



**GUIA DE ORIENTACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE APLICACIONES DE ENLACES
DE DATOS AIRE-TIERRA EN LA REGION SAM**

Octubre 2013

INDICE

REFERENCIAS 4

GLOSARIO DE ACRONIMOS 6

DEFINICIONES 10

1. INTRODUCCION 13

1.1 Antecedentes 13

1.2 Alcance del documento 15

1.3 Organización del documento 15

2. CONSIDERACIONES GENERALES EN LA REGION SAM PARA LA IMPLANTACIÓN DE ENLACES DE DATOS AIRE-TIERRA 17

2.1 Introducción 17

2.2 Características básicas de enlace de datos 19

2.3 Equipos de bordo 23

2.4 Infraestructura tierra-aire 24

2.4.1 Introducción 24

2.4.2 Redes de comunicaciones tierra-airre (VHF) 25

2.4.2.1 General 25

2.4.2.2 Soluciones del subsistema de equipos VHF de tierra para enlace de datos 29

2.4.2.3 Características principales del subsistema procesador central 30

2.4.2.4 Características principales del subsistema enrutador ATN 31

2.4.2.5 Características principales del subsistema de monitoreo 31

2.4.3 Future communication infrastructure (FCI) 33

2.5 Subredes de comunicación tierra-tierra 34

2.5.1 Introducción 34

2.5.2 Arquitectura recomendable para la subred terrestre 35

2.5.2.1 General 35

2.5.2.2 Estructura satelital 35

2.5.2.3 Estructura terrestre (IP/MPLS) 36

2.5.3 Disponibilidad de las subredes de comunicaciones 38

3. ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA EN EL AREA OCEANICA 44

3.1 Enlace de datos en el área oceánica en líneas generales 44

3.2 Enlace de datos en el área oceánica – ACC-AO Brasil) 44

3.2.1 Generalidades 44

3.2.2 Situación anterior 45

3.2.3 Situación actual 45

3.2.4 Proceso de aprobación de aeronaves para enlace de datos 48

4. APLICACIONES PRE FANS 50

4.1 Informaciones generales 50

4.2 ATIS y D-ATIS (Data-Link Automatic Terminal Information Service) 50

4.2.1 Introducción 50

 GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

4.2.2	ATIS por enlace de datos (D-ATIS).....	52
4.3	VOLMET y D-VOLMET.....	53
4.3.1	Introducción.....	53
4.3.2	VOLMET por enlace de datos (D-VOLMET)	55
4.4	Departure Clearance (DCL).....	56
5.	CONSIDERACIONES A LOS ESTADOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE ENLACE DE DATOS	58
5.1	Consideraciones generales contribuyentes a la toma de decisiones	58
5.1.1	Concepción operacional.....	58
5.1.2	Implantación de la subred aire-tierra	58
5.1.3	Implantación de la subred tierra-tierra.....	59
5.2	Consideraciones específicas para la implantación de CPDLC y ADS-C	59
5.3	Consideraciones específicas para la implantación de aplicaciones PRE FANS	60
	APENDICE A - ENLACE DE DATOS EN EL PLAN DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN AÉREA BASADO EN RENDIMIENTO PARA LA REGIÓN SAM (SAM PBIP).....	61
	APENDICE B - Formatos de Objetivo de Performance (Enlace de Datos)	67
	APENDICE C - FORMATO DE INFORME DE NAVEGACION AEREA (ANRF) – B0-TBO.....	70
	APENDICE D - HOJA DE RUTA DE COMUNICACIONES ASBU	72
	APENDICE E - CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS	73
	APENDICE F - PUNTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO PARA LA CONCESION DE LA RED DE ENLACE DE DATOS EN BRASIL	75
	APENDICE G - SATCOM.....	78

REFERENCIAS

- AEEC 618 - *Air-Ground Character-Oriented Protocol*
- AEEC 620 - *Datalink Ground System Standard and Interface Specification*
- AEEC 622 - *ATS Datalink Applications over ACARS Air-Ground Network*
- AEEC 623 – *Character-Oriented Air Traffic Service (ATS)*
- Anexo 3 de la OACI – Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional
- Anexo 6 de la OACI – Operación de Aeronaves
- Anexo 10 de la OACI – Telecomunicaciones Aeronáuticas – Volumen 3 Sistemas de Comunicaciones
- Anexo 11 de la OACI – Servicios de Tránsito Aéreo
- Concepción Operacional y Especificaciones Técnicas para el Centro de Control de Área Atlántico (ACC-AO - Brasil)
- Doc OACI 9694 - *Manual of Air Traffic Services “Data Link” Applications*
- Doc OACI 9776 – *Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 2*
- Doc OACI 9869 - *Manual on Required Communication Performance*
- Doc OACI 9896 – Manual para la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN) con el uso de los Protocolos y Estándares IPS
- Especificaciones Técnicas para el D-ATIS (Aeropuertos de Guarulhos y Galeão - Brasil)
- Especificaciones Técnicas para el DCL (Aeropuertos de Guarulhos y Galeão - Brasil)
- Especificaciones Técnicas para la Implantación del D-VOLMET (Brasil)
- GOLD – *Global Operational Data Link Document*
- Guía de Orientación para la Implementación de Redes Nacionales Digitales en Protocolo IP
- Guía de Orientación de Seguridad para la Implantación de Redes IP
- Plan de navegación Aérea para las Regiones Caribe y Sudamérica – FASID – Tabla CNS2A

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

- Plan de Implantación del Sistema de Navegación Aérea Basado en Rendimiento para la Región SAM (SAM PBIP)
- Plan Mundial de Navegación Aérea para los sistemas CNS/ATM (Doc 9750) – Cuarta Edición, Iniciativa“AviationSystem Block Upgrades”- ASBU.
- Política de Enrutamiento para la Región SAM

GLOSARIO DE ACRONIMOS

- AAC Comunicaciones Aeronáuticas Administrativas – *Aeronautical Administrative Communication*
- ACC Centro de Control de Area – *Area Control Center*
- AEEC *Airlines Electronic Engineering Committee*
- ACARS *Aircraft Communications Addressing and Reporting System*
- ADS-C Vigilancia Dependiente Automática- Contrato – *Automatic Dependent Surveillance — Contract*
- ADS-B Vigilancia dependiente automática — Radiodifusión – *Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*
- AMHS Sistema de Tratamiento de Mensajes ATS – *ATS Message Handling System)*
- ANRF Formato de Informe de Navegación Aérea – *Air Navigation Report Form*
- ANC Comisión de Navegación Aérea – *Air Navigation Comission*
- ANSP
- AOA Proveedor de Servicio de Navegación Aérea (*Air Navigation Service Provider ACARS over AVLC*)
- AOC Comunicaciones de Control de las Operaciones Aeronáuticas – *Aeronautical Operational Communication*
- ARINC *Aeronautical Radio, Incorporated*
- ASBU Mejoras por Bloque del Sistema de Aviación – *Aviation System Block Upgrades*
- ATC Control de Tránsito Aéreo – *Aeronautical Traffic Control)*
- ATIS Servicios de Información de Vuelo – *Automatic Terminal Information Service*
Nota: D-ATIS: ATIS provisto por enlace de datos
- ATM Gestión de Tránsito Aéreo – *Air Traffic Management*
- ATN Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas – *Aeronautical Telecommunication Network*
- ATS Servicios de Tránsito Aéreo – *Air Traffic Services*
- AVLC *Aviation VHF Link Control*

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

- BER Tasa de Error de Bit – *Bit Error Rate*
- CAA Autoridad de Aviación Civil – *Civil Aviation Authority*
- CLNS *Connectionless Network Service*
- CPDLC Comunicaciones por Enlace de Datos Controlador-Piloto – *Controller-pilot data link communications*
- CSP Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones (*Communication Service Provider*)
- DCL *Departure clearance*
- DSP Proveedor de Servicios de Enlace de Datos – *Data Link Service Provider*
- DECEA *Departamento de Controle do Espaço Aéreo*
- FASID *Facilities and Services Implementation Document*
- FANS *Future Air Navigation System*
- FCI Futura Infraestructura de Comunicación – *Future Communication Infrastructure*
- FIR Región de Información de Vuelo – *Flight Information Region*
- FMS *Flight Management System*
- FOM FANS 1/A *Operational Manual*
- GOLD Documento Operacional Mundial de Enlace de Datos – *Global Operational Data Link Document*
- GREPECAS Grupo Regional de Planificación e Ejecución del Caribe y Sudamérica
- HFDL Enlace de Datos por Alta Frecuencia – *High frequency data link*
- IPS Conjunto de Protocolos de la Internet – *Internet Protocol Suite*
- ISO *International Organization for Standardization*
- LAR Reglamentos Aeronáuticos Latino-Americanos
- LDACS *L-Band digital aeronautical communications system*
- MAC *Media Access Control*

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

- MPLS *Multiprotocol Label Switching*
- OACI Organización de Aviación Civil Internacional
- OCL *Oceanic Clearance*
- OSI *Open System Interconnection*
- PFF Formatos de Objetivo de Performance – *Performance Framework Form*
- PIA Área de Mejoramiento de la Eficiencia – *Performance Improvement Area*
- PIRG *Planning and Implementation Regional Group*
- QoS Calidad de Servicio (*Quality of Service*)
- RAAC Reunión de Autoridades de Aeronáutica Civil de la Región Sudamericana
- RCP Performance de Comunicación Requerida – *Required Communication Performance*
- REDDIG Red Digital Sudamericana
- RGS *Remote Ground Station*
- RSP Performance de Vigilancia Requerida – *Required Surveillance Performance*
- RVSM Separación Vertical Mínima Reducida – *Reduced vertical separation Minima*
- SAM Región Sudamericana – *South American Region*
- SAM/IG Grupo de Implantación SAM – *SAM Implementation Group*
- SATCOM Satellite Communication
- SIGMET *Significant Meteorological Information*
- SITA *Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques*
- SLA Acuerdo de Nivel de Servicios – *Service Level Agreement*
- SRVSOP Sistema Regional para la Vigilancia de la Seguridad Operacional
- TAF *Terminal Aerodrome Forecasts*
- TBO Operación Basada en Trayectoria – *Trajectory-Based Operation*

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

- TCP *Transmission Control Protocol*
- VDL *Enlace de Datos VHF – VHF Data Link*
- VDL Mode 0/A o VHF ACARS *VHF data link mode 0/A subnetwork*
- VDL Mode 2 *VDL data link mode 2 subnetwork*
- VGS *VDL Ground Station*
- VHF *Muy Alta Frecuencia – Very High Frequency (30 to 300 MHz)*
- VOLMET *Información Meteorológica para Aeronaves en Vuelo
Nota: D-VOLMET: VOLMET provisto por enlace de datos*
- VPN *Virtual Private Network*
- WAN *Wide Area Network*

DEFINICIONES

Para fines de este documento, se aplican las siguientes definiciones:

Ancho de Banda: velocidad máxima de paquetes de una puerta de conexión dedicada expresada en kbit/s o Mbit/s.

Aplicaciones ATN: También conocido como ATN Baseline 1 o 2, son aplicaciones que se utilizan la red ATN, actualmente basada en el modelo OSI de la ISO y futuramente por el modleto IPS, para el intercambio de mensajes aire-tierra o tierra-tierra.

Aplicaciones FANS1/A: Aplicaciones orientadas a bit, que siguen las recomendaciones AEEC 622 - *ATS Datalink Applications over ACARS Air-Ground Network*, para las comunicaciones aire-tierra por medio de enlace de datos.

Aplicaciones PRE-FANS: Aplicaciones orientadas a carácter, que siguen las recomendaciones AEEC 623 - *Character-Oriented Air Traffic Service (ATS)*, para las comunicaciones aire-tierra por medio de enlace de datos.

Área de Mejoramiento de la Eficiencia – Performance Improvement Area (PIA): conjunto de módulos que proveen los objetivos operacionales y de performance en relación al ambiente que son aplicados, formando una visión ejecutiva de la evolución pretendida con la aplicación del ASBU. También facilita la comparación de los programas en ejecución.

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast: Forma como una aeronave, vehículo de aeródromo y otros objetos transmiten y/o reciben datos como la identificación, posición y datos adicionales utilizándose un enlace de datos con radiodifusión.

Automatic Dependent Surveillance – Contract (ADS-C): Forma de intercambio de mensajes de ADS-C por medio de un enlace de datos aire-tierra que especifica bajo qué condiciones el informe ADS-C debiera ser iniciado y cuál sería el contenido involucrado en los informes.

Calidad de Servicio – Quality of Service (QoS): El término Calidad de servicio hace referencia a una cantidad de tecnologías, que pueden identificar el tipo de datos que contiene un paquete y dividir los paquetes en clases de tráfico para priorizar su reenvío. Las ventajas principales de una red sensible a la QoS son la priorización del tráfico para permitir que flujos importantes se gestionen antes que flujos con menor prioridad, y una mayor fiabilidad de la red, ya que se controla la cantidad de ancho de banda que puede utilizar cada aplicación y, por lo tanto, la competencia entre aplicaciones en el uso del ancho de banda.

Capa Física (Nivel1): La capa física define las características técnicas de los dispositivos eléctricos y ópticos (físicos) del sistema. Ella contiene los equipamientos de cableado u otros canales de comunicación que se comunican directamente con el controlador de interfaz de red. Se ocupa, por tanto, en permitir una comunicación simple y confiable, en la mayoría de los casos con control de errores básicos:

Funciones de la Capa:

- Mueve bits (o bytes, conforme a la unidad de transmisión) a través de un medio de transmisión;
- Define las características eléctricas y mecánicas del medio, la tasa de transferencia de los bits, tensiones, etc.
- Ejecuta o controla la cantidad y velocidad de transmisión de las informaciones de la red.

No es función del nivel físico tratar problemas como los errores de transmisión, ya que ellos son tratados por las otras capas del modelo OSI.

Capa de Red (Nivel 3): La capa de Red responsable del direccionamiento de los paquetes en la red, también conocidos como datagrama, asociando direcciones lógicas (IP) a direcciones físicas, de forma que los paquetes de red consigan llegar correctamente a destino. Esta capa también determina la ruta que los paquetes irán a seguir para arribar a destino, basada en factores como condiciones de tráfico de red y prioridades.

La referida capa es usada cuando la red posee más de un segmento y, por ello, habrá más de un camino para un paquete de datos para corre del origen al destino.

Funciones de la Capa:

- Mueve paquetes a partir de su fuente original hasta su destino a través de uno o más enlaces.
- Define como los dispositivos de red se descubren unos a otros y como los paquetes son ruteados hasta su destino final.

Clearance. Autorización para que una aeronave proceda bajo las condiciones especificadas por una unidad de control de tránsito aéreo.

Disponibilidad: parámetro de medición del desempeño que consiste en el porcentaje de tiempo en el cual el PP/nodo (según corresponda) está operacional, en un periodo determinado de prestación del servicio.

Enrutador: equipo dotado de capacidad de procesamiento IP, con la función de determinar las rutas a través de las cuales los paquetes deben ser encaminados.

Media Access Control (MAC): es un término utilizado en redes de computadoras para designar parte de la camada de enlace, camada número 2 según el modelo OSI. Es proveedora del acceso a un canal de comunicaciones y por el direccionamiento en este canal posibilitando la conexión de diversas computadoras en una red.

METAR: Informe regular de meteorología de aeródromo. Es utilizado para las descripciones completas de las condiciones meteorológicas observadas en espacios regulares de tiempo de una hora.

Protocolo de Enrutamiento: son aquellos utilizados entre enrutadores para el intercambio de informaciones sobre la topología de la red. Permiten la actualización de la tabla de enrutamiento, que es usada pelos enrutadores para elegir el mejor camino para enviar un paquete entre los segmentos de la red.

Red ATN: Arquitectura de red que permite que haya el intercambio de informaciones aire-tierra o tierra/tierra con fines ATS y con el uso de los protocolos ISO o IPS.

Red REDDIG: Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas de la Región SAM (ATN SAM), que soporta los actuales requerimientos fijos aeronáuticos de voz y datos, el intercambio de datos radar y planes de vuelo, así como las nuevas aplicaciones ATN tierra – tierra entre los Estados / Territorios de la Región SAM, previstas a implantarse, a corto y mediano plazo. La REDDIG está en fase de modernización y será llamada de REDDIG II.

Retardo (o latencia): parámetro de medida del desempeño del servicio, que consiste en el tiempo medio de tránsito de un paquete de 64 *bytes* entre dos PP de la Contratante.

SPECI: Informe especial de meteorología de aeródromo. Es utilizado cuando ocurre una o más variaciones significativas en las condiciones meteorológicas entre intervalos de tiempo regulares de una hora.

SIGMET: Mensaje meteorológico que consiste de una descripción concisa, clara, abreviada relativa a la ocurrencia y/o previsión de fenómenos meteorológicos en ruta que puedan afectar la seguridad de las operaciones aéreas en una determinada FIR.

TAF (*Terminal Aerodrome Forecasts*): prevision de las condiciones meteorológicas para un determinado aeródromo.

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En 1983, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) estableció el comité especial para el desarrollo de lo que se llamó *Future Air Navigation System* (FANS) con respecto a conceptos operacionales nuevos para la aplicación en la Gestión de Tránsito Aéreo (ATM). El informe del FANS fue publicado en 1988 y creó la base para que la industria estableciese la estrategia para la ATM con el uso tecnologías digitales basadas en enlace de datos y transmisiones por satélite.

En la década de 1990, las empresas Boeing y Airbus ya habían desarrollado equipos y *softwares* para la utilización de aplicaciones ATS, tales como el *Controller–Pilot Data Link Communications* (CPDLC) y el *Automatic Dependent Surveillance* (ADS), principalmente con la utilización de comunicaciones por satélite en áreas oceánicas.

La utilización de enlaces de datos para fines de los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) tuvo un considerable impulso por la utilización de la plataforma *Aircraft Communications Addressing and Reporting System* (ACARS) que fue un sistema desarrollado por la empresa *Aeronautical Radio, Incorporated* (ARINC) para la transmisión de pequeñas y simples mensajes entre las aeronaves y las empresas aéreas, sistema que sufrió adaptaciones para que pudiera transmitir los mensajes de interés del control de tránsito aéreo también con la utilización de equipos de Muy Alta Frecuencia (VHF) y de Alta Frecuencia (HF).

Con respecto a la documentación de la OACI para el soporte a la instalación de infraestructuras de enlace de datos, fue desarrollada una serie de documentos preparados para utilidades en la Región *Asia-Pacific*-(APAC) y *European and North Atlantic Region* (EUR-NAT), en especial el Documento Operacional Mundial de Enlace de Datos (*Global Operational Data Link Document*) - GOLD. La Segunda edición del GOLD fue aprobada en abril de 2013 con la intención de extender el alcance de los enlaces de datos tierra-aire para la utilización de forma armonizada globalmente.

Otro punto que merece destaque es que el GOLD describe en que situaciones se deben utilizar las más variadas tecnologías en términos operacionales, pero no puede ser considerada una guía de como un ANSP puede implantar la infraestructura de comunicaciones y los sistemas que soportan las aplicaciones de enlaces de datos. En ese sentido, el presente documento busca proporcionar líneas generales que puedan ser seguidas por los ANSP y/o Autoridades Aeronáuticas SAM en la implementación de sus enlaces de datos.

Si bien ya existen una serie de actividades en marcha en la Región SAM para la implantación de enlace de datos, se debe mencionar que todo empezó con iniciativas que decían respecto a las Regiones de Caribe y América Central (CAR) y SAM en conjunto.

Así, cabe notar las efectivas acciones en una secuencia de eventos en los últimos años que impulsan el desarrollo de la implantación de enlace de datos en ámbito regional.

En ese sentido, se nota que en la Primera Reunión del extinto Subgrupo CNS/ATM (CNS/ATM/SG/1) del Grupo Regional de Planificación e Ejecución del Caribe y Sudamérica (GREPECAS), que se llevó a cabo en la Ciudad de Lima – Perú, del 15 al 19 del mes de marzo de 2010, se decidió por la forma de trabajo bajo la gestión de programas y proyectos en lugar de la utilización de grupos de trabajo a fin de asegurar una mejor coordinación en materias ATM y CNS y desarrollar una planificación CAR/SAM basada en la performance, con miras a la implantación del Sistema de Gestión de Tránsito Aéreo (ATM) mundial.

Dentro del Programa de Infraestructura de Comunicaciones Tierra-Tierra y Aire-Tierra se encontraban dos proyectos que eran:

- a) Arquitectura de la ATN CAR/SAM (D1); y
- b) Aplicaciones tierra-tierra y tierra-aire de la ATN (D2).

En la reunión GREPECAS/16, realizada en la ciudad de Punta Cana, República Dominicana, del 28 de marzo al 1° de abril de 2011, fue decidido que los proyectos deberían ser conducidos independientemente por región, CAR o SAM. Resulta ser que todo lo que estaba siendo hecho dentro del Subgrupo CNS/ATM para las Regiones CAR/SAM, en conjunto, fue dividido en forma separado CAR y SAM.

Para llevar adelante los trabajos de la nueva organización del GREPECAS, fue creado el Comité de Revisión de los Programas y Proyectos (CRPP), el cual tiene la función de elaborar los informes anuales del GREPECAS a ser aprobados por dicho Grupo utilizando el procedimiento expreso, para luego ser presentados por la Secretaría a la Comisión de Navegación Aérea (ANC), para su posterior presentación al Consejo, de ser el caso.

En términos prácticos, en lo que concierne a enlace de datos, fue creado, en la Séptima Reunión del Grupo de Implantación SAM (SAM/IG/7), sucedida en Lima – Perú del 23 al 27 de mayo de 2011, el Proyecto de Aplicaciones Tierra-Tierra y Tierra-Aire de la ATN (D2) para la Región SAM.

Entre las tareas asignadas al Proyecto D2 está la elaboración de una guía de orientación sobre la implantación de aplicaciones de enlaces de datos aire-tierra en la Región SAM, previsto en el marco de las actividades del Proyecto Regional RLA/06/901 – Asistencia para la implantación de un sistema regional de ATM considerando el concepto operacional de ATM y el soporte de tecnología en comunicaciones, navegación y vigilancia (CNS) correspondiente.

Cabe resaltar que para la elaboración de la guía también se considera la experiencia de Brasil en la implementación de enlace de datos, conforme reflejado en la tabla de descripción de las tareas referentes al Proyecto D2. En especial, se aporta las principales características y necesidades suplidas en la implantación de aplicaciones orientadas a carácter, como: Información Meteorológica para Aeronaves en Vuelo por Enlace de Datos (D-VOLMET), *Departure clearance* por Enlace de Datos (DCL) y Servicios de Información de Vuelo por Enlace de Datos (D-ATIS), además de la adopción de enlace de datos para las comunicaciones en la FIR oceánica, llamada de ACC Atlántico (ACC-AO), con la utilización de Comunicaciones por Enlace de Datos Controlador-Piloto (CPDLC) y de Vigilancia Dependiente Automática- Contrato (ADS-C).

Para finalizar, es oportuno mencionar que esta guía puede ser considerada un documento vivo que deberá sufrir actualizaciones periódicas, a lo largo del tiempo, llevándose en cuenta las muchas iniciativas recurrentes globales sobre el tema y los esfuerzos de los Estados de la Región SAM y de la Oficina Regional de Lima la OACI para la adopción del Plan de Implantación del Sistema de Navegación Aérea Basado en Rendimiento para la Región SAM (SAM PBIP), en consonancia a los nuevos conceptos de Mejoras por Bloque del Sistema de Aviación (ASBU), presentado y aprobado en la Duodécima Conferencia de Navegación Aérea (AN-Conf/12), que se llevó a cabo en la Ciudad de Montreal – Canadá del 19 al 30 de noviembre de 2012.

1.2 Alcance del documento

La presente guía está dirigida a los Proveedores Nacionales de Servicios de Navegación Aérea (ANSP), Autoridades de Aeronáutica Civil y Operadores de Aeronaves, de la Región Sudamericana de la OACI– (SAM), que requieran información introductoria sobre conceptos y consideraciones técnicas operacionales, que deberían tenerse en cuenta, antes de la planificación e implementación de enlaces de datos tierra-aire en la región.

No es objetivo de la presente guía los lineamientos que pudieran ser seguidos por los Estados para la implantación de enlaces de datos aire-tierra para la aplicación de ADS-B, como sensor de vigilancia ATS o como sistema de monitoreo de tránsito de abordaje, para la mejora de la conciencia situacional de las tripulaciones. Para este propósito fue elaborada y presentada, en la reunión SAM/IG/10, ocurrida del 1^o al 5 de octubre de 2012, la Guía de consideraciones técnicas operacionales para la implantación del ADS-B en la región SAM, como parte de las tareas del Proyecto Mejora a la Comprensión Situacional ATM SAM del Programa de Automatización y Comprensión Situacional.

1.3 Organización del documento

La parte inicial de este documento es compuesta de las Referencias, del Glosario de Acrónimos y de las Definiciones que funcionan como una referencia para todo el documento, teniéndose en cuenta la gran cantidad de informaciones presentes en el contenido del documento. Completando esta parte, se introduce, en la Sección 1.1 de Antecedentes del Capítulo 1, un histórico de todas las actividades para impulsar el uso del enlace de datos en las regiones de la OACI, en especial en la Región SAM.

En el Capítulo 2, son presentadas las consideraciones básicas para la implantación de enlace de datos aire-tierra, en particular los lineamientos del nuevo Plan mundial de navegación aérea, 4^a Edición (GANP) (Doc 9750) a la nueva metodología de la OACI llamada Mejoras por Bloque del Sistema de Aviación (ASBU), además de la revisión del Plan de Implantación del Sistema de Navegación Aérea Basado en Rendimiento para la Región SAM (SAM PBIP) alineado al ASBU.

También en el Capítulo 2, son sugeridas infraestructuras de telecomunicaciones básicas para la transmisión de las informaciones hacia una dependencia de Control de Tránsito Aéreo (ATC), tomándose en cuenta, principalmente las subredes de aire-tierra con las tecnologías satelitales y terrestres, la subred de tierra entre las estaciones remotas y las dependencias ATC, tomándose por base los rigurosos requisitos de disponibilidad, confiabilidad y integridad presentes en las de la OACI.

En el Capítulo 3 se agrega la experiencia de Brasil para la implantación de las aplicaciones de CPDLC y ADS-C en el Centro de Control de Área Atlántico (ACC-AO), que es responsable por las operaciones de la Región de Información de Vuelo (FIR) oceánica del país.

Teniéndose en cuenta la importancia de las aplicaciones PRE FANS, se introduce, en el Capítulo 4, las características básicas las aplicaciones orientadas a carácter de D-VOLMET, D-ATIS y *Departure clearance* (DCL). En todos los casos descriptos fueron tomadas en consideración las experiencias de Brasil en la implementación de los referidos servicios.

Finalmente, en el Capítulo 5 se hace un resumen de todo el contenido de la guía sobre las consideraciones que deberían ser llevadas en cuenta por los Estados en la hora de implementar enlaces de datos.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

2. **CONSIDERACIONES GENERALES EN LA REGION SAM PARA LA IMPLANTACIÓN DE ENLACES DE DATOS AIRE-TIERRA**

2.1 **Introducción**

La Figura 1 presenta como las aplicaciones de enlace de datos son importantes en todas las fases de vuelo, desde el despegue hasta el aterrizaje.

