localiza el tránsito y confirma que el perfil de descenso seleccionado debería garantizar una separación adecuada.

3.2.4.5 El controlador en ruta también toma nota de que las dos aeronaves pasarán con seguridad y autoriza a la aeronave de servicios complementarios que siga directamente al punto de posición de aproximación para la Pista 36. El controlador en ruta comunica seguidamente a la tripulación de XYZ123 que se les colocará en secuencia para que sigan a XYZ205, el tránsito de compañía.

3.2.4.6 Poco tiempo después de actualizar los datos del plan de vuelo con derrota directa al punto de posición de aproximación inicial (IAF), el controlador en ruta recibe una alerta de que los datos de intención de la ADS-B recibidos del sistema de gestión de vuelo de la aeronave (FMS) no coinciden con los datos del plan de vuelo. La presentación gráfica de los datos de intención erróneos revela que la aeronave continúa radiodifundiendo su intención de enrumbar directamente al aeropuerto.

3.2.4.7 Antes de que el controlador pueda iniciar una transmisión preguntando los datos de ruta, la tripulación enmienda la ruta en el FMS para indicar la nueva autorización y se cancela la alerta del controlador.

3.2.4.8 Unos minutos después el controlador observa que la aeronave XYZ123 ha reducido su velocidad y se separará adecuadamente del tránsito precedente en el punto de posición. Justo antes del límite del espacio aéreo, el controlador en ruta transfiere el vuelo XYZ123 a la torre/controlador de aproximación.

Escenario de un espacio aéreo en ruta de baja densidad			
Suceso	Usuarios	Aplicaciones	Funciones ATM
Crucero	ACC	Vigilancia ATC principal	Operaciones de los usuarios del espacio aéreo
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	
	AOC	Gestión en la puerta	Gestión de conflictos
Informe ELT	ACC	Alerta y notificación SAR	Sincronización del tránsito

Descenso	ACC	Vigilancia ATC principal Aplicaciones ATM	
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación Asistencia para la separación	

3.2.5 Escenario de un espacio aéreo terminal sin cobertura radar

3.2.5.1 A 30 NM del destino la aeronave XYZ123 se pone en contacto con la torre/controlador de aproximación. Como se esperaba, en esta etapa no se asignará ningún descenso adicional debido a consideraciones de obstáculos y de terreno. En la CDTI se muestran varios obstáculos temporales vinculados con construcciones de edificios que han sido equipados con emisores ADS-B. Los pilotos también tienen conocimiento de un NOTAM vigente en que se advierte que el emisor ADS-B en uno de los obstáculos temporales está fuera de servicio.

3.2.5.2 Las condiciones meteorológicas mejoran minuto a minuto, y a 20 NM, la aeronave XYZ123 se establece en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) y solicita una aproximación visual. Se informa a la tripulación que se le ha asignado el número 2 en la secuencia, detrás de XYZ205 y se le da instrucciones de que notifiquen si observa tránsito de compañía. Con la ayuda del CDTI, la tripulación puede hacer rápidamente contacto visual con XYZ205 y responde que tiene tránsito de compañía a la vista a sus 2:00 a 6 millas. Se le da instrucciones de que sigan a la aeronave XYZ205 “número 2” para efectuar una aproximación visual y debido a que previamente se le había avisado que esperara esta instrucción y ya había disminuido la velocidad apropiadamente, no es necesario hacer otro ajuste de velocidad.

3.2.5.3 Al mismo tiempo, el controlador del servicio de tierra de la compañía XYZ toma nota de la hora de llegada prevista anteriormente (ETA) y despacha antes de lo previsto los servicios de reabastecimiento de combustible, suministro de alimentos y manipulación del equipaje requeridos. Esto evita demoras en el servicio, en la zona de estacionamiento, reduce la quema excesiva de combustible y disminuye el impacto sobre el medio ambiente.

3.2.5.4 Establecida en final, la tripulación toma nota de que la velocidad del tránsito precedente se ha reducido considerablemente. A fin de mantener el espaciado, la tripulación también reduce la velocidad, justo cuando la XYZ205 avisa a la torre/controlador de aproximación que ha experimentado turbulencia en final.

