



*Universidad Don Bosco.
Facultad de Ingeniería.*

*“Sistemas de Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y
Gestión del Tránsito Aéreo CNS/ATM”*

*Trabajo de Graduación para optar al grado de:
Ingeniero en Electrónica.*

Presentado por:

Julio Adalberto Rivera Pineda.

Ciudadela Don Bosco, Septiembre 2001.

El Salvador, Centro América.



Rector :

Ingeniero Federico Miguel Huguet Rivera

Secretario General :

Licenciado Mario Olmos

Decano de la Facultad de Ingeniería :

Ingeniero Carlos Guillermo Bran

Director de Escuela :

Ingeniero Oscar Giovanni Durán Vizcarra

Asesor :

Ingeniero Víctor Cuchillac

Jurado Evaluador :

Ingeniero Wenceslao Rivas

Ingeniero Edgardo Zeledón



Universidad Don Bosco

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Electrónica

Jurado Evaluador del Trabajo de Graduación:

*“Sistemas de Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y
Gestión del Tránsito Aéreo, CNS / ATM”*

Ing. Edgardo Cruz Zeledón
Jurado

Ing. Wenceslao Rivas Zaldaña
Jurado

Ing. Víctor Cuchillac
Asesor

INDICE

<i>Introducción</i>	1
<i>Objetivos</i>	3
 <i>Capítulo 1. Sistemas de Navegación Aérea del Futuro (FANS).</i>	
<i>Introducción a los sistemas CNS/ATM</i>	7
<i>Objetivos del FANS</i>	8
<i>Limitaciones de los Sistemas Actuales</i>	8
<i>Elementos principales de los Sistemas CNS/ATM</i>	10
<i>Ventajas de los nuevos sistemas</i>	16
<i>Estudios de costo / beneficio</i>	17
<i>Organización financiera</i>	18
<i>Necesidades de asistencia y cooperación técnica</i>	19
<i>Aspectos jurídicos e institucionales</i>	19
<i>Resumen</i>	20
 <i>Capítulo 2. Sistemas Actuales de Comunicación, Navegación, Vigilancia y Gestión del Tránsito Aéreo</i>	
<i>Entorno Actual de los Servicios de comunicación</i>	23
<i>Servicios de comunicación</i>	23
<i>Limitaciones y Desventajas de los sistemas de comunicación Actuales</i>	25
<i>Datos versus voz</i>	27
<i>Impacto de las comunicaciones en el entorno actual</i>	30
<i>Ventajas de los enlaces de datos</i>	30
<i>Beneficios del enlace de datos</i>	31
<i>Descripción general de los enlaces de datos</i>	33
<i>Enlace de datos aire-tierra</i>	34
<i>Enlace de datos tierra-tierra</i>	35
<i>Enlace de datos: aire-aire</i>	35
<i>Sub-redes aire-tierra</i>	35
<i>Comunicaciones tierra-tierra</i>	36
<i>Ayudas para la Radionavegación</i>	37

<i>Comunicaciones en VHF.....</i>	<i>39</i>
<i>Las comunicaciones de R/T análogas.</i>	<i>40</i>
<i>Las comunicaciones de datos que usan el enlace de ACARS.</i>	<i>40</i>
<i>Desarrollo de la navegación.....</i>	<i>41</i>
<i>Eventos históricos en la navegación.....</i>	<i>41</i>
<i>Primeros instrumentos para la navegación.....</i>	<i>44</i>
<i>Sistemas de radio navegación basados en tierra.....</i>	<i>45</i>
<i>El radiofaro omnidireccional en VHF; VOR (VHF Omnidirectional Range).....</i>	<i>45</i>
<i>El equipo radio telemétrico : DME (Distance Measurement Equipment).....</i>	<i>46</i>
<i>El Sistema de Navegación Táctica : TACAN (Tactical Air Navigation).....</i>	<i>46</i>
<i>El sistema de Aterrizaje por Instrumentos : ILS (Instrumental Landing System).....</i>	<i>47</i>
<i>El Sistema de Aterrizaje por Micro-ondas: MLS (Microwave Landing System).....</i>	<i>48</i>
<i>El sistema LORAN-C (Long Rang Navigation).....</i>	<i>48</i>
<i>El sistema de radio navegación mundial de la marina de estados unidos (OMEGA: global radio navegación system of US Navy).....</i>	<i>48</i>
<i>El Radar (Radio Detecting and Ranging).....</i>	<i>49</i>
<i>Historia de la navegación por satélite.....</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro comparativo entre la radionavegación clásica y la navegación por satélite.....</i>	<i>50</i>
<i>Panorámica de los Sistemas Actuales de Vigilancia.....</i>	<i>51</i>
<i>Generalidades.....</i>	<i>51</i>
<i>Vigilancia Independiente.....</i>	<i>52</i>
<i>Radar secundario de vigilancia.....</i>	<i>52</i>
<i>Sistemas actuales de vigilancia.....</i>	<i>54</i>
<i>Notificación de la posición en fonía.....</i>	<i>54</i>
<i>Descripción funcional.....</i>	<i>54</i>
<i>Vigilancia Independiente (Radar Primario de Vigilancia PSR).....</i>	<i>54</i>
<i>Vigilancia Independiente Cooperativa (CIS) para Seguridad de Vigilancia (SSR).....</i>	<i>56</i>
<i>El Radar Secundario de Vigilancia (SSR).....</i>	<i>56</i>
<i>Gestión del Tránsito aéreo.....</i>	<i>57</i>
<i>Limitaciones de los sistemas ATC actuales.....</i>	<i>57</i>
<i>Objetivos de un sistema ATM mundial.....</i>	<i>57</i>
<i>Ventajas de un sistema ATM mundial.....</i>	<i>58</i>
<i>Concepto operacional de la ATM.....</i>	<i>58</i>
<i>Performance del Sistema Total requerida (RTSP).....</i>	<i>60</i>
<i>Elementos del Sistema ATM.....</i>	<i>61</i>
<i>¿Cómo lograr la harmonización internacional en la evolución de la ATM?.....</i>	<i>64</i>

<i>Implantación mundial de la ATM.....</i>	<i>64</i>
<i>Áreas ATM Homogéneas y corrientes importantes de tránsito internacional.....</i>	<i>64</i>
<i>Conclusiones.....</i>	<i>66</i>
<i>Implantación del ATM.....</i>	<i>66</i>
<i>Definiciones.....</i>	<i>66</i>

Capítulo 3. Teoría Básica de Redes de Computadora.

<i>Definición de Conceptos.....</i>	<i>67</i>
<i>¿Qué es una Red?.....</i>	<i>67</i>
<i>Sistema Multiusuario y Redes.....</i>	<i>68</i>
<i>Características de las redes.....</i>	<i>68</i>
<i>Elementos de una red.....</i>	<i>69</i>
<i>Sistemas cliente (estaciones de trabajo).....</i>	<i>70</i>
<i>Sistema de cableado.....</i>	<i>71</i>
<i>Dispositivos para ampliar la red.</i>	<i>71</i>
<i>Compartición de recursos, periféricos y aplicaciones.....</i>	<i>72</i>
<i>Beneficios de una Red.....</i>	<i>72</i>
<i>Modelos de Redes.....</i>	<i>74</i>
<i>Modelo Centralizado.....</i>	<i>74</i>
<i>Modelo Distribuido.....</i>	<i>74</i>
<i>Modelo Colaborativo.....</i>	<i>75</i>
<i>Tipos de Redes.....</i>	<i>75</i>
<i>Redes de área Local (LAN).....</i>	<i>75</i>
<i>Tipos de redes LAN.....</i>	<i>76</i>
<i>Redes de área Metropolitana (MAN).....</i>	<i>77</i>
<i>Redes de área Amplia (WAN).....</i>	<i>77</i>
<i>Tecnologías para redes WAN.....</i>	<i>78</i>
<i>Enlaces punto a punto.....</i>	<i>79</i>
<i>Conmutación de circuitos.....</i>	<i>79</i>
<i>Conmutación de paquetes.....</i>	<i>80</i>
<i>Circuitos virtuales WAN.....</i>	<i>81</i>
<i>Servicios de marcado en WAN.....</i>	<i>82</i>

Capítulo 4. El Modelo OSI.

El Modelo de siete capas OSI.....	87
Estándares de redes LAN.....	92
Estandart Ethernet.....	92
Formatos de trama Ethernet.....	94
Segmentación.....	94
Especificaciones populares de Ethernet.....	95
Red Token Ring.....	99
Especificaciones de Token Ring.....	101
Estandart ARCNET.....	103
Especificaciones de ARCNET.....	104
Topologías de redes.....	106
Topología de Bus ó Lineal.....	106
Topología en Estrella.....	108
Topología estrella por contención.....	108
Topología en ANILLO.....	109
Medios físicos de transmision.....	111
Cable Coaxial.....	112
Cable Par Trensado UTP / STP.....	115
Fibra Óptica.....	117

Capítulo 5. Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN).

Especificaciones del nuevo sistema de Gestión de Transito Aéreo.....	123
Característica de Transferencia de datos.....	125
Tipos de datos de usuario de extremo.....	125
Archivos de usuario de extremo.....	125
Mensaje de usuario de extremo.....	126
Características del dialogo.....	126
Tipos de dialogo.....	126
Parámetros del diálogo.....	127
Parámetros de calidad de servicio (QOS).....	127
Prioridad estática:	128
Prioridad dinámica.....	129

Tiempo de transferencia.....	129
Confiabilidad.....	130
Coste.....	130
Entrega de mensajes.....	130
Principios de conexión.....	131
Tipos de subredes aeronáuticas.....	131
Subredes de avionica.....	131
Subredes terrestres.....	132
Subredes aeroterrestres.....	132
Interconexión de subredes.....	132
Direccionamiento de red.....	135
Identificación del proceso.....	135
Control de acceso a las redes.....	135
Procesos de aplicación ATS y funciones de las capas superiores.....	136
Procesos de aplicación.....	137
Arquitectura de la red de telecomunicaciones aeronáuticas.....	137
Atributos de una arquitectura entre redes.....	137
Protocolos de Interred ATN.....	138
Generalidades.....	138
Protocolos entre redes.....	139
Protocolo de intercambio de Información de encaminamiento intradominio.....	139
Protocolo de encaminamiento de sistema de extremo a sistema intermedio.....	139
Protocolo de intercambio de información de encaminamiento entre dominios.....	139
Protocolos de gestión de capa de red.....	139
Subredes constituyentes.....	140
Generalidades.....	140
Subredes de Topología General.....	141
Subredes de radiodifusión.....	141
Subredes del servicio Móvil.....	141
Encaminadores ATN.....	142
Estructura del dominio interred ATN.....	143
Dominios Administrativos ATN.....	143
Dominios de Encaminamiento ATN.....	143
Áreas de encaminamiento.....	144
Dominios de subred.....	144
Direcciones de Interred ATN.....	144

<i>Direcciones globales de funcionamiento entre redes.....</i>	<i>144</i>
<i>Títulos de entidad de red.....</i>	<i>145</i>
<i>Direcciones locales de subred.....</i>	<i>145</i>
<i>Uso de direcciones para encaminamiento entre redes.....</i>	<i>145</i>
<i>Relación entre dominios ATN y direcciones NSAP ATN.....</i>	<i>146</i>
<i>Procedimientos de encaminamiento Interred ATN.....</i>	<i>146</i>
<i>Generalidades.....</i>	<i>146</i>
<i>Encaminamiento entre dominios.....</i>	<i>147</i>
<i>Encaminamiento Intradominio.....</i>	<i>147</i>
<i>Transmisión de Unidades de datos.....</i>	<i>147</i>
<i>Intercambio de información sobre topología intradominio.....</i>	<i>148</i>
<i>Descripción de las operaciones de protocolo ATN.....</i>	<i>149</i>
<i>Interfaces de la arquitectura de protocolo de la ATN.....</i>	<i>150</i>
<i>Consideraciones relativas al protocolo.....</i>	<i>150</i>
<i>Operaciones entre redes.....</i>	<i>150</i>
<i>Operaciones de transporte.....</i>	<i>152</i>
<i>Generalidades.....</i>	<i>152</i>
<i>Consideraciones relativas al protocolo.....</i>	<i>152</i>
<i>Operaciones de las capas superiores.....</i>	<i>152</i>
<i>Descripción de un plan de direccionamiento entre redes.....</i>	<i>153</i>
<i>Esbozo del plan.....</i>	<i>153</i>
<i>Conceptos del direccionamiento entre redes.....</i>	<i>153</i>
<i>Objetivos del direccionamiento entre redes.....</i>	<i>154</i>
<i>Objetivos técnicos.....</i>	<i>154</i>
<i>Objetivos administrativos.....</i>	<i>154</i>
<i>Atributos del plan de direccionamiento de red.....</i>	<i>155</i>
<i>Conformidad OSI.....</i>	<i>156</i>
<i>Codificación de dirección.....</i>	<i>156</i>
<i>Administrados de dirección.....</i>	<i>157</i>
<i>Generalidades.....</i>	<i>157</i>
<i>Definición de sintaxis.....</i>	<i>157</i>
<i>Definición de semántica.....</i>	<i>157</i>
<i>Descripción del plan de encaminamiento entre redes.....</i>	<i>158</i>
<i>Examen general del plan.....</i>	<i>158</i>
<i>Conceptos de encaminamiento entre redes.....</i>	<i>158</i>
<i>Estructura del dominio de encaminamiento.....</i>	<i>158</i>

Encaminamiento dentro del dominio ATN.....	159
Encaminamiento por subredes no aeronáuticas.....	159
Objetivos del encaminamiento entre redes.....	159
Conformidad con la OSI.....	160
Arquitectura del encaminador ATN.....	160
Generalidades.....	160
Facilidad entre redes.....	161
Función de retransmisión.....	162
Función de encaminamiento.....	162
Recopilación y distribución de información.....	163
Mantenimiento de la base de información de encaminamiento.....	164
Cálculo y selección de rutas.....	164
Facilidad de convergencia dependiente de la subred.....	165
Función de gestión de conexión.....	165
Función de compresión NPDU.....	166
Función de acceso a la subred.....	166

Capítulo 6. Sistema de Notificación y direccionamiento de Comunicaciones en la Aeronave (ACARS).

Aplicaciones para el ACARS.....	169
ARINC.....	173
Características de transferencia de datos.....	173
Especificaciones de ARINC.....	173
Especificación ARINC 618.....	174
Especificación ARINC 619.....	174
Especificación ARINC 620.....	174
Especificación ARINC 622 y 623.....	176

Capítulo 7. Comunicaciones de Enlace de Datos Controlador – Piloto (CPDLC).

Antecedentes.....	181
¿ Qué es CPDLC?.....	181
Entrada de la aeronave.....	185
Establecimiento del enlace CPDLC.....	185
Intercambios CPDLC.....	185

<i>Fin del enlace CPDLC</i>	186
<i>La autoridad de datos</i>	186
<i>CPDLC y Jurisdicción</i>	187
<i>El FMS</i>	188
<i>El seteo del mensaje CPDLC</i>	188
<i>Mensajes y elementos</i>	189
<i>Diálogos CPDLC</i>	189
<i>Texto y variables</i>	190
<i>Número de elementos</i>	190
<i>Atributos de mensaje</i>	191
<i>Formato del mensaje CPDLC</i>	192
<i>Estructura del mensaje</i>	192
<i>Atributos del mensaje</i>	193
<i>Reglas asociadas a los atributos de mensaje</i>	193
<i>Valores de Urgencia</i>	193
<i>Valores de respuesta</i>	194
<i>Tipo</i>	194
<i>Respuesta Válida</i>	194
<i>Precedencia</i>	194
<i>Atributos de respuesta para elementos de mensaje de enlace de subida</i>	195
<i>Requerimientos de respuesta de mensaje</i>	195
<i>Respuestas de cierre</i>	195

Capítulo 8. Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC).

<i>Opciones de HDLC</i>	198
<i>Formato de la trama HDLC</i>	200
<i>Campo de control HDLC</i>	203

Capítulo 9. Performance de la Navegación Requerida (RNP).

Generalidades.....	207
Operaciones RNAV en el ámbito del concepto RNP.....	207
Utilización del espacio aéreo.....	208
Delimitación del espacio aéreo RNP.....	208
Aplicación de la RNP en un espacio aéreo.....	209
Relación de la RNP y los mínimos de separación.....	209
Performance de Las Aeronaves.....	210
Disposiciones Respecto a Servicios RNP.....	210
Disposiciones generales en materia de performance de la Navegación requerida.....	211
Generalidades.....	211
Probabilidad de Confinamiento.....	211
Tipos de RNP.....	212
Generalidades.....	212
Tipos de RNP.....	212
Calendario para la puesta en práctica de la RNP.....	213
Requisitos en cuanto al espacio Aereo.....	214
Espacio aéreo al que se aplica la RNP.....	214
Características del espacio aéreo.....	214
Sistema de coordenadas RNP.....	215
Precisión de performance de la navegación.....	216
Performance normal.....	216
Procedimientos ATS en el espacio aéreo RNP.....	216
Procedimientos para el tránsito entre diversos tipos de espacio aéreo RNP.....	217

Capítulo 10. Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Antecedentes.....	221
Principio de Funcionamiento.....	223
Estructura de las señales transmitidas.....	226
Códigos pseudoaleatorios.....	226
Técnica del Espectro ensanchado.....	229
Mensaje de navegación (NAV DATA).....	230
Tratamiento de la señal GPS.....	232

<i>Proceso de adquisición.....</i>	<i>232</i>
<i>Proceso de seguimiento.....</i>	<i>232</i>
<i>Configuración del sistema.....</i>	<i>233</i>
<i>Segmento espacial.....</i>	<i>234</i>
<i>Órbitas.....</i>	<i>234</i>
<i>Satélites del sistema NAVSTAR GPS.....</i>	<i>236</i>
<i>Segmento de control.....</i>	<i>237</i>
<i>Segmento de los usuarios.....</i>	<i>238</i>
<i>Tipos de receptores GPS.....</i>	<i>239</i>
<i>Errores en los sistemas GPS.....</i>	<i>240</i>
<i>Tipos de errores.....</i>	<i>240</i>
<i>Disponibilidad Selectiva.....</i>	<i>242</i>
<i>Precisión del Sistema GPS.....</i>	<i>242</i>
<i>DGPS (GPS diferencial).....</i>	<i>243</i>
<i>Estándar para Transmisión de Correcciones Diferenciales.....</i>	<i>244</i>
<i>Pseudolites.....</i>	<i>245</i>
<i>DGPS de Área Extensa y GPS Expandido.....</i>	<i>246</i>
<i>Estructura del DGPS.....</i>	<i>246</i>
<i>Cobertura y precisión del DGPS.....</i>	<i>247</i>
<i>Aplicaciones y futuro del GPS.....</i>	<i>248</i>
<i>Navegación marítima.....</i>	<i>248</i>
<i>Navegación terrestre.....</i>	<i>248</i>
<i>Navegación aérea.....</i>	<i>248</i>
<i>Usos en topografía y geodesia.....</i>	<i>249</i>
<i>Limitaciones.....</i>	<i>250</i>

Capítulo 11. Sistema Mundial de Navegación por Satélite.

<i>Antecedentes.....</i>	<i>253</i>
<i>El concepto CNS/ATM.....</i>	<i>253</i>
<i>Estrategia Mundial de la OACI para el futuro sistema de navegación aérea.....</i>	<i>255</i>
<i>Sistemas Actuales de Navegación por Satélite.....</i>	<i>255</i>
<i>Etapas de la Estrategia de la OACI.....</i>	<i>256</i>
<i>Requisitos OACI para GNSS - RPN.....</i>	<i>258</i>
<i>Tipos de aumentaciones.....</i>	<i>260</i>
<i>Estructura de la señal y comparación del GPS.....</i>	<i>263</i>
<i>Características principales del GPS y del GLONASS.....</i>	<i>265</i>

<i>Integración de los sistemas de GPS y GLONASS.....</i>	<i>266</i>
<i>EGNOS.....</i>	<i>270</i>
<i>Descripción del sistema.....</i>	<i>271</i>
<i>Cooperación de Aena en la extensión a otras regiones.....</i>	<i>279</i>

Capítulo 12. Sistemas de Vigilancia, Radar Secundario y Vigilancia Dependiente Automática (SSR/ADS).

<i>Breve historia del sistema de radar secundario convencional.....</i>	<i>283</i>
<i>El SSR y la ADS.....</i>	<i>289</i>
<i>Introducción al radar secundario (SSR).....</i>	<i>289</i>
<i>Funcionamiento del SSR convencional.....</i>	<i>290</i>
<i>Técnicas de recepción monopolso.....</i>	<i>294</i>
<i>Concepto.....</i>	<i>294</i>
<i>Patrones de recepción.....</i>	<i>295</i>
<i>Principios de la detección Monopulso.....</i>	<i>297</i>
<i>Sistema de adquisición de datos radar (SADR).....</i>	<i>303</i>
<i>Vigilancia dependiente automática ADS.....</i>	<i>304</i>
<i>Antecedentes.....</i>	<i>304</i>
<i>Limitaciones del Radar.....</i>	<i>305</i>
<i>Integración ADS-SSR.....</i>	<i>307</i>
<i>Incremento del nivel de disponibilidad.....</i>	<i>310</i>
<i>Control de la Integridad de la Navegación.....</i>	<i>310</i>
<i>Estación de control ADS-SSR (ECA).....</i>	<i>311</i>
<i>La arquitectura ECA.....</i>	<i>311</i>
<i>Principales funciones de ECA.....</i>	<i>313</i>
<i>Conclusiones.....</i>	<i>319</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>323</i>
<i>Anexos</i>	<i>327</i>

1

FANS



Sistemas de Navegación Aérea del Futuro.