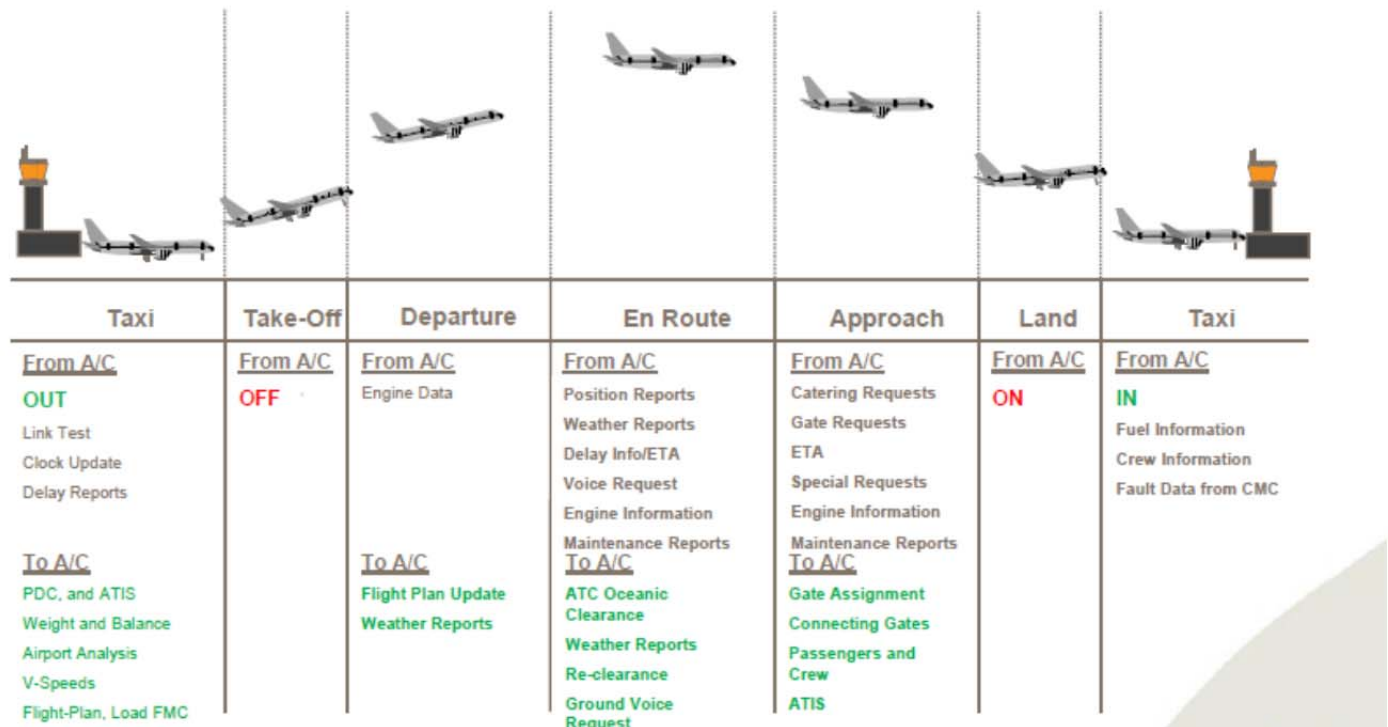


Figura 1: Aplicaciones de Enlace de Datos Tierra-Aire

En América del Sur se observa un acentuado aumento de la actividad de tránsito aéreo, debido al crecimiento económico y del turismo de la Región Sudamericana (SAM).

Con eso las autoridades civiles de la región hacen considerables inversiones en las infraestructuras de soporte a las actividades de control de tránsito aéreo (ATC) con fines de proporcionar los mejores servicios para satisfacer las proyecciones del aumento de movimientos.

Una de las infraestructuras que deben ser modernizadas o implantadas esa la capacidad de comunicaciones tierra-aire, con la adopción del concepto de enlace de datos (*data-link*), en sustitución a las tradicionales comunicaciones orales entre pilotos y controladores de tránsito aéreo.

Los servicios de enlace de datos tienen el objetivo de soportar la gestión más eficiente del tránsito aéreo con fines de proporcionar una capacidad más optimizada del espacio aéreo. Con esto, se puede hacer la reducción de las separaciones longitudinales y laterales entre aeronaves.

La principal aplicación de comunicación entre piloto y controlador es el CPDLC, que tiene las ventajas de reducir la congestión de los tradicionales canales de voz y de posibilitar el uso de los recursos de automatización. Además de esto, proporciona la disminución de los problemas de comunicación y la carga de trabajo de controladores y pilotos.

Los componentes tecnológicos para el trámite de los mensajes vía el enlace de datos se dividen en subred de aire compuesta de los equipos instalados en las aeronaves (aviónicos), el medio de comunicación aire-tierra, las subredes de comunicaciones de tierra y por los usuarios que harán uso de las informaciones (empresas aéreas, dependencias ATC, etc.).

Para la elección de la plataforma que será adoptada, la decisión pasa por cuestiones operacionales, técnicas, financieras y estratégicas de las Autoridades de Aviación Civil e/o Proveedores Nacionales de Servicios de Navegación Aérea (ANSP).

Con esto, es necesario desarrollarse, por parte de los Estados y/o ANSP una política que viabilice inversiones necesarias y todo empieza por la elaboración de una Concepción Operacional de la ATM Nacional del Estado y que se divide en los planes operacionales para la implantación de la infraestructura de tierra e incentivo a los explotadores para que equipen sus aeronaves.

Como se indica en los próximos capítulos, la tecnología por transmisión por satélite, llamada de SATCOM, y los radios VHF analógicos (ACARS) son capaces de transmitir una gran cantidad de aplicaciones de enlace de datos orientadas a carácter o a *bit* en las áreas oceánicas y/o remotas continentales. Asimismo, es posible el uso del *High frequency data link* (HFDL), conforme previsto en el Anexo 10 de la OACI – Telecomunicaciones Aeronáuticas – Volumen 3 Sistemas de Comunicaciones.

Sin embargo, si es necesario la adopción de la aplicación CPDLC en el área continental con considerable densidad de tráfico aéreo, no es posible el empleo de las referidas tecnologías en el párrafo anterior, necesitándose la instalación del estándar previsto en el Doc OACI 9776 – *Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 2*, o sea, el radio VHF *data-link* Mode 2 (VDL Mode 2) y enrutadores de la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN), lo que representa una considerable inversión por parte de las empresas aéreas y del ANSP.

Un factor que merece considerable atención es la planificación regional para la implantación de enlace de datos en la Región Sudamericana (SAM), conforme detallado en Plan de Implantación del Sistema de Navegación Aérea Basado en Rendimiento para la Región SAM (SAM PBIP), que fue aprobado en la Duodécima Reunión de Autoridades de Aeronáutica Civil de la Región Sudamericana (RAAC/12) que se celebró en Lima, Perú, del 3 al 6 de octubre de 2012.

Para reforzar las iniciativas, en la Duodécima Conferencia de Navegación Aérea (AN-Conf/12) se aprobó la nueva metodología de la OACI llamada Mejoras por Bloque del Sistema de Aviación (ASBU), la cual será parte del nuevo Plan mundial de navegación aérea, 4ª Edición (GANP) (Doc 9750) y a través de la Recomendación 6/1 - Marco de actuación regional – metodologías y herramientas de planificación, se aprueba que los Estados y los Grupos de Planificación Regional (PIRG) finalicen la armonización de los planes regionales con el GANP, concentrando la atención hacia la implantación de los módulos del Bloque 0 del ASBU.

A este respecto, la Oficina Regional de Lima de la OACI procedió a la revisión del SAM PBIP con el fin de alinearlos con el ASBU. Se revisaron los 18 módulos del Bloque 0 y se consideró que, para la Región SAM, se aplicarían, en principio, 15 módulos.

Al analizar el contenido de los módulos del Bloque 0 del ASBU considerados, se observó que prácticamente todos los elementos contenidos estaban contemplados en el SAM PBIP y se procedió a relacionar los objetivos de rendimiento regional con los módulos del ASBU considerados.

A este respecto, se presenta, en el **Apéndice A** de esta guía, el Módulo B0-TBO que define los aspectos para la implantación de enlace de datos para la Región SAM desde el año de 2013 hasta el año de 2018 (Bloque 0) en apoyo al Área 4 de Mejoramiento de la Eficiencia – *Performance Improvement Area* (PIA): **Trayectorias de vuelo eficientes mediante operaciones basadas en las trayectorias**. Es posible notarse la importancia dada al ADS-C en áreas oceánicas e continentales remotas, bien como el CPDLC ya aplicado a las áreas continentales.

En el **Apéndice B** aparecen los Formatos de Objetivo de Performance (*Performance Framework Form*) que tienen relación directa con la implantación de enlaces de datos en la Región SAM, que fueron integrados al SAM PBIP revisado. Debe ser notado que los enlaces de datos aire-tierra contribuyen para tres PFF (SAM ATM/06, SAM CNS/02 y SAM CNS/04).

Como mencionado, dentro del Bloque 0 del ASBU hay el Módulo B0-TBO Operación Basada en Trayectoria – *Trajectory-Based Operation*. Para el monitoreo de la implantación de enlace de datos que apoyan al módulo, fue desarrollado por la OACI un Formato de Informe de Navegación Aérea (ANRF) que está presentado en el **Apéndice C**.

Se debe mencionar que todas las iniciativas para la implantación de enlace de datos SAM está alineada con la Hoja de Ruta de Comunicaciones del ASBU, presente en el **Apéndice D**, donde se nota una presencia importante del componente de enlace de datos por medio de VHF ACARS, SATCOM (ACARS) y VDL Mode 2, basado en el Modelo *Open System Interconnection* (OSI) de la *International Organization for Standardization* (ISO) – Red ATN/OSI hasta, por lo menos, el fin del ciclo del Bloque 2 (2023 a 2028). A partir de ese punto, se empieza el uso masivo de la tecnología *L-Band digital aeronautical communications system* (LDACS), que corresponde a la infraestructura Futura de Comunicaciones (FCI), basada en el Conjunto de Protocolos IP (IPS) – ATN/IPS.

2.2 Características básicas de enlace de datos

Para la transmisión de las informaciones tierra-aire, es necesario el empleo de una estructura de telecomunicaciones que depende del lugar donde sobrevuela el avión: si es en el área oceánica, la tecnología más utilizada son los enlaces satelitales, pero también se puede emplear el *High frequency data link* (HFDL) ; caso la aeronave esté volando en un área continental es posible la utilización de las tecnologías satelital y terrestre, contemplando el HFDL, el VHF ACARS, el VDL *Mode 2* y, también, el SATCOM. Teniéndose en cuenta las tecnologías más aplicables actualmente, esta guía tratará de la utilización del VDL y del SATCOM.

Nota: El Anexo 10 de la OACI – Telecomunicaciones Aeronáuticas – Volumen 3 Sistemas de Comunicaciones contempla la posibilidad del uso del VDL *Mode 3* (datos y voz) y VDL *Mode 4* para datos. Sin embargo, los referidos equipos no tuvieron, a la fecha, aceptación por arte de los ANSP y/o Proveedor de Servicios de Enlace de Datos – *Data Link Service Provider* DSP.

La Figura 2, describe una estructura básica de telecomunicaciones, ya mencionada en la Sección 2.1 Introducción, para la transmisión de datos del avión hacia una dependencia ATC o la dirección de una empresa aérea y vice-versa.

Cabe notar que si las aplicaciones que serán transmitidas son orientadas a carácter (PRE FANS) u orientadas a bit (FANS 1/A), las arquitecturas que podrán ser utilizadas para la porción aire-tierra son: SATCOM, ACARS, HFDF y VDL *Mode 2*. Esto podría llevar a una falsa conclusión de que las tecnologías descritas satisfacen a todos los requisitos de performance para enlace de datos. Pero el ACARS tiene una serie de limitaciones intrínsecas al sistema, como será visto más adelante en la Sección 2.5.3 e indicados en el Documento FANS *Operational Manual*, que impiden su utilización en todos los casos de enlace de datos.

Por ejemplo, con la transmisión de la aplicación de CPDLC en áreas continentales con gran densidad de movimientos de tránsito aéreo, se hace imprescindible la adopción del VDL *Mode 2* y equipos de capa 3 (enrutadores), constituyendo, de esta forma, una red ATN.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

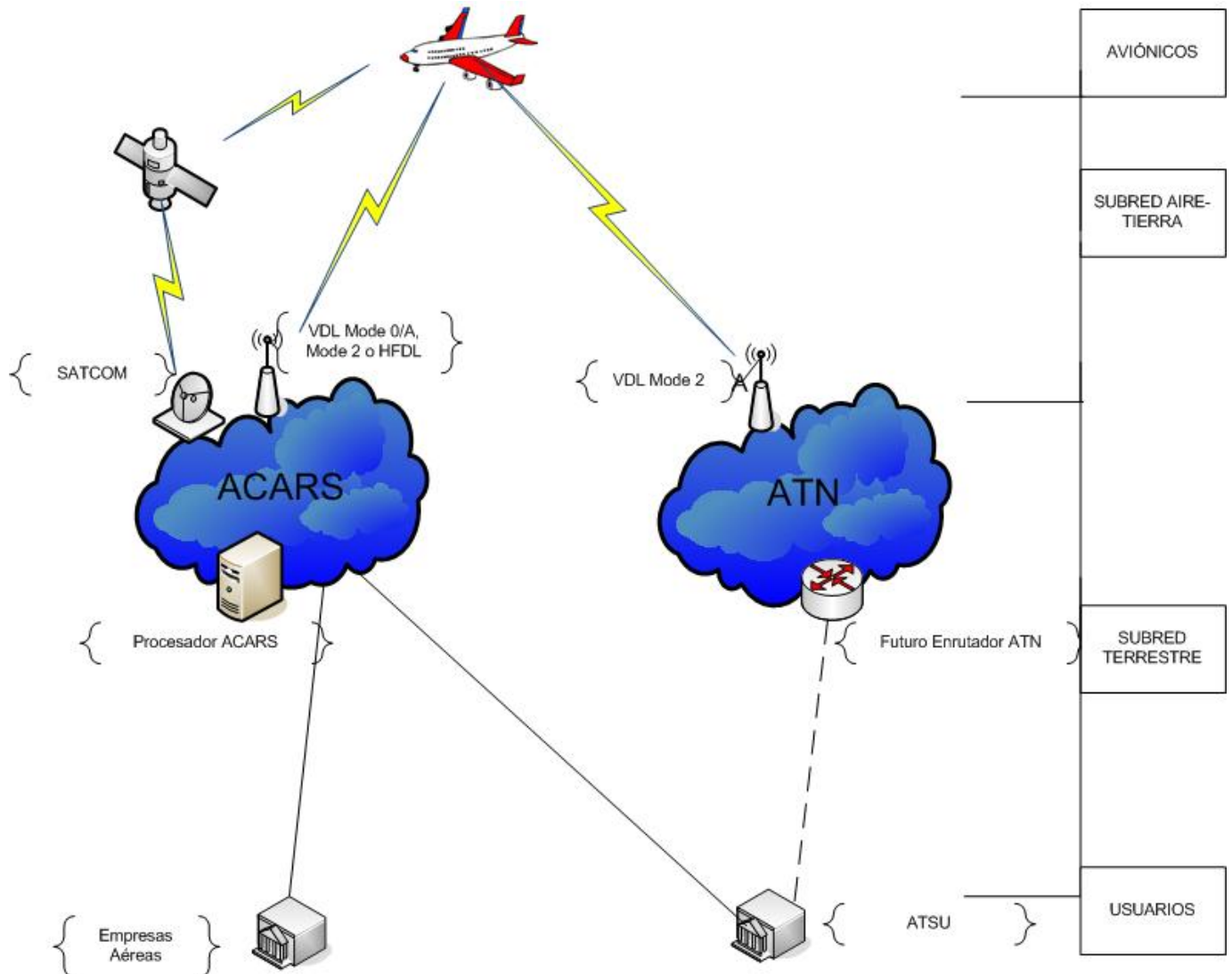


Figura 2 Infraestructura de Básica de Telecomunicaciones Tierra-Aire

Debe ser notado, en la Figura 2, que hay muchos sistemas y equipos entre el avión y una dependencia ATC o AOC de tierra y esto afecta, de modo problemático, la disponibilidad fin a fin.

A este respecto, es conveniente notar que en telecomunicaciones y en la teoría de la confiabilidad, el término disponibilidad indica el grado de operatividad de un sistema, o subsistema, cuando es necesario su funcionamiento. De forma simplificada, sin entrar en cálculos matemáticos con respecto al tema, disponibilidad representa la probabilidad de que en un instante cualquiera el sistema se encuentre en condiciones de “trabajar”.

Como se está tratando de probabilidad, debe tenerse en cuenta que equipos en paralelo aumentan la disponibilidad, mientras en serie la disminuye. En el **Apéndice E** son presentados algunos conceptos de disponibilidad de sistemas ligados a las redes de comunicaciones que soporten las transmisiones de las señales descritas en la Figura 2.

Todo lo que fue descrito representa una importancia muy grande, pues cuando se habla de comunicaciones de datos hay que tener en cuenta la tecnología empleada para que se alcance la disponibilidad adecuada.

La OACI posee algunas provisiones que tratan del asunto en detalles. El Doc 9694 - *Manual of Air Traffic Services "Data Link" Applications* presenta importantes conceptos en la adopción del enlace de datos para los servicios ATS. Para tal, describe las principales aplicaciones que usan enlaces de datos: CPDLC, ADS-C, ADS-B, entre otras. También presenta los principales requerimientos de performance en términos de disponibilidad, integridad, continuidad y confiabilidad para cada aplicación.

Sin embargo, se puede considerar que un impulso considerable fue la adopción del Doc 9869 *Manual on Required Communication Performance* que describe el concepto de *Required Communication Performance* (RCP) y asocia las aplicaciones a tiempos de transacción de mensajes, disponibilidad, continuidad e integridad con fines de apuntar cuales son las separaciones longitudinales y laterales ideales para cada espacio aéreo.

El concepto de RCP evalúa las comunicaciones operacionales en términos de las funciones ATM, tomando en cuenta los factores humanos, procedimientos y características ambientales. En verdad, el desarrollo de los conceptos del RCP fue la necesidad de obtener criterios operacionales para evaluar las tecnologías disponibles para las comunicaciones completas entre controladores y pilotos.

Por extensión, fueron adoptados tipos para el RCP que definen estándares de desempeño operacionales en términos de tiempo de transacción de los mensajes, continuidad, disponibilidad e integridad aplicables a los más estrictos requisitos de operación ATM. Cabe decir que hay tipos de RCP, como el 10, para los cuales están siendo desarrollados equipos de comunicaciones y procedimientos que contemplen las exigencias correspondientes.

Por otro lado, el documento GOLD utiliza los conceptos presentes en el Doc 9869 teniendo en cuenta las tecnologías disponibles para operaciones en el área oceánica o continental remota. Además, incorpora los conceptos de *Required Surveillance Performance* (RSP) principalmente para las operaciones en el área oceánica.

En este punto se considera conveniente hacer algunos comentarios con respecto a las nomenclaturas utilizadas en el documento GOLD para los equipos de la Subred Aire-Tierra. De hecho, en Europa y en los Estados Unidos hay una serie de iniciativas para la implantación de enlace de datos, lo que justifica la diferenciación de aplicaciones y tecnologías con muchas terminologías. En Sudamérica, la velocidad de implantación de enlace de datos no es tan intensa y se considera que no sea necesario hacerse tantas diferenciaciones en los tipos de tecnologías y aplicaciones.

Así, en términos de las tecnologías de transmisión aire-tierra, el GOLD se refiere al VHF analógico como VDL Mode 0/A y en este documento se utilizará la indicación VHF ACARS.

Con respecto a las aplicaciones orientadas a carácter, documento GOLD llama estas aplicaciones como ACARS ATS, la misma nomenclatura del AEEC 623 *Character-Oriented Air Traffic Service Applications*. En esta guía, se referirá a las referidas aplicaciones como PRE-FANS para evitar posibles confusiones con los radios VHF ACARS. Por otro lado, la implantación de una red ATN con la utilización de VDL Mode 2, con la finalidad de transmisión de CPDLC en el área continental de gran densidad de movimientos, es considerada como ATN *Baseline 1* (ATN B1) en el GOLD. En esta guía será considerada como Red ATN.

Nota: En Europa el ATN *Baseline 1* es tratado como Link 2000+ bajo la coordinación del EUROCONTROL para la implementación del *Single European Sky ATM Research* (SESAR).

Cabe decir que hay otras nomenclaturas en vigor, como el ATN *Baseline 2* (ATN B2), que posibilitará la implementación de los procedimientos de Trayectorias 4D, que comprende trayectorias basadas en longitud, latitud, altitud y tiempo. Asimismo, el ATN *Baseline 2* dará soporte a todas las demás aplicaciones existentes hoy en día, pero mejoradas técnicamente. Sin embargo, los procedimientos involucran nuevas tecnologías de enlace de datos y están previstas para los Bloques 3 y 4 del ASBU.

2.3 Equipos de bordo

El Apéndice F del documento GOLD describe las informaciones específicas con respecto a los equipos disponibles para aplicación en las aeronaves de los más variados fabricantes y sus respectivos aviones para soportar los enlaces de datos. Teniéndose en cuenta las actualizaciones necesarias que deberán ser hechos en el documento de referencia, no se repetirá, en esta guía, las informaciones del contenido en el referido apéndice.

Los principales componentes de bordo para la realización de enlace de datos están ilustrados en la Figura 3.

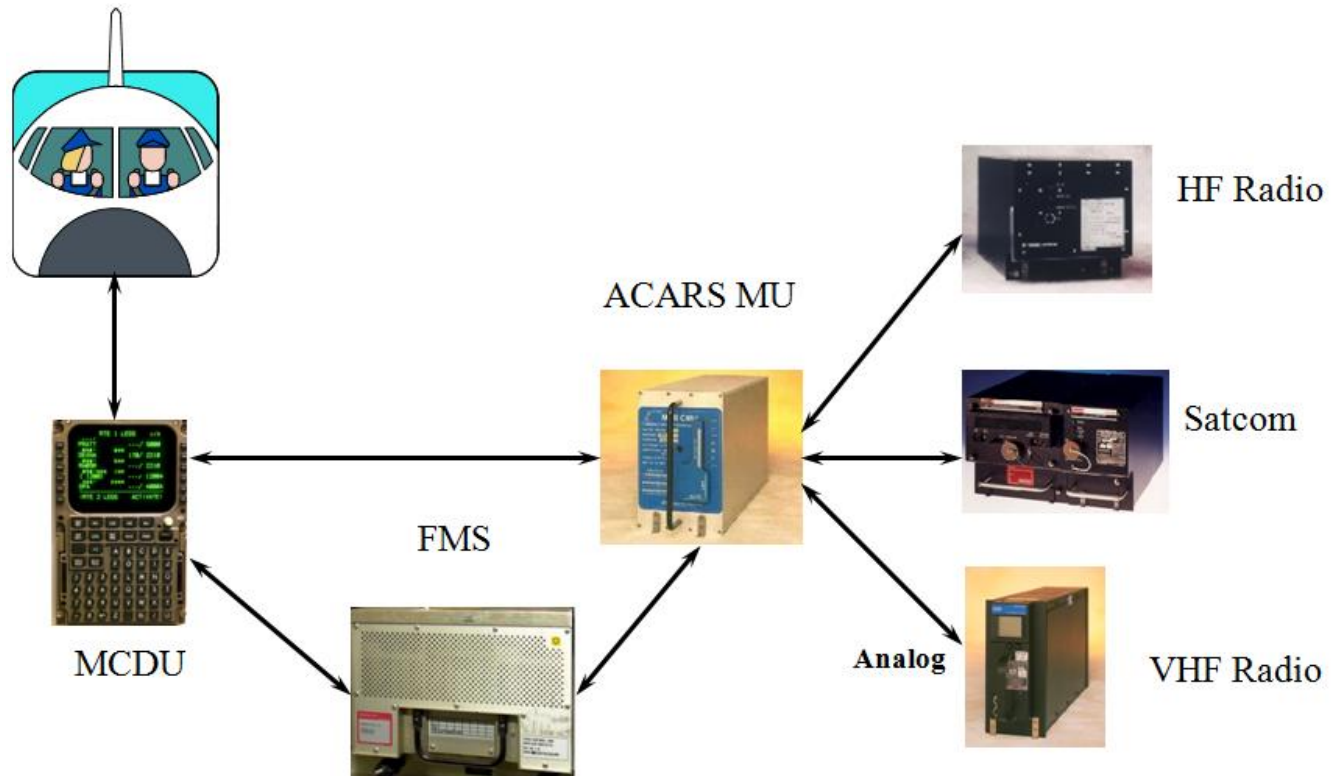


Figura 3: Sistema de Bordo para Enlace de Datos

En líneas generales los mensajes de *up* y *downlink* son insertadas en el *Multi-Function Control Display Unit* (MCDU). Los equipos transceptores son seleccionados, así como las frecuencias, por intermedio del *ACARS Management Unit* (MU). Cabe resaltar que el MU también está ligado al *Flight Management System* (FMS) que obtiene las informaciones de posición de la aeronave. Además de eso, el sistema también se compone de las antenas e impresoras.

Aun cuando la Figura 3 está relacionada al sistema ACARS, cuando se tenga el ATN habrá equipos semejantes con la adición de enrutadores ATN y de radios digitales *VDL Mode 2*.

2.4 Infraestructura tierra-aire

2.4.1 Introducción

Cuando se habla de comunicaciones aire-tierra, es importante identificar los tipos de flujos de mensajes que son transferidos de la aeronave hacia un ATSU y vice-versa:

- Flujos ACARS (AAC/AOC): los datos son transmitidos entre la aeronave y las empresas aéreas con fines de intercambio de mensajes administrativos y operacionales;
- Flujos ACARS (ATC): los datos son transmitidos entre la aeronave y un ATSU y pueden ser mensajes FANS o PRE-FANS; y

- Flujos ATN: los datos son transmitidos por la aeronave hacia un ATSU con la utilización de VDL *Mode 2* y con la utilización de enrutadores ATN.

Actualmente hay tres tipos de redes aire-tierra principales:

- VHF que utiliza la señal en VHF entre el avión y una estación de tierra, pudiendo ser el VHF ACARS (VDL *Mode 0/A*) o el VHF estandarizado por la OACI (VDL *Mode 2*);
- SATCOM ACARS: la señal pasa de la aeronave al satélite y, después, se transmite hacia una estación terrena; y
- HF ACARS: introducido posteriormente y usa una señal en HF entre la aeronave y una estación HF de tierra.

La mayoría de las aeronaves que operan en Sudamérica están equipadas con el sistema de comunicación *Aircraft Communications Addressing and Reporting System* (ACARS) y en el futuro se pretende instalar equipos para la adopción de las comunicaciones controlador/piloto con el uso de la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN), que es el estándar previsto por la OACI y que posibilita la implantación del CPDLC en áreas continentales con grandes movimientos de tránsito aéreo.

Como informado anteriormente, se enfatiza que los mensajes ACARS utilizan los enlaces analógicos VHF para la transmisión de aplicaciones orientadas a carácter, con base en la especificación AEEC 623-2, u orientadas a bit, con la utilización de la conversión carácter/bit prevista en la especificación AEEC 622-3.