3.2.5.5 El controlador de aeródromo toma nota de la disminución de la velocidad de ambas aeronaves en la pantalla y se pone en contacto con XYZ123 para asegurar que tiene conocimiento del informe de turbulencia. Este informe también se incluye en la computadora principal del ATC desde la cual se transmite vía la FIS-B al tránsito afectado.

3.2.5.6 El umbral de la pista se encuentra desplazado actualmente debido a trabajos en curso. En la CTDI pueden observarse varios objetivos, si bien en el radio actual los datos se presentan un poco acumulados. Se selecciona una presentación a mayor escala en la que puede observarse en la zona de trabajo tres vehículos de servicio así como un vehículo de emergencia.

3.2.5.7 La aeronave XYZ205 aterriza y desocupa la pista. El controlador verifica visualmente que la pista esté vacante y también lo hace con referencia a la presentación de situación aérea en la torre. Se

le recuerda a la XYZ123 acerca del umbral desplazado y se le autoriza a aterrizar. La tripulación también efectúa una verificación similar respecto a la ocupación de la pista antes de aceptar la autorización.

3.2.5.8 Después de aterrizar y desocupar la pista, se da instrucciones a la XYZ123 de que efectúe el rodaje a la puerta 3 por la pista de rodaje Alpha, el tránsito consiste de la XYZ205 dirigiéndose a la zona de estacionamiento en espera.

Escenario de un espacio aéreo terminal sin cobertura radar			
Suceso	Usuarios	Aplicaciones	Funciones ATM
Llegada	Torre	Vigilancia ATC principal	Operaciones de los usuarios del espacio aéreo Gestión de conflictos
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación Franqueamiento de obstáculos Adquisición visual ampliada	
Aproximación	Torre	Vigilancia ATC principal	Sincronización del tránsito
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación Asistencia para la separación	
Aterrizaje	Torre	Vigilancia ATC principal	Operaciones de aeródromo Operaciones de los usuarios del espacio aéreo
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación	
Rodaje	SMC	Vigilancia ATC principal	Gestión de conflictos Sincronización del tránsito
	CGSC	Servicio de escala	
	XYZ123	Mejor conocimiento de la situación Navegación de superficie	

Capítulo 4. Diversos aspectos

4.1 Existen muchos aspectos vinculado con la transición al concepto operacional de gestión de tránsito aéreo previsto por el ATMCP de la OACI. Estas cuestiones se han analizado y documentado en diversas reuniones y publicaciones de la OACI, y son tan pertinentes para la ADS-B como para otros sistemas y tecnologías. Los siguientes aspectos son de carácter técnico y operacional y han de tenerse en cuenta durante el desarrollo e implantación de la ADS-B. Esta lista no es exhaustiva, pero sirve como guía para los Estados que están considerando la tecnología ADS-B.

4.2 Aspectos técnicos

4.2.1 Normas técnicas

4.2.1.1 A medida que la tecnología ADS-B alcanza la madurez, se van refinando las normas técnicas para los sistemas de a bordo así como para los sistemas terrestres. Esto se traduce en la necesidad de perfeccionar potencialmente estos sistemas a fin de que satisfagan nuevos requisitos internacionales y nacionales. La OACI está llevando actividades con miras a asegurar la compatibilidad funcional a escala mundial en relación con la tecnología ADS-B.

4.2.2 Vigilancia de tipo dependiente basada en datos de navegación

4.2.2.1 Considerando que tanto los sistemas ADS-B como los de navegación están utilizando la misma fuente de datos [p. ej., el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS)] existe un punto común de falla, razón por la cual deberían implantarse medidas de atenuación apropiadas para satisfacer los requisitos operacionales. Esto debe tenerse en cuenta en el desarrollo del sistema, en términos de satisfacer los requisitos de performance del sistema global.

4.2.2.2 Este aspecto puede tratarse de la siguiente manera:

- a) enfoque de arriba a abajo, basado en la definición de requisitos del futuro sistema de vigilancia, incluyendo la ADS-B. Estos requisitos deben cumplirse, durante el período de validación a fin de permitir el uso operacional de la ADS-B;
- b) se investigará el uso de la ADS-B como medio principal, basándose en la confianza que se creará sobre la calidad del servicio; y
- c) elaboración de requisitos relativos a la calidad de los datos que se introducen (p. ej., datos de navegación), a fin de asegurar el nivel requerido de performance de los proveedores de datos.