Introducción a los sistemas CNS/ATM

La industria del Transporte Aéreo crece vertiginosamente en forma muy dinámica tanto más que las industrias en los últimos decenios, aumentado así los viajes aéreos de pasajeros y la carga aérea en los servicios regulares respectivamente. Entre los períodos de 1985 y 1995, las salidas de aeronaves y los kilómetros recorridos por aeronaves aumentaron a tasas de 3.7% y 5.8%.

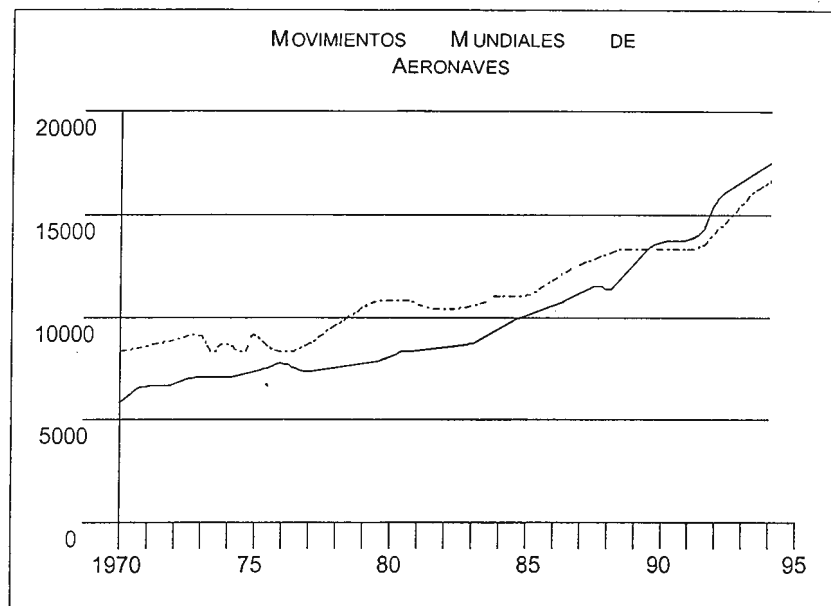


Figura 1-1. Representación de Movimientos Mundiales de Aeronaves.

En 1983, en atención al constante crecimiento de la aviación civil internacional en los años procedentes, y teniendo en cuenta los pronósticos de crecimiento del tránsito que se vislumbraban en el entorno de las nuevas tecnologías, el Consejo de OACI estudió las futuras necesidades de la comunidad aeronáutica.

El Consejo determinó que era necesario efectuar un minucioso análisis y reevaluación de los procedimientos y tecnología que hasta entonces se habían utilizado en la aviación civil con mucho éxito durante muchos años. Se reconoce además que los sistemas y procedimientos en se sustentaban la aviación habían alcanzado sus límites, en base a esto en un momento crucial OACI crea el Comité Especial sobre Sistemas de Navegación Aérea del Futuro (FANS).

Objetivos del FANS.

El Comité FANS (1983) se creó con el objetivo de estudiar, identificar y evaluar los nuevos conceptos y las nuevas técnicas, y presentar recomendaciones para el desarrollo progresivo y coordinado, de la navegación aérea durante los siguientes años. El comité llegó a la conclusión de que la tecnología de satélites ofrecía una solución viable para superar los defectos de los sistemas convencionales con base en tierra y responder a las futuras necesidades de la comunidad de la aviación civil.

El Comité FANS elaboró el concepto CNS/ATM basado principalmente en la tecnología satelital y previsto para ajustarse a la evolución de la gestión del tránsito aéreo (ATM), es decir que la aplicación de la tecnología de los satélites, es la única solución viable en la actualidad que permitirán a la aviación sobreponerse a las deficiencias de los sistemas CNS actuales y satisfacer las necesidades y requisitos del futuro previsible sobre una base mundial.

Limitaciones de los Sistemas Actuales.

Al comienzo de su labor, el Comité FANS, admitió que el objetivo final de un sistema ideal de navegación aérea mundial debía proporcionar un sistema rentable y eficaz, adaptable a todo tipo de operaciones en la mayor libertad cuatridimensional (en el espacio y en el tiempo) que permitiera la capacidad de las mismas. Con esta idea en mente, se reconoció que el sistema general de navegación aérea existente y sus subsistemas adolecían de varias deficiencias de carácter técnico, operacionales, de procedimientos, económicos y en su aplicación. Después de estrictos análisis, el Comité FANS verificó que en ese momento (el FANS I realizó su labor entre 1983 y 1989) los defectos de los sistemas actuales en todo el mundo se debían esencialmente a tres factores:

- Las limitaciones de propagación de los sistemas actuales de alcance óptico y/o las limitaciones en cuanto a precisión y a fiabilidad impuestas por la variabilidad de las características de propagación de los demás sistemas;
- La dificultad, por varias razones, de poner en práctica los sistemas CNS actuales y hacerlos funcionar de una manera uniforme en extensas partes del mundo;
- Las limitaciones de las comunicaciones orales (en fonía) y la falta de sistemas de intercambio de datos digitales aeroterrestres, para servir de apoyo a los sistemas automatizados en el aire y en tierra.

Las limitaciones que se enuncian son intrínsecas a los sistemas y a los procedimientos de ponerlos en práctica. Aunque sus defectos no son los mismos en todos los lugares del mundo, es evidente que uno o más de estos factores frenan el desarrollo ulterior de la navegación aérea prácticamente en todo lugar. Los nuevos sistemas CNS deben vencer esas limitaciones para permitir la organización del tránsito aéreo en una escala global de modo que evolucione y responda mejor a las necesidades de los usuarios.

En consecuencia deben proporcionar:

- Comunicaciones, navegación y vigilancia en el ámbito mundial desde altitudes (muy) bajas hasta (muy) altas abarcando de este modo las zonas remotas, marítimas y oceánicas.
- Intercambio de datos digitales entre sistemas aeroterrestres para explotar plenamente las posibilidades de automatización de ambos.
- Servicio de navegación / aproximación para pistas y otras zonas de aterrizaje que no precisen ser equipadas con ayudas para aterrizaje de precisión (MLS).

Los nuevos sistemas CNS proporcionarán una interacción más estrecha entre los usuarios del sistema terrestre y del espacio aéreo antes del vuelo y durante el mismo, por lo cual la organización del tránsito aéreo permitirá un uso flexible y eficaz del espacio aéreo aumentando la seguridad del tránsito.

Las siguientes directivas de modificación en la ATM recibirán el apoyo de los sistemas CNS del futuro:

- Mejor despacho y transferencia de información entre explotadores, aeronaves y dependencias ATS.
- Mayor vigilancia, utilizando las posiciones de las aeronaves calculadas con los sistemas de bordo (vigilancia dependiente automática (ADS)).
- Sistemas de datos perfeccionados con base en tierra, inclusive sistemas para presentar datos provenientes de la ADS al controlador (“presentación pseudoradar”), con el fin de permitir:
 - La posibilidad de sacar provecho de la mayor precisión de navegación en cuatro dimensiones, de las aeronaves modernas;
 - Una mejor ubicación del perfil de vuelo preferido en todas las fases de vuelo, sobre la base de los objetivos del explotador.
 - El perfeccionamiento en la dirección y resolución de los conflictos, la generación y transmisión automatizadas de autorizaciones para evitar conflictos y la adaptación rápida a las variadas condiciones del tránsito.
- Estos tres objetivos junto con una mejora de la planificación facilitarán aún más la organización dinámica del espacio aéreo y del tránsito particularmente en partes del espacio aéreo de elevada densidad del tránsito.

Elementos principales de los Sistemas CNS/ATM.

A continuación se resumen los cuatro elementos principales de los sistemas CNS/ATM:

Comunicaciones.

En los sistemas CNS/ATM, la transmisión en fonía seguiría practicándose, inicialmente, por los canales existentes de muy alta frecuencia (VHF); sin embargo, esos mismos canales VHF se usarían cada vez más para transmitir datos digitales. También se están incorporando comunicaciones de datos y en fonía por satélite, con capacidad de cobertura mundial, junto con transmisión de datos por canales de alta frecuencia (HF). El radar secundario de vigilancia (SSR en Modo S), que se usa cada vez más para la vigilancia en espacio aéreo de gran densidad, tiene la capacidad de transmitir datos digitales entre aire y tierra. Una red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN) proporcionará intercambio de datos digitales entre usuarios finales por subredes diferentes de comunicaciones aire-tierra y tierra-tierra.

El uso regular de transmisión de datos a los fines de la ATM introducirá muchos cambios en el modo en que se produce de la comunicación entre el aire y tierra, y al mismo tiempo ofrecerá muchas nuevas posibilidades y oportunidades.

Los beneficios que se prevén de los futuros sistemas de comunicaciones residen en el hecho de que permitirán una vinculación más directa y eficaz entre los sistemas automáticos de tierra y de a bordo, conjuntamente con las comunicaciones entre el piloto y el controlador. En realidad, los enlaces de datos digitales pueden considerarse como la clave del desarrollo de nuevos conceptos ATM que permitirán lograr verdaderos beneficios.

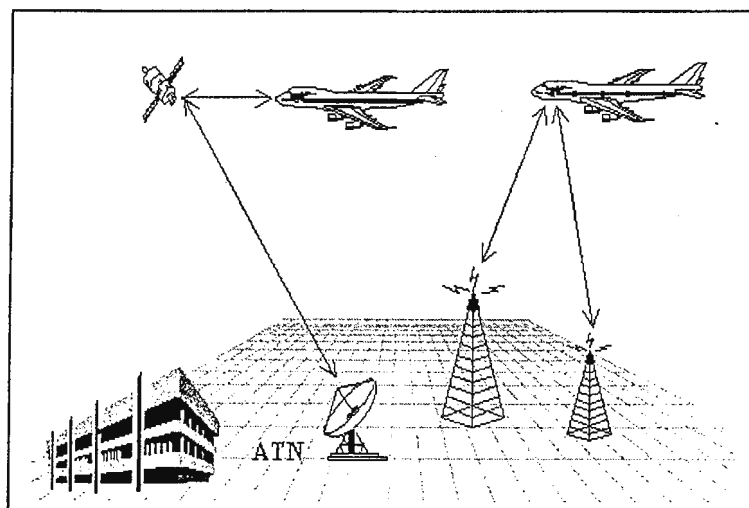


Figura 1-2. Esquema de comunicaciones para CNS/ATM.

Navegación.

Las mejoras en materia de navegación incluyen la introducción gradual de capacidad de navegación de área RNAV, junto con el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS). Estos sistemas suministran cobertura mundial para la navegación y se están usando para la navegación mundial en ruta y para las aproximaciones que no sean de precisión. Con sistemas apropiados de aumentación y procedimientos conexos, se prevé que dichos sistemas también permitirán las aproximaciones de precisión.

El GNSS ofrecerá un servicio de navegación mundial de alta integridad, alta precisión y utilizable en todo tiempo. La plena implantación del GNSS permitirá que las aeronaves vuelen en todo tipo de espacio aéreo en cualquier parte del mundo, utilizando una sencilla aviónica de a bordo para recibir e interpretar señales originadas en los satélites, lo cual ofrecerá a muchos estados la posibilidad de dismantelar parte de su infraestructura terrestre para la navegación aérea, o quizás toda ella.

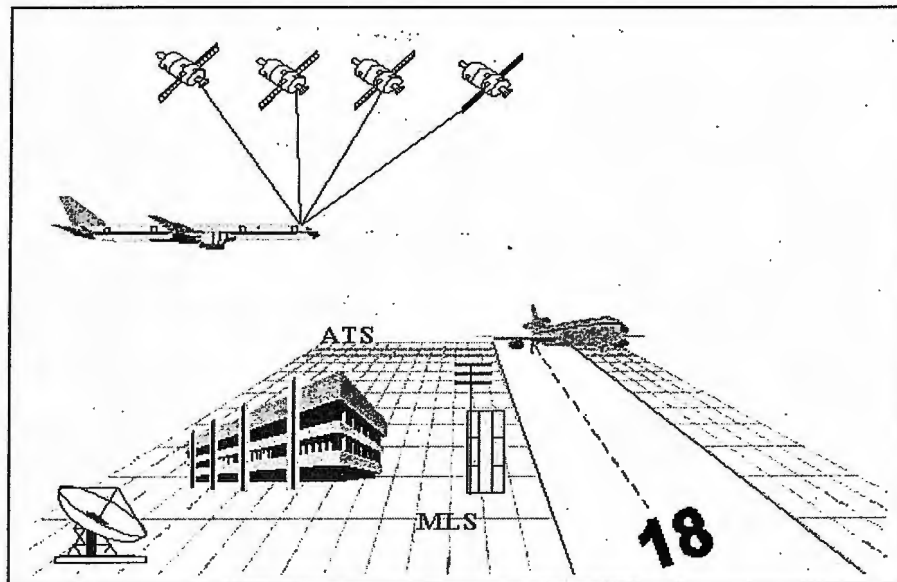


Figura 1-3. Esquema de Navegación para CNS/ATM.

Vigilancia.

Seguirán utilizándose los modos SSR (Radar secundario de vigilancia) tradicionales, junto con la introducción gradual del Modo S, tanto en zonas terminales como en espacio aéreo continental de alta densidad. Sin embargo, la mayor novedad es la implantación de la vigilancia dependiente automática (ADS). La ADS permite que las aeronaves transmitan automáticamente su posición y otros datos, tales como el rumbo, la velocidad y demás información valiosa contenida en el sistema de gestión de vuelo (FMS), a través de satélites o por otros enlaces de comunicaciones, a una dependencias de control de tránsito aéreo (ATC) en la cual la posición de la aeronave se presentará de modo semejante a una pantalla radar.

También puede verse la ADS como una aplicación que representa la verdadera fusión de las tecnologías de comunicaciones y navegación y, junto con las mejoras en la automatización de los sistemas terrestres, permitirá introducir progresos importantes para la ATM, especialmente en el espacio aéreo oceánico. Actualmente se está elaborando soporte lógico que permitirá usar estos datos directamente en computadora en tierra y para detectar y resolver conflictos. Por último, esto podría permitir que se transmiten autorizaciones entre computadoras de a bordo y en tierra, con poca o ninguna intervención de seres humanos.

Muy rápidamente se extraerá ventajas de la ADS en las áreas oceánicas y algunas zonas continentales que actualmente no disponen de cobertura radar.

La ADS por radiodifusión (ADS-B) es otro concepto para difundir información sobre la posición de la aeronave. Utilizando este método, las aeronaves difunden periódicamente su posición a otras aeronaves, así como a los sistemas en tierra. Cualquier usuario, a bordo o en tierra, que esté dentro del alcance de la emisión, recibe y procesa la información. Todos los usuarios del sistema tienen acceso en tiempo real a los mismos datos, mediante pantalla semejantes, lo cual permite mejorar considerablemente la comprensión de la situación del tránsito.

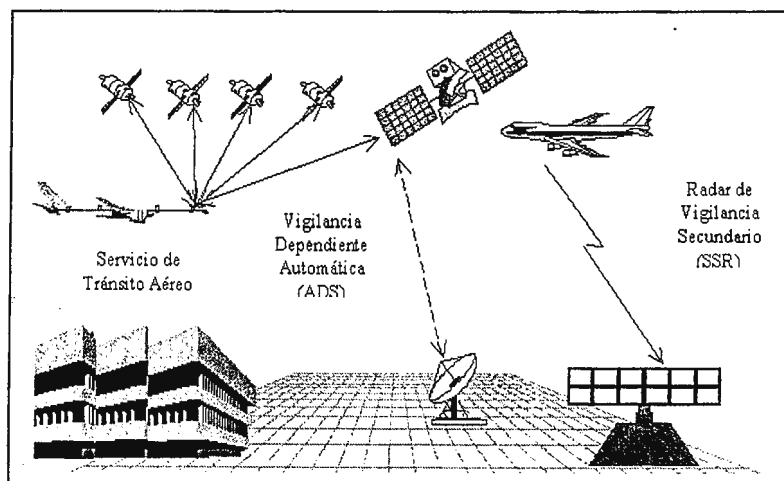


Figura 1-4. Esquema de Vigilancia para CNS/ATM.

Gestión de tránsito aéreo ATM.

Al considerar la implantación de los nuevos sistemas de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia y de todas las mejores previstas, puede verse que el principal beneficiario en general será probablemente la ATM. Más precisamente, los adelantos en las tecnologías CNS servirán para apoyar la ATM. Cuando se hace referencia a la ATM en el concepto del futuro, significa más que control de tránsito aéreo.

En realidad, ATM se refiere a un concepto de organización del sistema en una escala mucho más amplia, que incluye el ATS, la organización de la afluencia del tránsito aéreo (ATFM), la gestión del espacio aéreo (ASM) y las operaciones de vuelo.

Un sistema ATM mundial integrado debería explorar plenamente la introducción de las nuevas tecnologías CNS mediante una armonización internacional de las normas y procedimientos.

En última instancia, esto permitiría a los explotadores de aeronaves efectuar sus vuelos de conformidad con sus trayectorias preferidas, ajustadas dinámicamente, del modo más óptimo y eficiente en cuanto al costo.

La siguiente figura muestra cómo beneficiará a la ATM la utilización de las tecnologías CNS.

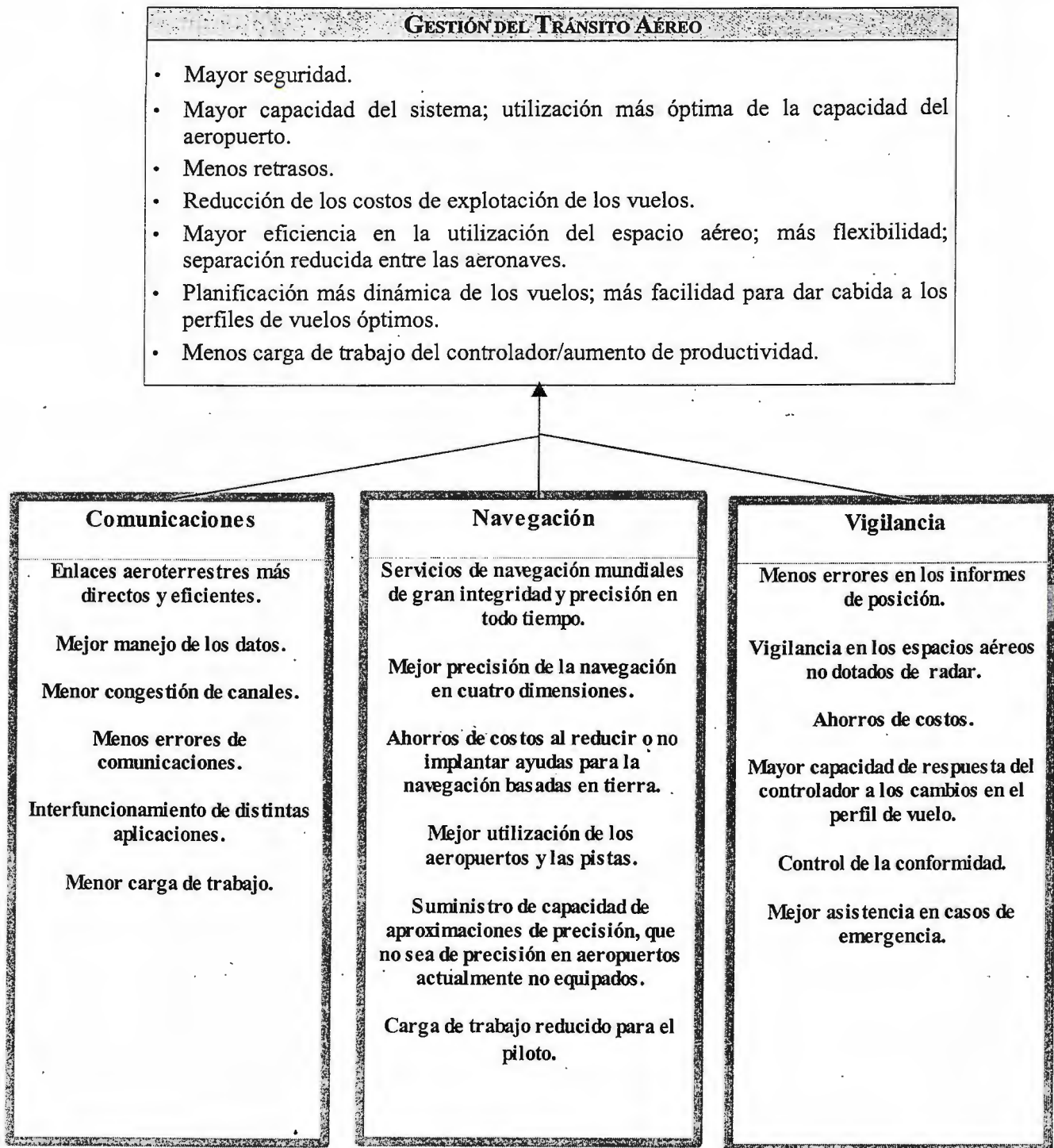


Figura 1-5. Beneficios del CNS/ATM.