En la Figura 2, aparece la Red del Proveedor (CSP) que puede ser considerada como aquella que conecta las estaciones que reciben los datos provenientes de las estaciones SATCOM, HFDL y VHF (ACARS o VDL *Mode 2*) y las disponen a las empresas aéreas o a un ATSU. Las secciones siguientes describirán los principales aspectos de las redes aire-tierra, con el uso de VHF, y terrestres para soporte al intercambio de mensajes enlace de datos entre las aeronaves y los usuarios.

Como está reflejado en documento GOLD, prácticamente todas las aeronaves están equipadas para la utilización de data-link por medio de VHF, mientras ni todas lo están para las comunicaciones por intermedio de SATCOM y/o HF. Además de eso, hay ANSP que no permiten la utilización de medios de comunicación como el SATCOM y/o HF.

2.4.2 **Redes de comunicaciones tierra-airre (VHF)**

2.4.2.1 **General**

Como comentado, se enfatiza que esta guía está orientada a la instalación de equipos VHF como parte de la implantación de la subred aire-tierra. A este respecto, en la fase de planificación del sistema VHF es necesario establecer el nivel asociado a la cobertura de VHF para todo el área continental de actuación de un Estado.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

Como ejemplo, en la modernización de la infraestructura de enlace de datos de Brasil, se adoptó la cobertura en todo el espacio aéreo brasileño a partir del *flight level 245* (FL 245), que representa la frontera para el espacio aéreo superior. La Figura 4 ilustra la cobertura VHF para enlace de datos que será implantada en Brasil hasta el año de 2016, donde los círculos rojos representan la cobertura actual y los azules la que será implantada para completar la cobertura en el FL 245.

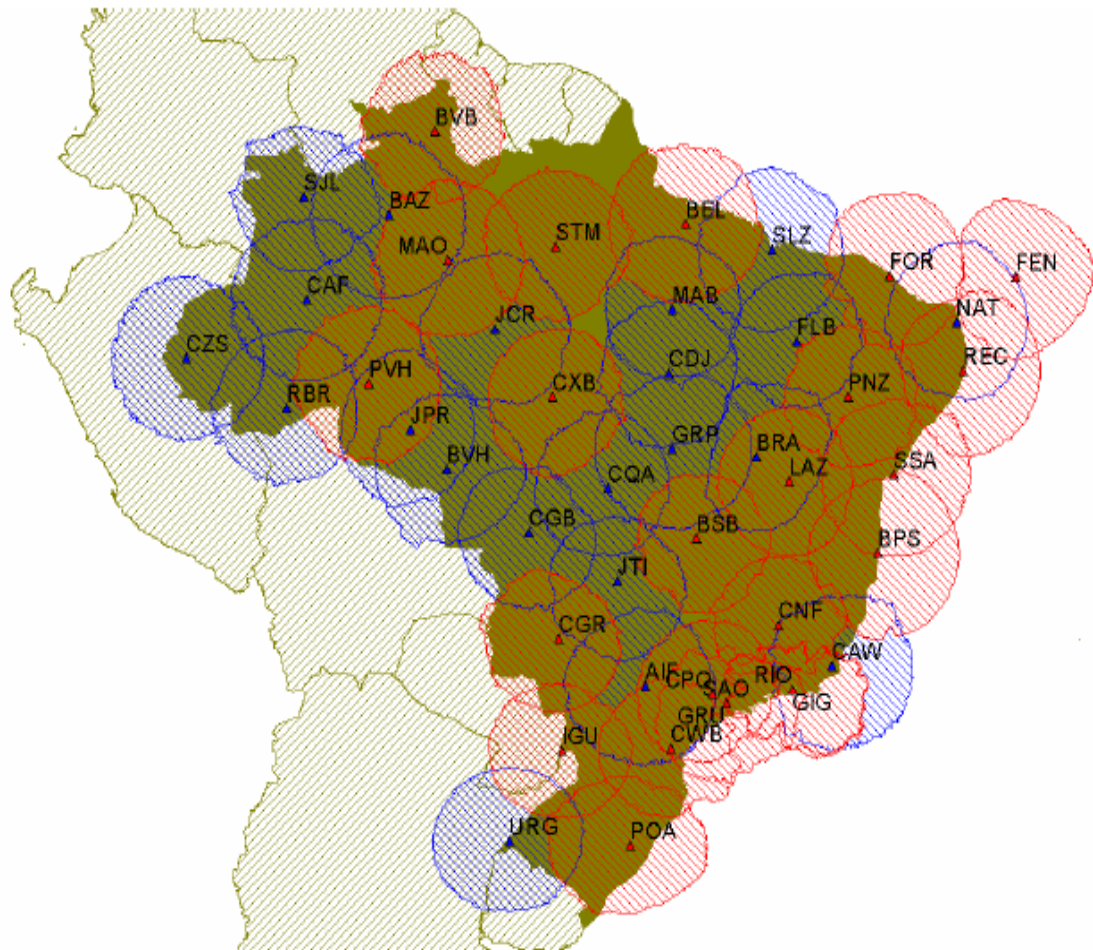


Figura 4: Cobertura VHF en Brasil para Enlace de Datos

Se destaca que en Brasil se ha decidido por la instalación de dos tipos de VHF *data-link*: analógico (VDL *Mode 0/A*) para la provisión del servicio para de las aplicaciones PRE-FANS (orientadas a carácter) y FANS 1A (CPDLC y ADS-C) en áreas remotas; VDL *Mode 2* para soportar el CPDLC en áreas de más movimientos de tránsito aéreo con el uso de ACARS y para la futura ATN.

En el área oceánica, Brasil ya tiene en uso el enlace de datos en el ACC-AO y las aeronaves pueden utilizar la tecnología haciendo el *log on* con dicho Centro de Control para el intercambio de mensajes CPDLC y ADS-C FANS (ACARS) con la utilización del SATCOM. En el Capítulo 3 (Enlace de Datos Aire-Tierra en el área Oceánica) se presenta informaciones sobre las características principales de las funcionalidades del ACC-AO.

Es importante mencionar que aunque sea posible la utilización de VDL *Mode 0/A* (VHF ACARS) para la transmisión de mensajes PRE FANS y FANS 1/A, la OACI no lo tiene como estándar. Cuando se consulta los documentos existentes, Anexo 10 – Vol 3 y Doc 9776 (*Manual on VHF Digital Link - VDL Mode 2*) no se hace referencia a la utilización del VDL *Mode 0/A*. Sin embargo, en el nuevo documento GOLD ya se admite la utilización del VHF ACARS.

En la elección de la plataforma de la subred aire-tierra es importante tomar en cuenta que los radios ACARS tienen una velocidad de transmisión de 2,4 kbit/s mientras los radios VDL *Mode 2* alcanzan la tasa de transmisión de 31,5 kbit/s, representando la posibilidad de transmitir más informaciones en un dado periodo de tiempo.

Con respecto a la aviónica, cuya estructura básica está mostrada en la Figura 3, los equipos actualmente desarrollados están en capacidad de intercambiar mensajes con la utilización del enlace analógico (ACARS) o de los radios VDL *Mode 2*. Los fabricantes de aviónica adicionaron la capacidad de transmisión de aplicaciones PRE FANS en los equipos VDL *Mode 2*. Con eso, si una aeronave está sobrevolando un área donde haya cobertura de VDL *Mode 2* y ACARS, hay la elección del VDL *Mode 2* en primer plano para la transmisión de las aplicaciones PRE FANS (ACARS), pero vuelve a transmitir por los radios ACARS (VDL *Mode 0/A*) fuera de las coberturas VDL *Mode 2*.

Hay en día la gran mayoría de la flota de aeronaves está equipada con equipos que proporcionan la utilización de los enlaces de datos ACARS, pero se prevé un considerable aumento en la adopción de los equipos VDL *Mode 2*.

Cuando se habla de ATN, se discute la implantación de módulos CPDLC en las aeronaves para la transmisión por medio de enrutadores ATN basados en el Modelo *Open System Interconnection* (OSI) de la *International Organization for Standardization* (ISO). En este sentido se utilizan los estándares ISO 8473 Connectionless Network Protocol que utiliza el protocolo de subred del VDL reflejado en el documento ISO 8208 *Switched Virtual Circuit* (SVC). Así, la aplicación ATN CPDLC solamente funciona mientras la aeronave posee una conexión VDL *Mode 2* con la estación terrestre ligada a un enrutador ATN de tierra.

Actualmente la utilización de CPDLC vía ATN está en uso en Europa donde la Implantación de Cielo Único (*Single European Sky*) requiere la adopción del CPDLC/ATN en todas las nuevas aeronaves en operación a partir de 2011. Con respecto a los antiguos aviones (en operación antes de 2011), hay la previsión de *retrofit* a partir de 2015 para todas las aeronaves de corto alcance en operación en el continente europeo. .

Es oportuno mencionar que Eurocontrol no que exige a las empresas aéreas de equipar las aeronaves con CPDLC/ATN desde que el certificado de aeronavegabilidad se obtuvo antes de 2014. Esto indica que podrán utilizar CPDLC/ACARS por todo su ciclo de vida en Europa.

Por otro lado, Eurocontrol reconoce que para operaciones de largo alcance, con operación en el área oceánica, se requiere CPDLC y ADS-C sobre la tecnología ACARS y todas las aeronaves sudamericanas que vuelen hacia Europa y estén certificadas hasta 2014 deberán, por lo menos, estar equipadas con enlace de datos ACARS.

Es importante observar la política de los Estados y ANSP para la implantación de enlace de datos, con la utilización de radios ACARS o VDL *Mode 2* ya que hay que tener en cuenta la importancia de dejar bien claro a los explotadores el cronograma de implantación de la arquitectura terrestre para que coincida con la instalación de los equipos en la flota.

En principio, la OACI no restringe la modalidad de implantación de la infraestructura de equipos de enlace de datos por VHF. Por ejemplo, en el Doc 9776 (*Manual on VHF Digital Link - VDL Mode 2*) se tiene varios escenarios posibles:

- a) VDL *Mode 2* y Red ATN operados por la Autoridad de Aviación Civil (CAA) solamente: las estaciones de VDL *Mode 2* de propiedad de la CAA están conectadas a enrutadores ATN también de propiedad de la CAA, proveyendo, por lo menos, servicios ATS;
- b) VDL *Mode 2* y Red ATN operados por el *Data Link Service Provider* (DSP) solamente: las estaciones de VDL *Mode 2* de propiedad del DSP están conectadas a enrutadores ATN también de propiedad del DSP, soportando servicios de interés de las empresas aéreas (AAC o AOC) y, si es requerido por la CAA, para servicios ATS. En ese caso, o enrutador ATN puede estar en otro Estado;
- c) VDL *Mode 2* y Red ATN operados por el DSP y la CAA: estaciones VDL *Mode 2* transmitiendo mensajes AAC, AOC para las empresas aéreas por medio de un enrutador del DSP (puede estar fuera del Estado), y estaciones VDL *Mode 2* (mensajes ATS para tráfico aéreo), ligados a un enrutador de la CAA (dentro del Estado);
- d) VDL *Mode 2* y Red ATN operados por el DSP y la CAA: estaciones VDL *Mode 2* de la CAA (aplicaciones ATS) y estaciones VDL *Mode 2* del DSP operando en una misma área de cobertura, cada uno con sus respectivos enrutadores ATN.

Nota: Si bien no está mencionado en el Doc 9776, el contenido para las cuatro opciones descritas puede ser adaptado para en lugar de tenerse estaciones VDL *Mode 2* se tenga VDL ACARS. Por otro lado, para la parte de encaminamiento de mensajes en lugar de los Enrutadores ATN se tendrían Procesadores ACARS.

Asimismo, hay la posibilidad de considerar el modelo que está en curso en Brasil donde fue hecha una concesión de los servicios por medio de una licitación. Para el referido caso, se presentan los puntos principales del Proyecto Básico referente al proceso licitatorio en el **Apéndice F** de esta guía.

En ese caso, fue hecha una licitación para la exploración del Servicio Móvil Aeronáutico (SMA) en la categoría de enlace de datos y la vencedora del proceso fue la empresa SITA. La licitación fue hecha de acuerdo a una a La Ley de las Concesiones, que es un extenso documento que detalla las relaciones entre el Concedente y Concesionaria durante la vigencia contractual.

El sistema de concesión implantado en Brasil puede ser considerado una mezcla de las cuatro opciones arriba indicadas ya que la infraestructura de comunicaciones, englobando estaciones remotas, procesador ACARS, enrutador ATN está siendo implantado y operado por la Concesionaria bajo la supervisión del Concedente, que es el *Departamento de Controle do Espaço Aéreo* (DECEA).

2.4.2.2 Soluciones del subsistema de equipos VHF de tierra para enlace de datos

El primer aspecto que debe tomarse en cuenta en la implantación de enlace de datos es cuales son los servicios que serán transmitidos entre la aeronave y las dependencias ATC (ATSU) y usuarios privados. Esto es de vital importancia, pues determina la tecnología de los equipos de las estaciones remotas en VHF, que pueden ser analógicas (ACARS) o VDL *Mode 2*.

Es necesario el establecimiento de una política del Estado para la implantación de enlace de datos. Esto es un punto clave porque, como se ha referido anteriormente, la instalación de equipos para soportar solamente los mensajes FANS1/A demanda menos inversión; mientras la implantación de CPDLC por medio de ATN la inversión es más costosa no solamente para el ANSP como también para las empresas aéreas que tendrían que actualizar sus equipos de bordo.

En este sentido, si se decide por la instalación de equipos VHF *ground station* (VGS) es importante notarse que este soporta los dos tipos de radio, VDL *Mode 2* y ACARS, en un mismo bastidor. Con eso, se nota que el equipo es escalable y se puede empezar, por ejemplo, con la provisión de las aplicaciones ACARS y FANS 1/A y, si es necesario el despliegue de CPDLC en el área continental de considerable densidad de movimientos, la estación ya tiene una estructura básica instalada.

Normalmente una VGS se compone de dos partes principales: un computador terrestre (VGC) y un radio VHF digital (VDR) que es, en general, un transceptor. Además, es posible la instalación de varios equipos radios en una misma estación remota con algunos soportando VDL *Mode 2* y otros ACARS. En este caso, la cantidad de equipos instalada tiene relación directa con la disponibilidad global del sistema.

El transceptor VHF soporta la subcapa *Medium Access Control* (MAC) de la capa 2 (enlace) y la capa 1 (física). La computadora VGC se encarga de los protocolos de todas las capas que quedan arriba del MAC además de los protocolos VDL *Mode 2* y ACARS.

Normalmente se utilizan *racks* donde es posible la instalación de varios equipos radio VHF, que pueden operar simultáneamente en modo ACARS y VDL *Mode 2*, *Uninterruptable PowerSystem* (UPS), *switches* y/o enrutadores. Un ejemplo de un conjunto estándar es dado en la Figura 5.



Figura 5: Ejemplo de Rack VHF Data Link

2.4.2.3 Características principales del subsistema procesador central

El procesador *data-link* se considera como el corazón del sistema y maneja las funciones necesarias al encaminamiento de mensajes ACARS, de acuerdo con lo previsto en las especificaciones AEEC 618 (*Air/Ground Character-Oriented Protocol Specification*) y AEEC 620 (*“Data Link” Ground System and Interface Specification*).

El encaminamiento de mensajes debe soportar las aplicaciones PRE FANS y FANS 1/A, manteniendo la compatibilidad con las especificaciones AEEC 623 (*Character-Oriented Air Traffic Service (ATS) Applications*) e AEEC 622 (*ATS “Data Link” Applications Over ACARS Air-Ground Network*), con todas las funcionalidades.

Otro punto de vital importancia es garantizar los tiempos de respuesta, no respuesta, fallas de sistema, errores de gestión, y todas las demás situaciones que impidan la operación correcta. Además de eso, el sistema debe ser capaz de generar mensajes de notificación de todos los errores, permitiendo la recuperación de mensajes dentro de los tiempos requeridos a la seguridad operacional aplicable a los mensajes ATS.

También el sistema de procesamiento de mensajes debe convertir los mensajes de entrada tierra-tierra en mensajes de *uplink* apropiadamente formateados y conmutarlos para la mejor estación remota para el cierre del enlace con la aeronave.

Los servidores destinados a las aplicaciones ATS son normalmente aquellos que se refieren a las aplicaciones PRE FANS y que se juzga conveniente que estén instalados en el mismo sitio del procesador central. Los servidores ATS deben estar habilitados para las comunicaciones por medio de enlace de datos con cualquier aeronave que sobre vuele el espacio aéreo de un Estado. La descripción de los sistemas DCL, DATIS y DVOLMET se presenta en el **Capítulo 4** de esta guía.

Nota: Es muy importante que el procesador haga la conmutación para las direcciones de los servidores de las aplicaciones ATS del ANSP y AOC/AAC de las empresas aéreas. Específicamente con respecto a los mensajes ATS, si el sistema de enlace de datos no pertenece a un ANSP, como es el caso de la concesión de los servicios de enlace de datos de Brasil, es necesario que se tenga el *internetworking* entre los sistemas de enlaces de datos de los DSP.

2.4.2.4 **Características principales del subsistema enrutador ATN**

Como se ha mencionado, en Europa ya se tiene la adopción de la red ATN, que es llamada de ATN *Baseline 1*. La decisión de implantar el ATN es del Estado y ANSP, llevándose en cuenta los aspectos de demanda que justifiquen su implantación.

En Sudamérica ya han iniciado los planes para la adopción de la Red ATN para las comunicaciones aire-tierra. Algunas características son básicas para los enrutadores ATN y una de ellas es que se debe utilizar las mismas estaciones VDL *Mode 2* que posiblemente ya estén instaladas.

En la Tabla 3 de la Sección 2.5.3 se presenta la disponibilidad para las aplicaciones fin a fin, conforme descriptas en el Doc 9694 *Manual of Air Traffic Services "Data Link" Applications*. A este respecto, los enrutadores deberán tener una disponibilidad de, por los menos, 99,996% para que cumplan los requisitos previstos para las redes ATN.

También se debe tomar en cuenta que los enrutadores deben soportar el protocolo de red ATN CLNP, que es el protocolo de capa 3 del modelo OSI, pues todavía el soporte para la red ATN es basada en los estándares ISO.

2.4.2.5 **Características principales del subsistema de monitoreo**

El subsistema de monitoreo es el responsable por garantizar que todo el sistema de enlace de datos, incluyendo el procesador de mensajes, procesamiento de datos en las estaciones remotas (ACARS y VDL *Mode 2*), enlaces de redes terrestres, servidores de aplicaciones y equipos de conectividad de red estén operando satisfactoriamente.

2.4.3 **Future communication infrastructure (FCI)**

En los últimos años, la *Federal Aviation Administration* (FAA), en su programa *Next Generation Air Transportation System* (NextGen), y por el EUROCONTROL, con el *Single European Sky ATM Research* (SESAR), han establecido proyectos individuales y comunes para el desarrollo de lo que es conocido como el *Future Communications Infrastructure* (FCI), que cobre la evolución tecnológica con previsión de su aplicación a partir del Bloque 2 de ASBU para todas las fases del vuelo.

Entre las tareas en discusión, se destaca la posibilidad de transmitir las aplicaciones por medios concurrentes (*multilink*), de modo que tengan aumento de la disponibilidad y no sufran solución de continuidad. También es estudiada la adopción del *Quality of Service* (QoS), donde la red es configurada para dar, a cada aplicación, tratamientos diferentes, dependiendo de la criticidad y necesidad de transmisión en tiempo real.

Es interesante notar que la transmisión por *multilink* y el uso de QoS es muy común en el conjunto de protocolos IP (IPS). Sin embargo no son utilizados para fines ATM porque, a la fecha, la mayor parte de las aplicaciones fue desarrollada sobre el modelo de protocolos OSI, lo que deberá ser cambiado a corto y medio plazos.

En términos de tecnología de transmisión, lo que se prevé como posible sustituto del VDL Mode 2 para la implementación de enlace de datos aire-tierra, es el *L-Band Digital Aeronautical Communications System* (LDACS). Varias notas de estudio han sido presentadas en las últimas reuniones del Panel de Comunicaciones Aeronáuticas – *Aeronautical Communication Panel* (ACP) con respecto al asunto.

Las pruebas realizadas, a la fecha, presentan una buena expectativa en términos de tasa de transmisión. Sin embargo, la operación del LDACS se da en el mismo rango de frecuencia (950 a 1215 MHz) de una serie de aplicaciones aeronáuticas, tales como: radar secundario (SSR), Universal Access Transceiver (UAT) e Distance Measuring Equipment (DME). Por tal motivo, una batería grande de pruebas está en ejecución, considerándose los impactos entre el LDACS y los otros sistemas.

La situación actual es que está en proceso un proyecto del SESAR – P15.2.4 (Future Mobile Data Link System Definition) que contempla la elección entre dos candidatos para la futura tecnología de enlace de datos aire-tierra: LDACS1 y LDACS2. La Figura 7 da una muestra del alcance del proyecto donde se nota, claramente, que con el FCI ya no se tendrá el VDL Mode 2 como plataforma de soporte a las transmisiones aire-tierra.

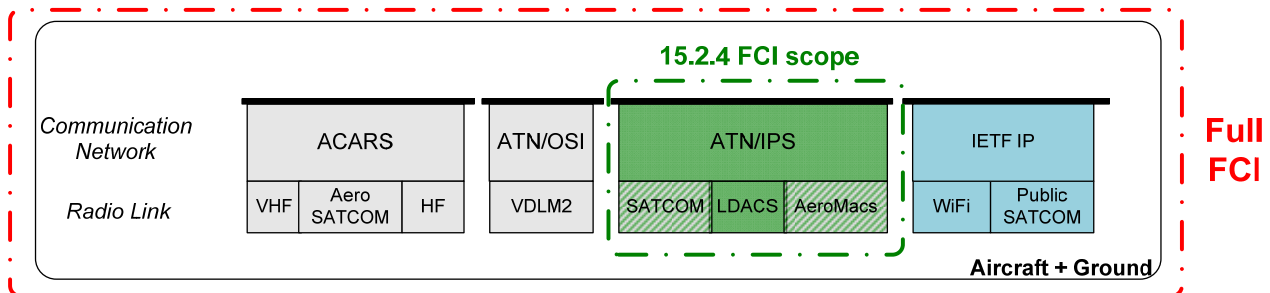


Figura 7: Alcance de las Actividades do P15.2.4

2.5 Subredes de comunicación tierra-tierra

2.5.1 Introducción

La tendencia del mercado de telecomunicaciones apunta para el uso de redes convergentes, concepto que es usado para las estructuras de telecomunicaciones dotadas de capacidad del tránsito de cualquier aplicación sean o no en tiempo real. Con esto, la misma topología puede ser utilizada para aplicaciones de audio, datos, video, etc, pudiendo o no ser interactivas.

Para que las redes convergentes funcionen satisfactoriamente, cada aplicación debe ser tratada de forma única, de acuerdo a las características intrínsecas. Por ejemplo, telefonía y videoconferencia son aplicaciones en tiempo real y, así, no soportan atrasos considerables, pero no necesitan de garantía de integridad de datos. Al revés, aplicaciones de datos críticos pueden tolerar un atraso pequeño en la transmisión, pero no admiten pérdida de información, exigiendo garantía en la entrega en el destino.

Por otro lado, servicios de almacenamiento o de correo electrónico permiten mayores atrasos. Para resolver esas diferencias es aplicado el concepto de Calidad de Servicio (QoS) en redes estadísticas, lo que permite la priorización de cada aplicación.

Actualmente, las aplicaciones de radar y VHF pasan por canales determinísticos contratados junto a CSP. Eso permite un control rígido de la calidad del servicio prestado, garantía de seguridad y de inviolabilidad de las comunicaciones con respecto a accesos por otros clientes del proveedor, pues no hay compartimiento de recursos de canalización.

Sin embargo, la estructura es rígida, causando grandes pérdidas de recursos de telecomunicaciones. Al revés, las redes estadísticas, basadas en *Internet Protocol* (IP), permiten una disponibilidad de recursos de acuerdo con la demanda de las aplicaciones y de cada cliente, reduciendo los costos de implantación y de mantenimientos.

Para la implantación de la infraestructura terrestre para soporte al enlace de datos aire-tierra es imprescindible que la subred terrestre garantice la disponibilidad requerida en las provisiones de la OACI.

Para las redes basadas en IP, la OACI desarrolló, por medio del Panel de Comunicaciones Aeronáuticas (ACP), el Doc OACI 9896 – Manual para la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN) con el uso de los Protocolos y Estándares IPS. El documento trata de las cuestiones técnicas, de seguridad, de calidad de servicio (QoS) y de las aplicaciones. Debe ser tomado en cuenta que la mayor parte de las provisiones de la OACI fueron preparadas tomando por base el Modelo OSI y que con el pasar del tiempo la tendencia es que sean remplazadas por el Modelo IP.

En términos de la Región SAM, se desarrolló una Guía de Orientación para la Implementación de Redes Nacionales Digitales en Protocolo IP, que presenta consideraciones a los Estados SAM en la hora de implantar la red, aspectos técnicos relacionados a los equipos, sistemas, monitoreo y aplicaciones.

Asimismo fue preparada una Política de Enrutamiento para la Región SAM que refleja el contenido del Doc 9896 sobre las técnicas de enrutamiento por dominio inter intra-regionales. Las referidas técnicas deberán ser incorporadas a la Red Digital Sudamericana (REDDIG) después que la nueva infraestructura esté implantada (REDDIG II).

Teniéndose en cuenta los importantes y complejos aspectos que involucran la seguridad de las redes IP, fue preparada una Guía de Orientación de Seguridad para la Implantación de Redes IP con las buenas prácticas que pudieran ser consideradas por los Estados en la hora de la implantación de sus redes.

En la Sección 2.5.2 se discutirá una arquitectura compatible con las demandas de disponibilidad, tomándose por base la infraestructura que será implantada para la modernización de la Red Digital Sudamericana (REDDIG) y que también es adoptada por varios Estados Sudamericanos. En la Sección 2.5.3 se discutirá la disponibilidad de dicha topología.

2.5.2 Arquitectura recomendable para la subred terrestre

2.5.2.1 General

Para que se tenga la disponibilidad y confiabilidad requerida para la subred terrestre en apoyo a las comunicaciones aire-tierra, se recomienda la implantación de dos *backbones*: uno satelital y otro MPLS terrestre, conforme al esquema de la Figura 8.

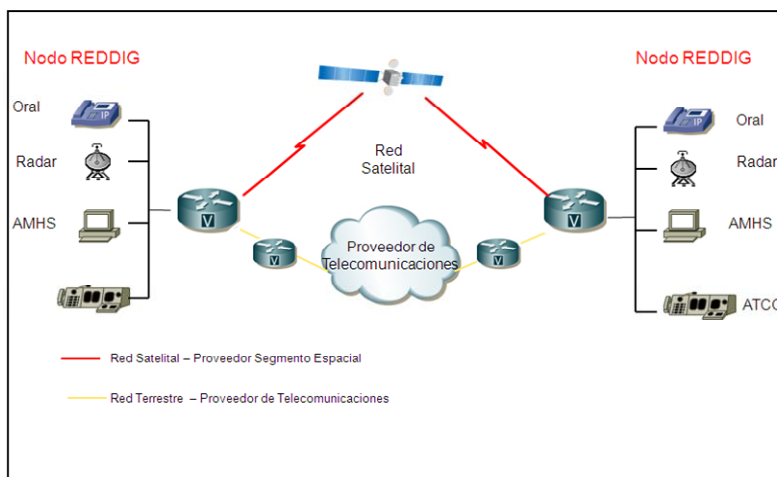


Figura 8: Topología Básica de la Subred Terrestre

2.5.2.2 Estructura satelital

Las comunicaciones por satélite son la solución ideal de interconexión de sitios que están muy alejados geográficamente. A la fecha el mercado ofrece muchas soluciones tecnológicas para esas comunicaciones, en lo que respecta a equipos desarrollados por diferentes fabricantes para diferentes utilidades.