4.2.3 Validez de los datos de intención

4.2.3.1 Se requiere efectuar trabajos ulteriores para asegurar la validez de los datos de intención antes de utilizarlos en las aplicaciones previstas de la ADS-B.

4.2.4 Instalación de aeronaves

4.2.4.1 Los diversos tipos de aeronaves tendrán diferentes certificaciones de instalación y requisitos de integración con las correspondientes diferencias en los costos. Tendrán que resolverse todas las cuestiones relativas a la colocación de antenas en relación con antenas de otros sistemas, integración del sistema de navegación, compatibilidad con las diversas tecnologías de enlace de datos ADS-B y las

cuestiones relativas a los controles y presentaciones en el puesto de pilotaje. La certificación también variará con la función prevista (p. ej., servicio de vigilancia ATC, conocimiento de la situación aire-aire) así como el tipo de aeronave (p. ej., aeronaves monomotor con respecto a los turborreactores pesados).

4.2.5 Estaciones terrestres remotas

4.2.5.1 La instalación, certificación y supervisión del mantenimiento de estaciones terrestres ADS-B remotas para satisfacer el nivel previsto de servicio plantea sus propios problemas. Estos incluyen los acuerdos de arrendamiento, requisitos de energía eléctrica, comunicaciones con una instalación central (p. ej., centro de control de tránsito aéreo), acceso a las instalaciones y seguridad.

4.2.6 Adaptación del sistema automatizado

4.2.6.1 La adaptación del sistema de control de tránsito aéreo basado en tierra para facilitar la adquisición, procesamiento y distribución de los datos ADS-B es un asunto primordial. La capacidad que tiene la automatización para tramitar datos (p. ej., procesar la energía disponible, red de área local, capacidad de almacenamiento de datos), supervisión del mantenimiento, correlación entre las diversas fuentes de vigilancia (p. ej., radar, ADS-C, ADS-B), e integración con las funciones de seguridad operacional existentes (p.ej., alerta de conflictos, advertencia de altitud mínima segura) son algunos de los aspectos que han de considerarse.

4.2.7 Seguridad

4.2.7.1 La flexibilidad y versatilidad del sistema ADS-B propuesto permitirá muchas aplicaciones para mejorar la seguridad operacional y la capacidad a corto y largo plazos. A medida que las aplicaciones van alcanzando madurez y sus requisitos se vuelven más complejos, se vuelven también más sensibles a las interferencias externas. Considerando la amplia difusión que se ha previsto para este sistema, este aspecto debe tratarse de manera activa.

4.2.7.2 Las fuentes de interferencia pueden ser maliciosas o accidentales y pueden producirse de forma intermitente o por un período prolongado. La interferencia puede consistir desde una fuente localizada que causa por ejemplo un problema de “Interferencia cocanal” hasta la denegación por autoridades militares de una operación en el espacio aéreo que suponga una interferencia activa. Las fuentes, causas y efectos de un acto de interferencia pueden categorizarse en forma general en varios grupos. Existen límites prácticos que deben reconocerse debido a razones de orden tecnológico, político y fiscal. No todas las soluciones serán técnicas, es decir, que provengan de una caja. Algunas de las soluciones serán de procedimientos, jurídicas, técnicas o una combinación de todos estos aspectos. En resumen, será necesario que los Estados consideren la probabilidad y gravedad de la interferencia mediante evaluaciones apropiadas del peligro y de la seguridad operacional como medio de desarrollar estrategias de atenuación.

4.2.7.3 Aspectos relativos a la seguridad operacional y a la seguridad de las comunicaciones

4.2.7.3.1 Transmisión falseada intencionalmente, interferencia, interferencias deliberadas o intrusión para perjudicar a la aeronave, a sus ocupantes o al sistema de aviación.

4.2.7.3.2 La interferencia deliberada es un medio efectivo de perturbar las operaciones CNS/ATM. Un enemigo puede crear interferencias deliberadas en el sistema con un transmisor sintonizado en la frecuencia aplicable con suficiente poder para anular las señales del propietario en los receptores.

Nota.— Los perpetradores de las interferencias deliberadas atacan los receptores y no los transmisores.