	GESTIÓN DE TRÁNSITO AÉREO	OPERACIONES DE VUELO
Generalidades	<ul style="list-style-type: none"> Asegurarse de que toda la información necesaria, comprendida la requerida para una planificación dinámica del vuelo, está disponible para todos los sistemas en tierra y abordó. Mejorar la integración funcional de los sistemas en tierra con los sistemas abordó y los aspectos de las operaciones de vuelo relativos a la ATM. Mejorar la exactitud de la predicción y resolución de conflictos y el suministro de información en tiempo real a los controladores y explotadores 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la exactitud de la información vinculada a la marcha del vuelo. Mejorar la integración funcional de los sistemas de abordó y de las operaciones de vuelo con los sistemas en tierra. Mejorar el suministro de información exacta entre los elementos del sistema de abordó con los elementos de sistema en tierra necesarios para la planificación dinámica del vuelo.
Seguridad operacional	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar el suministro de procedimientos seguros bien adaptados y armónicos a escala mundial. Asegurar que se mantiene la separación entre aeronaves. Asegurar que se mantiene el margen de separación entre aeronaves y obstáculos. Suministrar un planeamiento mejorado de casos de emergencia. Asegurar que esté disponible un servicio rápido de alerta. Asegurar que se mantienen niveles de seguridad a medida que aumenta la autorización. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la comprensión de la situación que tiene el piloto. Asegurar un suficiente margen de separación del terreno. Permitir que las aeronaves mantengan la separación entre sí en circunstancias específicas. Asegurar que se mantienen los niveles de seguridad a medida que aumenta la automatización. Asegurar la integridad de la información de la base de datos.
Regularidad y Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> Prever la aplicación de ATM mundial en todas las condiciones de operación. Mejorar la aplicación de la gestión técnica del espacio aéreo mediante una participación dinámica del usuarios, que permitirá una utilización más eficaz del espacio aéreo. Garantizar el suministro de información necesaria para la ATFM táctica y estratégica. Mejorar la ATFM táctica y estratégica en general de modo que la demanda no exceda de la capacidad. Aumentar la capacidad disponible sin aumentar la carga de trabajo de los controladores. 	<ul style="list-style-type: none"> Asegurarse de que las aeronaves puedan operar en todo tipo de condiciones meteorológicas. Prever la aplicación de los perfiles de vuelo preferidos por el usuario. Asegurarse de que la infraestructura necesaria esté disponible para apoyar las operaciones de puerta a puerta. Mejorar la capacidad del usuario para optimizar dinámicamente la planificación del vuelo, a fin de mejorar la capacidad del espacio aéreo mediante operaciones más flexibles. Minimizar las desventajas económicas en la explotación de aeronaves. Minimizar las necesidades de transporte equipo diferente en distintas regiones.
COMUNICACIONES, NAVEGACIÓN Y VIGILANCIA		
Comunicaciones	Mejorar la cobertura, accesibilidad, capacidad, seguridad y rendimiento de los sistemas de comunicaciones aeronáutica de conformidad con los requisitos de la ATM.	
Navegación	Mejorar la cobertura y permitir la capacidad de navegación en todo tiempo en todos los espacio aéreos, incluyendo la proximidad y el aterrizaje, manteniendo a la vez o mejorando la integridad, la precisión y el rendimiento de conformidad con los equipos de la ATM.	
Vigilancia	Mejorar y ampliar la vigilancia y eficaz en las zonas oceánicas y alejadas, mejorando a la vez la compensación de la situación del tránsito aéreo en el puesto de pilotaje de conformidad con los requisitos de la ATM.	

Tabla 1-1. Objetivos de los Sistemas CNS/ATM.

• Nuevo concepto o consenso tecnológico aún no alcanzado.

Ventajas de los nuevos sistemas.

Los sistemas CNS/ATM mejorarán el manejo y la transferencia de la información ampliarán la vigilancia utilizando ADS y mejorarán la precisión de la navegación. Esto llevará, entre otras cosas, a reducir la separación entre aeronaves, permitiendo así aumentar la capacidad del espacio aéreo.

Los sistemas CNS/ATM avanzados también permitirán implantar en tierra sistemas computarizados que permitan aumentar el tránsito. Estos sistemas con base en tierra intercambiarán información directamente, mediante enlace de datos, con los sistemas de gestión de vuelo (FMS) instalados a bordo de la aeronave. Esto beneficiará al proveedor de conflictos mediante un tratamiento inteligente, proporcionando la generación y transmisión automáticas de autorizaciones que no generen conflictos, y ofreciendo un medio de adaptarse rápidamente a las cambiantes necesidades del tránsito.

Como resultado, el sistemas ATM estará más capacitado para admitir el perfil de vuelo preferido de una aeronave y para ayudar a los exploradores de aeronaves a reducir sus costos de explotación y sus demoras. En la tabla anterior se describen los objetivos de los sistemas CNS/ATM y las ventajas resultantes.

Ventajas para las líneas aéreas.

Los sistemas CNS/ATM reportarán beneficios a los proveedores y usuarios del sistema de navegación aérea, al constituir una relación más estrecha que permitirá una transmisión más rápida y fiable entre los elementos del sistema instalados en tierra y abordo. Los sistema de navegación más precisos y fiables permitirán también que las aeronaves vuelen en todo tipo de espacio aéreo y operen aproximándose más entre sí.

A la expectativa de las ventajas que ofrecerán los sistemas CNS/ATM, las líneas aéreas prevén que se reducirán las normas de separación sobre el espacio aéreo oceánico, aumentará el acceso a zonas distantes, se introducirá gradualmente la separación vertical de 1000 ft por encima de los 29000 ft habrá mayores oportunidades para trazar rutas más dinámicas y directas y mejorará en general la seguridad operacional.

Beneficios para los Estados que suministran la infraestructura para la Navegación Aérea.

Para los Estados que suministran y mantienen amplias infraestructuras en tierra, se prevé una reducción en el costo general de la explotación y mantenimiento de las instalaciones, a medida que los sistemas tradicionales en tierra se vuelvan obsoletos y se emplee cada vez más la tecnología basada en satélites. También se beneficiarán con una mejor seguridad operacional.

Los sistemas CNS/ATM brindan a los Estados en desarrollo una oportunidad conveniente de mejorar su infraestructura para atender más tránsito con una mínima inversión. Muchos de esos Estados poseen grandes extensiones de espacio aéreo disponible pero inutilizable, debido sobre todo a los gastos que suponen la adquisición, explotación y mantenimiento de las infraestructuras necesarias en tierra. Los sistemas CNS/ATM les permitirán modernizarse sin costos exagerados, incluso para suministrar aproximaciones de precisión y que no sean de precisión.

Aviación general.

Las aeronaves de aviación general y utilitarias dispondrán de mayor acceso al equipo de aviónica, que les permitirá operar en condiciones de vuelo, así como para entrar y salir de los aeropuertos, que normalmente les habrían estado vedadas debido a los costos de explotación y requisitos conexos.

Además, como resultado de la implantación de los sistemas CNS/ATM, resultarían accesibles muchas zonas alejadas que actualmente son inaccesibles para la mayoría de las aeronaves de la aviación general, debido a su incapacidad para comunicarse o navegar con seguridad en ellas.

Beneficios indirectos.

Además de los beneficios directos enumerados, existen otras ventajas indirectas, tales como:

- Tarifas de pasajeros y carga más bajas.
- Ahorros de tiempo para los pasajeros.
- Beneficios para el medio ambiente.
- Transferencia de capacitación en alta tecnología.
- Mejoras en la productividad y reestructuración de la industria.
- Estímulo de las industrias emparentadas.
- Mejores oportunidades comerciales.
- Un aumento en el empleo.

Estudios de costo / beneficio.

Para garantizar la implantación con éxito de los sistemas CNS/ATM, es necesario aconsejar a los proveedores de servicios de tránsito aéreo, a los usuarios de dichos servicios y a los organismos proveedores de fondos acerca de las repercusiones financieras, y convencerlos de viabilidad económica de los nuevos sistemas CNS/ATM. Esto puede lograrse mediante un amplio análisis de costo/ beneficios, que incluya las consecuencias financieras que afectarán a todos los socios que participen en el proceso de implantación. Además de evaluar la viabilidad general, es importante determinar los diversos impactos sobre las administraciones estatales / organismos responsables de suministrar los servicios y sobre las líneas aéreas y otros explotadores de aeronaves que los utilizarán.

Por ejemplo, es probable que todo costo adicional en equipo y de explotación que deban afrontar las líneas aéreas resulten más que compensados por los beneficios que recibirán de disponer de trayectorias de vuelo más eficaces posibilitadas por el nuevo sistema. En tales circunstancias, quizá sea necesario ajustar los derechos en ruta para asegurarse de que se recuperan totalmente los costos en que incurrirán los proveedores de servicios. Los análisis de costo / beneficios pueden orientar sobre el alcance y la escala de dichos ajustes.

Existe toda una gama de opciones técnicas, operacionales e institucionales para implantar los sistemas CNS/ATM. Por ejemplo, la comunicación aeroterrestre en el espacio aéreo puede establecerse mediante un servicio móvil aeronáutico por satélite (SSMAS) (en fonía y de datos), VHF (en fonía y de datos), SSR en Modo S (enlace de datos), HF (en fonía / datos) o cualquier combinación de los mismos. Con respecto a las opciones organizativas, un Estado podría suministrar servicios independientemente dentro de su espacio aéreo, o reunir fuerzas con otros Estados en el marco de diversos arreglos posibles, tales como el empleo de intermediarios delegados. Como los costos y beneficios vinculados con los sistemas CNS/ATM se relacionan con el plan de implantación, los análisis de costo / beneficios pueden ayudar a un Estado o región a elegir la opción de implantación más apropiada para sus necesidades y condiciones.

Los análisis de costo / beneficios también pueden orientar sobre la oportunidad apropiada para implantar los diversos elementos de un nuevo sistema. Es probable que los valores relativos de los beneficios y los costos vinculados con la implantación varíen con el volumen de tránsito. Por ejemplo, es posible que los beneficios de los sistemas CNS/ATM respondan mejor que los costos al crecimiento del tránsito, de modo que un nuevo sistema resultará económicamente más atractivo reconocer que los retrasos en la implantación pueden significar pérdida de beneficios a corto plazo. Los análisis de costo / beneficios pueden tener en cuenta estos hechos a identificar la programación de las inversiones que ofrecerán mejor rendimiento en general.

Organización financiera.

Un desafío importante en el proceso de implantación de los sistemas CNS/ATM se refiere a los aspectos de organización y financieros. Una característica de muchos elementos del sistema CNS/ATM es su dimensión multinacional; en consecuencia, se requerirá en gran medida la cooperación internacional a lo largo del proceso de implantación y finalmente en el futuro ámbito operacional. En muchos casos, el financiamiento de los elementos básicos del sistema puede requerir una asociación participativa de los Estados que intervendrán a nivel regional o mundial. El financiamiento a nivel nacional normalmente se encararía de modo semejante al que se aplica para los sistemas convencionales de navegación aérea. La constitución de autoridades autárquicas para explotar servicios de navegación aérea. La constitución de autoridades autárquicas para explotar servicios de navegación aérea a nivel nacional, y también a nivel internacional, podría facilitar la solución del financiamiento de los sistemas CNS/ATM.

Necesidades de asistencia y cooperación técnica.

Mientras algunos Estados en condiciones de formular sus planes nacionales e implantar los sistemas utilizando sus propios recursos, la mayoría de los Estados necesitarán algún tipo de asistencia en la planificación e implantación de los CNS/ATM. Las encuestas llevadas a cabo por la OACI mediante cuestionarios a los Estados han identificado las necesidades que se indican a continuación:

- Evaluación de las necesidades y elaboración de proyectos.
- Seminarios teóricos y prácticos de familiarización y especializados.
- Planificación de la transmisión, incluso análisis de costo/beneficios y recuperación de costos.
- Movilización de donantes y arreglos financieros.
- Planificación, especificación, adquisición, instalación y puesta en marcha de los sistemas.
- Planificación y desarrollo de recursos humanos.

La Declaración sobre la política general de la OACI para la implantación y explotación de los sistemas CNS/ATM incluye, entre otras cosas, una estipulación de que la OACI desempeñará una función central en la coordinación de los acuerdos de cooperación técnica para la implantación de los sistemas CNS/ATM. El mecanismo de ejecución de los objetivos de la OACI ha sido establecido por la Asamblea de la OACI (Resolución 31-14) para proporcionar entre otras cosas la asistencia técnica que requieran los Estados en la planificación y la implantación de los sistemas nacionales CNS/ATM sin fines de lucro. También podría suministrarse asistencia para formalizar arreglos de cooperación entre los Estados, bajo los auspicios de la OACI, por ejemplo, para atender a necesidades comunes.

Aspectos jurídicos e institucionales.

El marco jurídico actualmente vigente para la prestación de los servicios de gestión del tránsito aéreo, el Convenio de Chicago y sus Anexos, regula las actividades de los proveedores de servicios (incluso de los proveedores de elementos de los servicios, como las señales de posicionamiento de ayudas para la navegación), así como de los usuarios (incluso los explotadores de transporte aéreo). Los sistemas CNS/ATM aportarán importantes beneficios a los Estados. Existe acuerdo en general en que no hay ningún obstáculo jurídico para la implantación de los sistemas CNS/ATM y que los mismo no contienen nada que sea intrínsecamente incompatible con el Convenio de Chicago. El Grupo de expertos jurídicos y técnico adoptó una serie de conclusiones:

1. El GNSS será compatible con el derecho internacional, incluyendo el Convenio de Chicago y sus Anexos, y las reglas pertinentes aplicables a las actividades en el espacio ultraterrestre.
2. La integridad de todo marco jurídico para la implantación y explotación del GNSS requiere la observancia de principios fundamentales, que deben establecerse en una Carta.

3. Se estudiarán más a fondo otros asuntos jurídicos a medida que evoluciona el GNSS a largo plazo. Por consiguiente, el grupo de expertos convino en el texto de un proyecto de Carta sobre los derechos y obligaciones de los Estados con relación a los servicios y estudió otros asuntos jurídicos relacionados con el GNSS. El proyecto de carta incluye los principios aplicables a la implantación y explotación de los GNSS, entre ellos la seguridad operacional de la aviación civil internacional; el acceso universal sin discriminación a los Estados; la continuidad, disponibilidad, integridad, exactitud y confiabilidad de los servicios GNSS; la compatibilidad de los arreglos regionales con el proceso de planificación e implantación mundial, y el principio de cooperación y asistencia mutua. La cuestión en la que no se llegó a consenso ni en el Consejo, ni en el Comité Jurídico, es la de si el CNS/ATM tiene nuevas características de carácter suficientemente problemático para exigir el establecimiento de un nuevo instrumento jurídico o de una combinación de instrumentos.

Resumen.

Todavía quedan varias cuestiones, además de las expuestas, que habrá que tratar y resolver si se quiere explotar plenamente todas las posibles ventajas de los sistemas CNS/ATM. Esto supondrá el esfuerzo y buena voluntad combinados tanto de los proveedores de ATM como de quienes van a funcionar dentro del sistema y de quienes aprovecharán sus tecnologías.

En general, quienes ejercen autoridad sobre el sistema de navegación aérea y quienes operan dentro del mismo consideran favorablemente los sistemas CNS/ATM, porque comprenden que la demanda del tránsito aéreo ha llegado a niveles de saturación en muchas partes del mundo. Ya se está produciendo una implantación temprana de los sistemas CNS/ATM, con el fin lograr rápidos beneficios.

2

CNS/ATM



SISTEMAS ACTUALES DE COMUNICACIÓN, NAVEGACIÓN,
VIGILANCIA Y GESTIÓN DEL TRÁNSITO AÉREO.

Entorno Actual de los Servicios de comunicación.

Servicios de comunicación.

Las comunicaciones en los sistemas de navegación son de vital importancia ya estas permiten transmitir información de todo tipo: identificación de las aeronaves hacia las torres de control, datos meteorológicos entre los centros ATC, información de las aerolíneas, etc. Existen básicamente dos categorías de comunicaciones aeronáuticas:

1. Comunicaciones relacionadas con la seguridad operacional, las cuales requieren alta integridad y una respuesta rápida:
 - Comunicaciones para los servicios de tránsito aéreo (ATSC) entre dependencias ATS o entre una dependencia ATS y una aeronave para ATC, información de vuelo, alertas, etc.
 - Comunicaciones para el control de las operaciones aeronáuticas (AOC) que efectúan los explotadores de aeronaves sobre cuestiones relativas a la seguridad operacional, regularidad y eficiencia de los vuelos.
2. Comunicaciones no relacionadas con la seguridad operacional.
 - Comunicaciones aeronáuticas administrativas (AAC) del personal y/o los organismos aeronáuticos sobre asuntos administrativos y privados;
 - Comunicaciones aeronáuticas de los pasajeros (APC).

En general, los sistemas de comunicaciones utilizados en los sistemas CNS/ATM pueden pertenecer a ambas categorías mencionadas. Sin embargo, las comunicaciones relativas a la seguridad operacional siempre tendrán prioridad sobre las que no se relacionan con la seguridad.

El uso de nuevas herramientas de comunicación, permitirá simplificar la coordinación entre los sectores y varias unidades del ATC. El controlador enviará y recibirá toda la información necesaria más rápido, no necesitará aguardar hasta que el compañero tenga un momento libre para contestar. El gestor automatizado de tránsito aéreo mandará la información y otro controlador podrá leerla en un momento desocupado o de poco tránsito.

Una mejor coordinación además de herramientas automatizadas reducirá la carga de trabajo y permitirá tiempo para tomar decisiones. En el futuro el controlador podrá aspirar a una reducción en la carga laboral (algunos tipos de información serán transmitidos automáticamente) y una reducción de la situación de estrés porque usará el sistema automatizado de ATM en la predicción y prevención de conflictos.

La aeronave estará capacitada para interactuar directamente con la base de datos en tierra y recibir la información que requiera como tiempo, información del espacio aéreo, información aeronáutica, sin contactar con el controlador.

La siguiente figura muestra el esquema operacional de las comunicaciones para la gestión del tránsito aéreo.

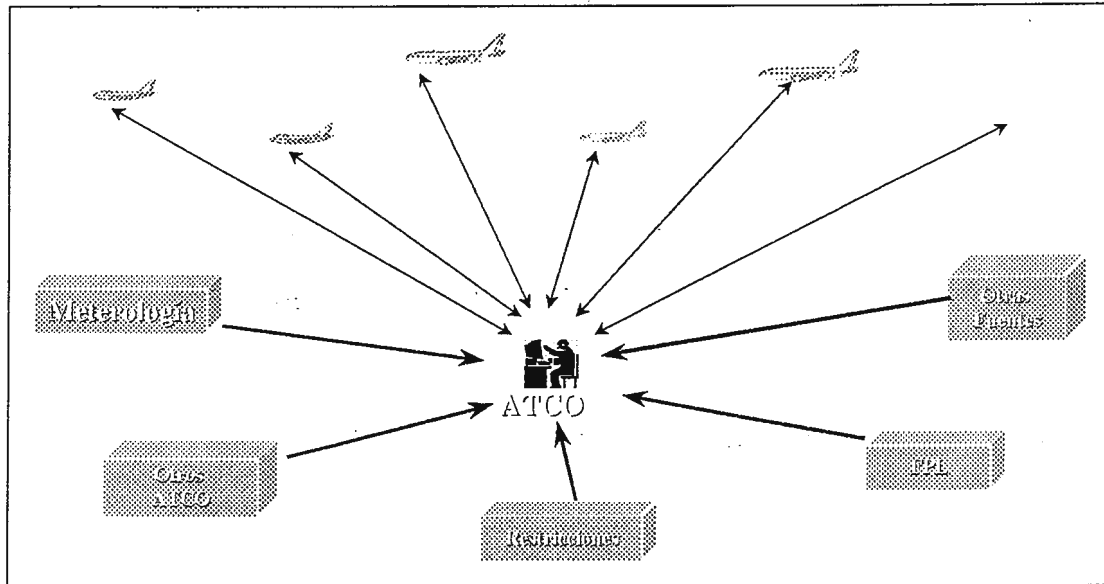


Figura 2-1. Esquema operacional para las comunicaciones.

La tecnología de la comunicación tendrá un mayor impacto sobre el nuevo sistema CNS/ATM. OACI ha recomendado el uso de la transmisión de datos para las aplicaciones de la comunicación (reporte COM/OPS/95 Rec. 6/2), y además para las aplicaciones de la navegación y vigilancia (reporte COM/OPS/95 Rec. 6/3). Para la transmisión de datos la Red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN) ha sido designada por la OACI como la infraestructura global primaria. Las actividades actuales en el desarrollo de la ATN están orientadas en tres áreas: la Internet ATN, las subredes móviles de ATN (VHF, Modo S y satélite), y los requerimientos de las comunicaciones del usuario final soportando la aplicación del paquete del CNS/ATM.

Los objetivos que buscan los sistemas de comunicación en el entorno CNS/ATM son:

- Incrementar la cobertura de la comunicación.
- Incrementar la accesibilidad.
- Incrementar la integridad.

- Incrementar los niveles de seguridad.
- Incrementar el rendimiento de acuerdo a los requerimientos de ATM

Limitaciones y Desventajas de los sistemas de comunicación Actuales.