Es importante enfatizar que, en términos de transmisiones satelitales, el gran problema son los costos recurrentes mensuales (OPEX). Así, son importantes las cuestiones relacionadas a las codificaciones y compresiones, la modulación empleada y la técnica de acceso al medio, tales como: acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), frecuencia (FDMA) o Código (CDMA).

Otro punto que tiene considerable importancia es la modulación empleada. En las técnicas modernas de modulación para transmisión satelital, se utiliza actualmente el 8- PSK, que transmite 3 bits por cada símbolo

Como el canal de transmisión puede tergiversar y causar errores a la información, es aplicado un Código Corrector de Errores. Las técnicas modernas de correctores de errores evolucionaron y sistemas modernos emplean el *Turbo-Coding* 7/8, donde un bit de redundancia es puesto para cada siete bits de información útil.

Con referencia a la tecnología de acceso al medio que puede ser empleada, se sugiere que no debiera restringirse a una tecnología específica de acceso al medio, modulación, código corrector de errores, etc.; o sea el foco debe de estar en los servicios, en vez de elegirse una plataforma específica.

Es importante mencionar que la topología satelital posibilita una serie de posibilidades de implantación. Por ejemplo, el ANSP puede adquirir los equipos y rentar segmento espacial, puede contratar los servicios que contemplen la instalación de los equipos y el ofrecimiento de segmento espacial, entre otros formatos.

2.5.2.3 Estructura terrestre (IP/MPLS)

Actualmente, cuando se hace la contratación de redes terrestres los CSP ofrecen, casi que invariablemente, la tecnología basada en IP/MPLS.

El MPLS es una tecnología de encaminamiento de paquetes basada en etiquetas (*labels*) que funciona, en su esencia, con la adición de etiquetas por determinados encaminadores (enrutadores) de la red. El MPLS es indiferente a los tipos de datos transmitidos, que pueden ser tráfico IP (Internet Protocol) o de otros tipos de protocolos a la entrada del backbone y, a partir de ese punto, todo el encaminamiento pasa a ser hecho en base a las referidas etiquetas agregadas.

Comparativamente al enrutamiento IP, el MPLS resulta más eficiente una vez que dispensa la consulta de las tablas de enrutamiento en todos los activos de red. Además de eso, presenta la flexibilidad de permitir la transmisión de mensajes de forma independiente de la pila de protocolos utilizada en las capas superiores.

El MPLS permite la creación de *Virtual Private Networks* (VPN), garantizando un aislamiento completo del tráfico con la creación de tablas de etiquetas exclusivas de cada VPN. También es posible realizar *Quality of Service* (QoS) con la priorización de aplicaciones críticas, dando un tratamiento diferenciado para el tráfico entre los diferentes puntos de la VPN. El QoS crea las condiciones necesarias para el mejor uso de los recursos de red, lo que permite también el tránsito de aplicaciones de voz e video, y otras aplicaciones continuas, en tiempo real.

La Figura 9 presenta la forma de transmisión de paquetes en una red IP tradicional. Conforme puede ser notado en la misma, en todos los encaminadores se realiza una consulta a la tabla de enrutamiento, lo que consume recursos de procesamiento y ocasiona un mayor retraso en la transmisión de la información. Esto se debe al hecho de que en cada enrutador se quita los encabezados hasta el nivel 3 de la capa OSI de la ISO.

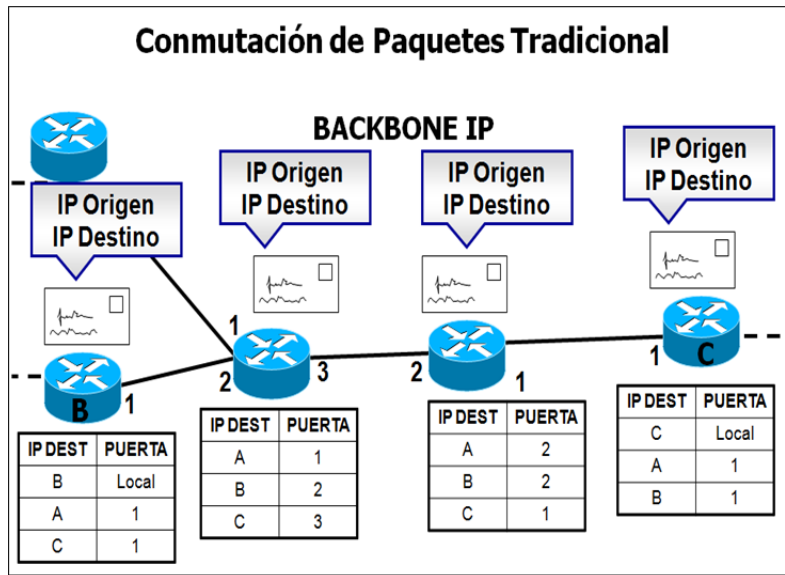


Figura 9 Conmutación IP

A través de la Figura 10, puede notarse que el enrutamiento de paquetes con el uso del MPLS se da por medio de una tabla de etiquetas, por lo que resulta innecesario quitar los encabezados de los paquetes hasta el nivel 3 OSI. El MPLS opera en una capa intermedia en relación a las definiciones tradicionales de capa 2 (enlace) y la capa 3 (red), por lo que se tornó recurrente llamarle protocolo de capa 2,5.

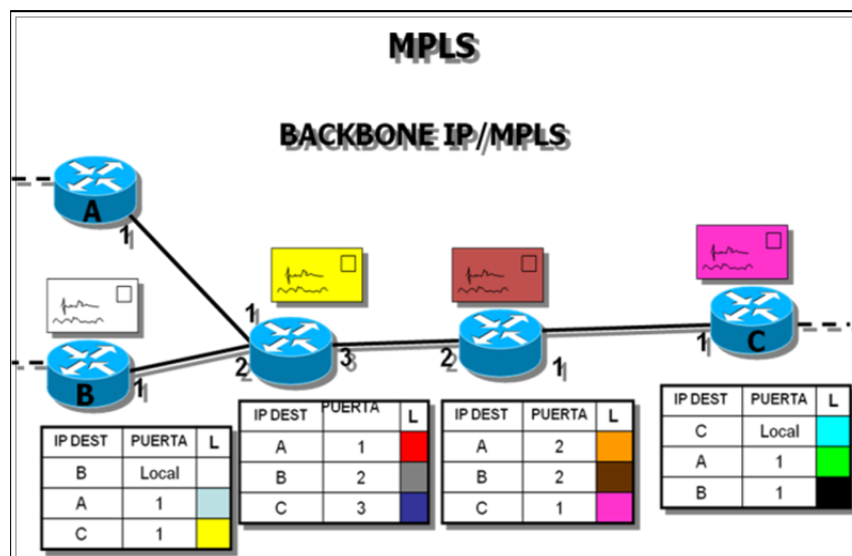


Figura 10: Conmutación MPLS

Para lograr pleno éxito en los contratos MPLS, es necesario establecer características en los *Service Level Agreements* (SLA) que garanticen la creación de VPN con el uso del MPLS, de acuerdo a la RFC 2547 y RFC 3031, y posibilitar la configuración de QoS sobre MPLS/VPN, de acuerdo al dispuesto en la RFC 3270 y RFC 2938.

De acuerdo con las prioridades y niveles de SLA requeridos, los diferentes tipos de paquetes que traficarán por la red serán clasificados en, por lo menos, cinco tipos de servicio, siguiendo los patrones de las RFC 2474 y 2475 (DiffServ), complementados por la RFC 2597 (*Assured Forwarding* PHB) y por la RFC 2598 (*Expedited Forwarding*).

Un ejemplo de clasificación que puede ser seguida para las configuraciones de QoS la que sigue:

- a) *Tiempo real*: Aplicaciones sensibles al retardo (*delay*) y variaciones de retardo de la red (*jitter*), que exigen priorización de paquetes y reserva de banda;
- b) *Misión Crítica*: Aplicaciones interactivas críticas para el tráfico de informaciones operacionales críticas, que exigen entrega garantizada y tratamiento prioritario;
- c) *Gerenciamiento*: Aplicaciones de gerencia de red, utilizando protocolos ICMP, SNMP, Telnet, etc.;
- d) *No Crítico*: Aplicaciones con mensajes de tamaño muy variado y no imprescindibles para la atención inmediata a los usuarios. Aunque se trate de contenido importante, son aplicaciones que pueden esperar por disponibilidad de recursos de la red; y
- e) *Estándares*: Todo el tráfico no explícitamente atribuido a las clases definidas arriba, serán clasificadas de estándar, o, como también es conocido, del tipo *best-effort*. Tal tipo de tráfico puede ser transmitido si hay recursos disponibles en la red, pero no puede tener impacto negativo en las otras clases.

2.5.3 Disponibilidad de las subredes de comunicaciones

La Figura 11 representa los principales vínculos entre una estación de comunicación VDL Mode 2 o SATCOM a las dependencias ATC. En este sentido serán hechas consideraciones de disponibilidad para las subredes que normalmente son contratadas por los ANSP para el proveimiento de los servicios.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

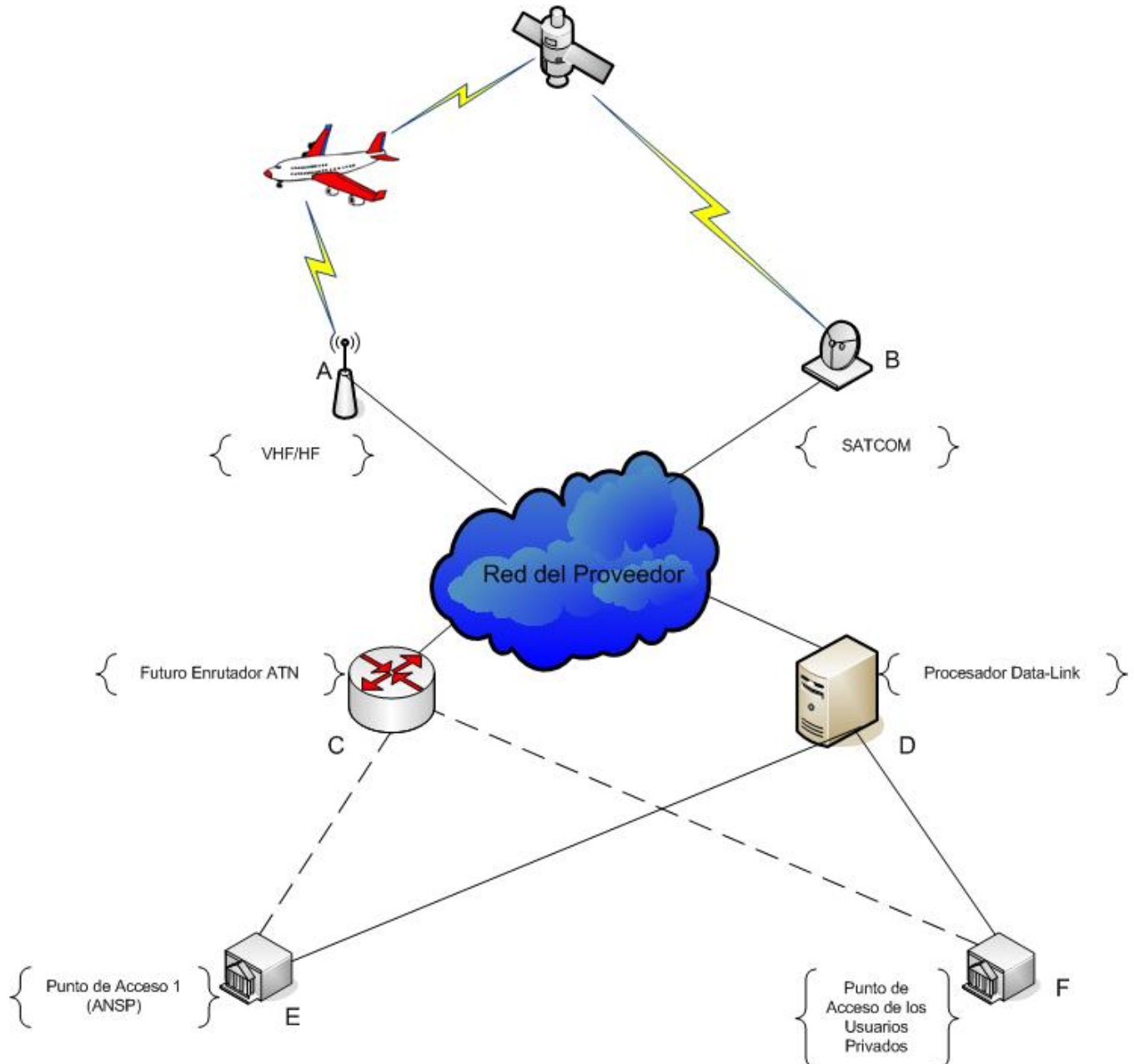


Figura 11 Infraestructura de básica de telecomunicaciones tierra-aire

Hoy en día se utiliza, alrededor del globo terrestre, el FANS 1/A para la implantación de enlace de datos, admitiéndose la utilización de equipos fin a fin con la tecnología ACARS para las aplicaciones descritas en los documentos FANS 1/A *Operational Manual* (FOM), GOLD, AEEC 618, 620, 622 y 623, entre otros.

Específicamente en los criterios de desempeño admitidos para el uso de FANS 1/A hay una tabla con los requisitos principales como está transcrito a seguir en su original en inglés.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

Criteria	Definition	Values
Performances	End-to-end round trip time for uplinks per delivery media (VHF, SATCOM, or HF DL). The timing is measured from sending of the uplink until reception of the MAS.	Round trip time of 2 minutes, 95% of the messages. Round trip time of 6 minutes, 99% of the messages.
	End-to-end one way time for downlinks per delivery media (VHF, SATCOM, or HF DL). The timing is measured by comparing the message sending time stamp and message receipt time stamp.	One way time of 1 minute, 95% of the messages. One way time of 3 minutes, 99% of the messages
	Uplink messages only: Undelivered messages will be determined by: <ul style="list-style-type: none"> • Message assurance failure is received. After trying both VHF and SATCOM. Depending on reason code received, the message might, in fact, have made it to the aircraft. • No message assurance or flight crew response is received by ATSU after 900 seconds 	Less than 1% of all attempted messages undelivered
Availability	The ability of the network data link service to perform a required function under given conditions at a given time: The maximum allowed time of continuous unavailability or downtime should be declared: it can be expressed in MTTR (Mean Time To Repair) *	99.9% TBD
Reliability	The ability of a data link application/system to perform a required function under given conditions for a given time interval: it can be expressed in MTBF (Mean Time Between Failure) *	TBD
Integrity	The probability of an undetected failure, event or occurrence within a given time interval.	10^{-6} /hour

* Availability = $MTBF \times 100 / (MTBF + MTTR)$

Tabla 1: Criterios de Desempeño para el FANS 1/A

Un análisis simple de la Tabla 1 conduce a la conclusión de que es admitida la disponibilidad de 99,9% para que se complete cualquier tipo de servicio de enlace de datos. Por otro lado, se admite un tiempo de retraso de 1 minuto para 95% de los mensajes intercambiados y de 3 minutos para 99% del total de dichos mensajes, independientemente si el medio de comunicación es SATCOM, VHF o HF DL.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

<i>RCP type</i>	<i>Transaction time (sec)</i>	<i>Continuity (probability/flight hour)</i>	<i>Availability (probability/flight hour)</i>	<i>Integrity (acceptable rate/flight hour)</i>
RCP 10	10	0.999	0.99998	10 ⁻⁵
RCP 60	60	0.999	0.9999	10 ⁻⁵
RCP 120	120	0.999	0.9999	10 ⁻⁵
RCP 240	240	0.999	0.999 0.9999 (efficiency) (See Note 3)	10 ⁻⁵
RCP 400	400	0.999	0.999	10 ⁻⁵

Tabla 2: Parámetros de Desempeño por Tipo de RCP

Como se mencionó anteriormente, el Doc 9869 *Manual on Required Communication Performance* asocia las aplicaciones a tiempos de transacción de mensajes, disponibilidad, continuidad y integridad con fines de apuntar cuales son las separaciones longitudinales y laterales ideales para cada espacio aéreo. En ese sentido, aparece la Tabla 2 referente a tipos de RCP para el suceso de la transmisión de mensajes.

Comparando los requisitos de las Tablas 1 y 2, se llega a la conclusión de que en términos de tiempo de transacción y de disponibilidad la utilización de FANS 1/A es posible para los requisitos operacionales de RCP 240 y RCP 400. Sin embargo, la nota 3 de la Tabla 2 afirma que los valores de disponibilidad son basados en la evaluación de seguridad, llevándose en consideración el ambiente, como los procedimientos de mitigación para fallas de comunicación y las posibles acciones de contingencias. Menciona, también, que para el RCP 240 si puede agregar el parámetro de disponibilidad de 99,99%, basado en efectos operacionales de pérdidas frecuentes de servicio y que los dos valores deberán ser evaluados por el Estado que implante el enlace de datos.

Es por esa razón que el documento GOLD trata de la utilización del RCP 240 y 400, en conjunto con los requisitos de desempeño de vigilancia (RSP 180 y RSP 400), ya que lidia, principalmente con operaciones en las áreas remotas y oceánicas, donde es perfectamente posible la adopción del FANS 1/A para los enlaces de datos para las separaciones longitudinales de 50 NM y 30 NM, y separaciones laterales de 30 NM. Para reforzar esta asertiva, describe que para operaciones en el área continental donde se requiera requisitos operacionales más restrictos, como el RCP 150, no debería contar con la utilización de equipos VDL Mode 0/A.

Sin embargo, cuando se trata de disponibilidad de aplicaciones es importante tener en cuenta lo que está descrito en la Tabla I3A1 del Doc 9694 *Manual of Air Traffic Services "Data Link" Applications*, que está reproducida a seguir en la Tabla 3:

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

<i>Application</i>	<i>Availability (%)</i>	<i>Integrity</i>	<i>Reliability (%)</i>	<i>Continuity (%)</i>
DLIC	99.9	10^{-6}	99.9	99.9
ADS	99.996	10^{-7}	99.996	99.996
CPDLC	99.99	10^{-7}	99.99	99.99
FIS	99.9	10^{-6}	99.9	99.9
AIDC	99.996	10^{-7}	99.9	99.9
ADS-B	99.996	10^{-7}	99.996	99.996

Tabla 3: Disponibilidad de Aplicaciones de Enlace de Datos

En resumen, comparándose las Tablas 3 con la Tabla 1, se llega fácilmente a la conclusión que no se puede utilizar el FANS 1/A para la transmisión de la mayor parte de las aplicaciones en el ambiente ATN y que, para tal, se deberá contar con la adopción de enrutadores ATN y radios VDL *Mode 2*

Es importante notar en la segunda columna la disponibilidad de los servicios fin a fin. Eso quiere decir que las subredes de telecomunicaciones que sean utilizadas para la transmisión de las informaciones deben tener una disponibilidad mayor, pues como se ha descrito en el **Apéndice E**, elementos en serie disminuyen la disponibilidad global.

De esta forma, se identifican los siguientes elementos en la cadena fin a fin entre una aeronave y un ATSU:

- a) Disponibilidad de los equipos de bordo: *Flight Management System* (FMS), impresoras, etc.;
- b) Subred aire-tierra (SATCOM o VHF);
- c) Redes terrestres;
- d) Procesador central o enrutador ATN (cuando instalado); y
- e) Disponibilidad de los equipos del ATSU.

Para garantizar una disponibilidad más alta posible es importante que las subredes terrestres cuenten con redundancia de medios de transmisión. Así, con respecto a las subredes terrestres, la Figura 11 representa los elementos principales entre los nodos A (VHF) B (SATCOM) y aquellos que se tienen después de la transmisión de las aplicaciones por las subredes terrestres (C - Enrutador ATN y D - Procesador Data-Link).

Para el medio de transmisión aire-tierra, lo que se hace es instalar equipos redundantes en la aeronave y estaciones terrenas, lo que puede hacer con que la disponibilidad alcance altísimos niveles. Cuando se usa el SATCOM, la disponibilidad es aquella descrita en los contratos con el proveedor de servicios actuales (SITA y ARINC) que, por su vez, subcontratan segmento espacial de los proveedores que existen en el mercado que son, normalmente, INMARSAT y IRIDIUM. El **Apéndice G** presenta algunas características básicas sobre el servicio SATCOM fornecido por los principales Proveedores de Segmento Espacial.

Con respecto a los equipos de VHF, es necesario tomar en cuenta además de la disponibilidad de los radios, las condiciones de infraestructura de alimentación eléctrica, del sistema irradiante y de la posibilidad del VHF quedar fuera de servicio por cuestiones de interferencia en la frecuencia.

La configuración presentada en la Figura 11 puede ser comprendida como aquella que sería encontrada en una región continental, ya que la presencia de equipos VHF implica, necesariamente, que existan estaciones remotas instaladas por el territorio de un Estado. Lógicamente, para las comunicaciones en el área oceánica solamente hay la adopción de la tecnología de transmisión por satélite.

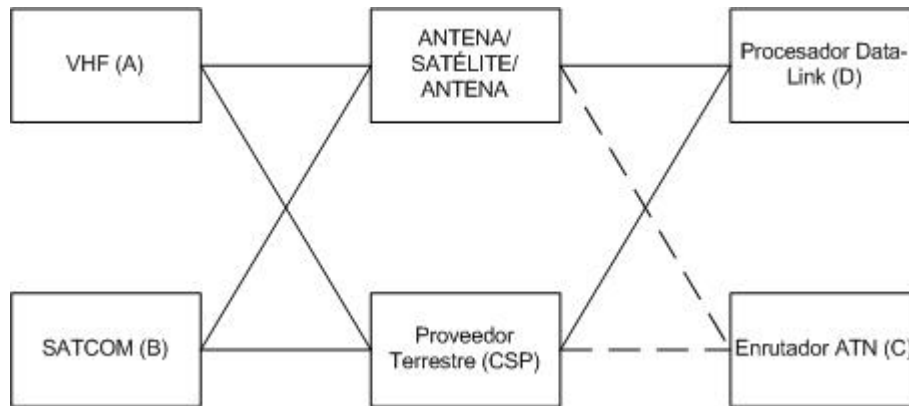


Figura 11: Diagrama de las Redes de Comunicaciones

Tomándose en cuenta que la disponibilidad de las redes terrestres contratadas junto a CSP es de, normalmente, 99,5% y que la disponibilidad de los sistemas de comunicaciones por satélite alcanzan, fácilmente, los 99,5% se llega a la conclusión de que la resultante de los medios en paralelo es de 99,998%, lo que es compatible con los valores de la Tabla 1 con otros elementos que deberán ser colocados en serie como los VHF o SATCOM, impresoras, etc.

Con esto, se concluye que es importante que los ANSP proyecten sistemas de comunicaciones de la subred terrestre de tal modo que garanticen una disponibilidad confortable a efecto de que cuando se consideren los demás sistemas en serie (aviónica, equipos del ATSU, etc.) la disponibilidad resultante sea compatible con los valores presentados en las tablas de esta sección para las características operacionales elegida por el ANSP en determinada *Flight Information Region* (FIR).

3. ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA EN EL AREA OCEANICA

3.1 Enlace de datos en el área oceánica en líneas generales

Como ya mencionado, el enlace de datos proporciona mejoría en las comunicaciones, vigilancia y desempeño de los sistemas de navegación. Por esto, es posible, con el uso de FANS 1/A en las aeronaves y ATSU, alcanzar requerimientos para el RCP 240 y RSP 180. En términos prácticos, se puede garantizar la separación lateral de 30 NM y longitudinal de 50 NM o 30 NM.

Para tal fin, son habilitadas las principales aplicaciones aire-tierra que son el CPDLC y ADS-C, que son aplicaciones orientadas a *bit*. Las próximas secciones tratarán de cómo se puede implantar sistemas para atender a las aplicaciones aire-tierra en área oceánica, tomando como base la exitosa experiencia de Brasil, que podría servir de punto de partida para Estados que pretendan implantar enlaces de datos.

3.2 Enlace de datos en el área oceánica – ACC-AO Brasil)

3.2.1 Generalidades

Antes de iniciar la descripción de las funcionalidades existentes en el ACC- Atlántico (AO) de Brasil, se presenta, en la Figura 12, la conformación de las FIR de Brasil.



Figura 12: Regiones de Información de Vuelo de Brasil

Como se puede notar por la Figura 12, el área de gestión de tránsito aéreo por parte del ANSP de Brasil - *Departamento de Controle do Espaço Aéreo* (DECEA) es muy grande, totalizando, aproximadamente, 22.000.000 km². Específicamente, en relación al área oceánica, correspondiendo al ACC-AO, se tiene un área de actuación de más de 11.000.000 km².

3.2.2 Situación anterior

En lo que concierne al Servicio Móvil Aeronáutico (SMA), las comunicaciones bilaterales entre las dependencias ATS y las aeronaves que sobrevuelan la porción oceánica de Brasil eron realizadas exclusivamente por voz con equipos *high frequency* (HF).

Como se sabe, las comunicaciones en HF poseen la característica de largo alcance y, por lo tanto, permiten coberturas en áreas muy extensas con la implementación de una única estación terrestre. Sin embargo, la comunicación en HF es afectada por eventos producidos por el sol, por el campo magnético de la tierra e por cambios en las condiciones de la atmosfera que afectan la ionósfera, medio de propagación de la comunicación en HF y, consecuentemente, su radio propagación. Entre estos efectos, se puede citar:

- a) Las tempestades ionosféricas, más significativas en términos de duración;
- b) Los disturbios repentinos de la ionósfera – *Sudden Ionospheric Disturbances* (SID), que poseen corta duración;
- c) Enmudecimientos rápidos – *Short Wave Fade* (SWF), causados por la emisión de radios X, provenientes del sol;
- d) Vientos y ondas que se manifiestan en la atmósfera neutra y afectan la distribución de la ionización y, por lo tanto, las propiedades refractivas de la ionósfera;
- e) Ondas gravitacionales acústicas – *Acoustic Gravity Waves* (AGW) con varias escalas asociadas a los periodos de transición del día para la noche y tempestades.

Las frecuencias HF disponibles para el control de tráfico aéreo son definidas mundialmente a través de la OACI y componen un pequeño grupo para uso regional. De ese modo, existen algunas limitaciones en la selección de canales del SMA, lo que es compensado por la utilización de antenas de alta ganancia y potencia elevada, recursos que no garantizan al sistema una disponibilidad adecuada, ocasionando eventuales periodos con comunicación precaria.

Por otro lado, en relación a los aspectos de navegación aérea y vigilancia, las limitaciones inherentes al área oceánica torna inviables la implantación de radio ayudas y equipamientos radar en la superficie. Por lo tanto, debido a las consideraciones de seguridad de las operaciones, mayores separaciones entre aeronaves eran empleadas, disminuyendo la capacidad del espacio aéreo e impidiendo el atendimento de las demandas en algunas porciones de la región oceánica.