4.2.7.3.3 Técnica desorientadora

4.2.7.3.3.1 La técnica desorientadora consiste en una información de posición falsa que puede provenir de un acto deliberado o un modo de falla. El uso ADS-B como “Medio principal ” para la vigilancia o navegación es especialmente vulnerable. Si tiene éxito, los efectos podrían fluctuar desde irritar a los controladores y pilotos y posiblemente degradar una operación hasta permitir que el (los) perpetrador(es) presenten en pantalla una derrota totalmente falsa de una aeronave.

4.2.7.3.4 Confidencialidad de la información de vuelo

4.2.7.3.4.1 La ADS-B proporciona información precisa sobre posición e identificación (p. ej., identificación del vuelo y dirección de la aeronave) radiodifundida a cualquier receptor de a bordo o terrestre dentro de su ámbito. Algunas aeronaves, tales como las militares, podrían no desear ser identificadas tales como las militares, las aeronaves VFR a las que no se les proporciona servicios de tránsito aéreo, transporte para ejecutivos, etc. por lo que es necesario considerar un modo de carácter privado (equivalente a un código de 1200 o un código de transpondedor VFR). Esta cuestión está basada en el interés explícito de la comunidad de aviones de negocios de mantener el anonimato de sus pasajeros debido a su situación de primer plano. Los dirigentes políticos podrían necesitar viajar en condiciones de anonimato.

4.2.7.3.5 Supervisión intencional por parte de los no usuarios para obtener información de inteligencia o para tomar medidas directas

4.2.7.3.5.1 Estos datos de radiodifusión pública también pueden utilizarse para obtener información de inteligencia en contra de determinadas aeronaves y organismos de control. La mayoría de los recipientes son grupos legalmente establecidos tales como organizaciones de noticias, empresas relacionadas con los viajes, aficionados de la aviación y gobiernos no participantes, etc. que están fuera de las operaciones de vuelo en cuestión y las organizaciones de aviación civil. Estos grupos responden a una necesidad legítima en la sociedad y dependen de los datos disponibles públicamente.

4.2.7.3.5.2 Los grupos ilegales tales como las organizaciones terroristas y grupos criminales pueden igualmente utilizar esta información para fines ilícitos y potencialmente perjudiciales.

4.2.7.3.5.3 La aplicación de requisitos en materia de equipos puede impedir que las aeronaves estatales participen o limiten sus transmisiones. Esto tendría un impacto en las aeronaves no participantes en el sistema de tránsito aéreo.

4.2.8 Performance del enlace de datos

4.2.8.1 La anchura de banda y la performance del enlace de datos de la ADS-B depende de la complejidad de los escenarios que se han previsto y podrían plantear problemas principales.

4.2.8.2 Por ejemplo, el nivel de equipos (es decir, se tendrá que considerar qué vehículos de aeropuerto u obstáculos están equipados con emisores ADS-B), el número de aeronaves que participan y el posible uso de TIS-B. Todos estos son factores que podrían influir en la anchura de banda disponible del enlace de datos ADS-B.

4.3 Aspectos operacionales

4.3.1 Aspectos relativos a los factores humanos

4.3.1.1 Las consideraciones en materia de factores humanos vinculados con la ADS-B no dependen de la tecnología sino de aplicaciones específicas. Esto es, las cuestiones dependen de las respuestas a preguntas tales como:

- a) ¿qué información ha de presentarse (p. ej., datos sobre la posición de la aeronave o la intención correspondiente de la aeronave)? Será necesario presentar los diferentes tipos de información de forma distinta;
- b) ¿quién (p. ej., tripulación de vuelo, controlador de tránsito aéreo) es el usuario de esta información? Será necesario elaborar presentaciones en pantalla y evaluarlas en función de las aplicaciones en el puesto de pilotaje y las aplicaciones ATM;
- c) ¿cómo se presentará la información al usuario? Dependiendo de la aplicación, podría ser necesario diferenciar la información basada en ADS-B de aquella basada en otras fuentes de vigilancia, tal como los datos radar;
- d) ¿cómo se utilizará la información (p. ej., para fines de conocimiento de la situación del tránsito, mantenimiento de la estación, maniobras de aeronaves)? La información y el modo en que se presenta debe ser capaz de apoyar las decisiones que tomarán los usuarios basándose en la información ADS-B.