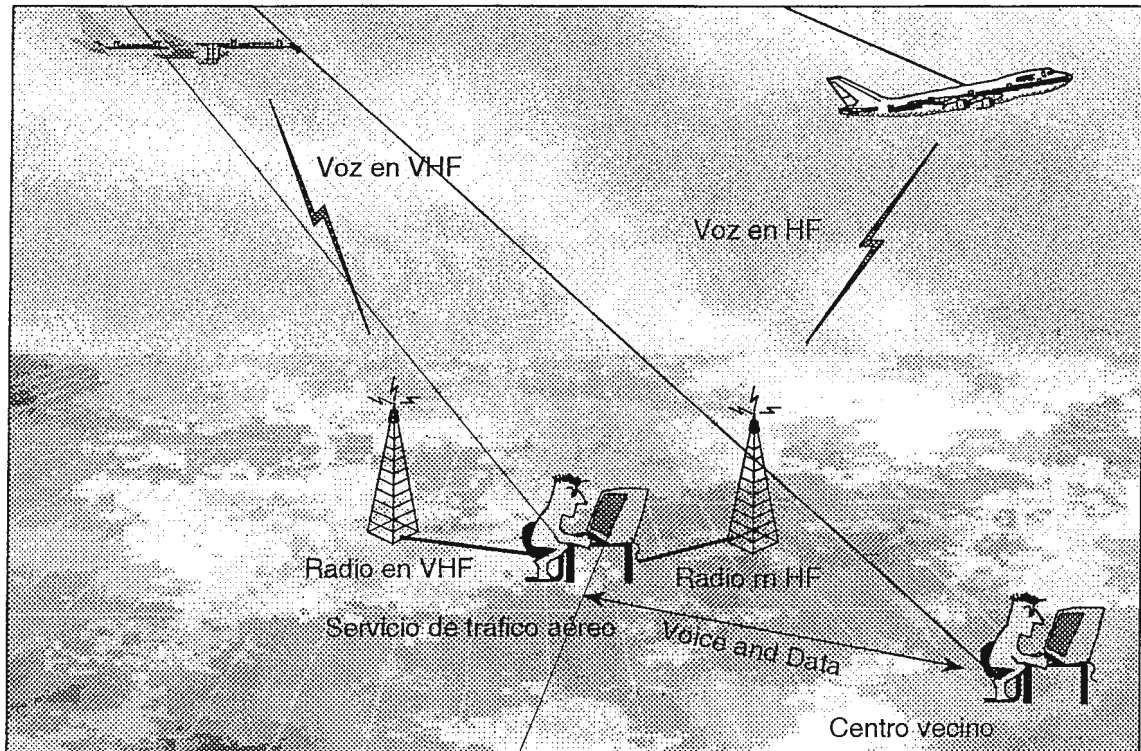


Figura 2-2. Sistemas de comunicaciones actuales.

Entre los problemas que presentan los sistemas de comunicación para la navegación civil podemos mencionar:

- Las limitaciones de la propagación actual de la línea-de-vista de los sistemas de comunicación de voz VHF (curvatura de la tierra; atenuación a lo largo de la línea de la propagación; otras características geográficas).
- La falta de una cobertura completa de las comunicaciones de voz en VHF especialmente para el espacio aéreo oceánico.
- Las comunicaciones HF no son restringidas a la línea de vista porque las ondas de radio son reflejadas en la ionosfera. No obstante las comunicaciones de voz HF están sujetas a una disminución severa y la interferencia como resultado de la variabilidad de características de la propagación.

- La saturación del espectro VHF en muchas áreas del mundo.
- La falta de sistemas de intercambio de datos digitales aire–tierra para soportar sistemas en tierra y en aire.
- La comunicación de voz posee una baja tasa de transferencia de información.
- Los problemas de comunicación de voz que surgen debido a la naturaleza del idioma o al acento de los directores y pilotos.
- La posibilidad de errores de transmisión o comprensión.
- Una elevada carga de trabajo del controlador.

Para corregir todo lo expresado anteriormente se utilizarán los enlaces, la red de satélites y la red de bases terrestres apoyaran las comunicaciones de la aviación.

La ocupación de las radiofrecuencias es actualmente el factor limitante de la capacidad de crecimiento de muchos sectores en las ocupadas áreas del espacio aéreo. En particular, esto involucra grandes montos de tiempo desperdiciados en la coordinación de paso de sectores y la frecuente transferencia de mensajes, como un requerimiento de controladores para la información básica de vuelo de la aeronave.

Los despejes de salidas y mensajes ATIS son los dos primeros candidatos para ser transmitidos vía comunicación de datos aire tierra.

Posteriormente, el contacto inicial y la transferencia de mensajes podrían converger en este modo. Además, los actuales parámetros de vuelo y las preferencias de la tripulación podrían enlazadas hacia abajo, liberando a los controladores de la necesidad de uso de R/T para obtener dicha información. La viabilidad de transmitir más mensajes críticos por tiempo sobre un enlace de comunicación de datos aire tierra, dependerá del desarrollo en la velocidad de transmisión de esas redes.

Datos versus voz.

La comunicación aire–tierra esta actualmente disponible usando una variedad de carriers, y tanto la comunicación de vos y datos son prácticas. Sin embargo, la comunicación ha tenido siempre un viaje técnico y cada medio de la comunicación tienen beneficios e inconvenientes.

La comunicación de voz establece medios de comunicación que aseguren información crítica, particularmente instrucciones y respuestas del control de tránsito aéreo. La voz tiene el beneficio de lo inmediato, con la interacción persona a persona, pero las desventajas incluyen el lenguaje y problemas de pronunciación, la entendibilidad producido por el ruido del radio así como por el alto uso de ancho de banda (la voz usa mucho del tiempo aéreo para un pequeño monto de información). En el espacio aéreo oceánico, la necesidad de usar radio HF y los servicios intermediarios de repetición, remueven la inmediatez e introducen caprichos de la propagación que podrían conspirar para abortar comunicaciones confiables. La más nueva tecnología, basada en la comunicación satelital, elimina el problema del radio HF, pero a un costo en términos de capital invertido y equipo nuevo equipo así como en cargos de tiempo aéreo.

El crecimiento precedido en el tráfico aéreo significa que los recursos de comunicación llegaran a ser más fuertes, con más usuarios compitiendo por el ancho de banda. Adicionalmente a esto, el manejo del tráfico aéreo de esta población usuaria incrementada, significa que ya más comunicación se necesitará para proveer datos más fieles para los centros de control de posición de aeronaves y intenciones de maniobra.

En la siguiente tabla se muestra una comparación entre las propiedades y comportamiento de la voz y los datos.

COMPARACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES DE LA VOZ Y LOS DATOS	
VOZ	DATOS
§ El acento puede causar mal entendimiento.	§ Provee claridad, información sin ambigüedades.
§ El tono y la inflexión pueden ceder información	§ Neutral; debe ser leído para obtener la información.
§ Se transmite en tiempo real.	§ Puede ser almacenado y retransmitido.
§ Se transmite sucesivamente para poder ser entendido.	§ Puede ser transmitido en bloques.
§ Congestión de las frecuencias.	§ Alivia la congestión de las frecuencias.
§ Broadcast, puede ser usado por otros.	§ Selectivo, puede resultar en un incremento en los requisitos de información.

Tabla 2-1. Comparación de la voz y los datos.

Efectos reportados por los controladores al utilizar el enlace de datos.

- Errores de comunicación reducidos.
- Aumento de seguridad.

- Habilidad más consistente para manejar diariamente los tráficos múltiples rápidos.
- Necesidad de Reducción para una rotación a posición menos agitada.
- Aumento precedido de carrera de espacio.
- Aumento precedido para rangos exitosos novatos.
- Uso más eficiente de capacidad de espacio aéreo disponible.
- Sistema ATC más productivo.
- Mayor orden y menos trabajo con situaciones agitadas, durante los tráficos rápidos.
- Mayor tiempo para pensar y seleccionar las acciones apropiadas.
- Habilidad de transmitir mayor información en el mismo período de tiempo.
- Distribución mejorada de la carga de trabajo entre el equipo de control.
- Productividad grande; más tiempo y uso efectivo de espacios.

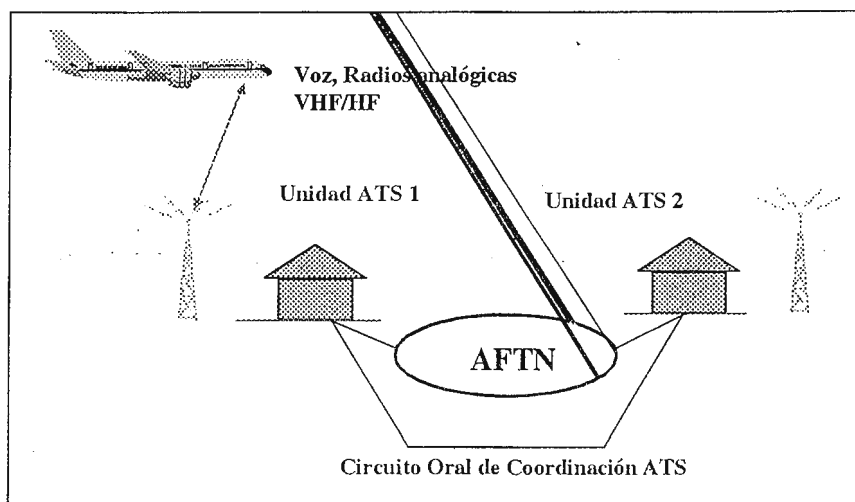


Figura 2-3. Entorno Actual ATIS.

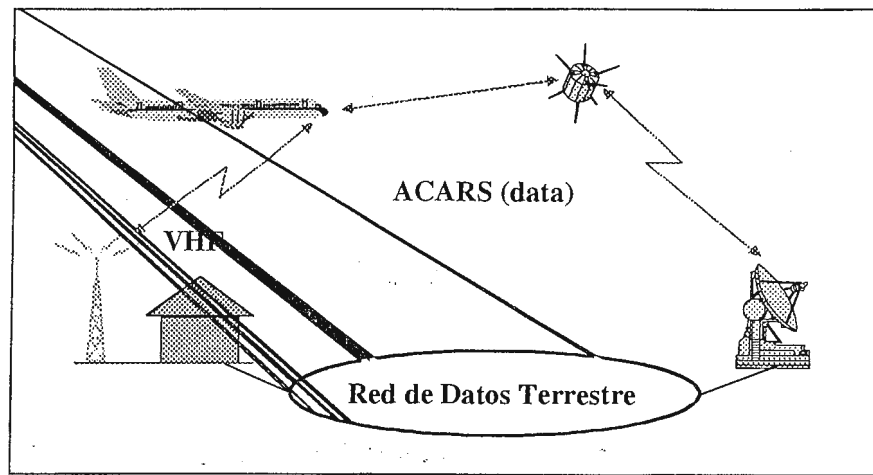


Figura 2-4. Entorno Actual AOC / AAC.

Enlaces de Datos.

Impacto de las comunicaciones en el entorno actual.

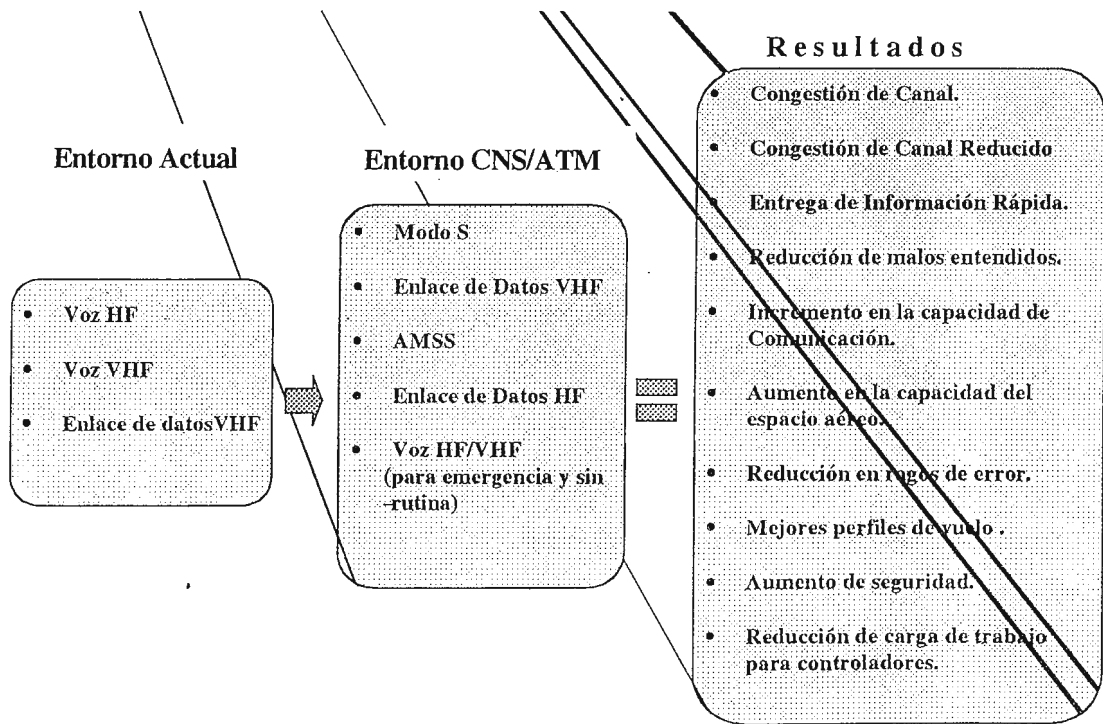


Figura 2-5. Esquema de comparación para los sistemas de comunicación.

Ventajas de los enlaces de datos.

- Las Comunicaciones de Enlace de Datos mejorarán la entrega de información meteorológica.
- Permite al equipo de aire acceder a la base de datos de Meteorología en la red tierra, y recibir la información necesaria instantáneamente.
- El enlace de datos también reduce la carga de trabajo de Controladores y pilotos, porque rutina y reportes de aire especiales serán transmitidos automáticamente ó a solicitud.
- El uso de enlace de comunicación de datos, respalda el uso seguro y eficiente del espacio aéreo sobre los océanos.
- Información, como la ubicación de una aeronave determinada por el receptor de GPS abordo, altitud y dirección puede ser transmitida vía satélite o enlace de datos en HF al controlador.
- Es como un pseudo-radar.
- Enlaces de datos por satélite y HF permiten la información en texto entre la tripulación y el controlador.

Estas posibilidades combinadas con una mejor propagación de datos meteorológicos permiten a la aeronave el uso de rutas más apropiadas. Los requerimientos ATM para las comunicaciones mediante los enlaces de datos son:

- El sistema global ATM necesitará soportar tecnologías avanzadas.
- La OACI está desarrollando los requerimientos del ATM para las comunicaciones, los cuales especificarán las coberturas de voz y datos que soportarán las exigencias del ATM.
- La RCP (required communication performance – performance requerida de comunicación) es también incluida en este trabajo y cuando este terminado regulará los desarrollos en los SARP's.

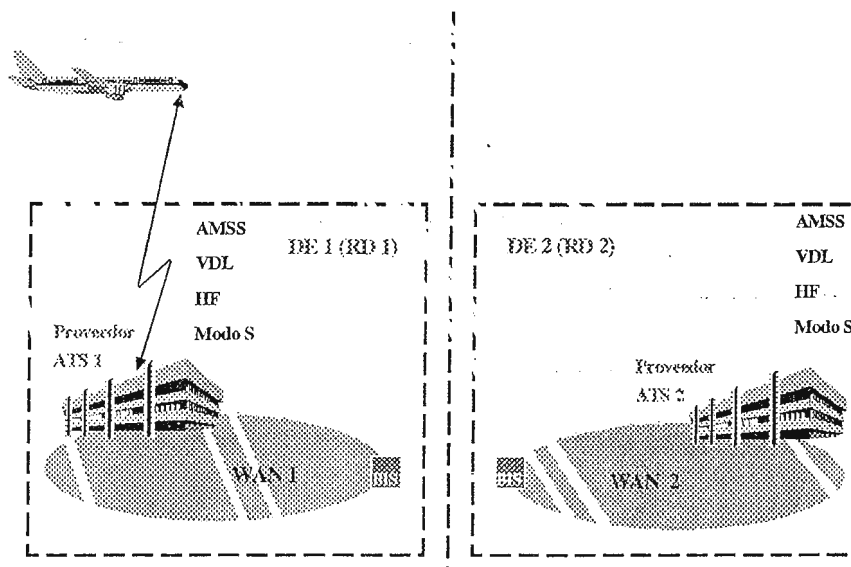
Beneficios del enlace de datos.

- Incremento significativo en la capacidad, debido a la reducción de la ocupación del canal.
- Mejora significativa de la exactitud, debido a la detección automática de error y el uso más eficiente del espectro de RF.

- Estandarización del formato de mensajes y contenido, lo cual mejora grandemente la capacidad de las comunicaciones internacionales.
- Intercambio de mensajes, el cual no es posible con las comunicaciones de voz (por ejemplo los datos de performance del motor; maniobras de la aeronave, etc.).

Enlace de datos usado para el despegue y el aterrizaje.

- Pre-Departure Clearance (PDC). Permiso previo a la salida.
- Automatic Dependent Surveillance (ADS). Vigilancia dependiente automática.
- Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC). Comunicaciones de enlace de datos controlador piloto.
- Digital Airport Terminal Information System (D-ATIS). Servicio automático de información del área terminal.
- Local Area Augmentation System (LAAS). Sistema de aumentación de área local para GNSS.



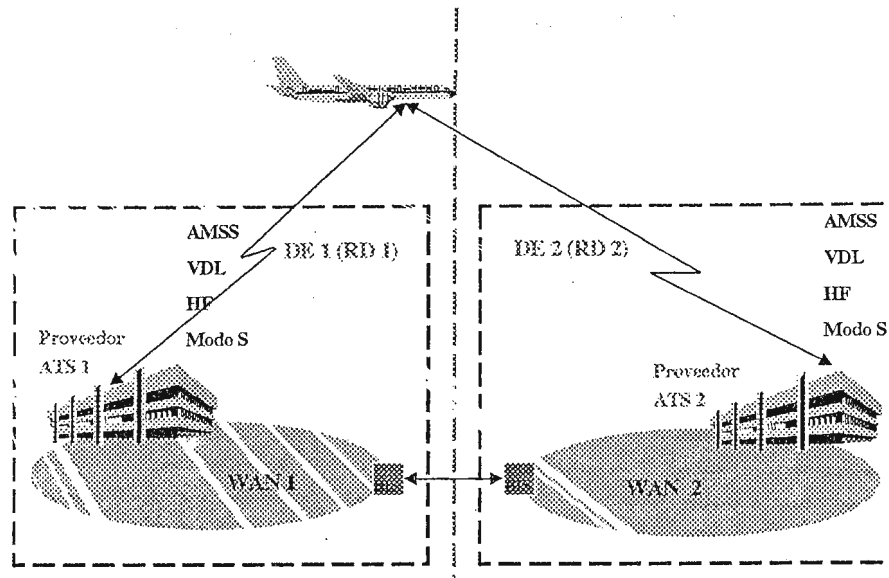


Figura 2-6 – Operación de los enlaces de datos.

Descripción general de los enlaces de datos.

Los enlaces de datos para las comunicaciones aeronáuticas dentro del concepto de los Sistemas CNS/ATM se pueden dividir en dos grupos; es decir,

1. Los enlaces aire–tierra a establecer entre los servicios ATS y la aeronave por medio de las comunicaciones móviles aeronáuticas, y
2. Los enlaces terrestre AIS por medio de las comunicaciones móviles aeronáuticas, y
3. Los enlaces terrestres ATS por medio de las comunicaciones de servicios fijo.

Estos enlaces de datos para la transferencia de datos aeronáuticos se ejecutarán por medio de una Inter–red que es compatible con tres subredes de comunicaciones de datos;

- La subred de aviónica,
- La subred aire–tierra y
- La subred terrestre.

Esto conformará una arquitectura abierta, basada en el modelo de referencia OSI y de la ISO, compuesto de múltiples redes internacionales, ofreciendo la máxima flexibilidad en cuando al diseño, gestión y control de cada red independientemente; además permite el uso óptimo de cada red en su propio entorno. Este Inter-red aeronáutica en el concepto de los sistemas CNS/ATM, se denomina la red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN). Para la transmisión de los mensajes entre las sub-redes de aviónica y terrestre mediante la subred aire-tierra, debe existir una transición claramente definida de una subred a otro. Esta función la proporciona un elemento conocido como encaminador ATN, instalados en los puntos de interconexiones. El enrutador o encaminador gestiona el flujo de información entre las subredes.

La frase "la aviación civil estará utilizando tecnologías digitales" significa que las comunicaciones para CNS/ATM están basadas en enlaces digitales. Los sistemas de enlaces de datos digitales para la aviación comercial han existido desde 1978, fecha en que se introdujo el ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) como un enlace de datos VHF (VOL) para el Control Operacional Aeronáutico (AOC), ACARS satisface la mayor parte de los requisitos actuales de comunicaciones.

Los primeros mensajes ACARS (informes Out/Off/Off/In) han sido complementados con una gran variedad de mensajes que trasladan información a y desde la aeronave. Por ejemplo. Algunas líneas aéreas envían regularmente planes de vuelo a sus aeronaves cargándolos directamente en el FMC (Flight Management Computer). En 1994, la FAA certificó un enlace de datos por satélite para la región oceánica del Pacífico. En 1998, ARINC estableció un enlace de datos HF. Existen comunicaciones globales de enlaces de datos proporcionadas por dos proveedores de servicio ARINC y SIT A y existe un servicio regional suplementario a los anteriores suministrado por Japón, China, Tailandia y Brasil.