3.2.3 Situación actual

La creación del ACC Atlántico, fue resultante de la unificación del espacio aéreo oceánico bajo la jurisdicción de Brasil en una única Región de Información de Vuelo (FIR Atlántico) con significativos impactos en el ATM brasileño. De esa manera, se inició la transición hacia el nuevo concepto del espacio aéreo continuo (*seamless airspace*).

La activación del ACC-AO, por lo tanto, privilegió la aplicación de funcionalidades del sistema CNS/ATM, a través de las tecnologías de transmisión por satélite y comunicaciones digitales que propiciaron la implantación de la Separación Vertical Mínima Reducida (RVSM), la Vigilancia Dependiente Automática por Contrato (ADS-C) y la Comunicación Controlador Piloto por Enlace de Datos (CPDLC).

Como se sabe, en el área oceánica la comunicación de datos es realizada por medio de SATCOM. A este respecto, las empresas aéreas firman contrato con el proveedor de servicios (SITA o ARINC) los cuales poseen contratos con el proveedor de segmento espacial INMARSAT o IRIDIUM. El **Apéndice G** dará más detalles a respecto del funcionamiento del SATCOM. La Figura 13 describe el camino de los mensajes de enlace de datos entre en ACC-AO e las aeronaves.

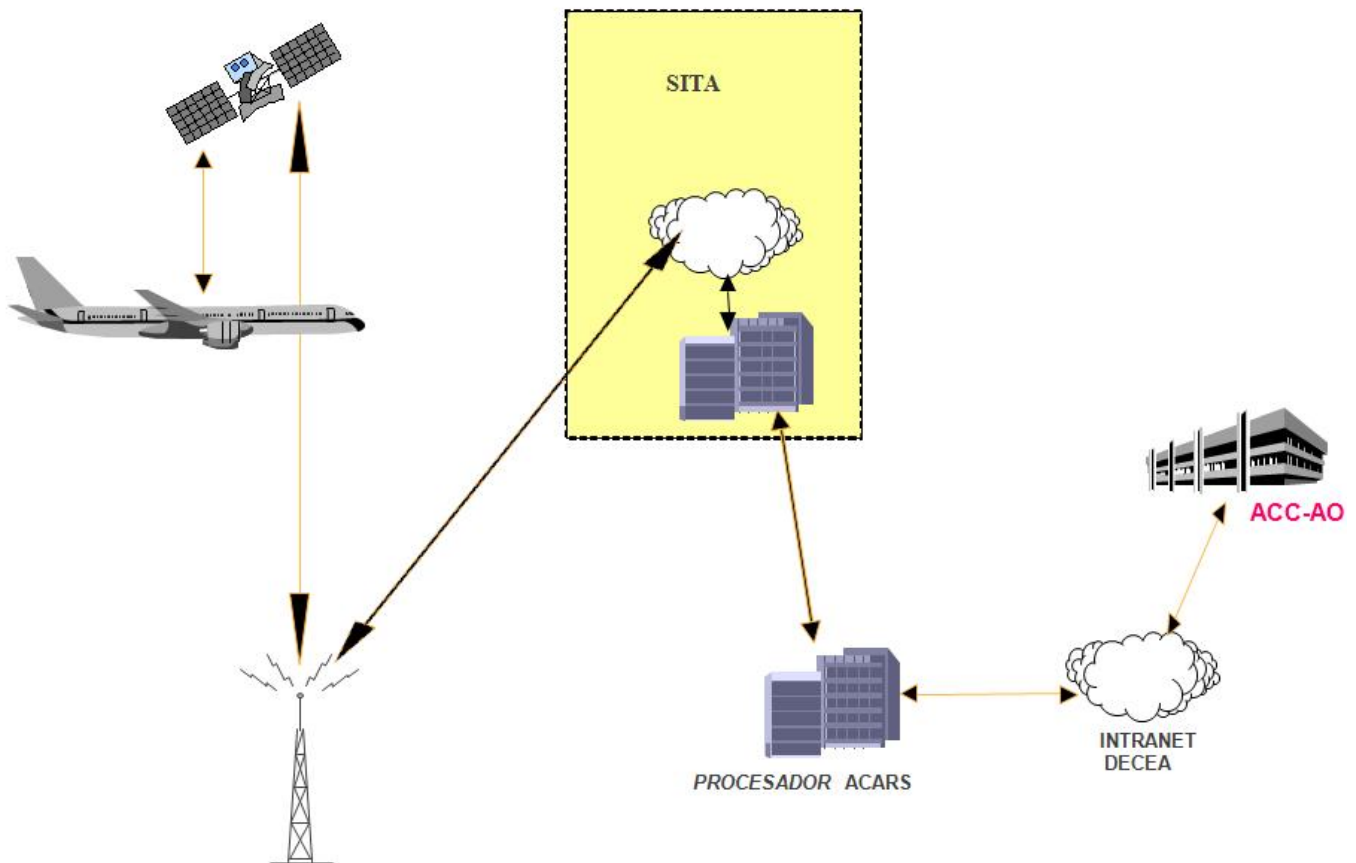


Figura 13: Encaminamiento de Mensajes de Enlace de Datos Tierra-Aire en el ACC-AO

Con respecto a las fechas de activación, se destaca que el ADS-C fue implantado primeramente, en el día 23/10/2008, y un beneficio directo fue que las aeronaves equipadas y que hicieron el *log on* con el ACC-AO no tuvieron más que reportar las posiciones en los fijos obligatorios hasta entonces. El CPDLC entró en operación el 30/07/2009 en conjunto con el ADS-C.

 GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

La utilización de nuevos medios CNS, en conjunto con la evolución de la gestión ATM, permitió que los usuarios y, en especial, las empresas aéreas tuvieran condiciones de utilizar rutas más económicas y flexibles, lo que compensa, con ventajas, las inversiones en aviónica, además de reducir la carga de trabajo de pilotos y controladores. Por otro lado, las aeronaves no equipadas continuaron a efectuar las comunicaciones por medio del HF.

La Figura 14 ilustra la forma de operación de la flota que utiliza los servicios del ACC-AO después de la implantación de las aplicaciones por enlace de datos, en que se nota que las aeronaves que utilizan enlace de datos pueden volar en niveles más altos en relación aquellas que continúan utilizando solamente el HF para las comunicaciones con el ACC-AO..

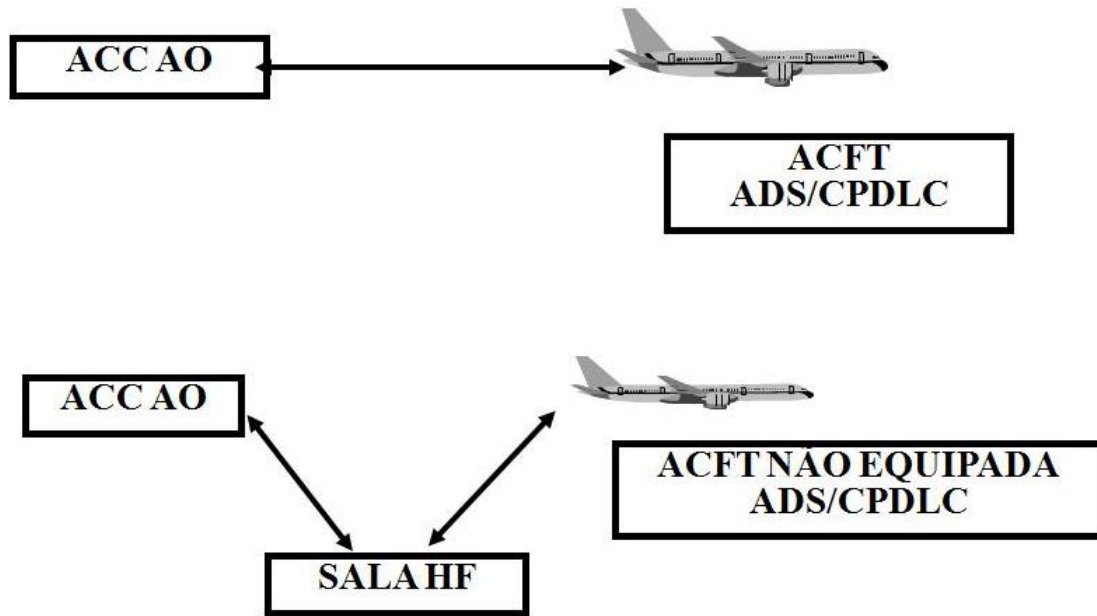


Figura 14: Modelo Operacional del ACC-AO con Enlace de Datos

La adopción de las funcionalidades de CPDLC y ADS-C permitieron el cumplimiento de una serie de objetivos del ATM en el espacio aéreo oceánico, tales como:

- Aumento de la capacidad del espacio aéreo, a través de la reducción de los mínimos de separación entre aeronaves, en todas las dimensiones (vertical, lateral y longitudinal);
- Aumento de la capacidad de las dependencias ATC;
- Vuelos en perfiles óptimos de performance;
- Adopción de un sistema de rutas aleatorias y directas; y
- Atendimiento de la demanda de tráfico aéreo, principalmente en el corredor EUR/SAM.

Por otro lado, la aplicación de las referidas aplicaciones propició la transición de las técnicas de control de tránsito aéreo basadas en la comunicación oral entre piloto y controlador para técnicas que aplican enlace de datos, considerándose los factores humanos involucrados que recibieron considerables entrenamientos para el desempeño de sus funciones con las nuevas tecnologías.

Por supuesto que las comunicaciones en HF merecieron atención especial, pues no solamente son utilizados como medio alternativo para las aeronaves equipadas con enlace de datos, pero también es la forma de comunicación principal para aquellas no equipadas. En términos más técnicos, el ACC-AO recibió equipos HF más modernos y con mayor potencia, completando el conjunto anterior instalado. De hecho el sistema HF actual es capaz de alcanzar una disponibilidad global de 98%, considerándose, en los cálculos, los puntos de fijos para control de la FIR Atlántico.

En términos operacionales, el ACC-AO está dotado de consolas que poseen sistemas de visualización y tratamiento de planes de vuelo, bien como la capacidad de realizar el acompañamiento de la progresión de vuelos, realizar la predicción de conflictos en trayectorias fijas y aleatorias, tratamiento automatizado de mensajes FPL y capacidad de emitir alertas en situaciones de conflicto de corto y medio plazos, además de ser capaz de cambiar mensajes automáticamente con los centros continentales limítrofes de Brasil.

La visualización de los datos ADS-C está disponible en todas las consolas de operación, integrada con las informaciones de los radares de vigilancia. En los casos de ausencia del ADS-C y radar, la visualización es derivada de extrapolaciones (pista navegada). El sistema de tratamiento de datos utilizado y la prestación de los servicios del ACC Atlántico posee un alto grado de confiabilidad, disponibilidad e integridad. La posibilidad de fallas o degradación significativas, que puedan causar interrupción parcial o completa del sistema, están inseridas dentro de los parámetros de tolerancia aceptos internacionalmente.

El CPDLC posee un conjunto de elementos de mensajes de autorizaciones/informaciones/ solicitudes que corresponden a la fraseología utilizada en el ambiente de radiotelefonía e está de acuerdo con los requisitos de la OACI. El sistema tiene la capacidad de efectuar comunicaciones referentes a las requisiciones de nivel de vuelo (FL), cruzamientos, desvíos laterales, autorizaciones de ruta, tratamiento de velocidades, frecuencia, entre otras.

3.2.4 **Proceso de aprobación de aeronaves para enlace de datos**

Un punto importante para la operatividad del CPDLC y ADS-C se refiere al proceso de aprobación por lo cual deben pasar las aeronaves para que puedan utilizar los referidos servicios por medio de enlace de datos.

Como reflejado en la Sección 7.1 del Anexo 6 de la OACI (operación de aeronaves), en los espacios aéreos donde está prevista operaciones basadas en RCP, los aviones deberán estar autorizados por el Estado del explotador a realizar dichas operaciones en el referido espacio aéreo. Con eso, cuando se habla de CPDLC y ADS-C las aplicaciones tienen estrecha relación con los requisitos de performance definidos en el Doc 9869.

Asimismo, fue emitido el Reglamento Latino americano (LAR) 121 Capítulo H: Instrumentos y Equipos, que define un punto de especial interés en la garantía de la disponibilidad de los sistemas instalados y refleja que la instalación de los equipos será tal que la falla de cualquier unidad necesaria para los fines de comunicación no resultará en la falla de otra unidad necesaria.

En lo que respecta a las responsabilidades para la aprobación de las operaciones, a la autoridad del Estado de matrícula le corresponde determinar que la aeronave cumple con los requisitos CPDLC, ADS-C (certificación de aeronavegabilidad) y la aprobación del programa de mantenimiento, control de configuración etc. El cumplimiento de los requisitos de aeronavegabilidad no constituirá la aprobación operacional.

Además, a la autoridad del Estado del explotador le corresponde llevar a cabo la aprobación operacional y emitir la autorización para que un explotador pueda conducir operaciones CPDLC / ADS-C.

Para que sea ejecutada la aprobación, es necesaria una estrecha relación de la CAA con los explotadores de forma que se cumplan todos los requisitos necesarios. En relación a esto, el Manual del Inspector de Operaciones (MIO) del Sistema Regional para la Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRVSOP) define cinco fases que deberían ser considerados por la CAA y explotadores:

- a) Fase 1 (Pre-solicitud): puede ser iniciada ya sea por la CAA o por el explotador. En esta fase el explotador hace las averiguaciones respectivas o solicita información a la CAA sobre el proceso de aprobación y la CAA convoca al explotador para una reunión donde serán discutidos todos los puntos para la aprobación de la operación CPDLC/ADS-C;
- b) Fase 2 (Solicitud Formal): presentación de la Solicitud Formal, la cual irá acompañada de una serie de documentos definidos en el MIO. La CAA puede aceptar o rechazar la Solicitud Formal para aprobación CPDLC / ADS-C, dependiendo de la forma, contenido y de la totalidad de la documentación requerida, una vez que haya revisado los documentos remitidos por el explotador;
- c) Fase 3 (Análisis de la Documentación) En esta fase, el equipo de la CAA debe llevar a término un análisis detallado de toda la documentación presentada junto con la Solicitud Formal;
- d) Fase 4 (Inspección y demostración): De acuerdo con los requerimientos de cada Estado, en esta fase se lleva a cabo las pruebas/vuelos de validación según el plan presentado; Y
- e) Fase 5 (Aprobación): Una vez que el explotador ha completado los requisitos de aeronavegabilidad, aeronavegabilidad continuada y de operaciones, la CAA emite la aprobación CPDLC / ADS-C.

4. APLICACIONES PRE FANS

4.1 Informaciones generales

El documento básico de referencia que define las características del enlace de datos ACARS aire-tierra es el AEEC 618 *Air-Ground Character-Oriented Protocol*. Este documento define el formato de texto de la aplicación orientada a carácter que puede ser transmitido en un enlace de datos ACARS. Como se ha mencionado en este documento, varios son los medios de transmisión del enlace de datos: SATCOM, VHF y HF.

Varias son las aplicaciones ATS que utilizan al ACARS para el establecimiento del enlace de datos aire-tierra, pero en esta guía serán explorados los conceptos principales que puedan ayudar a los Estados en la implantación del DCL, D-ATIS y D-VOLMET, que son sistemas en franca implantación en Brasil. Sin embargo, los componentes básicos que componen las soluciones son repetidos cualquiera que sea la aplicación.

En otras partes del documento se reflejó que los componentes de un enlace de datos se dividen en el subsistema de bordo, la subred terrestre y el enlace de datos aire-tierra propiamente dicho. Por supuesto, los equipos de bordo pertenecen a las empresas aéreas y que también pueden poseer la subred terrestre o contratar los servicios de un CSP. En lo que concierne a las estaciones remotas VHF, ellas normalmente pertenecen a un *Data Link Service Provider* (DSP) o al Proveedor Nacional de Navegación Aérea (ANSP), lo mismo sucediendo con los servidores utilizados para las aplicaciones PRE FANS.

Así, en este capítulo el principal contenido estará relacionado con los equipos que se conectan a la subred terrestre y que, efectivamente, proporcionan la posibilidad de tener el enlace de datos. Independientemente de a quien pertenezcan los servidores, lo que importa, siempre, es la confiabilidad de los servicios traducida por su disponibilidad.

La forma de implementación de las soluciones puede variar en términos de propiedad de los equipos servidores involucrados, ya que pueden pertenecer al ANSP/Estado o hacer parte de una prestación de servicios contratada de un DSP. El contenido presentado representa la experiencia de Brasil en la implantación del DCL, D-VOLMET y del D-ATIS, lo que pudiera servir de referencia a otros Estados.

4.2 ATIS y D-ATIS (Data-Link Automatic Terminal Information Service)

4.2.1 Introducción

El ATIS es un servicio predominantemente de difusión de informaciones por voz, destinado a aliviar la carga de trabajo del controlador de tráfico aéreo y la congestión de las frecuencias de control, suministrando informaciones de interés a las aeronaves en operación en el área terminal por medio de radiodifusión en frecuencia de VHF.

La información de ATIS es recibida por el piloto a través de una frecuencia específica para una determinada difusión en área terminal. Por su turno, el piloto escucha el mensaje grabado hasta que todos los datos pertinentes a la información sean entendidos. Después de la recepción, el piloto hace una copia de los datos de la información.

Los mensajes ATIS incluyen informaciones operacionales y meteorológicas que son actualizadas periódicamente o cuando hay modificaciones considerables. Los pilotos tienen que escuchar la frecuencia del ATIS antes del despegue y el momento de hacer los procedimientos para aproximación.

Normalmente, el procedimiento para la grabación de una nueva información de ATIS implica en tener contacto con las informaciones meteorológicas y operacionales, grabación en un medio de almacenamiento digital, chequeo de la información grabada y transmisión en radiodifusión de la nueva información.

Aunque sea de vital importancia para las operaciones de tráfico aéreo, el servicio tradicional provisto por el ATIS posee algunos inconvenientes:

- Cambios constantes de las condiciones atmosféricas causan un considerable aumento en la carga de trabajo del controlador;
- Las comunicaciones por voz pueden ocasionar problemas de entendimiento por parte del piloto;
- Las informaciones solamente están disponibles en el área de cobertura VHF.

Asimismo, uno de los inconvenientes es que en un ATIS el piloto tiene que escuchar toda la información antes que sea repetida. Debido a eso, el Anexo 11 de la OACI (Servicios de Tránsito Aéreo) tiene una recomendación de que los mensajes de ATIS no debieran exceder de 30 segundos, sin perjuicio (daño) para el entendimiento del contenido del mensaje.

La Figura 15 ilustra una arquitectura general de un sistema ATIS tradicional.

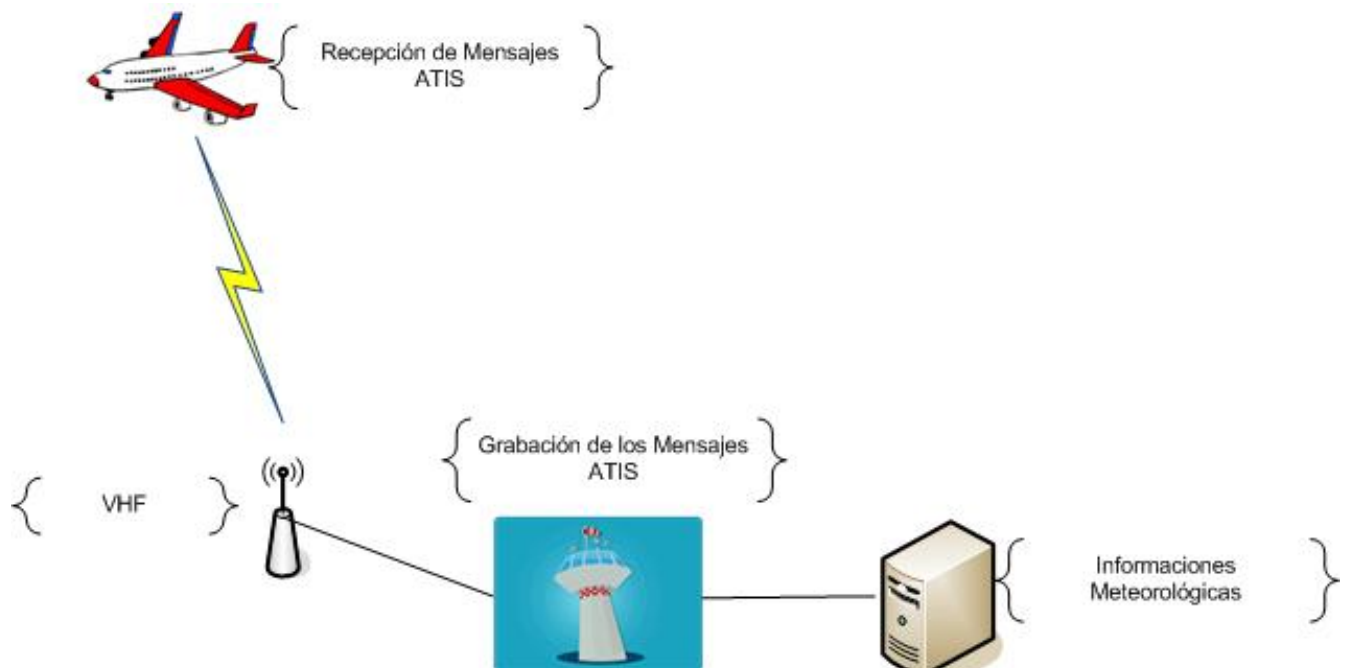


Figura 15: Arquitectura General del ATIS

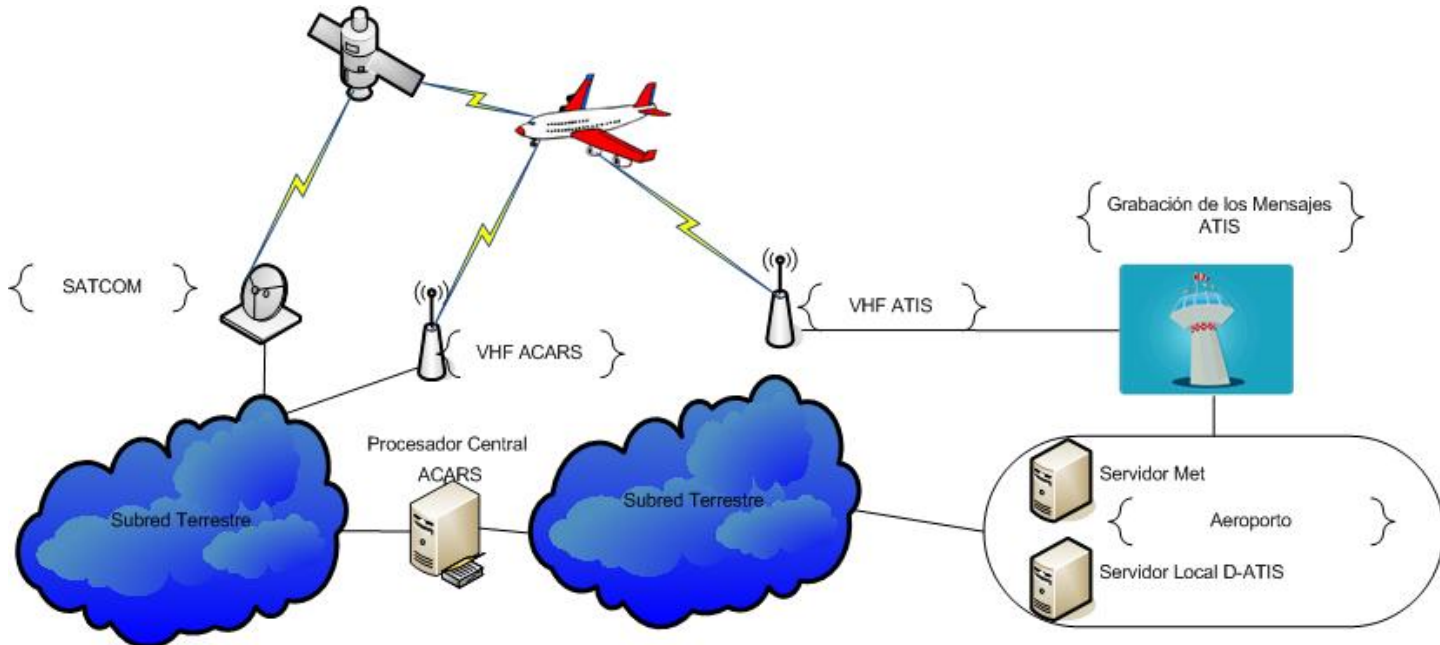
4.2.2 ATIS por enlace de datos (D-ATIS)

El servicio D-ATIS suministra informaciones de área terminal, actualizadas por comandos a partir de las dependencias de tránsito aéreo donde están instalados los equipos relacionados al servicio. Las informaciones ingresan en el sistema por medio de los teclados de computadoras.

La solución más simple puede ser adoptada por un ANSP cuando no se tiene muchos aeropuertos que justifiquen a la instalación del D-ATIS. La instalación de un D-ATIS consiste de servidores dobles, para garantizar la disponibilidad, en las instalaciones aeroportuarias que son alimentados por las fuentes de informaciones meteorológicas (METAR, SPECI o TAF), conforme sea el caso.

El D-ATIS presenta la ventaja de que el servidor también pueda generar el ATIS por radiodifusión con el uso de la voz por medio de grabación local de las informaciones. Por otro lado, la información de D-ATIS puede ser enviada por medio de la subred terrestre hasta el procesador central ACARS que podrá encaminar el mensaje a la aeronave por medio de un VHF ACARS o SATCOM. La Figura 16 ilustra, de forma general, la arquitectura básica.

Se enfatiza que la subred terrestre está representada por dos nubes solamente para fines de facilitación del entendimiento ya que, en términos prácticos, es solamente una red de comunicaciones



normalmente contratada de un CSP

Figura 16: Arquitectura General de D-ATIS para un Aeródromo

Cuando se instala un D-ATIS en un Estado se puede empezar con la topología demostrada en la Figura 16. Para la implementación de D-ATIS para aeropuertos múltiples, hay soluciones que representan ventajas en términos financieros. La técnica más empleada consiste de la instalación de un servidor central, en configuración doble, que puede recibir informaciones de varios de aeropuertos remotos. La Figura 17 trae la configuración descrita.