4.3.1.2 Si bien determinadas cuestiones dependerán de aplicaciones específicas, hay ciertos aspectos generales que pueden preverse. Estos incluyen lo siguiente:

- a) *integración eficaz de la información ADS-B en la presentación de situación ATM.* La posición radiodifundida de la aeronave equipada con ADS-B podría ser diferente a la posición notificada por el radar. Será necesario reconciliar estas posiciones para que pueda presentarse una posición única respecto a una sola aeronave (preferiblemente la posición más exacta posible). Dado que no todas las aeronaves estarán equipadas con ADS-B, los controladores podrían necesitar saber qué aeronaves están equipadas con ADS-B y si la posición de la aeronave está siendo notificada por ADS-B o por ecos de radar. Dependiendo de la aplicación, los controladores también necesitarían saber qué aeronaves están equipadas con CDTI y utilizan los datos ADS-B. Todo esto agrega información que ha de integrarse en las actuales presentaciones;
- b) *compatibilidad funcional e integración efectiva de la información ADS-B en el puesto de pilotaje.* Será necesario examinar minuciosamente la compatibilidad funcional con todos los sistemas que han de integrarse con la ADS-B, tal como CPDLC. Será necesario que los medios de detección y resolución de conflictos utilizados por las tripulaciones de vuelo y los controladores (tal como ACAS, sondeos de conflictos) proporcionen información que sea coherente (o por lo menos compatible) con la información ADS-B;
- c) *limitaciones de la tecnología.* Los usuarios necesitarán comprender plenamente las limitaciones de la información presentada y mantenerse informados sobre toda degradación o falla de que se tenga conocimiento. Será necesario elaborar procedimientos de reserva para que utilicen las tripulaciones de vuelo y los controladores en caso de falla;

- d) *grado en que la información presentada da apoyo a la aplicación.* La ADS-B es una tecnología habilitante para evolucionar hacia el futuro sistema CNS/ATM. Será necesario evaluar la medida en que la información ADS-B apoya las tareas de espaciado y separación y en qué medida puede esperarse que las tripulaciones de vuelo y los controladores puedan efectuar con éxito e integrar estas tareas. La forma en que se presente esta información será tan importante como la integridad de la misma para crear confianza en el usuario sobre el sistema; y
- e) *repercusiones en el volumen de trabajo.* Será necesario evaluar las repercusiones que la información adicional, y los procedimientos asociados con aplicaciones específicas tienen en el volumen de trabajo del usuario. Es necesario integrar la información de modo que no sea ambigua, que pueda utilizarse inmediatamente y que no interfiera con otra información crítica.

4.3.1.3 Se ha logrado un notable adelanto en la investigación de varias de las cuestiones que se han expuesto anteriormente. La explotación con éxito de la tecnología ADS-B exigirá que continúen estos esfuerzos haciendo hincapié en los aspectos relacionados con los factores humanos. Un enfoque exhaustivo y activo para tratar las consideraciones relativas a los factores humanos ayudará a asegurar la realización plena de los beneficios propuestos en relación con las aplicaciones ADS-B.

4.3.2 **Elaboración de procedimientos, normas de separación, diseño del espacio aéreo y cuestiones relativas a la instrucción**

4.3.2.1 Para apoyar las nuevas operaciones, se tendrá que elaborar procedimientos apropiados, normas de separación, diseño del espacio aéreo y capacitación a fin de utilizar eficazmente la ADS-B y sus aplicaciones. Los controladores, pilotos y técnicos en mantenimiento, así como otros que puedan utilizar la ADS-B o que puedan verse afectados por los procedimientos necesitarán capacitación apropiada sobre las operaciones normales y en modo de falla. Además, será necesario considerar el diseño del espacio aéreo (p. ej., la dimensión de los sectores ATC sin cobertura radar con respecto a los sectores con cobertura radar/ADS-B) en relación con los servicios proporcionados.

4.3.3 **Equipos de la flota**

4.3.3.1 Considerando la disponibilidad de las diversas tecnologías ADS-B y el costo de equipar o de volver a equipar las aeronaves, es poco probable que las aeronaves dispongan de equipos homogéneos. Éste será el caso durante el período de transición así como al final de éste. Los sistemas terrestres deberán tener capacidad para procesar los datos de aeronave con distintos grados de complejidad. En el puesto de pilotaje, el servicio de información de tránsito — radiodifusión (TIS-B), podría ser de particular importancia ya que asegurará la coherencia entre las presentaciones de situación del tránsito en el aire y en tierra.