El actual servicio de enlace de datos ésta basado en protocolos orientados a caracteres con 2400 bps en VHF y 600 bps en enlace por satélite. Se han establecido SARP's para los llamados Modos 1, 2, 3, 4 VDL (VHF Data Link) los cuales ya han sido publicados.

Las comunicaciones en estaciones terrestres usando VHF son adecuadas para operaciones en ruta y terminal, así como en los aeropuertos donde se puede usar sistemas en línea de vista. Los enlaces VHF se utilizan hoy en día para las autorizaciones pre-salidas (POC), autorizaciones de salidas (OLC), servicio automático de información terminal (O-A TIS), información de tiempo en el área terminal para pilotos (TWIP) y otras funciones ATM.

Los enlaces de datos por satélite y HF son más adecuados para áreas oceánicas y remotas donde el enlace de datos VHF no está disponible. Se continuará proporcionando servicios HF por proveedores privados, mientras que VHF puede ser suministrado por proveedores privados y/o públicos.

Enlace de datos aire–tierra.

- Red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN), en su segmento aire–tierra.
- Comunicación de datos aire–tierra en VHF.
- Comunicación de datos aire–tierra en Modo S.
- Comunicación de datos aire–tierra por Satélite.
- Comunicación de datos aire–tierra en VHF.

Enlace de datos tierra–tierra.

Cual esta formado por la red de telecomunicaciones Aeronauticas Aeronautical Telecommunications Network (ATN):

Enlace de datos: aire–aire.

Para este enlace se tiene el AMSS, es decir el servicio de móvil de comunicaciones por satélite. Así como las comunicaciones que se dan entre las aeronaves.

Sub-redes aire–tierra.

Existen las siguientes subredes aire–tierra:

1. Subred Modo S.

La subred en Modo S está constituida por los siguientes elementos:

- Un respondedor en Modo S,
- Un procesador de enlace de datos de aeronave (ADLP),
- Un procesador de enlace de datos terrestres ADLLP/GDLP y
- Un interrogador en Modo S.

El ADLP y GDLP tienen unas interfases (ISO 8208) entre el punto de salida de la subred y los encaminados ATN. En los intercambios ADLP y GDLP se utiliza una forma modificada del protocolo ISO 8208 para que disminuyan los requisitos de anchura de banda de todo el enlace aire tierra.

El interrogador terrestre en Modo S es responsable del funcionamiento de los protocolos en Modo S, en combinación con los respondedores en Modo S de abordó. El enlace ascendente se realiza en 1030 MHz respectivamente.

2. Subred VHF.

Los enlaces de datos en la subred VHF se denomina VHL. Esta subred utiliza un canal de 25 KHz como medio físico de la banda 117.95 a 137.000 MHz. Además, el VDL (enlace de datos de muy alta frecuencia) puede proporcionar funciones ajenas a la ATN, tales como voz digitalizada.

3. Subred AMSS(R).

Esta subred utilizada para las comunicaciones móviles por satélite (SATCOM) que opera con canales de radio en banda L (1544–1555 MHz del satélite hacia la aeronave AES y 1645.50–1656.50 de la aeronave hacia el satélite) y en Modo C (enlace entre el satélite y la estación terrestre GES).

El enlace de datos permite también el establecimiento de un canal de voz digitalizada 9.6 Kbps (canales). Este servicio se está utilizando para proporcionar vigilancia ADAS y enlace de datos piloto–controlador (PCDL), en zonas oceánicas y remotas.

4. Subred HF.

Ensayos realizados en el Atlántico Norte en 1993 con aeronaves equipadas con enlace de datos HF, demostró la facilidad de esta subred compatible con la ATN par utilizarla en aplicaciones ATS, tales como ADS y comunicaciones por enlace de datos controlador–piloto (CPDLC) como complemento del enlace de datos por satélite. Se espera que de una red de 15 a 16 estaciones terrenas HF pueda proporcionar una cobertura mundial con un alto grado de disponibilidad y con capacidad de atender a más de 2000 aeronaves.

El elemento de comunicaciones de los Sistemas CNS/ATM suministra el intercambio de datos de mensajes aeronáuticos entre los usuarios aeronáuticos y/o sistemas automáticos. También se usan el sistema de comunicación en apoyo de funciones específicas de navegación y vigilancia.

Comunicaciones tierra-tierra.

La mayor parte de las comunicaciones habituales entre usuarios y sistemas aeronáuticos en tierra se realizarán por intercambio de datos. Estos intercambios entre entidades como las oficinas meteorológicas, las oficinas NOTAM, los bancos de datos aeronáuticos, las operaciones ATS, etc, pueden adoptar cualquiera de las formas siguientes:

- Mensajes de texto libre.
- Mensajes de datos preseleccionados (con algunas partes agregadas manualmente).
- Intercambio de datos aeronáuticos entre sistemas computarizados.

Con la implantación gradual de la ATN, disminuirá el uso de la AFTN. Sin embargo, durante el periodo de transición, será posible la interconexión de las terminales AFTN a través de cabezas de líneas especiales.

Las comunicaciones en fonía entre las dependencias ATS seguirán siendo necesarias para los casos de emergencias y que no sean habituales: Considerando el uso exclusivo será reemplazado gradualmente por redes conmutadas aeronáuticas capaces de transmitir tanto en fonía como en enlace de datos. También existe la tendencia a usar técnicas de conmutación y señalización en fonía totalmente digitales, a medida que amplía la disponibilidad de líneas arrendadas digitales más flexibles y más económicas.

Ayudas para la Radionavegación.

Radiofaros.

Es el nombre genérico dado a las estaciones radioemisoras que sirven como ayuda a la navegación aérea y permiten a una estación móvil determinar su marcación o dirección con respecto a él, dependiendo de las formas en que sus patrones de radiación se proyectan en el espacio y de las frecuencias que utilizan, los radiofaros se subdividen en:

1. Radiofaros no direccionales (NDB).
2. Radiofaros omnidireccionales en VHF (VOR).

Radiofaro no direccional (Non Direccional Beacon – NDB).

Es una estación transmisora que radia su energía en forma circular en todas direcciones, sin producir una trayectoria definida en el espacio, su antena vertical, generalmente una torre metálica, permite radiar la mayor porción de la energía en forma de onda terrestre (polarizada verticalmente), con objeto de reducir al mínimo la posibilidad de refracción ionosférica que produzca interferencias.

Las emisiones de los NDB son captadas por el radiogoniómetro de abordaje (ADF), en donde la aguja de éste se orienta hacia la dirección de donde provienen las ondas de la estación sintonizada. De esta forma se obtiene la marcación de la aeronave y su dirección respecto al radiofaro.

La cobertura efectiva es la zona que rodean un NDB dentro de la cual puede obtenerse realmente información útil para la operación o servicio de comunicación se desee realizar.

La cobertura efectiva depende de la relación intensidad de la señal / ruido total interceptado, cuando esta relación es menor que el valor límite de la intensidad de campo, no se obtienen marcaciones útiles.

Radiofaro Omnidireccional VHF (VOR).

El VOR (VHF Omnidirectional range – radiofaro omnidireccional en VHF) es una estación de radio que produce, teóricamente, un número infinito de haces o trayectorias (radiales) dentro de los 360° de su emisión. Podemos imaginarnos gráficamente este radiofaro como un pequeño núcleo del que emanan incontables radios que se prologan en línea recta hacia todas direcciones. Aunque su emisión puede hacer posible la detección de innumerable haces o trayectorias, en la práctica y bajo condiciones óptimas de operación, solo se utilizan 360 radiales; uno por cada grado azimutal.

Considerado como radioayuda de corto alcance, el VOR debiera instalarse y mantenerse en operación a lo largo de las rutas aéreas y en los lugares donde la intensidad del tráfico y el ejercicio eficaz del control de tránsito aéreo requieran de tal facilidad para la operación segura y eficiente de las aeronaves.

El VOR trabaja en las siguientes bandas de frecuencias:

- 111.975 a 117.975 MHz. La frecuencia más alta asignable será 117.950 MHz. El espaciado entre canales sucesivos se hará a incrementos de 50 Kilohertz (Ejemplo 112.05, 112.1, 112.15, 112.2, 112.25 etc.).
- 108 a 111.975 MHz. El VOR solo usará de esta banda las frecuencias que terminen en décimas pares más una vigésima de megahertzio (Ejemplo: 108.2, 110.6, 111.0, 111.25, 109.85, 110.05, etc.)

Comunicaciones en VHF.

La banda VHF es parte del espectro electromagnético y se define como el rango de frecuencias entre 30 y 300 MHz. Dentro de esto, la banda de 118 MHz a 137 MHz se dedica a las aplicaciones aeronáuticas.

La banda de VHF asignada a las aplicaciones aeronáuticas es un rango de frecuencia a las cuales hay que propagarlas con línea-de-vista. Esto significa que el rango de signos será limitado por obstáculos como:

- La curvatura de la tierra (generalmente comunicación aire-tierra y comunicaciones de aire-a-aire en la altitud alta).
- El terreno con obstáculos (generalmente las comunicaciones de aire-a-tierra a la altitud baja), y;
- Obstrucciones en general (a menudo afectando comunicaciones móviles cuando la comunicación es en tierra).

La banda ofrece comunicaciones robustas con muy poca potencia transmita (ej. 10–20 W para los usuarios móviles). Sin embargo, los efectos del multipath también son importantes en esta banda de frecuencia y la potencia de las señales recibidas por los usuarios móviles puede variar con el tiempo por 10–20 dB dependiendo de la geografía de reflejar obstáculos.

La Banda de VHF para aeronáutica es conocida como la banda de servicio Aeronáutico Móvil y se extiende desde los 118 MHz hasta los 137 MHz. Esta banda ha sido extendida durante los años, y el tamaño de espacio de canal ha sido reducido para comunicaciones de voz. Estos cambios han sido realizados por la necesidad de mayor capacidad en los canales.

Todas las comunicaciones de VHF ocurren en el AMRS (Aeronautical mobile satellite (R) servicio, Servicio móvil aeronáutico por satélite (R)). El canal asignable más bajo en esta banda es 118.000 MHz y el más alto es 136.975 MHz.

El tamaño de la banda ha crecido de 118–132 MHz y su tamaño actualmente podrá encontrarse demandando más capacidad.

El número total de canales asignables en el AMRS es 760. Por ello se requiere mayor Coordinación entre los estados, ya que se debe asignar un canal a un volumen de servicio particular, desde que otros usuarios fuera de del volumen de servicio en el mismo canal los servicios pueden interferir dentro del volumen.

Las asignaciones del canal para los servicios se han reducido en la actualidad de 100 kHz a 25 kHz, y pronto 8.33 % del espacio de canal de kHz se introducirá en Europa para algunos servicios de R/T. El espacio del canal más pequeño (8.33 kHz) sólo se introducirá en algunas áreas de espacio aéreo superior Europeo. Nuevamente, la razón para las reducciones en espacio del canal ha sido la necesidad de más capacidad. Note que el esquema de la modulación fundamental nunca ha cambiado y las reducciones han sido posibles debido a mejoras en tecnología de radio de análogo.

La banda de VHF Aeronáutica se dedica a las aplicaciones de la aviación. Hay dos tipos de servicio operacional que actualmente existe en la banda de VHF aeronáutica:

Las comunicaciones de R/T análogos.

Las comunicaciones VHF Radio/Telefonía (R/T) de voz, que son actualmente un componente central de servicios de ATC. VHF R/T es basado en Banda Lateral Doble de la Modulación de Amplitud (DSB-ES) operando en 25kHz por canal. El VHF R/T se usa para la comunicación de voz del piloto-controlador en medio de otras aplicaciones, y a su vez se utiliza para el servicio de información del vuelo, servicios meteorológicos y el ATIS (Automatic terminal information service, Servicio Automático del área terminal) .

Las comunicaciones de datos que usan el enlace de ACARS.

ACARS (Aircraft communication addressing and reporting system, Sistema de notificación y direccionamiento de comunicaciones en la aeronave.) Normalmente se usa para las comunicaciones de las aplicaciones AOC (Aeronauticaal operational control, Control de operaciones aeronáuticas), pero sólo se usa para un número pequeño de servicios de ATS, por ejemplo. PDC's (predeparture clearance, permiso previo a la salida).

La cobertura que se planea para comunicaciones de VHF es un proceso complejo. Normalmente involucra una mezcla de modelos (apoyados por un transmisor de tierra) y datos aerotransportados que se recogen. El volumen de servicio que un solo transmisor de tierra puede apoyar será afectado grandemente por el terreno donde la cobertura de la baja altitud es requerida

Encima de una área ancha, se rehusarán canales. La coordinación internacional es requerida para asegurar que los usuarios en volúmenes de servicio diferentes que usan el mismo canal no causan interferencia a otros usuarios. La separación geográfica suficiente es requerida para asegurar que las transmisiones de un usuario en un servicio de volumen podrán interferir en las comunicaciones de los usuarios en el otro volumen de servicio. El volumen del servicio en el espacio aéreo esta definido por:

1. La altura.
2. El rango.

ACARS es un sistema móvil de datos orientado a caracteres. Orientado a caracteres significa que ciertos caracteres controlan la información en una transmisión. Un mensaje del usuario no puede usar ciertos caracteres ya que ellos indican funciones del mando, por ejemplo el los caracteres asignados al fin de mensaje.

ACARS provee un enlace datos de capacidad relativamente bajos, (los datos del canal tienen un baudrate de 2.4 kbps) en una norma de 25 kHz.

ACARS es provisto por organismos proveedores de servicios de comunicación. Los proveedores de servicio más grandes son SITA y ARINC.

ACARS también opera vía satélite, usando el servicio Inmarsat Data-2.

Las razones principales por trasladarse a VDL para comunicaciones de datos son:

- VDL ofrece una Calidad más alta de Servicio comparada con ACARS,
- Es más eficaz comparada con a ACARS y
- Es una sub-red del ATN.

Desarrollo de la navegación.

Eventos históricos en la navegación.

Desde tiempo pre-históricos, las personas han tratado de conocer su ubicación, esto les ayudaría para guiarse a donde iban y como regresar a casa. Los hombres de las cavernas probablemente usaron piedras y ramas para marcar el camino por dónde cazaban para alimentarse.

Los primeros marinos siguieron las líneas de la costa para no perderse, los que se aventuraron hacia el gran océano, descubrieron que se pudieran guiar a través de las estrellas. Lamentablemente lo anterior fue útil únicamente las noches claras. El siguiente desarrollo para la navegación fue la brújula (que siempre apunta al norte y nos permite conocer la dirección en la que se viaja) y el sextante (que con un espejo ajustable mide el ángulo exacto a las estrellas, luna y sol sobre el horizonte).

En los primeros tiempos, sólo se pudo determinar la latitud (localización medida al norte o sur del ecuador) con las observaciones del sextante. En la segunda mitad del siglo XVIII se inventó el cronómetro para conseguir información de la longitud (localización medida hacia el este u oeste), con un margen de error menor a un segundo por día. En los siguientes dos siglos, el sextante y cronómetro ayudaron a dar información de latitud y longitud a los navegación.

- Conocemos algunos acontecimientos históricos en los cuales se utilizaron nuevos medios para la navegación.
- Los Fenicios (1100 AC) navegaron a través del Estrecho de Gibraltar hacia el Atlántico e Inglaterra con conocimientos de las estrellas.
- Eratóstenes (200 AC) introdujo las latitudes geográficas en grados. Basándose en la información obtenida de los ángulos formados por las sombras de dos varillas colocadas verticalmente en las ciudades de Assuán y Alejandría, a la misma hora, y de la distancia conocida entre ellas, determinó el radio terrestre.
- Tolomeo (100 AC) graficó cartas marítimas con grillas geográficas, que fue la base de la navegación por trece siglos.
- Cristóbal Colón (1492 DC) hizo uso del cálculo de posición deducido para el curso y velocidad (dead reckoning) durante el viaje en el cual descubrió América.
- Mercator (1569 DC) publicó un mapa del mundo con ángulos verdaderos proyectados.
- William Bourne (1574 DC) describe el “dead log” para medir velocidades.
- Isaac Newton (1647–1727) describió la Ley de la Gravedad, base de la navegación inercial.
- Hadley (1731) construye el primer octante reflejante para la determinación precisa de las latitudes geográficas (<1 NM).
- Harrison (1761) contruye el cronómetro para la determinación de las longitudes geográficas (<1 NM).
- Anschutz inventó el girocompás (1908) y Shuler inventó el sintonizador de aceleración independiente (1923).
- En 1928 se inventó el reloj a cristal.
- En 1930 empezó la radionavegación.
- En 1936 se construyó el primer radar–altímetro (USA y Alemania).

- En 1937 se demostró el Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS) (USA y Alemania).
- En 1946 la OACI adoptó la introducción de la radioayuda VOR (USA).
- En 1948 se inventó el reloj atómico, llave de la radionavegación.
- Desde 1950 se instaló el sistema de navegación de corta distancia TACAN.
- En 1953 ocurrió el primer vuelo de larga distancia con apoyo de un sistema inercial INS (avión B-29, 4080 Km.).
- En 1957 se lanzó el primer satélite artificial, Sputnik I de la Unión Soviética, comenzó la era espacial.
- En 1958 el primer submarino atómico navegó a través y debajo del Polo Norte con un sistema inercial INS.
- En 1975 se creó el giróscopo-láser.
- En 1980 se introdujo el Sistema de Radio Navegación Omega.

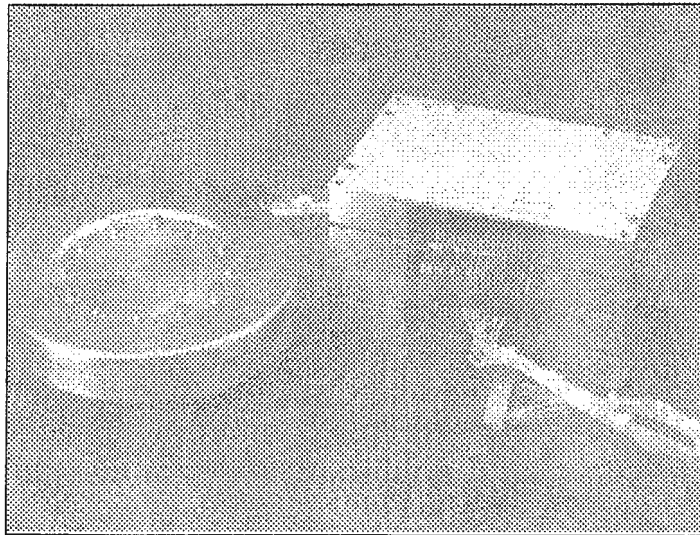


Figura 2-8. Giróscopo.

Primeros instrumentos para la navegación.

Los primeros instrumentos para la determinación simple y precisa de la posición geográfica fue el octante reflejante, inventado por Hadley en 1731. Unos 30 años después Harrison inventó el primer cronómetro que durante sus primeras pruebas demostró tener una precisión, para la longitud geográfica, de una milla náutica.

La astronavegación está basada en el hecho que la esfera celestial aparece diferente en cada lugar geográfico a diferentes horas. La determinación de la latitud y longitud geográfica se hace por observación de las estrellas y los planetas. La posición se puede determinar por los ángulos formados. Los instrumentos necesarios son el sextante, el reloj y los almanaques náuticos.

Otros navegantes utilizaron conceptos como la estimación o deducción del cálculo de posición (dead-reckoning) basándose en las matemáticas y consiguieron deducir cursos y velocidades.

En el siglo XX se investigaron otros sistemas como los giróscopos (Figura 3), de los cuales existen varios tipos, como los siguientes: posición (attitude), girocompás, estabilización, velocidad (rate), buscadores-norte (north-seeking), direccionales, ópticos (láser), mecánicas (acelerómetros-pendulares), inerciales (INS), entre otros.

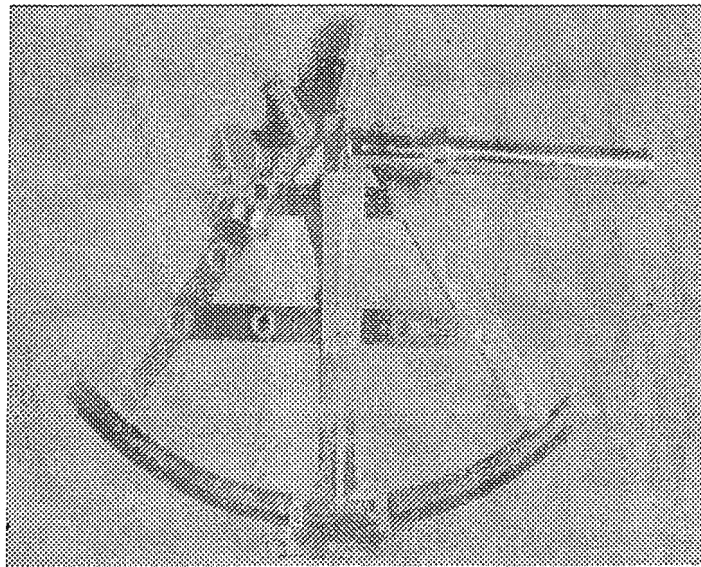


Figura 2-9. Sextante.

Sistemas de radio navegación basados en tierra.

Presentamos en el tabla 2-2 la comparación de los diferentes sistemas de navegación, con respecto a sus frecuencias, número de estaciones terrestres y órdenes de magnitud del número de usuarios.