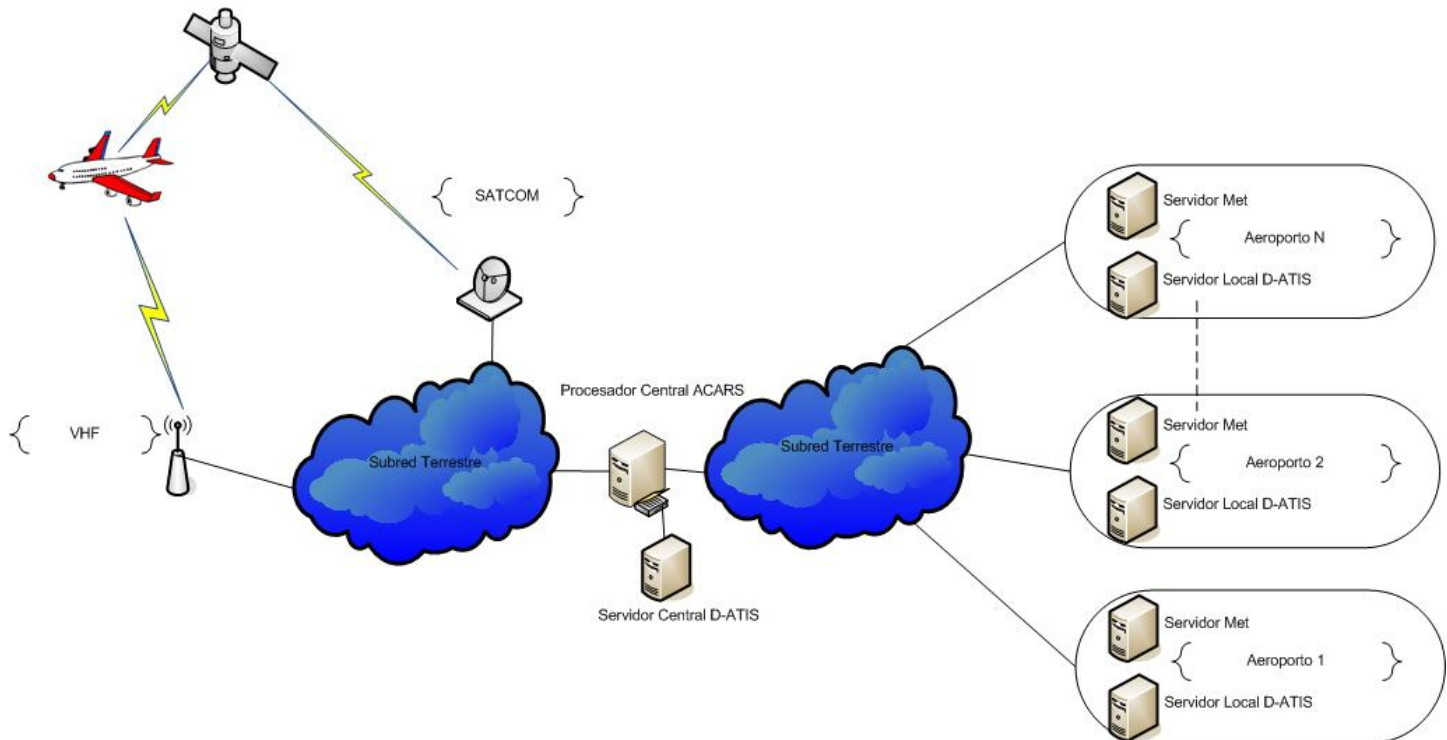


Figura 17: Arquitectura de D-ATIS con Procesador Centralizado

Cabe mencionar la importancia de la instalación del servidor central en una localidad de alta disponibilidad, no solamente en términos del servidor sino, también, de infraestructura (electricidad, climatización) que puede, por ejemplo, ser el *data center* principal del ANSP. Si el modelo adoptado por un Estado es que se provea el servicio de *data-link* y de aplicaciones ATS, se sugiere que el procesador central ACARS esté ubicado en las mismas instalaciones del procesador central del D-ATIS.

4.3 VOLMET y D-VOLMET

4.3.1 Introducción

De acuerdo con lo que consta en el Anexo 3 de la OACI, el Servicio de Información Meteorológica para Aeronaves en Vuelo (VOLMET) provee a las aeronaves en vuelo informaciones de METAR, SPECI, TAF y SIGMET actuales por medio de radiodifusores orales continuos y repetitivos.

Las tripulaciones necesitan, constantemente, de datos meteorológicos relativos a los aeródromos de salida, de llegada, alterno, así como de la ruta pretendida para que se realice un planeamiento adecuado de sus vuelos.

La información meteorológica para la planificación por parte del explotador para sus aeronaves en vuelo se proporcionará, a solicitud, según se convenga entre la autoridad o las autoridades meteorológicas y el explotador interesado con la utilización de VHF o HF. Con eso, se exige atención especial de la tripulación para el entendimiento del texto y la transcripción, porque las informaciones son susceptibles a errores de interpretación y pueden presentar dificultades de recepción debido a posibles interferencias en la señal

Para que se tenga una idea del esfuerzo empleado para que se provea el servicio de VOLMET, se presenta, en la Figura 18, la cobertura VHF en territorio brasileño para el FL 300.

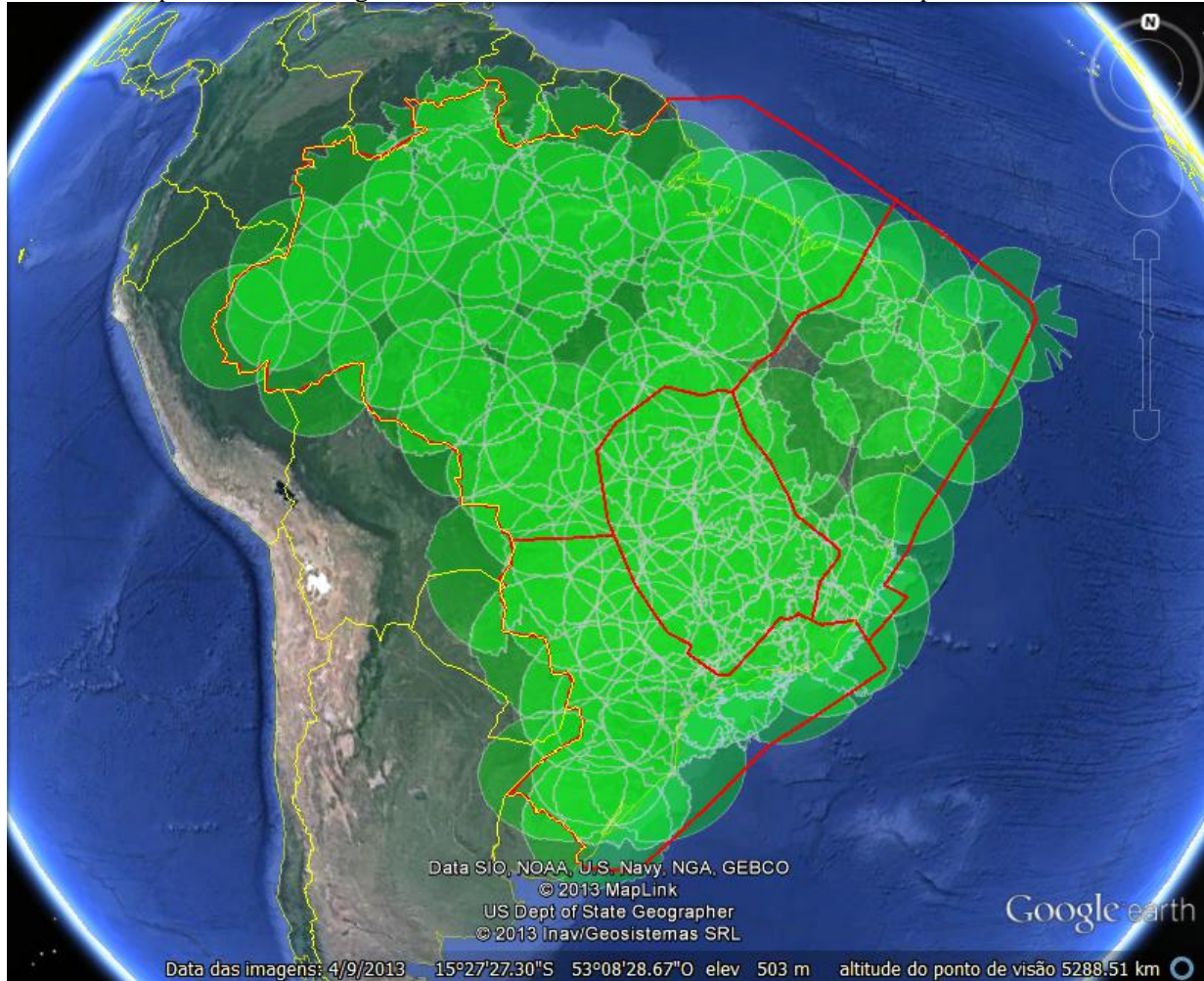


Figura 18: Cobertura VHF VOLMET en Brasil

En resumen, se tiene casi un ciento de equipos VHF por todo el territorio brasileño de modo que se tenga una cobertura compatible con las FIR continentales solamente para el servicio de VOLMET. Además de las cuestiones de mantenimientos y de logística, cabe enfatizarse que en los ACC de Brasil se provee el servicio en consolas operadas por meteorólogos que se revezan en la posición operacional.

4.3.2 VOLMET por enlace de datos (D-VOLMET)

El D-VOLMET amplía la confiabilidad del VOLMET convencional, pues la utilización de mensajes por medio de datos, en la forma escrita, facilita la recepción y la interpretación del contenido, además de reducir la carga de trabajo de pilotos y de controladores de tránsito aéreo.

En el caso de Brasil, se vislumbra la posibilidad de sustituirse el servicio convencional por el provisto por medio del enlace de datos. Así, desde octubre de 2012 el D-VOLMET fue puesto en operación en Brasil.

Con el sistema D-VOLMET, los datos meteorológicos son transmitidos por intermedio de la red de enlace de datos ACARS así que son requeridos por la tripulación con el uso del equipo de bordo MCDU. La información meteorológica será exhibida en el *display* y podrá ser impresa en cualquier momento. Eso representa un incremento considerable en la eficiencia y seguridad de las actividades de vuelo, pues minimiza la carga de trabajo del piloto y elimina los posibles errores de interpretación del mensaje. La Figura 19 describe la interface de entrada de requisiciones MCDU para las tripulaciones.

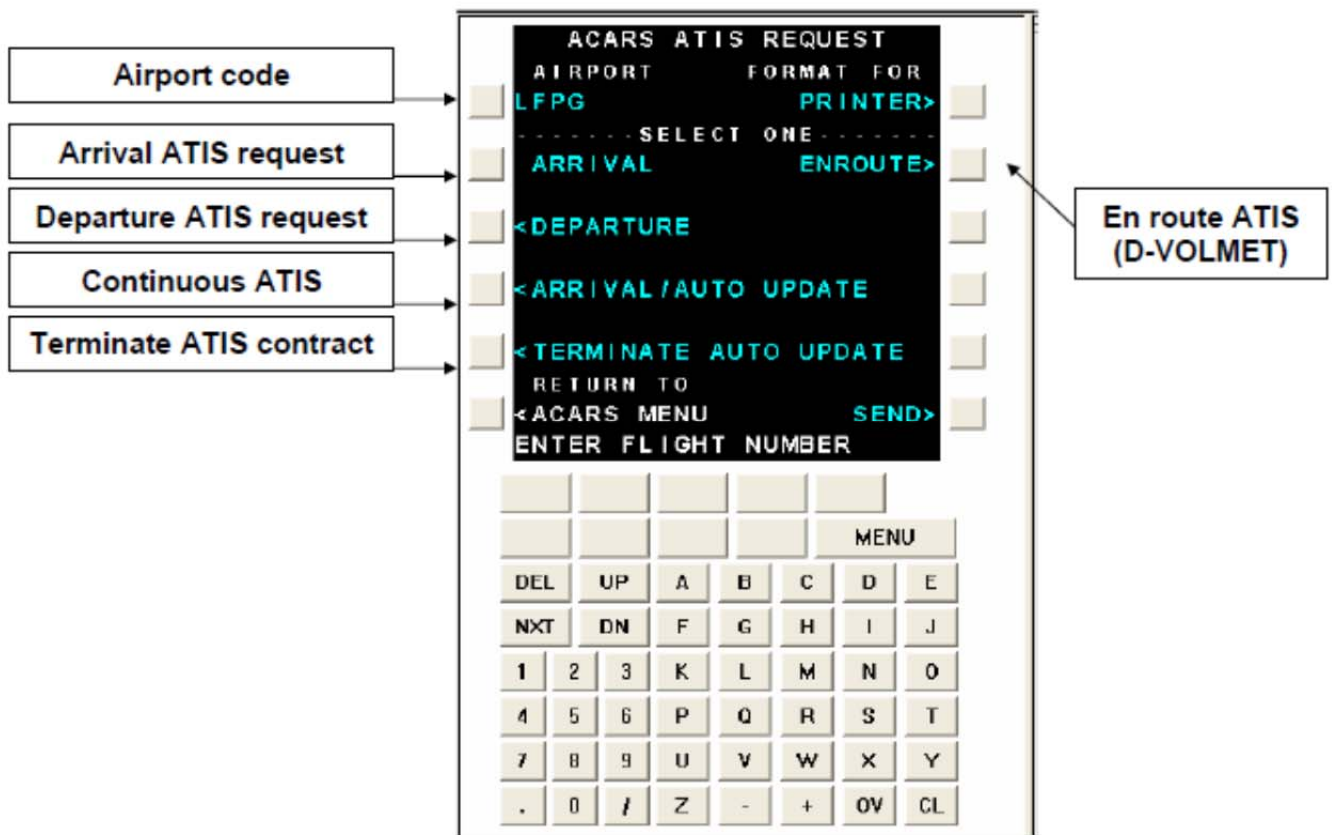


Figura 19: Equipo MCDU para la Entrada de Requisiciones de Mensajes ACARS

Como descrito en la Figura 19, el equipo MCDU permite que el piloto seleccione la opción correspondiente al D-VOLMET y digite el código de la localidad referente al aeropuerto o FIR de interés para el vuelo.

Al insertar un indicativo de localidad de FIR, el servicio de información D-VOLMET suministra los respectivos mensajes SIGMET que esté en vigor en la respectiva FIR, lo que es presentado en la pantalla. Cuando ningún mensaje esté disponible, es presentado un mensaje NIL SIGMET.

Por su turno, cuando se insiere un indicativo de localidad de un aeródromo, el servicio D-VOLMET suministra los mensajes METAR/SPECI o TAF

En términos de infraestructura de servidores para la implantación del D-VOLMET, se puede tomar en cuenta que las informaciones serán almacenadas en un servidor de banco de datos meteorológicos, siendo que en Brasil el nombre de dicho banco de datos es llamado de Banco OPMET, que es alimentado por la INTERNET o por la INTRANET del *Departamento de Controle do Espaço Aéreo* (DECEA) a partir de las fuentes de datos provenientes de los aeropuertos.

La Figura 20 da un resumen de la topología. En la figura las requisiciones enviadas por la tripulación son conmutadas por el Procesador Central y llegan al Servidor Central de Meteorología. A partir de este punto, las consultas son hechas al Banco de Datos de Meteorología, lo que puede también pasar por una subred de comunicaciones terrestre.

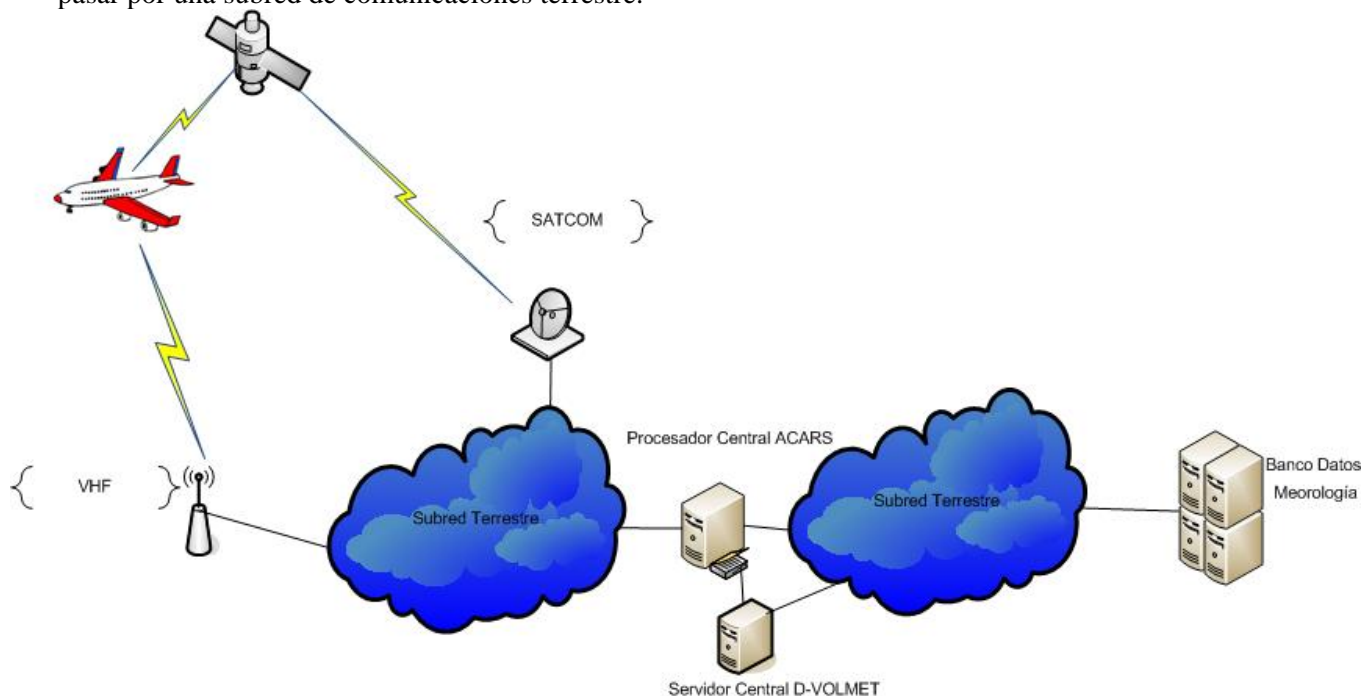


Figura 20: Arquitectura Básica del Sistema D-VOLMET

4.4 Departure Clearance (DCL)

En las operaciones de *Clearance* convencional el piloto presenta su plan de vuelo y después de terminar el chequeo de pre vuelo llama a la posición referente de la torre de control, en una frecuencia VHF, y solicita informaciones sobre la posible aprobación del plan de vuelo.

Por su turno, el controlador de tránsito aéreo reconoce la llamada y chequea las condiciones referentes al plan de vuelo en su pantalla. Después el controlador llama al piloto y lee la información de *clearance*. Caso autorizado, el piloto llama a la posición concerniente para la solicitud de la autorización para la partida de los motores.

Todo el proceso representa demasiada carga de trabajo, principalmente en la hora pico, pérdida de tiempo para la tripulación y controladores, además de poder ocurrir problemas de interpretación del contenido de las informaciones.

Como ocurre con las otras aplicaciones de enlace de datos, el uso de DCL representa un incremento considerable en la eficiencia y seguridad de las actividades de vuelo, pues minimiza la carga de trabajo del piloto y elimina los posibles errores de interpretación del mensaje.

La Figura 21 presenta una arquitectura posible para el DCL. Como ejemplo práctico de Brasil, donde el DCL está siendo paulatinamente implantado, las operaciones de *clearance* tuvieron una disminución de tiempo de algunos minutos para menos de un minuto en los aeropuertos que ya tienen el servicio operacional.

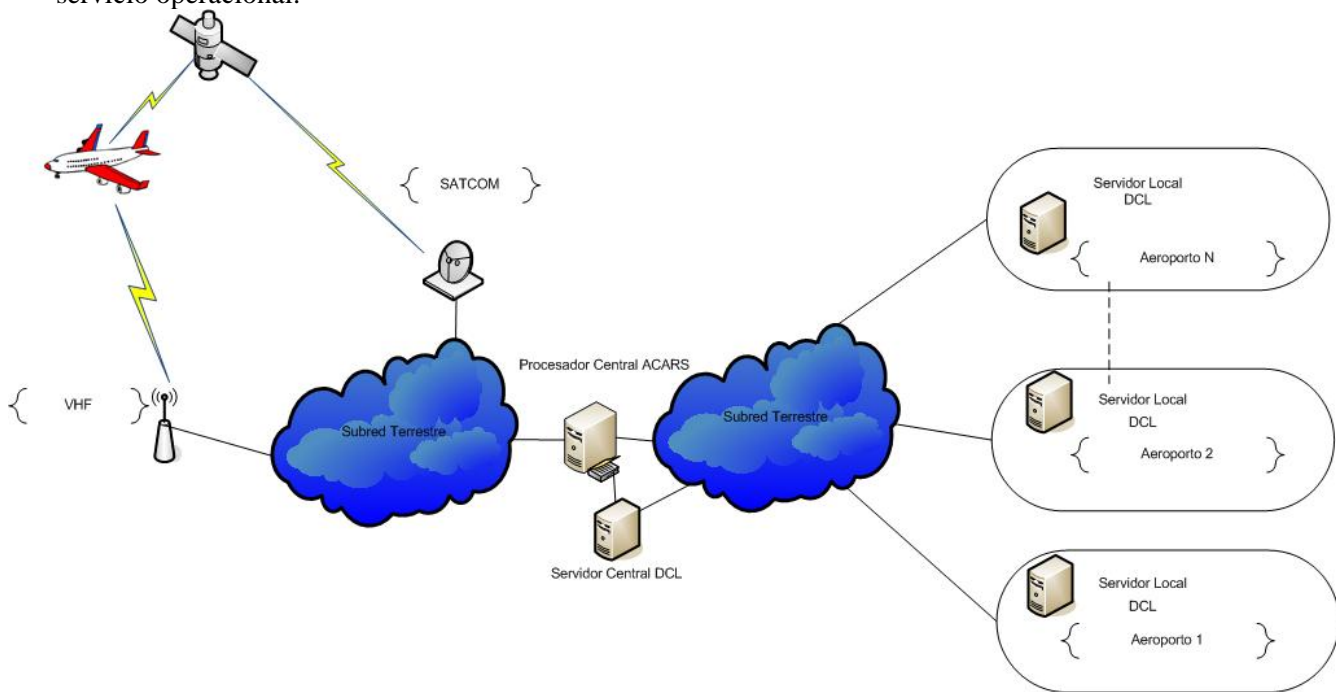


Figura 21: Arquitectura Básica para DCL

Una observación importante y que puede representar un ahorro de costos en la inversión necesaria es que el Servidor Central DCL, D-ATIS y D-VOLMET pueden ser un mismo equipo. Lógicamente, para que se garantice los requisitos de disponibilidad compatibles con el Doc 9694 se sugiere que sean instalados equipos servidores dobles en el *data center* correlato.

5. CONSIDERACIONES A LOS ESTADOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE ENLACE DE DATOS

5.1 Consideraciones generales contribuyentes a la toma de decisiones

La decisión para la implantación de enlace de datos en los Estados de la Región SAM involucra una serie de factores claves que serán presentados en este capítulo. Es importante tomar en cuenta que la decisión no lleva en consideración solamente aspectos técnicos y operacionales, sino aquellos referentes a la política y estrategia de un Estado concerniente a la implantación de su infraestructura de soporte a los enlaces de datos y a las aplicaciones concernientes.

5.1.1 Concepción operacional

Conforme mencionado en la **Sección 2.1 (Introducción)**, el establecimiento de una Concepción Operacional ATM en un Estado es el punto de partida para la implantación de enlace de datos. Los Estados no están aislados y en el concepto del espacio aéreo continuo las iniciativas regionales y globales, en esta orden, deben ser consideradas. Con esto, lo ideal es que al inicio se considere el contenido del Plan de Implantación del Sistema de Navegación Aérea Basado en Rendimiento para la Región SAM (SAM PBIP) y la Cuarta Edición del Plan mundial de navegación aérea, 4ª Edición (GANP) (Doc 9750).

Las instituciones relacionadas con la gestión de tránsito aéreo (CAA, ANSP), deberían desarrollar una estrategia de evolución destinada a proporcionar beneficios para la comunidad ATM con implementación ordenada, segura y con una relación costo beneficio favorable. Debe ser llevado en cuenta que la evolución de la implantación de la concepción desarrollada está relacionada a la capacidad instalada a bordo de las aeronaves, conforme descrito en la **Sección 2.3 (Equipos de Bordo)**.

5.1.2 Implantación de la subred aire-tierra

En la **Sección 2.4 (Infraestructura Tierra-Aire)** se trata de las posibilidades para la implantación de las arquitecturas aire-tierra, donde se reflejan las posibilidades de que los equipos de VHF sean de propiedad de la CAA o del proveedor de servicios DSP. También fue tratada la decisión de Brasil para modernización de la plataforma de enlace de datos por medio de concesión de los servicios, cuyos aspectos principales están el **Apéndice F**.

En lo que respecta a los aspectos técnicos, la toma de decisión del nivel de vuelo (FL) de cobertura global del territorio de un Estado es clave, pues determina la cantidad de estaciones remotas que serán instaladas y, como ejemplo, se cita el caso de Brasil donde se decidió por la cobertura en el FL 245. También en la **Sección 2.4 (Infraestructura Tierra-Aire)**, son tratados los aspectos técnicos que podrían ser considerados por los Estados en la implantación de los equipos VHF (ACARS, VDL *Mode 2*).

En todo el texto, en especial en las Secciones **2.4 (Infraestructura Tierra-Aire)** y **3.2 (Enlace de Datos en el Área Oceánica – ACC-AO Brasil)** se mencionó que en áreas oceánicas solamente es posible la utilización de SATCOM y HF DL. Por ende, esto es un punto clave en la toma de decisión del modelo de implantación de la infraestructura en el área continental por VHF (ACARS y/o VDL *Mode 2*) principalmente por las cuestiones financieras involucradas en las inversiones en estaciones remotas y equipos de bordo. Si una CAA decide por la política de implantación de estaciones remotas en su país, es importante que los explotadores comprendan las ventajas (financiera, técnica y operacional) en la utilización de la plataforma al revés del uso, por ejemplo, de SATCOM.

Como todos los equipos de telecomunicaciones, la tecnología evoluciona y los Estados y CAA deberían llevar en cuenta las acciones de la OACI y programas individuales de Estados y Regiones en lo que concierne a las nuevas arquitecturas, conforme detallado en la **Sección 2.4.3 (Future Communication Infrastructure)**.

5.1.3 **Implantación de la subred tierra-tierra**

En la **Sección 2.5 (Subredes de Comunicación Tierra-Tierra)** se presentan aspectos importantes que debieran ser tomados en consideración para garantizar la disponibilidad de la subred terrestre como parte de la cadena fin a fin entre las aeronaves y dependencias ATC.

Asimismo, considerando que las subredes tierra-tierra son basadas en IP, se mencionan los principales documentos que deberían ser tomados en cuenta por la Región y Estados en la implantación de las redes tales como: el Doc OACI 9896 – Manual para la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN), Guía de Orientación para la Implementación de Redes Nacionales Digitales en Protocolo IP, Política de Enrutamiento para la Región SAM y Guía de Orientación de Seguridad para la Implantación de Redes IP.

5.2 **Consideraciones específicas para la implantación de CPDLC y ADS-C**

En la **Sección 3.2 (Enlace de Datos en el Área Oceánica – ACC-AO Brasil)**, se destacó que para la implementación de CPDLC y ADS-C los sistemas que podrían ser tomados en cuenta por los Estados que poseen FIR oceánicas deben ser dotados de capacidad de visualización y tratamiento de planes de vuelo, bien como la capacidad de realizar el acompañamiento de la progresión de vuelos, realizar la predicción de conflictos en trayectorias fijas y aleatorias, tratamiento automatizado de mensajes FPL y capacidad de emitir alertas en situaciones de conflicto de corto y medio plazos, además de ser capaz de cambiar mensajes automáticamente con los centros continentales limítrofes.

Con respecto a la visualización de los datos ADS-C, debería estar disponible en todas las consolas de operación, integrada con las informaciones de los radares de vigilancia.

Además, considerando la posibilidad de que haya aeronaves no equipadas con la capacidad de enlace de datos para las aplicaciones de CPDLC y ADS-C, se debería mantener equipos HF que puedan dar la mayor disponibilidad posible, teniendo en cuenta los problemas de propagación descriptos.