4.3.4 **Aspectos relativos a la transición**

4.3.4.1 El problema principal con respecto al impacto de la transición hacia el sistema ADS-B está relacionado con el entorno de equipos mixtos. En el futuro previsible, los sistemas tienen que tener capacidad para atender a un conjunto de aeronaves heterogéneo en cuanto a la capacidad, tipos de sensores de vigilancia, complejidad del sistema local, etc. y debería tener la capacidad de proporcionar la calidad del servicio requerido tanto en tierra como a bordo de la aeronave. La calidad del servicio debería ser, como mínimo, equivalente a la del sistema actual.

4.3.5 **Aspectos institucionales**

4.3.5.1 Existen aspectos institucionales comunes independientemente del Estado que implante la ADS-B. Éstos incluyen cuestiones de tipo jurídico (p. ej., responsabilidad de separación de las aplicaciones ASAS), asignación/gestión del espectro de radio, normas de vuelo y cuestiones relativas a la certificación. Cada Estado tendrá que resolver estos aspectos pero será necesario tener en cuenta las necesidades de armonización mundial para fines de coherencia.

4.3.6 Aspectos ambientales

4.3.6.1 Con todo nuevo sistema, es necesario considerar las cuestiones relativas al medio ambiente para tener en cuenta la atenuación de ruido, las limitaciones del espacio aéreo y las instalaciones de sistemas terrestres remotos.

4.3.6.2 Los primeros estudios han revelado importantes economías con las consiguientes reducciones en las emisiones como resultado de la implantación de los sistemas y procedimientos de los CNS/ATM. Un estudio reciente efectuado por el Comité sobre la protección del medio ambiente y la aviación (CAEP) determinó que para el 2015 podrían preverse economías de un 5% en los Estados Unidos continental y en Europa como resultado de la implantación específica y prevista de los sistemas CNS/ATM.

4.3.6.3 Para poner estas economías en perspectiva, este estudio proyectaba una utilización total de combustible por la aviación civil en 2015 de 325 millones de toneladas. Una reducción del 1% economizaría 3,25 millones de toneladas de combustible equivalente a 10,25 millones de toneladas de CO₂.

4.3.6.4 La ADS-B permitiría aplicaciones nuevas o mejoradas que se prevé contribuirán notablemente a estas economías proporcionando rutas más directas y eficientes, y acceso más fácil a las altitudes y velocidades aéreas óptimas.

— — — — —

Capítulo 5. Implantación

5.1 Planificación

5.1.1 Hay una gama de actividades que han de llevarse a cabo para lograr que la aplicación ADS-B pase del concepto inicial a su uso operacional. En esta sección se documentan esos campos de actividades bajo los encabezamientos de toma de decisiones en forma cooperativa, compatibilidad e integración de sistemas, mientras que en la segunda sección de este capítulo se proporciona una lista de verificación para ayudar a los Estados a administrar las actividades de implantación de la ADS-B.

5.1.2 Equipo de implantación para asegurar la coordinación internacional

5.1.2.1 Toda decisión de un Estado de implantar la ADS-B debería basarse en consultas con la comunidad ATM en general. Además, la implantación también debería coordinarse entre los Estados y regiones a fin de lograr los máximos beneficios para los usuarios del espacio aéreo y los proveedores de servicios.

5.1.2.2 Un medio eficaz de coordinar diversas demandas de las organizaciones participantes consiste en establecer un equipo de implantación. La composición del equipo puede variar según el Estado o la Región, pero el grupo básico encargado de planificar la implantación de la ADS-B debería incluir miembros con conocimientos operacionales en disciplinas de aviación, con acceso a otros especialistas según se requiera.

5.1.2.3 Idealmente, dicho equipo debería estar compuesto por representantes de los proveedores ATS, encargados de la reglamentación y usuarios del espacio aéreo, así como por las partes que probablemente se verían afectadas por la introducción de la ADS-B, tales como fabricantes y autoridades militares. Todos los asociados identificados deberían participar en el proceso lo más tempranamente posible a fin de determinar las demandas antes de establecer los calendarios o concertar contratos.