SISTEMAS	FRECUENCIA (PORTADORA)	ESTADO DE TIERRA	USUARIOS AÉREOS
OMEGA	10 ... 13 Khz	8	10,600
LORAN-C	90 ... 110 Khz	33	2,000
DECCA	70 ... 130 Khz	50	1,000
ILS	75 ... Khz	1,600	70,000
LOCALIZADOR	108 ... 112 Khz		
GLIDE	329 ... 335 Khz		
VOR	108 ... 118 Khz	2,000	200,000
TACAN	960 ... 1215 Khz	2,000	17,000
DME	960 ... 1215 Khz	1,000	80,000
MLS	5031 ... 5091 Khz	Fase introducción	Fase Introducción

Tabla 2-2. Diferentes Sistemas de Navegación.

El radiofaro omnidireccional en VHF; VOR (VHF Omnidirectional Range).

El VOR determina el ángulo direccional del usuario con respecto al norte magnético. La señal en VHF es emitida por dos antenas. Una es no direccional y fija. La fase de la señal es usada como referencia. La otra antena es direccional y giratoria. La señal de esta antena es variable con referencia a señal no direccional dependiendo del ángulo direccional. Las señales están en fase cuando la antena giratoria apunta al norte magnético. El VOR tiene una precisión entre 1.5 y 2.2 grados.

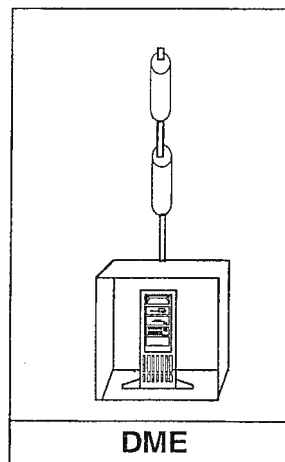


Figura 2-10. Radioayuda parte del actual sistema de navegación.

El equipo radio telemétrico : DME (Distance Measurement Equipment).

El DME es un sistema de medición pulsante a distancia. A bordo un interrogador emite pulsos pares que los reciben las estaciones terrestres y la re-transmiten con una referencia ± 63 MHz. El interrogador a bordo mide el tiempo de retardo, de dos pulsos pares idénticos, entre transmisión y recepción. El sistema está limitado a la línea vista porque la frecuencia portadora está cercana a la óptica. El máximo rango es de aproximadamente 500 Km a una altitud de vuelo de 23,000 metros. La precisión está entre 150 y 450 metros. El número de pulsos pares no debe exceder los 3,000/s. Esto permite una capacidad máxima de 100 aeronaves.

El Sistema de Navegación Táctica : TACAN (Tactical Air Navigation).

El TACAN es una ayuda a la navegación en UHF y provee una indicación continua del rumbo y distancia a una estación terrestre Tacan. Un DME puede recibir la información pero el sistema es, principalmente, una ayuda militar.

El sistema de Aterrizaje por Instrumentos : ILS (Instrumental Landing System)

El ILS permite a una aeronave poder aterrizar, sin visibilidad y sólo con instrumentos. Consiste en estaciones transmisoras en tierra y receptoras a bordo. En tierra tiene dos partes: localizador (localizer) y planeo (glide) que lo establecen antenas especiales. Las antenas están moduladas con señales de 90 Hz y 150 Hz. La superposición de las señales tiene una característica especial de manera que el grado de modulación para 150 Hz es mayor en un lado del plano del localizador que en el otro lado. Lo mismo se cumple para la frecuencia de 90 Hz. El receptor hace una diferencia de ambos grados de modulación. De esta manera, en el plano del localizador la diferencia es cero y crece linealmente para una señal de modulación cuando la aeronave se desvía hacia ese lado y la diferencia crece para la otra señal de modulación cuando se desvía hacia el otro lado. La misma técnica es usada para el "glide". La radiación horizontal del sistema es de 75 Mhz.

PRECISIÓN	LOCALIZADOR (M)	GLIDE PATH
ILS CAT I	± 10.5	± 7.5
ILS CAT II	± 7.5	± 7.5
ILS CAT III	± 3.0	± 4.0

Tabla 2-3. ILS.

El Sistema de Aterrizaje por Micro-ondas: MLS (Microwave Landing System).

El MLS es el sucesor del ILS. Un haz de escaneo es radiado por una antena. El tiempo de diferencia entre la recepción de dos haces sucesivos es medido. Con esta técnica se miden el azimut, la elevación y otros parámetros son medidos. Contrario al ILS, sólo se usa una frecuencia. Los haces se radian secuencialmente. La distancia es medida con un DME-P (preciso), que cuenta con una técnica más avanzada. Los transmisores son colocados delante, sobre y detrás de la pista. Tiene como ventajas que cuenta con una mejor precisión, la alta frecuencia con que trabaja es menos interferida por disturbios en las estaciones terrestres y las aproximaciones curvas son posibles (+/- 40 grados).

El sistema LORAN-C (Long Rang Navigation).

El sistema LORAN está basado en cadenas de tres o más estaciones que envían sincronizadamente grupos de pulsos con una frecuencia de portadora de 90 a 110 Khz. Las diferencias de tiempo son medidas, proporcionando líneas de posición hiperbólicas. La medición de diferencia de fases proporciona presión. La precisión está entre 0.3 y 1.3 Km.

El sistema de radio navegación mundial de la marina de estados unidos (OMEGA: global radio navegación system of US Navy).

El sistema OMEGA fue desarrollado por Estados Unidos y operado en sociedad con otras seis naciones. El responsable de su operación y manteniendo es el USNAVY. Las señales tienen sincronía en fase y son transmitida en una base de tiempo compartido.

Las estaciones transmiten cuatro frecuencias comunes (10.2, 11.05, 11.3 y 13.6 Khz) y una frecuencia única para cada estación. La precisión es de 4 a 30 Km y una confiabilidad del 95%.

El Radar (Radio Detecting and Ranging).

El radar es un sistema de vigilancia. Existen dos tipos de radar, el primario y el secundario. El radar primario es un sistema pasivo que envía una onda electromagnética de alta frecuencia que se refleja en los objetos metálicos. Puede determinarse la posición y la velocidad por mediciones doppler, es decir por el retardo en tiempo entre la señal de transmisión y de recepción.

El Radar Secundario es un sistema activo que requiere un transpondedor abordo que responde a la señal de la estación de tierra y envía información adicional, como por ejemplo el código de identificación. El rango de frecuencia del radar está entre las bandas L a X (0.4 a 11 Ghz).

Historia de la navegación por satélite.

En el siglo XX, durante la Segunda Guerra Mundial, se desarrollaron sistemas de radio navegación basada en tierra. Al usar ondas radiales generadas en tierra, se permitió tener precisión en áreas pequeñas; sin embargo a mayor cobertura la precisión disminuía. Los hombres de ciencia pensaron que la única manera de proveer una cobertura mundial y precisa era colocando radio transmisores de alta frecuencia en el espacio.

Los primeros pasos para lograr la navegación por satélite se realizaron en 1957, cuando fue lanzado el primer satélite artificial ruso: Sputnik I. Un mes más tarde pusieron en órbita al Sputnik II con un perro (Laika) abordo. En 1958 el Explorer I de USA descubre el Cinturón Van-Allen. En adelante una serie de actividades se realizaron para determinar las órbitas. Los Laboratorios de Física Aplicada de John Hopkins usaron el efecto Doppler para la determinación de las órbitas.

El Tránsito Americano fue el primer sistema operacional de navegación por satélite, desarrollado en 1959 por el Laboratorio de Física de John Hopkins de los Estados Unidos. En un principio el sistema sirvió para la navegación de submarinos, usándolo desde sea fecha la US Navy. Desde 1967 se extendió su uso para la navegación civil. El sistema Transito permite la determinación de la posición midiendo el efecto Doppler de una señal de radio transmitida por el satélite.

Este sistema presenta desventajas, porque es como si se trabajara en dos dimensiones; interferencias entre sus satélites, restringidos a un máximo de cinco, y lo que sólo puede ser visto en periodo limitados de tiempo (altura orbital de 1075 Km. periodo orbital de 107 minutos y tiempo de 5 a 18 minutos de líneas de vista). El usuario puede calcular su posición con un margen de error de unos pocos cientos de metros (200m. a 400m). En 1997 fue desactivado cuando se inició el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

En 1965 la URSS lanzó su primer satélite con el sistema Tsikada, similar al Tránsito de Estados Unidos. El sistema consistió en doce satélites, ocho de uso militar y cuatro de uso civil, altura orbital de 1000 Km, periodo orbital de 105 minutos. La precisión de este sistema también fue de 200 m. a 400 m.

El sistema Argos, de Francia, Estados Unidos, consistió en satélites de órbita polar, con rotaciones alrededor de la tierra cada 100 minutos. Se usaron estaciones base propias, para usuarios con licencia. Calcula la posición usando el efecto Doppler de la portadora de múltiples transmisiones. El margen de error en la altura puede ser de 100 m. En buenas condiciones, con la información completa, muchas de las posiciones pueden precisarse dentro de un margen de 150m.

Cuadro comparativo entre la radionavegación clásica y la navegación por satélite.

La tabla 2-4 compara a los sistemas basados en tierra y los satelitales en los aspectos técnicos, institucionales y de costo.

CRITERIO	SISTEMAS BASADOS EN TIERRA	SISTEMAS SATELITALES
Uso de transmisores RF	Si	Si
Número de transmisores	Alto	Bajo
Cobertura	Local	Global
Localización de transmisores	Fijos en tierra	En órbita
Variedad de sistemas	Muchos	Pocos
Uso de diferentes fases de vuelo	No	Si
Riesgos	Si	Desconocido
Sensitividad a la congestión	Si	Si
Errores de radiopropagación.	Si	Si
Redundancia	Fácil	Difícil
Control del sistema	Nacional	Nacional, internacional, regional.
Responsabilidad institucional	Nacional	Nacional, internacional, regional.
Infraestructura y costo.	Local.	Nacional, internacional, regional.

Tabla 2-4. Radiocomunicación clásica y navegación por satélite.

Panorámica de los Sistemas Actuales de Vigilancia.

Generalidades.

El proceso que permite llevar a una aeronave de manera segura y eficiente a su destino exigen sistemas eficaces de Gestión de Tránsito Aéreo con apoyo de tres funciones:

- Comunicaciones que contienen en el intercambio de información en fonía y de datos entre las aeronaves y los controladores de tránsito aéreo o los Centros de Información de Vuelo (FIC).
- La Navegación que indica con precisión la ubicación de la aeronave para los tripulantes de la misma.
- La Vigilancia indica con precisión la ubicación de la aeronave para los controladores de tránsito aéreo.

La eficacia de los servicios de control de tránsito aéreo (ATC) depende de gran parte de las comunicaciones aeroterrestres y de las capacidades de vigilancia disponibles. Diferentes zonas del espacio aéreo continental están cubiertas por comunicaciones de radar y de radio de muy alta frecuencia (VHF) que funcionan eficientemente con alcance óptico, o sea, cuando no existe obstrucción alguna entre el emisor y el receptor. A grandes distancias, las limitaciones de la propagación de la señal de radio crea problemas, debido a ellos numerosas regiones de información de vuelo en todo el mundo dependen de sistemas basados en procedimientos para mantener un movimiento seguro, rápido y eficiente del tránsito aéreo, en ciertos casos con poca o ninguna automatización, los informes de posición de las aeronaves, transmitidos por HF a intervalos relativamente poco frecuentes, permiten que el controlador supervise la marcha de la aeronave y se asegure que esta se ajuste a la autorización recibida del control de tránsito aéreo.

Muchas regiones de información de vuelo (FIR) de todo el mundo recurren a los sistemas de procedimientos para controlar el tránsito aéreo, en algunos casos con poco o ningún apoyo de automatización. Este es particularmente el caso de la mayoría de las IFR oceánicas donde no se pueden proporcionar sistemas radar se utilizan comunicación en fonía VHF, para cubrir las extensas áreas de espacio aéreo oceánico. Además, estos sistemas no se utilizan habitualmente en áreas remotas de baja densidad de tránsito debido a razones de rentabilidad. En su lugar se utilizan comunicaciones de fonía, que no sufren limitaciones de alcance óptico pero que están sujetas a desvanecimiento e interferencia graves. Por otra parte, no se disponen en dichas regiones de sistemas de vigilancia comparables al radar. La utilización de procedimientos ATC garantiza un nivel adecuado de seguridad, a expensas de los perfiles de vuelo óptimos y una óptima capacidad del sistema. En general, los vuelos deben estar planificados vía puntos de recorrido intermedios y no rutas directas, lo que limita la posibilidad de obtener modificaciones en los perfiles de vuelo autorizados.

Los vuelos que operan fuera de cobertura radar y VHF se controlan actualmente según el plan de vuelo (permiso del control de tránsito aéreo sobre extensas áreas oceánicas y zonas terrestres remotas, los sistemas de reglamentos de control de tránsito aéreo se basan necesariamente en las correspondientes normas de posición proporcionados por los pilotos, por canales de comunicaciones HR/RTF (Orales). Sin embargo, las comunicaciones aeroterrestre HF a grandes distancias están sujetas al capricho de los efectos de propagación ionosféricas y también a la interferencia electromagnética. Si a estos problemas se añade la posibilidad limitada de frecuencias y las dificultades de sobrecarga de los canales, se imponen intervalos relativamente largos entre informes consecutivos de posición procedentes de una aeronave y por ello no se proporciona la cantidad necesaria de datos de posición actualizados para garantizar con plena eficacia la gestión del tránsito.

Cuando se ofrecen los servicios de vigilancia sin medios radar, los controladores evalúan a situación del tránsito empleado métodos que dependen de los informes del piloto en lugares a lo largo de rutas ATS y exigen la aplicación de mínimas de separación conservadoras. Con el radar, los controladores pueden visualizar el tránsito aéreo y así ofrecer un mejor servicio. Sin embargo, el radar, al igual que el radio, VHF, tiene un alcance óptico limitado y, por consiguiente, resulta imposible proporcionar servicios radar en extensas zonas del espacio aéreo. Los principales sistemas de vigilancia en la actualidad, están constituidos por el radar de vigilancia primario (PRS) o secundario (SSR).

El radar primario está limitado en su alcance por la potencia del transmisor en tierra y por su emplazamiento. El radar primario ya ese está utilizando menos, seguirá siendo necesario en aquellas partes del espacio aéreo en que se mezclen aeronaves equipadas con SSR y aeronaves no equipadas con SSR, junto con los servicios compatibles proporcionados a ambas categorías de aeronaves. Sin embargo como van disminuyendo las situaciones de este tipo, se reducirá también la necesidad de radar primario.

El PSR se utilizará aun menos debida a la introducción de las ADS en su función de sistema auxiliar de apoyo del SSR.

Vigilancia Independiente.

Radar secundario de vigilancia.

El SSR se utiliza ampliamente en muchas partes del mundo y en algunas zonas de las Regiones CAR/SAM en que los sistemas de vigilancia terrestre de alcance óptico son apropiados. En varios países, la precisión y eficacia general de la información de posición se perfecciona mediante la aplicación de técnicas e monopulso y/o mediante el uso de antenas de gran abertura vertical. Mejorando el SSR con el Modo S, la dirección selectiva y las posibilidades de enlace de datos realzarán los beneficios del SSR para fines de vigilancia.

Se prevé que el SSR de Modo S se empezará a utilizar en algunas zonas de las Regiones CAR/SAM a mediano plazo.

También en algunas zonas de las Regiones CAR/SAM se emplea el SSR A/C y se prevé que continúe su explotación durante el período de transmisión CNS/ATM y comience a ser reemplazado por el SSR en Modo S en las áreas de mayor congestión de tránsito aéreo.

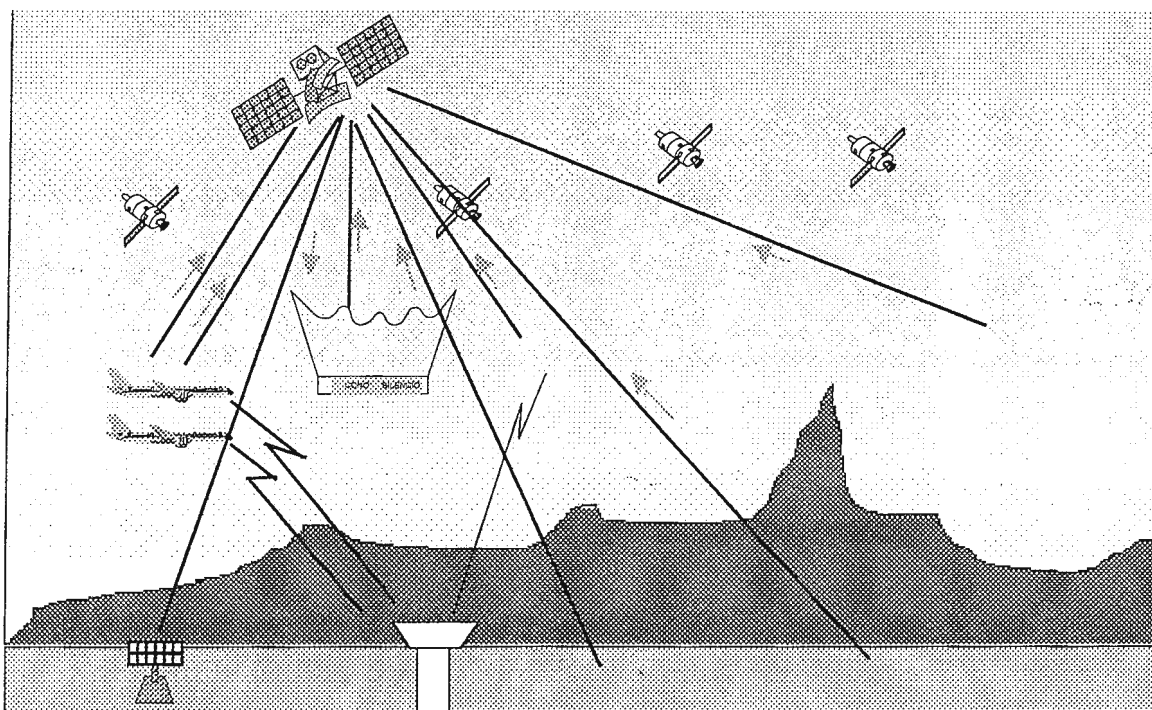


Figura 2-11. La limitación del SSR pueden superar integrando los datos radar con los obtenidos mediante la tecnología satélite.

La eficiencia del SSR, mediante el sistema en Modo S y su enlace de datos, y la ADS, mediante las comunicaciones por satélite, tendrán una integridad tal que ya no se justificará el PSR para los servicios de tránsito aéreo de la aviación civil internacional. Por supuesto, se reconoce que el radar primario seguirá siendo necesario para otros fines, incluida la detección de condiciones meteorológicas.

Aparte, por tratarse de sistemas terrestres, no es posible basarlos en zonas remotas y oceánicas, por lo que hay una gran superficie de la tierra sin medios efectivos de vigilancia sobre el tránsito aéreo.

El radar secundario de vigilancia, aumentando con el Modo S, continuará utilizándose en espacios aéreas continentales de gran densidad al tránsito. En otros lugares, como espacios aéreas oceánicos y áreas remotas sobre tierra, la función de vigilancia se realizará mediante la vigilancia dependiente automática (ADS).

Sistemas actuales de vigilancia.

Los sistemas de vigilancia utilizados actualmente pueden dividirse en dos tipos principales:

- Vigilancia Dependiente (ADS).
- Vigilancia Independiente (Radar primario, radar secundario).

En los sistemas de vigilancia, la posición de la aeronave está determinada a bordo y luego se transmite al ATC. La notificación actual de la posición en fonía es un sistema de vigilancia dependiente, en el cual la posición de la aeronave se determina desde el equipo de navegación a bordo y luego el piloto la transmite al ATC por radiotelefonía. La vigilancia actual se basa en la notificación de posición en fonía o en radar de vigilancia primario (PSR) o secundario (SSR), que mide el radio de acción y el azimut de la aeronave desde la estación terrestre.

Notificación de la posición en fonía.

Descripción funcional

La vigilancia mediante notificación de la posición en fonía se usa sobre todo en el espacio aéreo oceánico u en el servicio de control de aeródromo o de control de área fuera de la cobertura radar. Los pilotos notifican su posición utilizando radio VHF y/o HF.

Vigilancia Independiente (Radar Primario de Vigilancia PSR).

Si bien el uso de radar primario ya se encuentra en disminución, seguirá existiendo la necesidad de aplicarlo a los espacios aéreos en que existen tanto aeronaves equipadas con radar secundario de vigilancia como aeronaves que carecen de ese equipo, con servicios compatibles proporcionados para ambas categorías. Con esta necesidad disminuye, se reducirá así mismo la necesidad del radar primario. Su reducción se acelerará por la introducción de la ADS en su papel de apoyo para el SSR. Se prevé que el radar secundario, a través del sistema de Modo S y su enlace de datos, y así mismo la AOC, con comunicación por satélite, tendrán una integridad tan grande que reducirán la justificación del radar primario para los servicios de tránsito aéreo en la aviación civil internacional. Por supuesto, se reconoce que se continuará necesitando el radar primario para otros fines, por ejemplo de detección meteorológica.

El sistema de radar primario de vigilancia (PSR) basado en tierra suministra información sobre el rumbo y la distancia de la aeronave. El PSR no requiere que la aeronave transporte ningún equipo y es capaz de detectar casi cualquier blanco móvil. Con un uso creciente de sistemas de vigilancia más avanzadas, el uso del PSR para la gestión del tránsito aéreo disminuirá.