Cabe decir que mientras no se tenga la Red ATN implantada, el uso de CPDLC y ADS-C con el uso de ACARS podría ser utilizada por los Estados en rutas continentales remotas, siguiendo la concepción operacional establecida en un Estado en consonancia a las acciones que serían necesarias por los explotadores para la instalación de la aviónica correlata y la dotación de los sistemas necesarios en las dependencias ATC involucradas.

Por fin, la Sección 3.2 trata de las responsabilidades de las CAA y explotadores para que se tenga la operatividad de los servicios de CPDLC y ADS-C y las acciones que deberían ser tomadas por base en la hora de aprobarse los procedimientos, de acuerdo al establecido en el Anexo 6 de la OACI, el Reglamento Latino americano (LAR) 121 Capítulo H : Instrumentos y Equipos y en el Manual del Inspector de Operaciones (MIO) del SRVSOP:

5.3 **Consideraciones específicas para la implantación de aplicaciones PRE FANS**

En el **Capítulo 4 Aplicaciones PRE FANS**, fueron considerados los requisitos básicos para la implantación de las aplicaciones orientadas a carácter y las ventajas en relación a los servicios tradicionales.

Específicamente, las principales aplicaciones que deberían ser consideradas por las CAA serían el D-VOLMET, D-ATIS y DCL. La implantación de los servicios involucra la instalación de servidores que pueden ser de propiedad de una CAA, ANSP o DSP.

La decisión para ejecutar la implantación de los servidores debe llevar en consideración aspectos económicos, técnicos y operacionales. Debe ser observado que mientras se tenga pocos aeropuertos con las funcionalidades de enlace de datos, puede adoptarse la solución de servidores locales para D-ATIS y DCL. Si el número de aeropuertos es considerable, se debiera llevar en cuenta la implantación de servidores centrales que recibirían las informaciones de los remotos y las enviarían, por intermedio del procesador central, hacia las estaciones remotas.

Con relación al servicio de D-VOLMET, se considera conveniente la instalación de un banco de datos central, como el Banco OPMET de Brasil, que reciba las informaciones de los aeropuertos y las transmitan, bajo demanda, a las aeronaves, pasando por el procesador central.

APENDICE A

ENLACE DE DATOS EN EL PLAN DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN AÉREA BASADO EN RENDIMIENTO PARA LA REGIÓN SAM (SAM PBIP)

1. **B0-40 TBO: Mayor seguridad operacional y eficiencia mediante la aplicación inicial de servicios de enlace de datos en ruta**

Introducción

1.1 Los intercambios de datos aire-tierra han sido objeto de décadas de investigación y de trabajo de normalización, y son un ingrediente esencial de los conceptos operacionales futuros, ya que pueden transmitir de manera fiable información más completa que la que se puede transmitir por radio. Existen muchas tecnologías que se han instalado extensamente en las aeronaves, con frecuencia también por razones de control de las operaciones aeronáuticas (AOC) y de comunicaciones administrativas de las líneas aéreas (AAC). En años recientes se han empezado a ver en ATM varias aplicaciones, pero no se han implementado totalmente. Además se está trabajando para asegurar que las aplicaciones sean interoperables con distintos sistemas de aeronave, tarea que está realizando con prioridad el Grupo de expertos sobre enlaces de datos operacionales (OPLINKP). Este módulo incluye lo que está disponible y puede usarse ya de manera más generalizada.

1.2 Un elemento del módulo es la transmisión de información sobre la posición de la aeronave, constituyendo el contrato de la vigilancia dependiente automática (ADS-C), principalmente para áreas oceánicas y remotas en donde por razones físicas o económicas no puede instalarse un radar.

1.3 Un segundo elemento son las comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto (CPDLC) que incluye un primer conjunto de aplicaciones de enlace de datos que permite que los pilotos y los controladores intercambien mensajes de ATC sobre manejo de las comunicaciones, autorizaciones de ATC y micrófonos trabados. Las CPDLC reducen los malos entendidos, así como el volumen de trabajo del controlador, aumentando la seguridad y la eficiencia y al mismo tiempo dando capacidad adicional al sistema ATM.

Línea de base

1.4 Antes de este módulo las comunicaciones aire-tierra se hacían por radio (VHF o HF dependiendo del espacio aéreo), con limitaciones en términos de calidad, ancho de banda y seguridad. También hay grandes extensiones en el mundo sin vigilancia de radar. Las instrucciones de ATC, los informes de posición y otra información deben transmitirse por radio en HF, con una calidad de la voz particularmente deficiente la mayor parte del tiempo, lo cual conduce a un aumento considerable del trabajo de los controladores y de los pilotos (incluyendo a los operadores de radio HF), un conocimiento deficiente de la situación del tráfico fuera de la cobertura radar, separaciones mínimas grandes y malos entendidos. En un espacio aéreo de alta densidad, los controladores actualmente pasan el 50% de su tiempo hablando con los pilotos por los canales de voz VHF, cuyas frecuencias son un recurso escaso; esto también representa un trabajo considerable para los pilotos y controladores y una fuente de malos entendidos.

Cambios introducidos por el módulo

1.5 En este módulo se implementa un primer conjunto de aplicaciones de enlace de datos que cubre ADS-C, CPDLC y otras aplicaciones para ATC. Éstas mejoran significativamente la forma de prestar ATS, como se describe en la siguiente sección.

1.6 Un objetivo importante del concepto operacional de ATM mundial en cuanto a los enlaces de datos es armonizar las implementaciones regionales y acordar una definición técnica y operacional común, aplicable a todas las regiones de vuelo en el mundo. Esto se prevé lograr mediante los cambios del Bloque 1. Por el momento, la utilización del enlace de datos se basa en normas, tecnología y procedimientos operacionales diferentes, aunque hay muchas similitudes.

Elemento 1: ADS-C en áreas oceánicas y remotas

1.7 La ADS-C presta un servicio de vigilancia dependiente automática en áreas oceánicas y remotas, utilizando los mensajes de posición que envían automáticamente las aeronaves por enlace de datos, a intervalos de tiempo específicos. Esta mejor conciencia de la situación (combinada con niveles apropiados de PBN) está mejorando la seguridad operacional en general y permite reducir la separación entre aeronaves y alejarse progresivamente de los medios de control puramente por procedimientos.

Elemento 2: CPDLC continental

1.8 Esta aplicación permite que los pilotos y controladores intercambien mensajes con una transmisión de mejor calidad. En particular, presenta una forma de alertar al piloto cuando el micrófono está trabado, y un medio de comunicaciones complementario. Las CPDLC se usan como medio de comunicaciones suplementario. El medio primario sigue siendo el de las comunicaciones de voz.

1.9 En espacio aéreo continental denso, pueden reducir significativamente el volumen de las comunicaciones, lo cual permite que el controlador organice mejor sus tareas, en particular al no tener que interrumpirlas para responder inmediatamente a una radiocomunicación. Son un medio más fiable para la transmisión y la comprensión de los cambios de frecuencias, niveles de vuelo, información de vuelo, etc., que aumenta la seguridad operacional y reduce el número de malos entendidos y repeticiones.

Mejoras operacionales previstas

1.10 En el *Manual sobre la actuación mundial del sistema de navegación aérea* (Doc 9883) se proponen parámetros para medir el éxito del módulo.

Elemento 1: ADS-C en áreas oceánicas y remotas

Capacidad

1.11 Mejor localización del tránsito y reducciones en la separación que aumentan la oferta de capacidad.

Eficiencia

1.12 Las rutas/derrotas y vuelos pueden tener separaciones mínimas reducidas, lo cual permite las rutas flexibles y perfiles verticales más cercanos a los preferidos por los usuarios.

Flexibilidad

1.13 La ADS-C facilita los cambios de ruta

Seguridad operacional

1.14 Mayor conciencia de la situación; redes de seguridad basadas en la ADS-C, tales como supervisión del respeto de los niveles y rutas autorizados, advertencia de penetración en zona de peligro; más apoyo para búsqueda y salvamento

Análisis de costo/beneficio

1.15 El estudio económico ha resultado positivo debido a las ventajas que obtienen los vuelos en términos de eficiencia de vuelo (mejores rutas y perfiles verticales; mejor resolución táctica de conflictos). Cabe señalar la necesidad de sincronizar la instalación en tierra y a bordo para asegurar que se presten los servicios de tierra cuando las aeronaves estén equipadas, y que una proporción mínima de vuelos en el espacio aéreo considerado esté debidamente equipada.

Elemento 2: CPDLC continental**Capacidad**

1.16 Reducción de las comunicaciones y mejor organización del trabajo del controlador, lo cual permite aumentar la capacidad del sector.

Seguridad operacional

1.17 Mayor conciencia de la situación; menos malos entendidos; solución a las situaciones de micrófonos trabados.

Análisis de costo/beneficio

1.18 Debe tomar en consideración:

- a) las ventajas para los vuelos en términos de eficiencia de vuelo (mejores rutas y perfiles verticales; mejor resolución táctica de conflictos); y
- b) menos volumen de trabajo para el controlador y mayor capacidad.

Procedimientos necesarios (aire y tierra)

1.19 Se describieron procedimientos, y se incluyeron en el *Manual de aplicaciones de enlace de datos para los servicios de tránsito aéreo* (Doc 9694) y en el Documento de orientaciones mundiales para las operaciones por enlace de datos (GOLD) de la OACI. Actualmente se están fusionando las orientaciones operacionales del GOLD y LINK2000+ en una actualización del GOLD que contempla la aplicabilidad mundial, independientemente del espacio aéreo y la tecnología.

Capacidad necesaria del sistema

Aviónica

1.20 Ya se cuenta con normas para esta tecnología en documentos de la OACI y normas de la industria. En la actualidad las aplicaciones de enlace de datos se basan en dos conjuntos de servicios ATS de enlace de datos: FANS 1/A y ATN B1, que seguirán existiendo. El FANS1/A se usa en regiones oceánicas y remotas, mientras que ATN B1 se está implantando en Europa de conformidad con la legislación de la Comisión Europea (EC Reg. No. 29/2009) – la reglamentación para la implantación de servicios de enlace de datos.

1.21 Estos dos paquetes tienen diferencias en términos operacionales, de seguridad y de rendimiento, y no comparten la misma tecnología, pero hay muchas similitudes y pueden integrarse gracias a la resolución de algunos problemas operacionales y técnicos mediante soluciones provisionales como la aceptación de los sistemas FANS 1/A de aeronave en las instalaciones ATN B1 en tierra y doble instalación (FANS 1/A y ATN B1) en la aeronave.

Sistemas terrestres

1.22 La tecnología necesaria en los sistemas terrestres incluye la capacidad de administrar contratos ADS-C y de procesar y presentar los mensajes de posición de ADS-C. Los mensajes de CPDLC deben procesarse y presentarse en la dependencia pertinente de ATC. La vigilancia, mejorada por la fusión de datos de varios sensores, facilita la transición hacia/desde el entorno radar.

Consideraciones de factores humanos

1.23 La ADS-C es un medio para presentar al controlador del tránsito aéreo una representación directa de la situación del tráfico y reducir el trabajo de los controladores o los radiooperadores de recopilar los informes de posición. Además de establecer otro canal de comunicaciones, las aplicaciones de enlace de datos permiten, en particular, que los controladores organicen mejor su trabajo táctico. Tanto los pilotos como los controladores se benefician de un menor riesgo de mala comprensión en comparación con las comunicaciones orales.

1.24 Las comunicaciones de datos reducen la congestión de los canales de voz, mejoran la comprensión y permiten un manejo más flexible de los intercambios de información aire-tierra. Esto implica una evolución en el diálogo entre pilotos y controladores, quienes deben entrenarse para usar el enlace de datos en lugar de las radiocomunicaciones. Tanto el piloto como el controlador requieren apoyo de la automatización. En general sus responsabilidades respectivas no cambiarán.

1.25 Los factores humanos se tuvieron en cuenta durante la etapa de desarrollo de los procesos y procedimientos de este módulo. Al prever la automatización, se consideró la interfaz entre el ser humano y la máquina desde las perspectivas funcional y ergonómica. Sin embargo, todavía existe la posibilidad de que haya fallas latentes, y se requiere atención durante toda la actividad de implementación. A este respecto se pide que cualquier problema relacionado con factores humanos que se identifique durante la implementación se notifique a la comunidad internacional, por conducto de la OACI, como parte de cualquier iniciativa de informes sobre seguridad operacional.

Requisitos de instrucción y competencia

1.26 El piloto y el controlador requerirán apoyo automatizado, por lo cual tendrán que capacitarse para trabajar en el nuevo entorno y para identificar las aeronaves e instalaciones que pueden manejar servicios de enlace de datos en entornos mixtos.

1.27 Para este módulo se requiere instrucción sobre las normas y procedimientos operacionales que figuran en los documentos citados en la sección “Documentos de referencia y textos de orientación” de este módulo. Asimismo, los requisitos en términos de competencia se identifican en los requisitos normativos en los párrafos 15.28 a 15.30.

Necesidades de reglamentación/normalización y plan de aprobación (aire y tierra)

1.28 Reglamentación/normalización: utilizar los requisitos actuales publicados que incluyen los mencionados en la Sección 8.4. Debe también tomarse nota de que se están preparando las nuevas orientaciones OPLINK OPS de la OACI.

1.29 Planes de aprobación: deben coincidir con los requisitos de aplicación.

1.30 El grupo de trabajo *ad hoc* GOLD está trabajando en una actualización del GOLD-Ed 1 en el contexto de la armonización de procedimientos independientemente del espacio aéreo y de la tecnología.

Documentos de referencia y textos de orientación

- Doc 9694 de la OACI, *Manual de aplicaciones de enlace de datos para los servicios de tránsito aéreo*.
- Documento de orientaciones mundiales para las operaciones por enlace de datos (GOLD) Ed 2 (en preparación)
- Regla de la Comisión (CE) No 29/2009 del 16 de enero de 2009 que establece los requisitos relativos a los servicios de enlace de datos para el cielo único europeo.
- EUROCAE ED-100A/RTCA DO-258A, Requisitos de interoperabilidad para aplicaciones ATS usando comunicaciones de datos ARINC 622.
- EUROCAE ED-110B/RTCA DO-280B, Norma de requisitos de interoperabilidad para la red de telecomunicaciones aeronáuticas, *Baseline 1* (Interop ATN B1).
- EUROCAE ED-120/RTCA DO-290, Norma de requisitos en seguridad y funciones para los servicios iniciales de enlace de datos para tránsito aéreo en espacio aéreo continental (SPR IC).

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

- EUROCAE ED-122/RTCA DO-306, Norma de seguridad y funciones para los servicios de enlace de datos para tránsito aéreo en espacio aéreo oceánico y remoto (*Oceanic SPR Standard*).
- EUROCAE ED-154A/RTCA DO-305A, Norma de interoperabilidad FANS 1/A – red de telecomunicaciones aeronáuticas (FANS 1/A – ATN B1 Interop Standard).

Resumen del módulo

Título del módulo:						
B0-40 TBO: Mayor seguridad operacional y eficiencia mediante la aplicación inicial de servicios de enlace de datos en ruta						
<u>Elementos:</u>		<u>Equipo/Aire</u>		<u>Equipo/Tierra</u>		
1. ADS-C sobre áreas oceánicas y remotas		- FANS 1/A; ATN B1		- ADS-C		
2. CPDLC continental				- VDL Modo 2/ CPDLC continental		
Supervisión de la implantación e impacto en el rendimiento						
<u>Avance en la implementación</u>		Beneficios cualitativos de rendimiento asociados únicamente con cinco principales KPAs				
1. Indicador: <i>Porcentaje de CPDLC implementadas en FIR con áreas oceánicas y remotas</i>		<u>KPA- Acceso/ Equidad</u>	<u>KPA- Capacidad</u>	<u>KPA-Eficiencia</u>	<u>KPA-Medio ambiente</u>	<u>KPA-Seguridad operacional</u>
		No aplicable	Una mejor localización del tráfico y una menor separación permiten aumentar la capacidad. Menor carga de trabajo en las comunicaciones y mejor organización de las tareas de los controladores, aumentando así la capacidad de los sectores	Se puede reducir la separación mínima de las rutas/derrotas y vuelos, permitiendo la aplicación de encaminamientos flexibles y perfiles verticales más cercanos a los preferidos por los usuarios	Menor cantidad de emisiones como resultado de un menor consumo de combustible	Las redes de seguridad basadas en la ADS-C apoyan el monitoreo del cumplimiento con los niveles autorizados, el monitoreo del cumplimiento con las rutas, los avisos de violación de zonas peligrosas y una mejor búsqueda y salvamento. Menores ocurrencias de malos entendidos; solución a situaciones de micrófono trabado (<i>stuck microphone</i>)

APENDICE B

FORMATOS DE OBJETIVO DE PERFORMANCE (ENLACE DE DATOS)

OBJETIVO DE RENDIMIENTO REGIONAL: <u>SAM ATM/06</u> MEJORAR LA CONCIENCIA SITUACIONAL ATM				
Beneficios				
Seguridad Operacional	<ul style="list-style-type: none"> • La disponibilidad de datos electrónicos del terreno y los obstáculos en el puesto de pilotaje permite una reducción del número de accidentes CFIT • La mejora de la consciencia situacional proporciona datos que facilitan la toma de decisiones operativas, reforzando la seguridad operacional 			
Protección del Medio ambiente y desarrollo sostenible del transporte aéreo	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilancia de tránsito aéreo mejorada proporciona una reducción en la separación entre aeronaves, permitiendo una mejor afluencia de tránsito aéreo y ampliando la capacidad ATC • Contribuye a colaboración entre tripulación de vuelo y el sistema ATM • Contribuye en toma de decisiones en colaboración (CDM) a través de la compartición de información de datos aeronáuticos • Reducción de la carga de trabajo para pilotos y controladores 			
Métricas				
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de accidentes CFIT • Reducción del número de errores operacionales, incluyendo los LHD. 				
<i>Estrategia 2012 – 2018</i>				
COMPO- NENTES OC ATM	TAREAS	PERIODO INICIO-FIN	RESPONSABI- LIDAD	SITUACIO N
ATM-SDM AO CM	a) Elaborar un plan de acción para la mejora de la consciencia situacional de pilotos y controladores	(*) - 2012	Proyecto Regional	Válida
	b) implantar sistemas de proceso de datos de plan de vuelo (nuevo formato FPL) y herramientas de comunicación de datos entre ACC	(*) – 2014	Estados	Válida
	c) Implantar tecnologías de vigilancia ATS y sus aplicaciones según sea requerido	2012 – 2018+	Estados	Válida
	d) Implantar sistemas de comunicaciones aire-tierra a través de enlace de datos (ADS-C/CPDLC en espacios aéreos oceánicos, ADS-B, D-ATIS, DCL, D-VOLMET, etc.)	(*) – 2018+	Estados	Válida
	e) implantar herramientas de apoyo avanzadas de automatización para contribuir a la compartición de la información aeronáutica	2015 – 2018+	Estados	Válida
	f) monitorear el desarrollo de la implantación	(*) – 2018+	GREPECAS	Válida
Vínculo con las GPI	GPI/1: uso flexible del espacio aéreo; GPI/6: gestión de afluencia de tránsito aéreo; y GPI/7: gestión dinámica y flexible de rutas ATS; GPI/9: consciencia situacional; GPI/13: diseño y gestión de aeródromos; GPI/14: operaciones en la pista; y GPI/16: apoyo a las decisiones y sistemas de alerta; GPI/17: implantación de aplicaciones de enlace de datos; GPI/18: información aeronáutica; GPI/19: sistemas meteorológicos, GPI/22: Infraestructura de comunicación.			

(*) Indica que la tarea se ha iniciado previamente al plazo considerado para esta planificación.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

OBJETIVO DE RENDIMIENTO REGIONAL: <u>SAM CNS/02</u>				
SERVICIO MOVIL AERONAUTICO EN LA REGION SAM				
Beneficios				
Seguridad Operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de los errores operacionales en coordinaciones entre ACC Adyacentes haciendo las coordinaciones ATS más eficientes; y • Reducción de la carga de trabajo al piloto y el controlador. 			
Protección del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Transporte Aéreo	<ul style="list-style-type: none"> • Aseguramiento de la cobertura y calidad de las comunicaciones en el servicio ATS; • Incremento de la disponibilidad de las comunicaciones para el servicio ATS; • Apoyo al servicio AIM/MET; y • Aseguramiento del espectro de radiofrecuencia para el servicio de comunicación, asignado a la aviación. 			
Métrica				
<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cumplimiento de la Tabla FASID 2-A; • Número de sistemas CPDLC implantados; • Número de sistemas DCL implantados; • Número de sistemas D-ATIS implantados; y • Número de sistemas VOLMET implantados. 				
Estrategia 2012 - 2018				
COMPONENTES OC ATM	TAREAS	PERIODO INICIO-FIN	RESPONSABILIDAD	SITUACION
AOM ATM- SDM DCB CM	a) Completar la implantación de los servicios requeridos en la tabla CNS 2-A “Servicio Móvil Aeronáutico SMAS”	(*) - 2014	Estados	Válida
	b) En ruta Continental: Completar cobertura de comunicaciones VHF en espacio aéreo inferior, donde las operaciones así lo requieran.	2012- 2015	Estados	Válida
	c) Implantar el CPDLC área oceánica, manteniendo el servicio HF como respaldo	(*) - 2018	Estados	Válida
	d) Implantar el CPDLC en área continental seleccionada.	2012- 2018	Estados	Válida
	e) Área Terminal: Implantación de canales VHF diferentes para los servicios de torre de control y APP en todos los aeropuertos donde se utiliza un solo canal para atender los servicios de APP y torre de control	(*) - 2015	Estados	Válida
	f) Implantación de servicios DCL en aeródromos seleccionados	2016-2018	Estados	Válida
	g) Implantación de servicios D-ATIS en aeródromos seleccionados	2012-2017	Estados	Válida
	h) Implantación de servicios VOLMET (por voz y por datos)	(*) - 2018	Estados	Válida
	i) Garantizar la protección del espectro de radiofrecuencia utilizados para los servicios de comunicaciones actuales y futuros previstos	(*) -2018	Estados OACI	Válida
	j) Monitorear el avance de la implantación	2012-2018	GREPECAS	Válida
Vínculo con las GPI	GPI/6: ATFM, GPI/9: Conciencia situacional, GPI/17: Aplicaciones de enlaces de datos, GPI/19: Sistemas meteorológicos, GPI/22: Infraestructura de comunicación, GPI 23: Radioespectro aeronáutico			

(*) Indica que la tarea se ha iniciado previamente al plazo considerado para esta planificación.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

OBJETIVO DE RENDIMIENTO REGIONAL : <u>SAM CNS/04</u> SERVICIO DE VIGILANCIA ATS EN LA REGION SAM				
Beneficios				
Seguridad Operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de conciencia situacional ATM; • Mejora en coordinaciones ATS reduciendo errores operacionales en coordinaciones entre ACC adyacentes; y • Reducción de carga de trabajo al piloto y controlador. 			
Protección del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Transporte Aéreo	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita el suministro ATS; • Aumento de la capacidad del espacio aéreo; • Soporta la implantación del PBN y rutas aleatorias; y • Optimización de recursos al compartir información. 			
Métricas				
<ul style="list-style-type: none"> • Número de sistemas ADS-C en FIR oceánicos implantados; • Número de ACC´s adyacentes con intercambio de datos de vigilancia ATS; • Porcentaje de espacio aéreo en ruta para niveles superiores con cobertura ADS-B; y • Número de sistemas A-SMGCS implantados. 				
<i>Estrategia 2012 – 2018</i>				
COMPO- NENTES OC ATM	TAREAS	PERIODO INICIO-FIN	RESPONSABILID AD	SITUACION
AOM AO TS CM ATM-SDM	a) Implantar en áreas de ruta sistemas ADS-B y/o MLAT	2012-2018 +	Estados	Válida
	b) Implantar sistemas de guía y control de movimiento en superficie A-SMGCS en aeropuertos que previo estudio así lo requiera	2013- 2018 +	Estados	Válida
	c) Implantar el servicio ADS-C en todos los Estados con responsabilidad sobre un FIR oceánico	(*) - 2018	Estados	Válida
	d) Implantar el intercambio de datos de vigilancia ATS entre ACCs adyacentes.	(*)- 2018+	Estados	Válida
	e) Garantizar la protección del espectro de radiofrecuencia utilizados para los servicios de comunicaciones actuales y futuros previstos	(*) -2018	Estados OACI	Válida
	f) Monitorear el avance de la implantación	2012-2018	GREPECAS	Válida
Vínculo con las GPI	GPI/5: RNAV y RNP; GPI/6: ATFM; GPI/9: Conciencia situacional; GPI/10: Diseño y gestión del área terminal; GPI/11: SID y STAR con RNP y RNAV; GPI/12: Integración Funcional de Sistemas de Tierra y de a bordo; GPI/13: Diseño y gestión de aeródromos; GPI/14: Operaciones de pista; GPI/17: Aplicaciones de enlaces de datos, GPI/22: Infraestructura de comunicación, GPI/23: Radioespectro aeronáutico			

(*) Indica que la tarea se ha iniciado previamente al plazo considerado para esta planificación.