5.1.2.4 La función del equipo de implantación es consultar ampliamente con los asociados, determinar las necesidades operacionales, resolver las demandas contradictorias y formular recomendaciones a los diversos asociados que administran la implantación. Con esta finalidad el equipo de implantación debería tener acceso de alto nivel a los encargados de tomar decisiones.

5.1.3 Compatibilidad de sistemas

5.1.3.1 Como se indica en los escenarios descriptivos que figuran en el Capítulo 3, la ADS-B tiene un uso potencial en casi todos los entornos y operaciones y es probable que se convierta en el pilar del futuro sistema ATM. Se han iniciado los ensayos de ingeniería y operacionales para validar los usos en diversos emplazamientos, y por el momento pareciera que sus primeras aplicaciones tendrán lugar en áreas específicas en las que no se dispone o no es posible disponer de vigilancia radar. El uso aislado de la ADS-B tiene el potencial de promover una variedad de normas y prácticas que, una vez difundidas en un entorno más amplio podrían resultar incompatible con las zonas adyacentes.

5.1.3.2 Considerando la naturaleza internacional de la aviación, deberían hacerse esfuerzos especiales para asegurar la armonización mediante el cumplimiento de las normas y métodos recomendados (SARPS) de la OACI. En la selección de tecnologías actuales para implantar la ADS-B no sólo debería considerarse la performance requerida de los componentes individuales, sino también su compatibilidad con otros sistemas CNS.

5.1.3.3 El futuro concepto ATM abarca las ventajas de una transición interfuncional y sin discontinuidad a través de las fronteras de regiones de información de vuelo (FIR) y los equipos de

implantación de la ADS-B deberían realizar simulaciones, ensayos y análisis de costo/beneficios para apoyar estos objetivos.

5.1.4 Integración

5.1.4.1 Los planes de implantación de la ADS-B deberían incluir análisis de rentabilidad y de seguridad operacional. La adopción de todo nuevo sistema CNS tiene repercusiones importantes para los proveedores de servicios, encargados de la reglamentación y usuarios del espacio aéreo y por ende debería considerarse una planificación especial para integrar la ADS-B al sistema CNS/ATM actual y previsto. A continuación se describe brevemente cada elemento.

5.1.4.2 Sistema de comunicaciones

5.1.4.2.1 El sistema de comunicaciones es un elemento esencial dentro de los CNS. En la actualidad, un controlador de tránsito aéreo puede seguir a una aeronave utilizando la ADS-B cuando previamente sólo se disponía de informes de posición orales. Sin embargo, se necesitará un sistema de comunicaciones que apoye los nuevos servicios generados por una vigilancia mejorada. En consecuencia, la labor en curso relacionada con la ADS-B repercute en el desarrollo de la infraestructura de comunicaciones.

5.1.4.3 Infraestructura del sistema de navegación

5.1.4.3.1 La ADS-B depende de los datos que se obtengan de un sistema de navegación (típicamente el GNSS), para permitir sus funciones y performance. Por consiguiente, la infraestructura de navegación debería cumplir con los requisitos correspondientes de la aplicación ADS-B en términos de:

- a) elementos de datos; y
- b) performance (p. ej., exactitud, integridad, disponibilidad etc.).

5.1.4.3.2 Esto obviamente repercute en el desarrollo de sistemas de navegación que evolucionan paralelamente con el desarrollo del sistema de vigilancia.

5.1.4.4 Otra infraestructura de vigilancia

5.1.4.4.1 La ADS-B puede utilizarse para complementar los sistemas existentes de vigilancia o como fuente principal de datos de vigilancia. Idealmente, los sistemas de vigilancia incorporarán datos de la ADS-B y otras fuentes para proporcionar una imagen coherente que mejore tanto la cantidad como la utilidad de los datos de vigilancia para el usuario. La selección de la combinación óptima de fuentes de datos se determinará basándose en las demandas operacionales, la tecnología disponible, y las consideraciones de seguridad y rentabilidad.

5.2 Lista de verificación para la implantación

5.2.1 La finalidad de esta lista de verificación para la implantación es documentar la gama de actividades que deben realizarse para que la aplicación ADS-B pase del concepto inicial al uso operacional. Esta lista de verificación constituye la base para determinar las atribuciones de un equipo de implantación de la ADS-B aunque algunas actividades puedan ser específicas para determinados asociados.