Si bien ya se está utilizando menos, seguirá siendo necesario en aquellas partes del espacio aéreo en que se mezclan aeronaves equipadas con SSR y aeronaves no equipadas con SSR, junto con los servicios compatibles proporcionados a ambas categorías de aeronaves. Sin embargo, como van disminuyendo las situaciones de este tipo, se reducirá también la necesidad de radar primario. El radar primario se utilizará aún menos debido a la introducción de la ADS en su función de sistema auxiliar de apoyo del SSR. El radar secundario mediante el sistema en Modo S y enlace de datos, y la ADS, mediante las comunicaciones por satélite, tendrán una integridad tal que ya no se justificará el radar primario para los servicios de tránsito aéreo de la aviación civil internacional. Por supuesto, se reconoce que el radar primario seguirá siendo necesario para otros fines, incluida la detección de condiciones meteorológicas.

Los radares de aproximación de precisión (PAR) son radares primarios empleados para las operaciones de aproximación basadas en procedimientos específicos para el piloto y el controlador, sin embargo, el uso del PAR para aplicaciones civiles disminuye rápidamente.

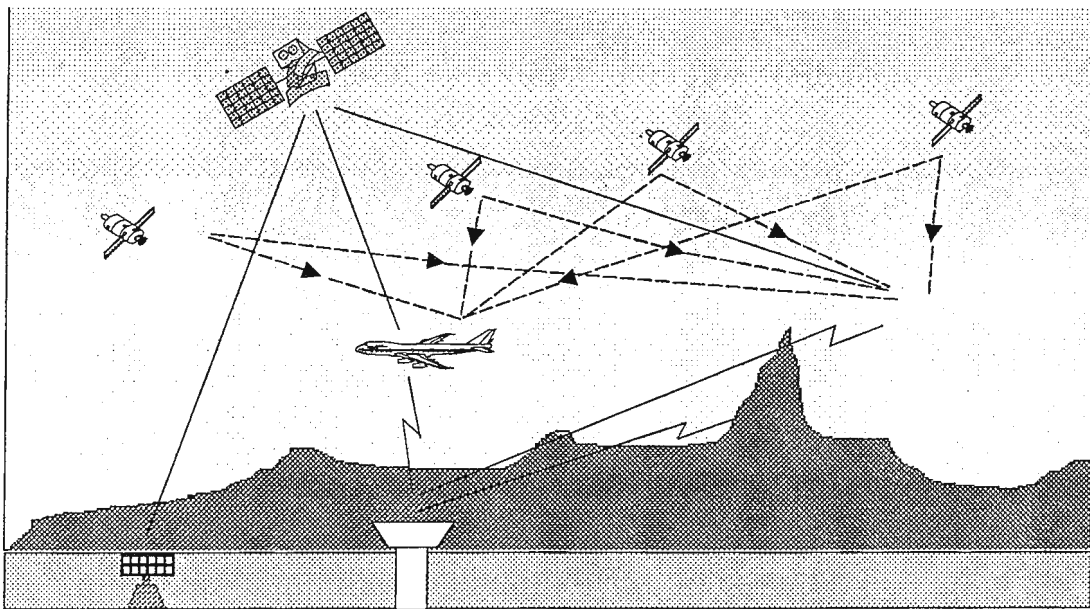


Figura 2-12. La integración de los sistemas SSR y ADS mejorará eficazmente la vigilancia de las aeronaves a un coste razonable.

Vigilancia Independiente Cooperativa (CIS) para Seguridad de Vigilancia (SSR).

La vigilancia independiente exige la cooperación entre la aeronave y el sistema de vigilancia pero es independiente del propio sistema de navegación de la aeronave.

El radar secundario de vigilancia (SSR) se utiliza ampliamente en nuevos lugares del mundo en que son pertinentes los sistemas de vigilancia terrenales de alcance óptico apropiados. En varios países, la precisión y eficacia de la información de posición se perfecciona mediante la aplicación de técnicos de monoimpulso y/o mediante el uso de antena de gran cobertura vertical.

El Radar Secundario de Vigilancia (SSR).

El SSR interroga el equipo de transpondedor instalada en la aeronave. En el modo "A". El transpondedor de la aeronave suministra información de identificación, rumbo y distancia de la aeronave y el modo "C" proporciona información sobre presión altitud. El SSR actual se usa ampliamente en muchas partes del mundo en que son apropiados los sistemas terrestres de vigilancia de alcance óptico.

La exactitud, definición y performance general de la información sobre el alcance y azimut se mejora considerablemente aplicando técnicas de monoimpulso (incluso antes de amplia apertura vertical) y otras técnicas de tratamiento avanzadas. La provechosa función del SSR para fines de vigilancia puede reforzarse empleando el Modo S, que es una técnica que utiliza una dirección única (la dirección de 24 bits) para la aeronave. Permite la interrogación selectivas de las aeronaves equipadas con transpondedor en modos y por tanto elimina la confusión.

También suministra una función de enlace bidireccional de datos entre las estaciones terrestres en Modo S y los transpondedores en Modo S.

El SSR en Modo S es el instrumento apropiado de vigilancia en las áreas de alta densidad de tránsito. La interconexión de estaciones terrestres en grupos ofrece un sistema mejorado de vigilancia y comunicaciones.

Gestión del Tránsito aéreo.

Limitaciones de los sistemas ATC actuales.

- La corriente de información en las dependencias ATC y entre dichas dependencias (comunicaciones tierra-tierra), y entre las dependencias ATC y las aeronaves (comunicaciones aeroterrestres), es suficiente para sustentar nuevas mejoras importantes en la capacidad y eficiencia del espacio aéreo.
- El ATC carece de datos y procedimientos suficientes para vigilar, predecir y optimizar la corriente del tránsito aéreo.
- Aún los sistemas ATC más avanzados siguen funcionando a base de datos que representan la performance de las aeronaves y las consideraciones ambientales, pero que se aproximan muy poco a la realidad. Por lo tanto, solo se pueden utilizar en forma limitada los perfiles óptimos de vuelo.
- Las posibilidades técnicas del equipo avanzado de a bordo en materia de planificación y determinación de las trayectorias de vuelo óptimas han superado a las de los sistemas terrestres que le sirven de apoyo.
- Las estructuras de rutas suelen ser inflexibles.

Objetivos de un sistema ATM mundial.

- Proporcionar mayor flexibilidad y eficacia admitiendo los perfiles de vuelo preferidos por los usuarios.
- Mejorar el nivel actual de seguridad.
- Dar cabida a todos los tipos de aeronaves y de posibilidades del equipo de a bordo.
- Dar mejor información al usuario, incluyendo condiciones meteorológicas, situación del tránsito y disponibilidad de instalaciones y servicios.
- Organizar el espacio aéreo de conformidad con las disposiciones y procedimientos de la ATM.
- Aumentar la participación del usuario en la toma de decisiones en la ATM, recurriendo incluso al diálogo aeroterrestre entre computadoras para tramitar el plan de vuelo.

- Crear, hasta donde sea posible, un solo espacio aéreo continuo en el que el usuario no perciba las divisiones.
- Aumentar la capacidad del tránsito aéreo para satisfacer las futuras demandas del tránsito.

Ventajas de un sistema ATM mundial.

- Las nuevas posibilidades ATM y los datos más precisos, permitirán aumentarla seguridad, reducir las demoras y aumentar la capacidad del espacio aéreo y de los aeropuertos.
- Las futuras operaciones ATM resultarán mucho más flexibles, y permitirán una mayor capacidad para admitir las trayectorias preferidas por el usuario. Las nuevas capacidades posibilitarán un trazado flexible de rutas, así como modificaciones dinámicas en las rutas de las aeronaves en respuesta a los cambios en las condiciones meteorológicas y del tránsito.
- Una mejor gestión de las corrientes de tránsito evitará los niveles excesivos de congestión.
- El enlace de datos transmitirá diversas informaciones desde las aeronaves debidamente equipadas a tierra y entre las dependencias en tierra, y suministrará mejor información al puesto de pilotaje. Se reducirá espectacularmente la carga de trabajo y también la congestión de canales y los errores de comunicaciones que caracterizan el actual ambiente en fonía.
- Las funciones ATM en área terminal y en ruta se integrarán para proporcionar corrientes de tránsito más fluidas de entrada y salida en las áreas terminales.
- Los controladores de tránsito aéreo podrán establecer corrientes de aproximación más eficaces.

Concepto operacional de la ATM.

- Nuevas normas y métodos recomendados (SARPS).
- Panorama del enfoque estructurado de la labor sobre ATM mundial.
- Nuevas normas y métodos recomendados (SARPS).
- Panorama del enfoque estructurado de la labor sobre ATM mundial.
- Panorama del concepto operacional y sus subsecciones.

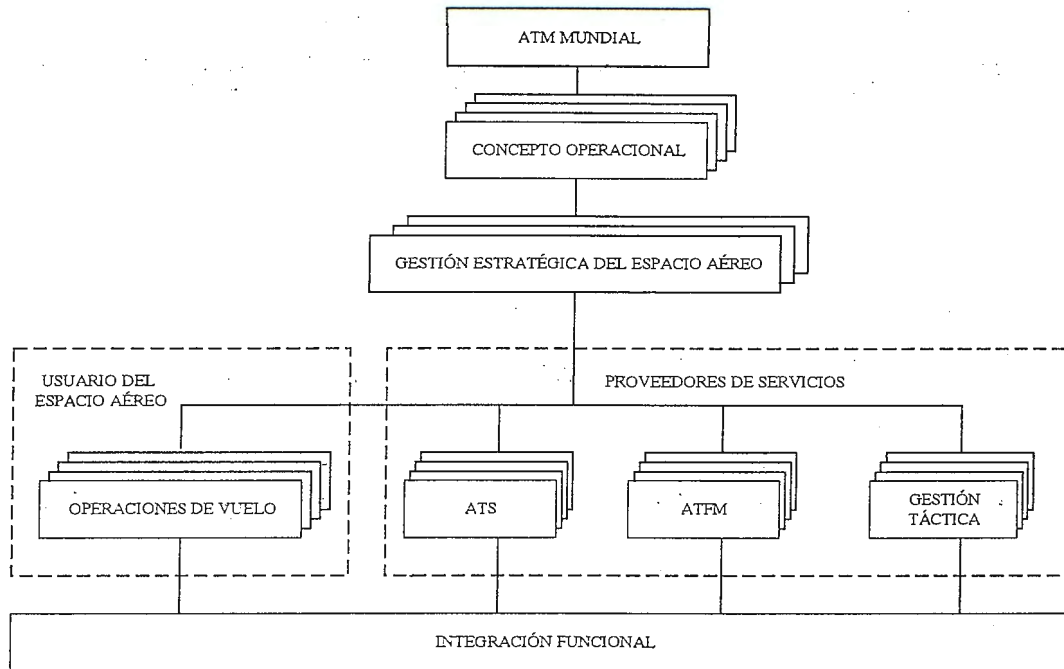


Figura 2-13. Enfoque estructural de la labor sobre una ATM mundial.

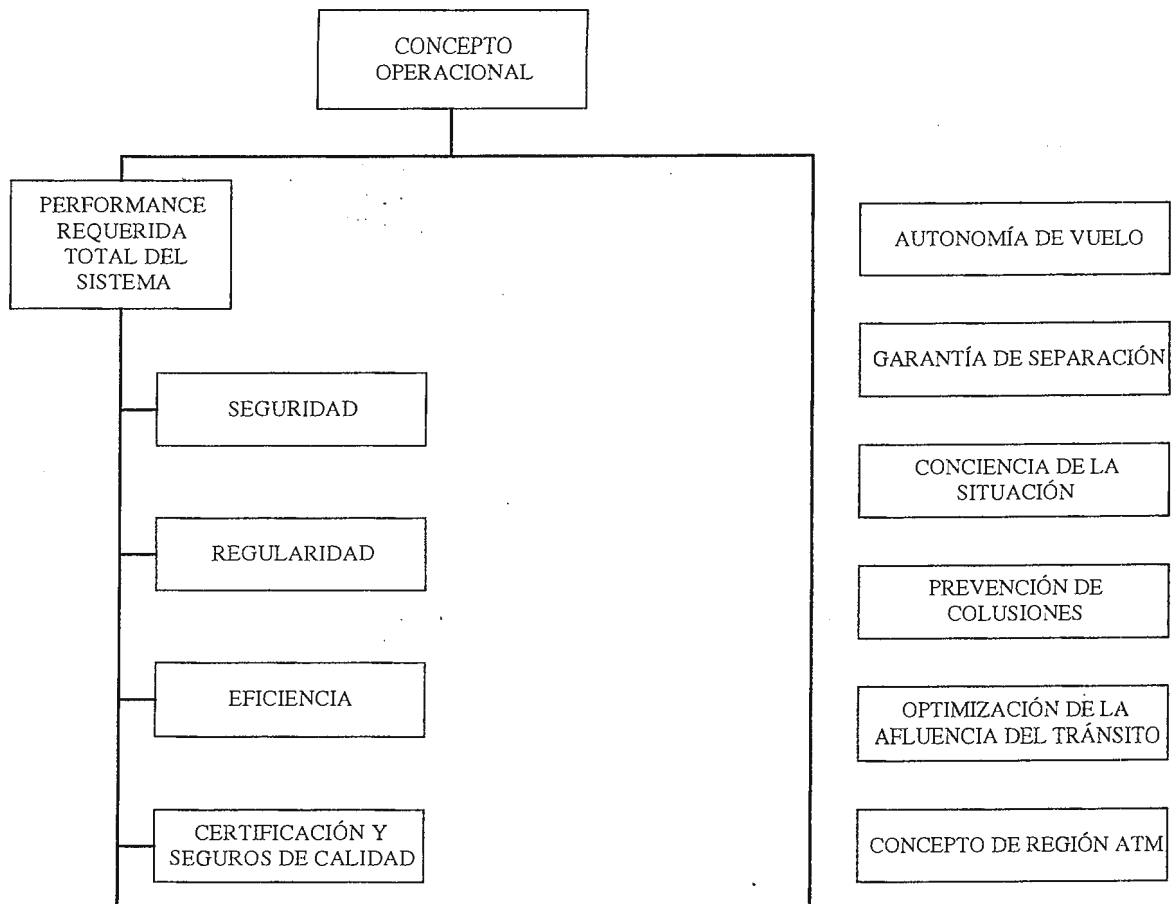


Figura 2-14. Panorama del concepto operacional y subsecciones del mismo.

Performance del Sistema Total requerida (RTSP).

- Falta de criterios convenidos mundialmente para la seguridad operacional.
- La RTSP especificará los criterios que debería satisfacer todo el sistema ATM.

Elementos del Sistema ATM.

A continuación se muestran los sub-elementos del Sistema ATM.

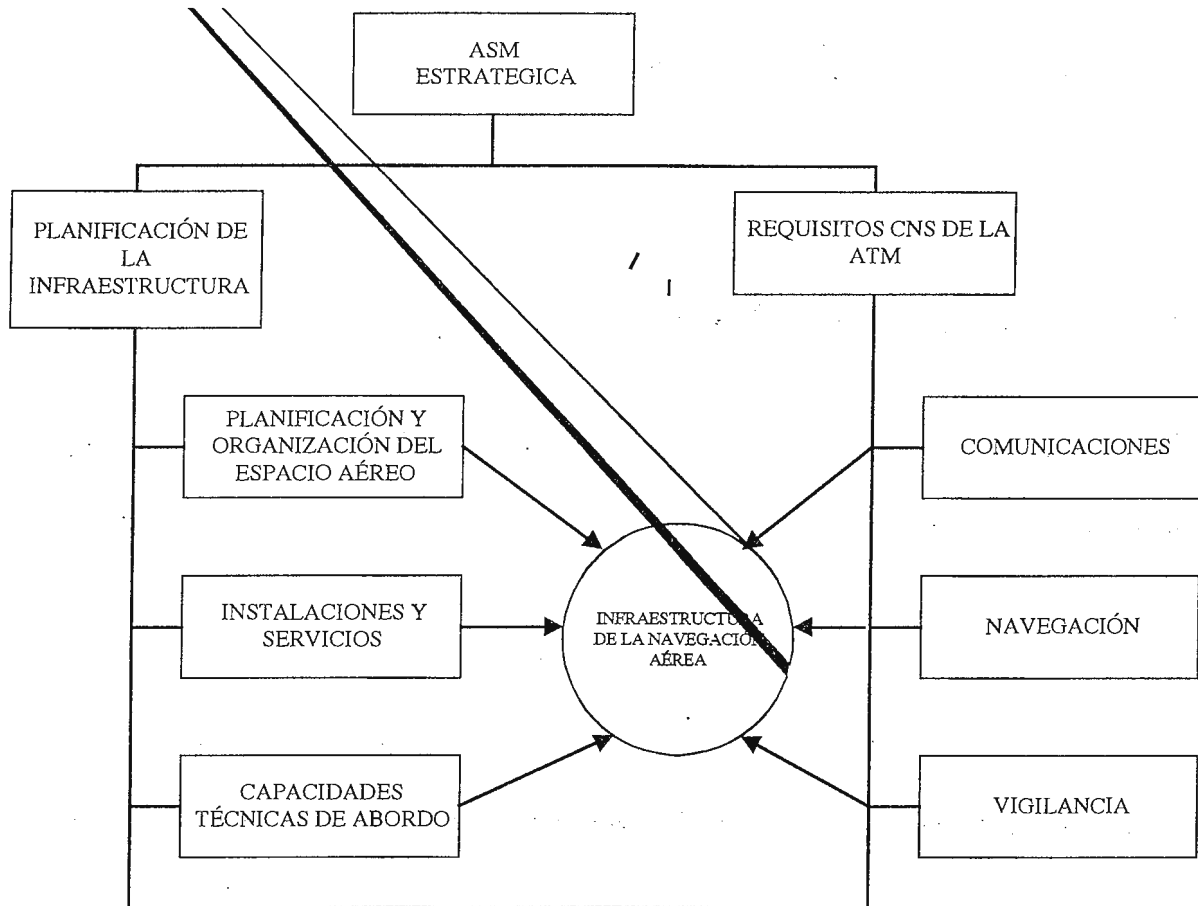


Figura 2-15. Sub-elementos del ATM.

- Gestión del espacio aéreo (ASM).
- Utilización común y dinámica del espacio aéreo.
- Objetivo principal.
- Requisitos ATM en materia de comunicaciones, navegación y vigilancia.
- Requisitos ATM en materia de comunicaciones.
- Anexos 10 y 11 de la OACI.
- Performance de comunicaciones requeridas (RCP).
- Requisitos ATM en materia de navegación.
- Capacidad de navegación de área (RNAV).
- Principales beneficios económicos de los sistemas CNS/ATM.
- Desarrollo de los SARPS.
- Requisitos ATM en materia de vigilancia.
- Capacidad del espacio aéreo en materia de vigilancia.
- Performance requerida en materia de vigilancia.
- Planificación de la infraestructura.
- Segundo elemento principal de la gestión del espacio aéreo.
- Elaboración de una infraestructura del espacio aéreo de modo armónico.
- Enfoque cooperativo.
- Operaciones de vuelo.
- Aspectos relativos a la ATM de las operaciones de vuelo.
- Tres áreas de la parte a bordo de la ATM.

- Posibilidades funcionales ATM de los sistemas abordo.
- Operaciones puerta a puerta.
- Uso flexible del espacio aéreo.
- Planificación de vuelos.
- Servicios de Tránsito Aéreo (ATS).
- Elemento primordial de la ATM.
- Subelementos.
- Servicio de alerta.
- Servicio de información de vuelo (FIS).
- Servicio control de tránsito aéreo.
- Progresos en las disposiciones ATS para los sistemas CNS/ATM.
- Organización de la afluencia del tránsito aéreo (ATFM).
- La finalidad de la gestión de la afluencia del tránsito aéreo.
- Estandarización mundial de la funcionalidad.
- Redes mundiales.
- Automatización de la ATM.
- El trabajo del controlador de tránsito aéreo.
- Instrumentos de soporte lógico.
- El controlador humano flexible vs computadoras.

¿Cómo lograr la armonización internacional en la evolución de la ATM?

Básicamente la armonización se logrará si se cumplen dos propuestas generales:

- El sistema ATM del futuro debe ser compatible. Es decir la transferencia de datos entre las aplicaciones de software y procedimientos debe ser transparente para las ATC de las regiones.
- Mejoras en el servicio ATM. El sistema incluir mejoras substanciales en la Gestión del tránsito aéreo, tales como incluir imágenes de satélite, estado de los dispositivos, información de control de área, aproximación, etc, de forma digital en pantallas, etc.

Implantación mundial de la ATM.

- El concepto operacional de ATM.
- Guiar a los planificadores del espacios aéreos.
- Estrategia para orientar la implantación de la infraestructura de sistema CNS/ATM.

Áreas ATM Homogéneas y corrientes importantes de tránsito internacional.

- Áreas ATM Homogéneas.
- Áreas ATM homogéneas.
- Corrientes importantes de tránsito internacional.
- Pronósticos.