APENDICE C

FORMATO DE INFORME DE NAVEGACION AEREA (ANRF) – B0-TBO

OBJETIVO REGIONAL/NACIONAL DE PERFORMANCE – B0-40: Mayor seguridad operacional y eficiencia mediante la aplicación inicial de servicios en ruta de enlace de datos					
Área 4 de mejoramiento de la eficiencia: Trayectorias de vuelo eficientes mediante operaciones basadas en la trayectoria					
ASBU B0-40: Impacto sobre las principales Áreas Clave de Performance (KPA)					
	Acceso y equidad	Capacidad	Eficiencia	Medio ambiente	Seguridad operacional
Aplicable	N	Y	Y	Y	Y

ASBU B0-40: Avance en la implementación	
Elementos	Estado de implementación (tierra y aire)
1. ADS-C sobre áreas oceánicas y remotas	Junio 2018 Proveedor de servicios
2. CPDLC continental	Junio 2018 Proveedor de servicios

ASBU B0-40: Obstáculos/problemas para la implementación				
Elementos	Área de Implementación			
	Implementación de sistemas terrestres	Implementación de aviónica	Disponibilidad de procedimientos	Aprobaciones operacionales
1. ADS-C sobre áreas oceánicas y remotas	NIL	La ADS para la aviación general está pendiente de implementación	Los procedimientos GOLD están pendientes de implementación	Falta de inspectores debidamente capacitados para la aprobación de las operaciones
2. CPDLC continental	NIL	CPDLC para la aviación general está pendiente de implementación	Los procedimientos GOLD están pendientes de implementación	Falta de inspectores debidamente capacitados para la aprobación de las operaciones

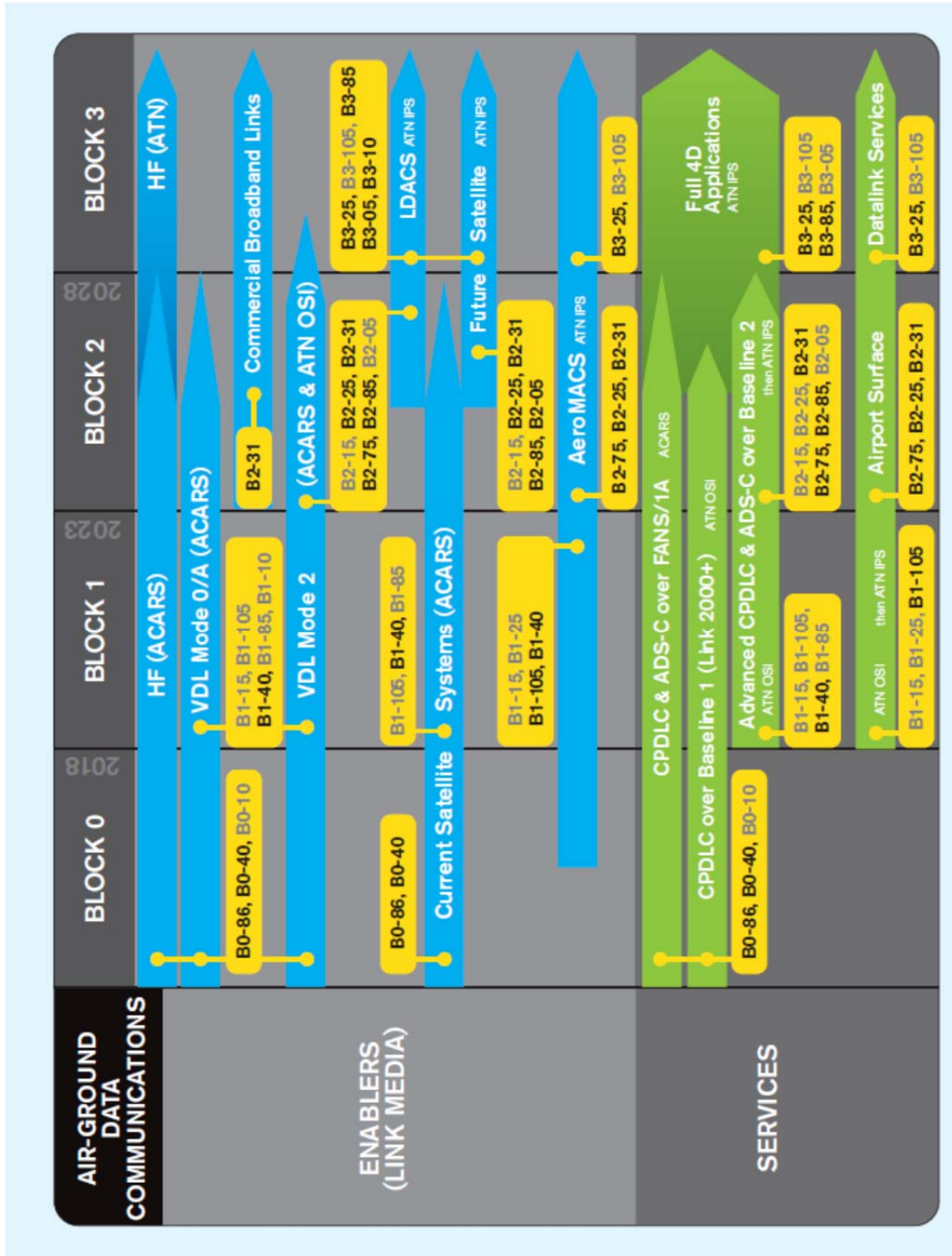
ASBU B0-40: Monitoreo y medición de la performance (Implementación)	
Elementos	Indicadores de performance/Métricas de apoyo
1. ADS-C sobre áreas oceánicas y remotas	Indicadores: Porcentaje de FIR en las que se ha implementado la ADS C Métrica de apoyo: Cantidad de procedimientos ADS C sobre áreas oceánicas y remotas aprobadas
2. CPDLC continental	Indicadores: Porcentaje de CPDLC implementadas en FIR con áreas oceánicas y remotas Métrica de apoyo: Cantidad de procedimientos CPDLC sobre áreas oceánicas y remotas aprobados.

 GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

ASBU B0-40: Monitoreo y medición de la performance (Beneficios)	
Áreas clave de performance	Beneficios
Acceso y equidad	NA
Capacidad	Una mejor localización del tráfico y una menor separación permiten aumentar la capacidad. Menor carga de trabajo en las comunicaciones y mejor organización de las tareas de los controladores, aumentando así la capacidad de los sectores.
Eficiencia	Se puede reducir la separación mínima de las rutas/derrotas y vuelos, permitiendo la aplicación de encaminamientos flexibles y perfiles verticales más cercanos a los preferidos por los usuarios
Medio ambiente	Menor cantidad de emisiones como resultado de un menor consumo de combustible
Seguridad operacional	Las redes de seguridad basadas en la ADS-C apoyan el monitoreo del cumplimiento con los niveles autorizados, el monitoreo del cumplimiento con las rutas, los avisos de violación de zonas peligrosas y una mejor búsqueda y salvamento. Menores ocurrencias de malos entendidos; solución a situaciones de micrófono trabado (<i>stuck microphone</i>).

APENDICE D

HOJA DE RUTA DE COMUNICACIONES ASBU



APENDICE E**CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS****E1- INTRODUCCIÓN**

Probabilidades son números asociados a eventos que indican lo cuanto es probable que ocurra un evento cuando un experimento es realizado. Una ley de probabilidad es una función que asocia un número a un evento. Sea E un experimento aleatorio con espacio muestral S. Una ley de probabilidad para el experimento E es una regla que asocia a cada evento A un número $P(a)$ llamado de probabilidad de A.

La disponibilidad de un sistema es hecha a partir del modelaje matemático con la interconexión de elementos en serie y en paralelo de todos los vínculos (eslabones) componentes de dicho sistema. Para la definición si dos elementos deben ser combinados en serie o en paralelo, operando dos a dos, se admiten las siguientes reglas:

- Los elementos son considerados operando en serie si la falla de cualquier de ellos resulta la indisponibilidad de la combinación;
- Al revés, son considerados operando en paralelo cuando la combinación de los dos vínculos solamente queda inoperante por la falla de ambos.

E2- DISPONIBILIDAD DE UNA COMBINACION EN SERIE

La Figura E-1 representa dos elementos que están ligados en serie. Debe tomarse en cuenta que es solamente un ejemplo de un circuito que puede tener muchos vínculos dos a dos que estén configurados en serie.



Figura E1: Combinación de dos Elementos en Serie

En la introducción se refleja que un sistema que posee elementos en serie debe considerar que falla si uno de los elementos sufre una paralización. Considerando $P(A) = d_A$ como la probabilidad de funcionamiento del elemento A y $P(B) = d_B$ como la probabilidad del elemento B y $P(eq) = d(eq)$ como el resultado equivalente del sistema se tiene:

$$P(eq) = P(A) * P(B) = d_A * d_B \quad (E-1)$$

E3- DISPONIBILIDAD DE UNA COMBINACION EN PARALELO

La Figura E-2 representa dos elementos que están ligados en paralelo.

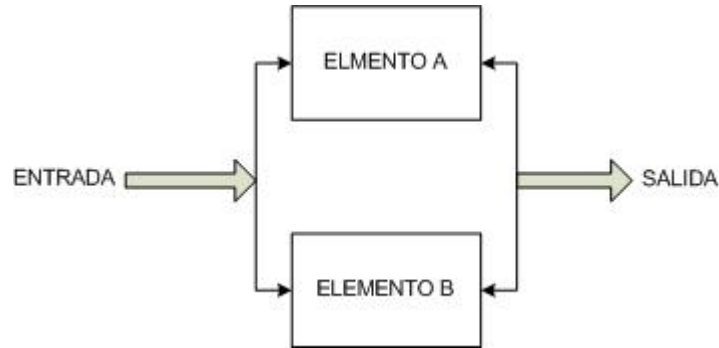


Figura E2: Combinación de dos Elementos en Paralelo

La regla presentada en la introducción de este apéndice explicita que el sistema está en funcionamiento si por lo menos uno de los dos elementos está en operación normal.

Para la asociación en paralelo se aplica el corolario de probabilidad:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad \forall \forall \quad (\text{E-2})$$

Considerando $P(A)=d_A$ como la probabilidad de funcionamiento del elemento A y $P(B)=d_B$ como la probabilidad del elemento B y $P(eq)$ como el resultado equivalente del sistema se tiene y teniéndose en cuenta E-2 :

$$d_{eq} = d_a + d_b - d_a * d_b \quad (\text{E-3})$$

APENDICE F**PUNTOS PRINCIPALES DEL PROYECTO PARA LA CONCESION DE LA RED DE ENLACE DE DATOS EN BRASIL****1. Objeto**

1.1 La CONCESION del derecho de prestación de servicio público, incluyendo la implantación de infraestructura, en la categoría del Servicio Móvil Aeronáutico, para la provisión de la capacidad de cambio de mensajes entre aeronaves e usuarios en suelo, en el espacio aéreo bajo la jurisdicción brasileña. Esta capacidad (denominada Servicio de “Data Link”) podrá ser ofertada por la CONCESIONARIA a empresas aéreas (denominadas “Usuarios Privados”) para cambio de mensajes entre aeronaves e sus operadoras.

2. Puntos básicos

2.1 La explotación de la concesión en base a la infraestructura instalada es por un periodo de 20 años prorrogable por igual periodo.

2.2 Para que se garantice el intercambio de mensajes ATS, la Concesionaria tiene que practicar el *internetworking* con otros posibles Proveedores de Servicio de Data-link con cobertura internacional.

Nota: Párrafo importante porque no hay *internetworking* entre proveedores para efectos de mensajes AOC y AAC.

2.3 La Concesionaria debe propiciar a la Concedente la capacidad de intercambio de mensajes por medio de enlaces de datos pro medio de ACARS, AOA y ATN/VDL *Mode 2* en regiones continentales y SATCOM en región oceánica.

Nota: Para efectos de SATCOM las empresas aéreas pagan por todos los servicios a la Concesionaria, cualquier que sea la clase de mensajes (AAC, AOC y ATS) ya que la Concesionaria tiene que hacer los pagos al Proveedor de Segmento Espacial (INMARSAT).

2.4 Los componentes esenciales de la infraestructura a ser implementada, operada y mantenida por la CONCESSIONÁRIA son:

- Estaciones Remotas de comunicación radio que ofrezcan la cobertura prevista en el Proyecto Básico.
- Un Sistema enrutador de mensajes denominado Procesador “Data Link” (e/o enrutador ATN, cuando implantado), instalado en Brasil, e interconexiones de ese Sistema con las estaciones remotas de comunicación radio.
- Interconexiones entre el Procesador “Data Link” y otros sistemas de proveedores de servicios “Data Link”, para fines ATS.
- Interconexiones entre el Procesador “Data Link” y sistemas automatizados de Usuarios Privados e de la CONCEDENTE.

Notas:

(i) *Las estaciones remotas de comunicación radio deben tener la siguiente configuración de frecuencias:*

- f_{acars} - ACARS (Enlace ACARS)
 - f_{vdl-2} - ACARS Over AVLC - AOA (Enlace VDL-2)
ATN (cuando implantada)
- (ii) La capacidad de comunicación en región oceánica, aunque no sea objeto del contrato, debe ser provista por la CONCESIONARIA, en complemento a la cobertura de las estaciones remotas de comunicación radio, por medio de cobertura SATCOM subcontratada por la CONCESIONARIA, de forma que no sea necesaria la implementación de estación terrena SATCOM para provisión de esa capacidad en Brasil
- (iii) El Procesador “Data Link” o el futuro enrutador ATN deberá estar disponible, por lo menos, 99,996% del tiempo, en una base mensual, considerando inclusive la disponibilidad de la energía que lo alimenta. Además de eso, deberá operar de forma totalmente independiente de cualesquiera otros sistemas enrutadores de mensajes externos, mismo que de la CONCESIONARIA, o sea, deberá ser un sistema totalmente autónomo en términos funcionales.

2.5 La implantación de la infraestructura de comunicaciones “data link” air-tierra (Estaciones Remotas de radiocomunicaciones y sistema enrutador de mensajes) deberá soportar el tráfico de mensajes de interés de DECEA para la prestación de los servicios ATS, y el tráfico de mensajes de interés de operadoras de aeronaves contratantes del servicio de intercambio de mensajes junto a la operadora de la infraestructura, con aeronaves debidamente equipadas, dentro de la cobertura de radiocomunicaciones del sistema.

2.6 El tráfico “UPLINK” y “DOWNLINK” de mensajes ATS procesadas por el Servicio “DATA LINK” de la CONCESIONARIA y el encaminamiento de los mensajes ATS para las dependencias operacionales en territorio brasileño no deberán ser tarifados por la CONCESIONARIA.

2.7 El tráfico “UPLINK” y “DOWNLINK” de mensajes ATS originadas o destinadas a las dependencias operacionales en territorio brasileño deberá ser disponibilizado para todos los Usuarios Privados, sin tarificación, en el área de jurisdicción aeronáutica brasileña.

3. Arquitectura básica

3.1 La arquitectura del SISTEMA “DATA LINK”, con referencias de las interfaces especificadas es presentada en la Figura E1.

Notas:

- (i) Son componentes del SISTEMA “DATA LINK”
- Estaciones remotas de comunicaciones radio que ofrezcan la cobertura prevista el Proyecto Básico.
 - Un sistema enrutador de mensajes (denominado Procesador “Data Link”) e interconexiones de ese sistema con las estaciones remotas de comunicación radio.
 - Interconexiones entre el Procesador “Data Link” y sistemas enrutadores de mensajes extranjeros para fines ATS.
 - Interconexiones entre el Procesador “Data Link” y sistemas usuarios de la CONCEDENTE, por medio de red IP;
 - Puntos de acceso de la red de la CONCEDENTE (en Rio de Janeiro y en Brasilia) a la red de la CONCESIONARIA, y a la estructura de gestión de movilidad y de seguridad asociados.
- (ii) Son interfaces del sistema:
- aquellas rotuladas en la figura como “A”, “B”, “C” e “D”.

GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

- *interconexiones con sistemas enrutadores de mensajes extranjeros para fines ATS.*
 - *interconexiones con sistemas automatizados de USUARIOS PRIVADOS.*
- (iii) *Las frecuencias de las estaciones remotas destinadas a las comunicaciones ACARS deben estar conectadas al Procesador “Data Link” (interfaces “B”).*
- (iv) *Frecuencias destinadas a comunicaciones ATN deben ser disponibilizadas en los puntos de acceso de Brasília y Rio de Janeiro (interfaces “D”) a partir del futuro enrutador ATN (“interface B”).*
- (v) *Mensajes provenientes y destinadas a aeronaves en región oceánica deben ser transmitidas para el proveedor de comunicaciones SATCOM por medio de la interconexión del Procesador “Data Link” de la CONCESSIONÁRIA con otros sistemas enrutadores de mensajes.*
- (vi) *El SISTEMA “DATA LINK” deberá ser implantado con productos tipo COTS, salvo cuando comprobadamente inviable técnicamente.*
- (vii) *Las interconexiones entre las estaciones remotas y el Procesador “data link” y entre estaciones y los puntos de acceso de Brasília y Rio de Janeiro son parte del SISTEMA “DATA LINK” y deben ser disponibilizadas por la CONCESIONARIA, por medio de red IP.*

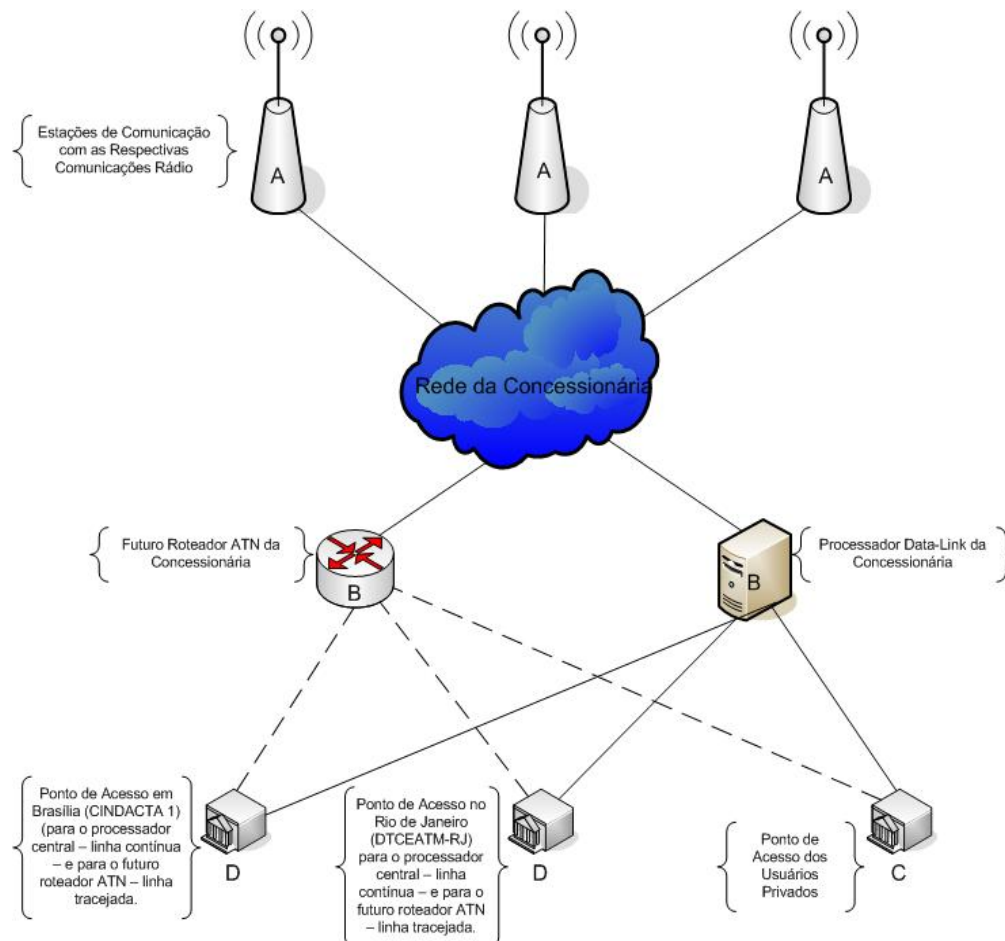


Figura E1: Arquitectura Básica de la Concesión

Nota: Por razones operacionales, el punto de acceso de Brasilia fue cambiado para Recife, donde está implantado el ACC-AO que provee, actualmente, las funcionalidades de CPDLC y ADS-C en el área oceánica.

APENDICE G

SATCOM

G1- INTRODUCCIÓN

Para las transmisiones de datos aire-tierra en áreas oceánicas o continentales remotas es posible la utilización de la tecnología de transmisión por satélite y las principales constelaciones de satélites, y que pueden ser utilizados por los Estados de la Región SAM, son pertenecientes a las empresas INMARSAT y IRIDIUM.

El nombre común que se da para la referida forma de comunicaciones es SATCOM. En las próximas secciones de este apéndice serán dadas las características básicas de los sistemas de los proveedores.

Debe ser notado que los Estados/ANSP no contratan directamente segmento espacial de INMARSAT y IRIDIUM, lo que es hecho por proveedores de servicios (DSP), cuyos los principales son las empresas SITA y ARINC. En conclusión, los estados contratan servicios del DSP que, por su vez, contratan segmento espacial de INMARSAT y IRIDIUM.

G2 – IRIDIUM

El sistema de comunicaciones por satélite IRIDIUM fue primeramente concebido para poseer 77 satélites, lo que corresponde al número atómico del elemento Iridio. Sin embargo, fue puesto en órbita en el año de 1998 y la constelación comprende un conjunto de 66 satélites de órbita baja – *Low Earth Orbit* (LEO). Cuando fue diseñado, el sistema sería para ser utilizado para las comunicaciones de telefonía móvil, pero se vislumbró la posibilidad de utilización de la constelación para uso de datos y voz para las comunicaciones aire-tierra entre aeronaves, centros de control de tránsito aéreo y empresas aéreas.

El sistema también contempla una red terrestre de modo que las informaciones recibidas en tierra puedan ser enrutadas para cualquier lugar del globo terrestre.

La constelación del IRIDIUM, ilustrada en la Figura G1 está distribuida a lo largo de seis planes orbitales cada uno conteniendo once satélites LEO. La cobertura provista es global, incluyendo los polos, con la mayor eficiencia en relación al número de satélites. El sistema asegura que cada región en la Tierra sea cubierta, por lo menos, por un satélite en cualquier momento.

En adición a los satélites operacionales, hay algunos que están en órbita y que pueden ser maniobrados para que asuman la posición de algún satélite que tenga sufrido una falla. Los satélites están en una órbita con altura aproximada de 420 NM, y completan una órbita alrededor del globo a cada, aproximadamente, 100 minutos a una velocidad de 14.630 NM/h.

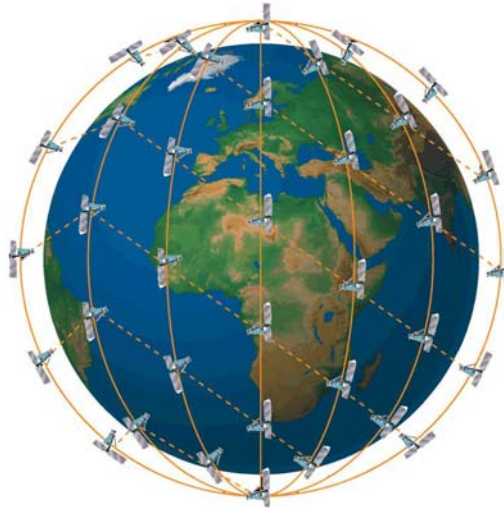


Figura G1- Ilustración de Constelación IRIDIUM

La utilización de la constelación IRIDIUM para fines de comunicaciones aire-tierra toma una considerable importancia en las localidades remotas o en lugares en que no es practicable la instalación de equipos VHF.

Los aviónicos comprenden un *Satellite Data Unit (SDU)*, que está ligado al ACARS MU, y una pequeña antena de bajo ganado que es instalada en el fuselaje del avión. De ese modo, los operadores de las aeronaves disfrutan de la ventaja de tener equipos instalados con bajo peso y con la eficiencia de la garantía de las comunicaciones en ámbito global para las transmisiones de los mensajes AAC, AOC y servicios de comunicaciones por voz.

En términos de aplicaciones con fines ATS, la OACI, después de evaluar detenidamente todas las características técnicas, incorporó el uso del IRIDIUM en las provisiones concernientes al Servicio Móvil Aeronáutico (En Ruta) por Satélite – *Aeronautical Mobile Satellite (Route) Service – AMS(R)S* para las aplicaciones FANS 1A con el uso de plataforma ACARS.

G3 – INMARSAT

El Sistema INMARSAT es basado en una constelación de Satélites Geoestacionarios (GEO). Hay tres clases de satélites en uso:

- a) Inmarsat-2: que provee solamente foco global en Banda L y es, generalmente, usado para servicios legados;
- b) Inmarsat-3: provee foco global y regional en algunas áreas específicas del globo terrestre y es compuesto de cinco satélites;
- c) Inmarsat-4: provee foco global, regional además de foco estrecho y estos últimos posibilitan la utilización en el *Broadband Global Area Network (BGAN)*.

El Inmarsat-3 provee los servicios para una determinada capacidad llamada de “Classic Aero” y es el conjunto de satélites que está homologado para el uso en aplicaciones ATS/ACARS con conmutación por circuitos y paquetes.

 GUIA DE ENLACE DE DATOS AIRE-TIERRA SAM

En las últimas reuniones del ACP, fueron presentados nuevos conceptos que garantizan los rigurosos requisitos de disponibilidad previstos en documento GOLD para RSP y RCP para garantizar las separaciones previstas.

Desde el año de 2007, el INMARSAT tiene un servicio, llamado de SwiftBroadband, que deberá reemplazar el Classic Aero en los próximos años. La alta capacidad de transmisión de datos podrá, inclusive, ser la base para la aplicación de ATN con el uso de satélites.

Para garantizar la disponibilidad más exigente del documento GOLD, el Swiftbroadband utiliza los satélites Inmarsat-4 y *Inmarsat's Broadband Global Area Network (BGAN)*. Un diagrama que representa el SwiftBroadband es dado en la Figura G2, donde se nota, claramente, la redundancia de satélites para garantizar la confiabilidad de los servicios.

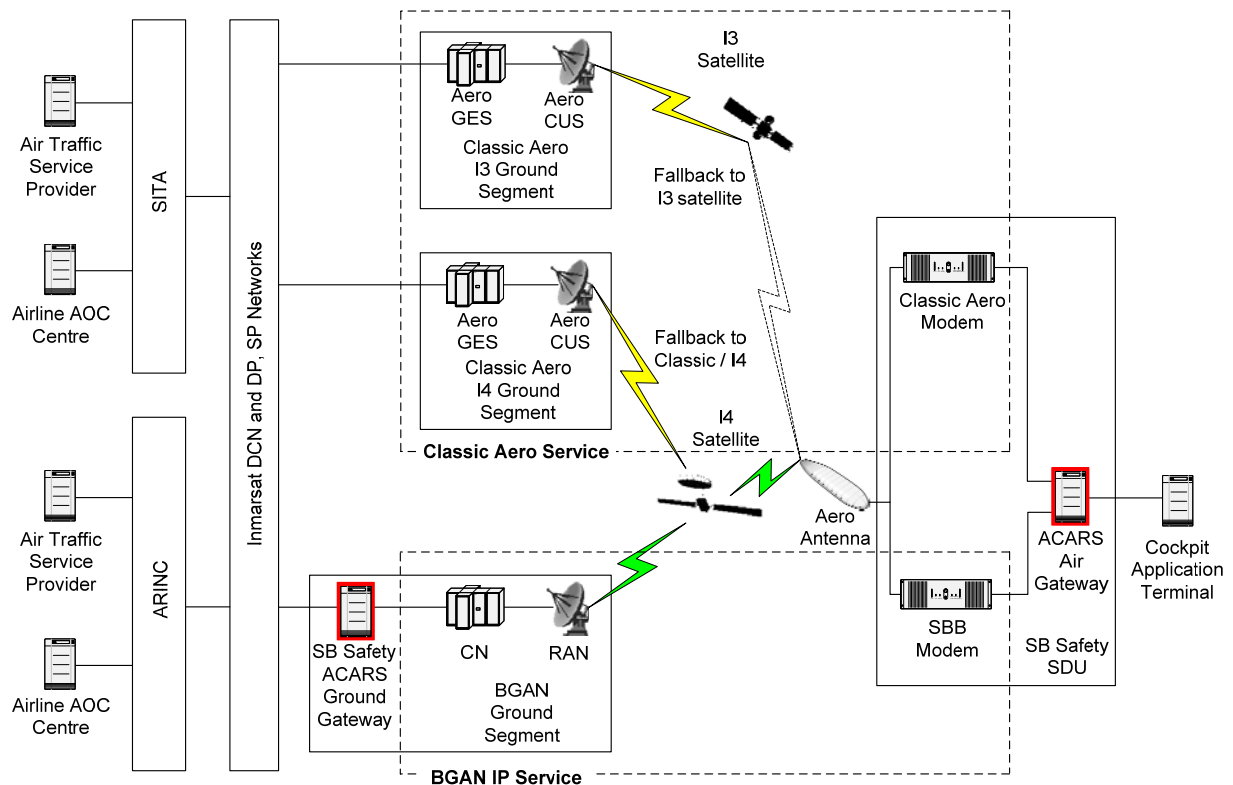


Figura G2: Arquitectura Básica del SwiftBroadband