5.2.2 Las actividades se enumeran en un orden secuencial aproximado. Sin embargo, no es necesario concluir una actividad para iniciar la siguiente. En muchos casos, debería emplearse un proceso

paralelo e iterativo para incorporar los datos y experiencia de una actividad en otra. Cabe señalar que no todas las actividades se requerirán para todas las aplicaciones.

5.2.3 **Fase conceptual**

- a) construir el concepto operacional:
 - 1) finalidad;
 - 2) entorno operacional;
 - 3) funciones ATM; y
 - 4) infraestructura;
- b) determinar beneficios:
 - 1) mejoras en la seguridad;
 - 2) eficiencia;
 - 3) capacidad;
 - 4) medio ambiente;
 - 5) reducciones de los costos;
 - 6) acceso; y
 - 7) otras métricas (p. ej., capacidad de pronóstico, flexibilidad, utilidad);
- c) determinar restricciones:
 - 1) equipos respecto a pares;
 - 2) compatibilidad con aeronaves no equipadas;
 - 3) necesidad de espacio aéreo exclusivo;
 - 4) infraestructura terrestre requerida;
 - 5) espectro RF;
 - 6) integración con la tecnología existente; y
 - 7) disponibilidad de la tecnología;

d) preparar análisis de rentabilidad:

- 1) análisis costo/beneficios; y
- 2) demanda y justificación.

5.2.4

Fase de diseño

a) determinar requisitos operacionales:

- 1) seguridad; y
- 2) interfuncionalidad de sistemas;

b) determinar cuestiones relativas a factores humanos:

- 1) interfaces ser humano-máquina;
- 2) desarrollo de la capacitación y validación;
- 3) demanda de volumen de trabajo;
- 4) función de la automatización con respecto a la función del ser humano;
- 5) interacciones de coordinación/toma de decisiones entre la tripulación y el piloto; y
- 6) toma de decisiones en colaboración con respecto a la ATM;

c) determinar requisitos técnicos:

- 1) elaboración de normas;
- 2) datos requeridos;
- 3) procesamiento funcional;
- 4) performance funcional; y
- 5) niveles de certificación requeridos;

d) desarrollo de equipos, pruebas y evaluación:

- 1) sistemas prototipo incorporados en normas/especificaciones existentes o elaboración de las mismas;
- 2) desarrollo de parámetros y ensayos de vuelo; y
- 3) selección de tecnología;

- e) elaboración de procedimientos:
 - 1) decisiones y responsabilidades del piloto y del controlador;
 - 2) fraseología;
 - 3) criterios y requisitos de separación/espaciado;
 - 4) responsabilidad del controlador de mantener una función de seguimiento, si corresponde;
 - 5) procedimientos de contingencia; y
 - 6) procedimientos de emergencia;
- f) preparar la fase de diseño del análisis de seguridad operacional²:
 - 1) criterios de seguridad operacional;
 - 2) presupuesto para la seguridad operacional y asignación del mismo; y
 - 3) evaluación del riesgo funcional.

5.2.5

Fase de implantación

- a) preparar el análisis de seguridad operacional de la fase de implantación²;
- b) realizar las pruebas operacionales y evaluación:
 - 1) puesto de pilotaje y simulaciones de validación ATC; y
 - 2) ensayos de vuelo y ensayos operacionales;
- c) obtener certificación de los sistemas:
 - 1) equipo de aeronaves; y
 - 2) sistemas terrestres;
- d) obtener aprobaciones de reglamentación:
 - 1) operaciones de vuelo; y
 - 2) tránsito aéreo;

² O la metodología que requiera el sistema de gestión de la seguridad implantado por el proveedor ATS individual

- e) transición a la implantación:
 - 1) continuar la recopilación de datos y análisis de los mismos;
 - 2) resolver los problemas imprevistos; y
 - 3) continuar la retroalimentación para elaborar normas y procesos de desarrollo; y
- f) supervisión de la performance para asegurar que se mantenga la performance convenida.

5.2.5.1 Una vez que se haya concluido el proyecto de implantación, el continuo mantenimiento y perfeccionamiento tanto de las operaciones ADS-B como de la infraestructura debería continuar supervisándose interna y externamente, mediante foros apropiados.

— FIN —