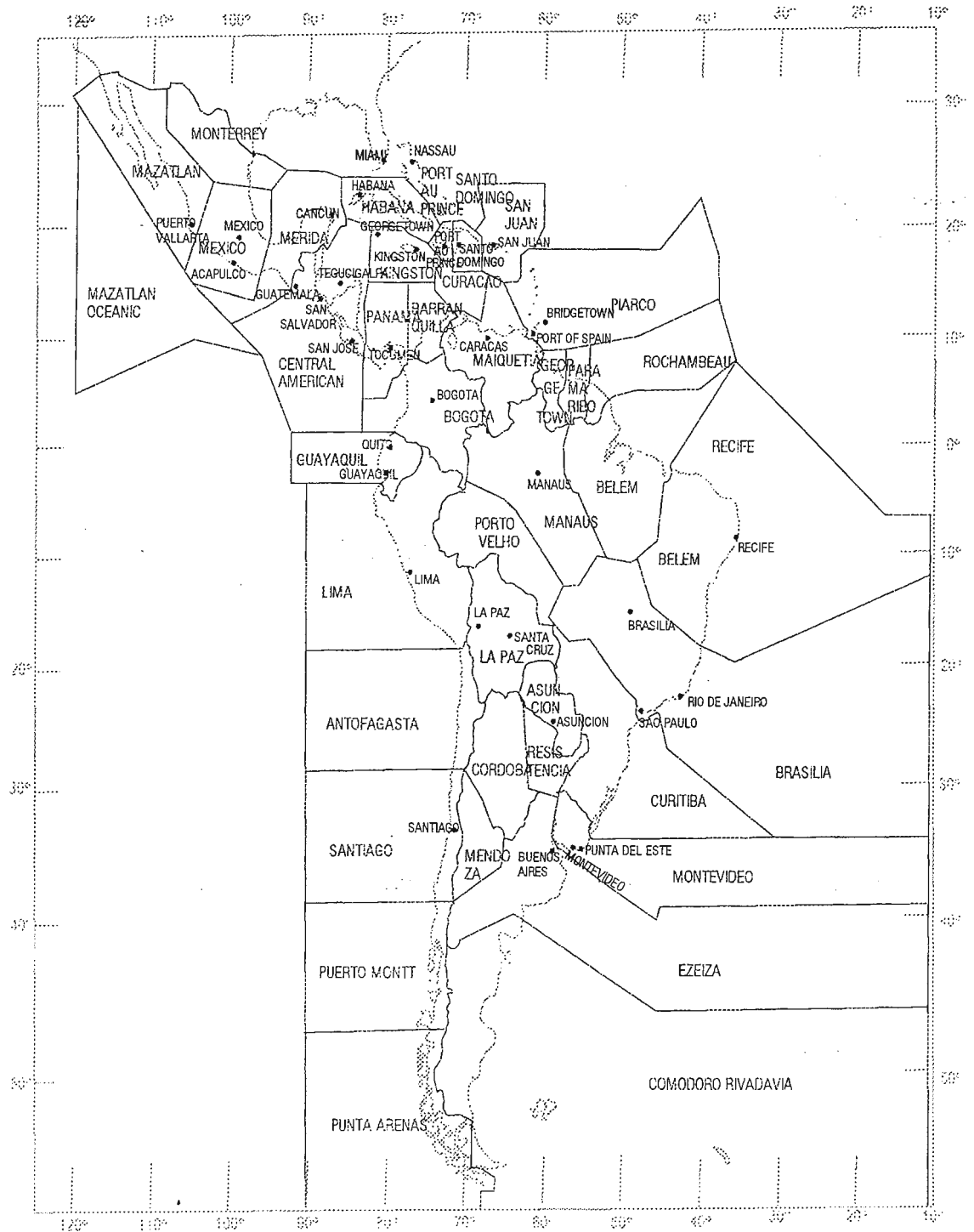


Figura 2-16. Áreas homogéneas / Corrientes de tránsito regiones Caribe/Sudamérica (CAR/SAM).

Conclusiones.

La comunidad de la aviación civil se encuentra en una encrucijada histórica. Debido a la imposibilidad de los sistemas ATC actuales de poder sostener la creciente demanda del tránsito aéreo, se ha elaborado un nuevo concepto basado en tecnologías avanzadas pero la tecnología sola no puede resolver el problema. Es el grado en que se utilice la tecnología para apoyo de un sistema ATM mundial integrado lo que determinará el éxito del concepto de los sistemas CNS/ATM. Para obtener las máximas ventajas que pueden aportar las tecnologías CNS/ATM la comunidad de aviación civil deberá estar dispuesta y ser capaz de implantar normas y procedimientos internacionales que permitan una aplicación gradual del sistema ATM mundial. Además, la comunidad de aviación civil debe proseguir con la implantación de sistemas y procedimientos a lo largo de grandes áreas geográficas homogéneas.

Es por esta razón que es tan pertinente la importancia histórica de la OACI., con sus mecanismos de planificación y su éxito en el logro de la armonización y estandarización internacional. Es precisamente a través de este mecanismo internacional que el concepto CNS/ATM fue engendrado y que podrá implantarse con éxito la gestión avanzada del tránsito aéreo.

Implantación del ATM.

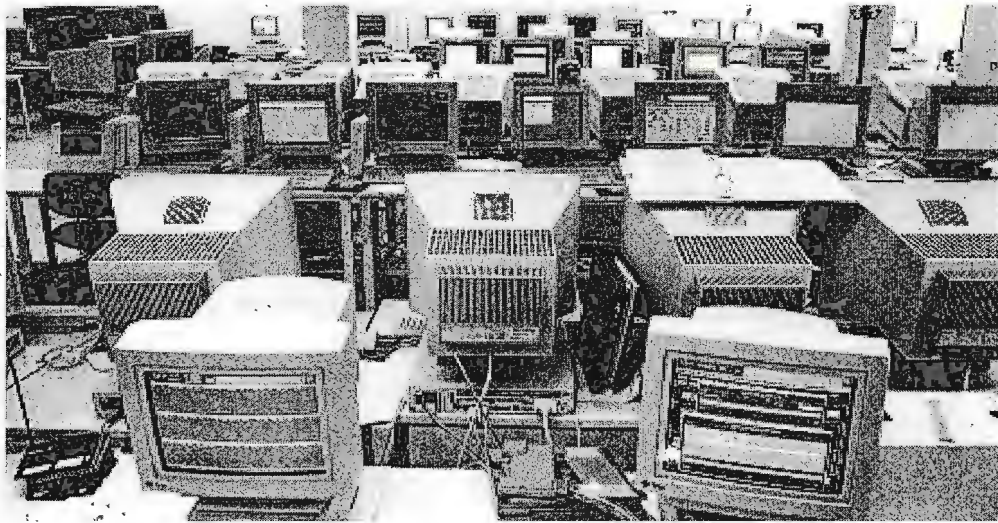
Grupos que están trabajando para la implantación del ATM.

- El comité especial sobre sistemas de navegación aérea del futuro (FANS).
- Grupo de expertos sobre el examen del concepto genera de separación (RGCSF).

Definiciones.

- Navegación de área (RNAV): método de navegación que permite las operaciones de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada.
- Precisión de performance de la navegación: La precisión total de la navegación que se basa en la presencia de una combinación de errores, del sensor de navegación, del receptor a bordo, de la presentación en pantalla y del error técnico de vuelo. Se denomina también precisión en el uso del sistema.
- Performance de navegación requerida (RNP): Indicación de la precisión de performance de navegación necesaria para las operaciones de vuelo en una región determinada del espacio aéreo.

3 REDES



TEORÍA BÁSICA DE REDES DE COMPUTADORA.

Definición de Conceptos.

¿Qué es una Red?

Es el enlace físico de un grupo de computadoras, que comparten recursos de hardware y software e intercambian información entre sí.

Una red es una colección de dispositivos de cómputo que incluye computadoras personales, impresoras, servidores, etc. interconectados entre sí.

En el nivel más elemental, una red consiste de dos computadoras conectadas una con otra por un cable de tal forma que puedan compartir datos y recursos.

Las redes nacieron de la necesidad de compartir datos en el momento deseado. Las computadoras personales son una poderosa herramienta de negocios para producir datos y gráficos y otro tipo de información, pero no permiten compartir rápidamente los datos que fueron producidos. Sin una red los documentos tienen que ser impresos de manera que puedan ser editados y utilizados. En el mejor de los casos, se pueden copiar los archivos en un disco flexible; pero si otros realizan cambios en los documentos no hay forma de combinar dichos cambios. Además, si los archivos superan la capacidad de almacenamiento del disco, es necesario comprimirlos y/o guardarlos en bloque. Este fue y aún sigue siendo llamado, trabajo en ambiente aislado (stand-alone).

Si el trabajador mostrado en la figura 1 tuviera conectada su computadora con otras computadoras él podría compartir los datos con las otras computadoras y compartir los impresores. Un grupo de computadoras y otros dispositivos interconectados es llamado: red, y el concepto de computadoras conectas compartiendo recursos es llamada networking.

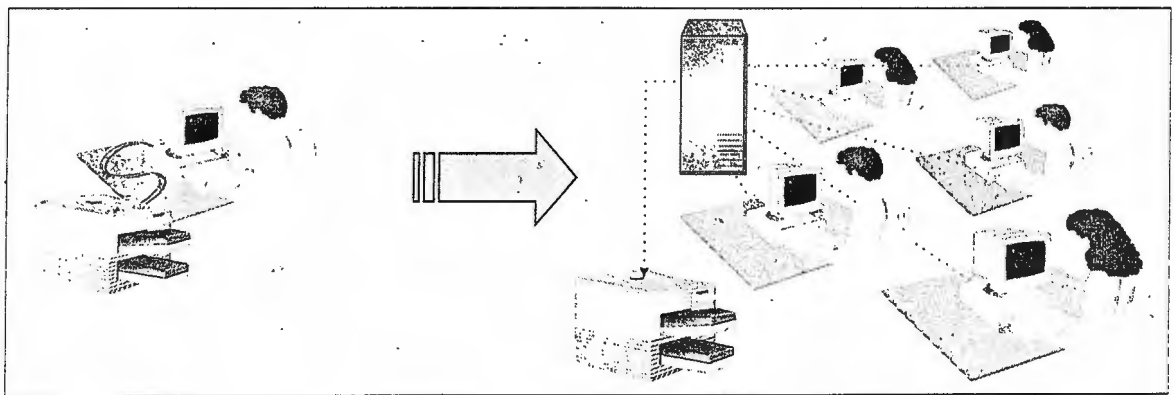


Figura 3-1. Ejemplo de usuario utilizando compartiendo recursos.

Sistema Multiusuario y Redes.

Generalmente cuando se habla de redes, se tiende a confundir con los sistemas multiusuarios, lo cual son dos sistemas completamente diferentes.

La diferencia básica entre un sistema multiusuario y una red es que las estaciones de trabajo (terminales) en un sistema multiusuario son tontas; es decir, que se valen de la computadora central para realizar su procesamiento sirviendo éstas sólo para introducir datos.

En cambio en las redes, cada computadora realiza su propio procesamiento y la computadora central, únicamente se encarga de almacenar la información y del control del tráfico de la red.

Características de las redes.

Entre las características de las redes podemos mencionar:

- Todas las estaciones son inteligentes, es decir, que realizan su propio procesamiento.
- Se puede compartir cualquier recurso físico de una o varias estaciones.
- Comparten cualquier información entre cada una de ellas.
- Están conectadas físicamente por medio de cables e interfaces de comunicación.
- Puede utilizarse diferentes ambientes de trabajo en cada estación.

Las computadoras que son parte de una red pueden compartir:

- Datos.
- Mensajes.
- Gráficos.
- Impresores.
- El servicio del Módem.
- Servicio de Fax.
- Además de otros recursos.

Esta lista está en constante crecimiento a medida que nuevas formas de compartir y comunicar son encontradas.

Elementos de una red.

Una red de computadoras consiste en hardware y software. El hardware incluye placas de red y el cable que las conecta. El software incluye el sistema operativo de red, los protocolos de comunicaciones, los controladores que soportan componentes hardware como placas de red y las aplicaciones de red.

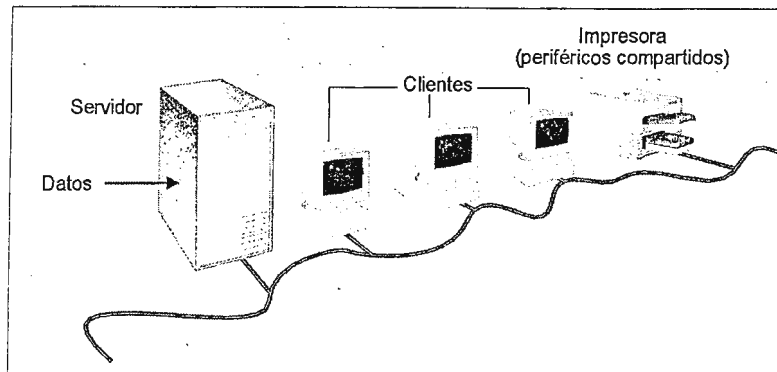


Figura 3-2. Elementos básicos de una red.

Sistema operativo de red.

El sistema operativo de red ofrece todas las prestaciones que permiten a los usuarios comunicarse por la red y compartir recursos como archivos e impresoras. En redes punto a punto, como Windows para Trabajo en grupo o Windows 95, el sistema operativo ejecutado en la computadora del usuario contiene el soporte de red. Con sistemas operativos de servidor dedicado como NetWare o Windows NT Server, los servidores gestionan el tráfico de la red y la compartición de archivos o periféricos. En este tipo de red es necesario instalar el software cliente en las computadoras de los usuarios que necesitan acceder al servidor.

Servidor.

Los servidores son las computadoras que pueden ofrecer los siguientes servicios a los usuarios de una red:

- Servidor de archivos.
- Servidor o gateway de correo electrónico.
- Servidor de comunicaciones.
- Servidor de fax.

- Servidor de gateway.
- Servidor de bases de datos.
- Servidor de copias seguridad y archivos definitivos.
- Servidor de impresión. Servidor de los servicios de directorios.
- Servidor de Acceso Remoto.

Sistemas cliente (estaciones de trabajo).

Los sistemas cliente son estaciones de usuarios que se conectan a la red mediante placas de red. En el sistema cliente se ejecuta el software para gestionar la conexión a la red, la entrada al sistema, las peticiones al servidor y otras comunicaciones de la red. El software cliente dirige las peticiones al servidor realizadas por usuarios o aplicaciones a un servidor adecuado de la red.

Protocolos.

Los protocolos de comunicaciones ofrecen el mecanismo para transportar peticiones y respuestas sobre la red. Algunos de los protocolos de comunicación más comunes son:

- **IPX/SPX** Internetwork Packet Exchange /Sequenced Packet Exchange.
- **TCP/IP** Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

Placas de red (NICs).

Las placas de red (NICs, Network Interface Card) son adaptadores instalados en una computadora que ofrecen la conexión física a una red. Cada NIC está diseñada para un tipo específico de red, por ejemplo: las tarjetas que se utilizan en Ethernet o Token Ring. Una NIC tiene un conector para un tipo de cable específico, como cable coaxial, de par trenzado o de fibra óptica. Las placas de red para redes locales sin hilos tienen una antena para su comunicación con una estación base.

La mayoría de placas de red incluyen un zócalo para una PROM (memoria programable de sólo lectura) de inicialización remota, para que pueda instalar la tarjeta en estaciones que carecen de unidades de disco duro, (para reducir el coste e incrementar la seguridad). La PROM contiene un programa que le indica a la computadora que recoja la información de arranque de un servidor de la red, en vez de hacerlo desde un programa almacenado en un disco local.

Sistema de cableado.

La selección de un tipo de cable para una red es una decisión crítica. El cable y sus dispositivos tienen que cubrir las necesidades de transmisión de datos, distribución física (topología) y requerimientos de comunicaciones, tanto presentes como futuras. Recientemente, se han mejorado los estándares de cableado para incrementar las velocidades de transferencia de datos sobre cables de cobre relativamente baratos de par trenzado. Esto facilita en gran medida la decisión del tipo de cable a utilizar, ya que el par trenzado es más económico que el cable coaxial, y ofrece una velocidad superior de transmisión. El cable de fibra óptica, que es un cable que interconecta muchas redes diferentes dentro de un edificio o área de campus, es una buena elección para enlaces centrales (backbones).

Dispositivos para ampliar la red.

Los sistemas de cableado de red tienen limitaciones de distancia debidas a la pérdida de señales y otras características eléctricas. Puede ampliar la distancia de segmentos de red instalando un repetidor, que regenera la señal eléctrica y dobla la longitud permitida del cable, aunque no permite añadir más computadoras de las definidas a la red.

Para incrementar la distancia de una red y añadir más estaciones, se puede añadir otro segmento de red y conectar las estaciones mediante un bridge (puente), o si una red existente está colapsada porque hay demasiados usuarios intentando acceder a ella, puede dividirla y conectar los dos segmentos con un bridge. Esta última técnica permite «filtrar» el tráfico entre ambos segmentos, para que el tráfico local se quede en el segmento local.

Los routers permiten interconectar redes, que pueden tener diferentes topologías y protocolos. Un router comprende las direcciones de red creadas por protocolos como IPX e IP. Estas direcciones son lógicas, y no están implantadas en ninguna estación. La ventaja consiste en que una estación de una red (en un departamento o división de su compañía) puede dirigir un paquete a una estación situada en otra red de su compañía (o incluso de una red de otra compañía). IPX e IP gestionan todas las funciones para llevar el paquete de una red a la siguiente. Algunas redes son muy grandes, y un paquete podría necesitar cruzar muchas redes distintas antes de llegar a su destino.

Los hubs y centralitas de conexiones se utilizan para crear sistemas de cableado estructurado. Un hub es un concentrador que forma el centro de un esquema de cableado jerárquico configurado en estrella. Los hubs de alto nivel pueden soportar diversos tipos de redes, como Ethernet, Token Ring y redes ópticas. Los hubs para grupos de trabajo conectan todas las computadoras de una zona específica o de un departamento, y están conectados a hubs de la empresa que pueden conectar prácticamente toda la organización.

Compartición de recursos, periféricos y aplicaciones.

La compartición de recursos, periféricos y aplicaciones forma parte de los servidores, como hemos dicho anteriormente. En un entorno punto a punto, estos componentes están distribuidos por toda la red; pero en entornos de servidor dedicado, tienden a estar localizados en un punto, aunque la regla no es estricta. Recuerde que los sistemas operativos punto a punto y de servidor dedicado pueden coexistir en la misma red.

Los usuarios podrían ejecutar Windows 9X sobre la mesa y compartir componentes de sus equipos con otros usuarios. Simultáneamente, los administradores de red podrían instalar servidores de aplicaciones (bases de datos, comunicaciones, fax, etc.) en instalaciones centrales para ofrecer estos recursos a los usuarios autorizados.

Beneficios de una Red.

Existen varios beneficios proporcionados por las redes, algunos ejemplos pueden ser:

- Incrementar la integridad de la información en una empresa, porque la información se almacena en un sólo lugar y se puede tener control sobre quién accede a ella, con qué permisos, a qué hora, en qué fecha, etc.
- Compartir recursos costosos entre varios usuarios, como discos duros, memoria, graficadores, impresoras, etc.
- Gran capacidad de expansión y flexibilidad en el crecimiento, ya que pueden agregarse usuarios y dispositivos en cualquier momento y sin limitaciones.
- Fácil integración de tecnologías que permiten aumentar drásticamente la productividad: correo electrónico, automatización de flujo de información (workflow), intranets, etc.

Servicios de Red.

Entre los servicios de red se encuentran la impresión, el compartir archivos, el correo electrónico y las bases de datos.

Tradicionalmente, en una red los servidores proveen los servicios y los clientes son las computadoras personales o las estaciones de trabajo que los reciben. En las redes de tipo punto-a-punto (Windows 95, Personal Netware, etc.) esta división no es tan clara, ya que todas las computadoras poseen la capacidad de actuar como servidores y como clientes al mismo tiempo. Desde el punto de vista de un usuario, el propósito de una red es proveer servicios. Los usuarios desean conectarse a una red y tener acceso a los múltiples servicios que requieren. Los cuatro servicios de red más comunes son los siguientes:

- Servicios de Archivos,
- Servicios de Impresión,
- Servicios de Mensajes,
- Servicios de Aplicaciones.

Al colocar estas aplicaciones en un servidor de gran capacidad, se puede dar servicio a cientos o miles de usuarios al mismo tiempo.

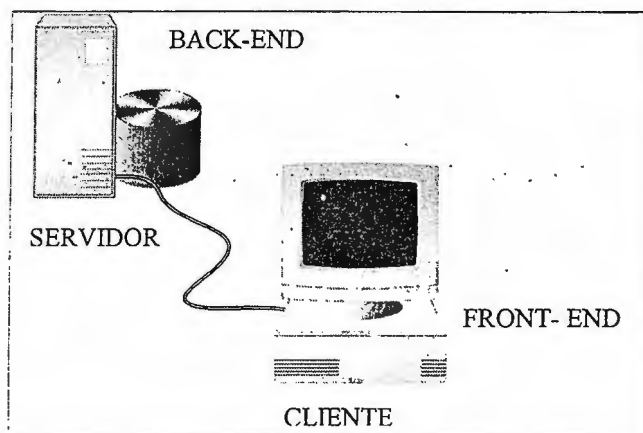


Figura 3-3. Esquema Front-end y Back-end.

Modelos de Redes.

Existen tres modelos generales que describen la forma en que las computadoras interactúan en una red. Estos modelos son:

Modelo Centralizado.

Son centros de cómputo creados alrededor de grandes equipos de cómputo, referidos como supercomputadoras o mainframes, que manejan todo el procesamiento y el almacenamiento de la información. Este ambiente se caracteriza por tener terminales, concepto que implica estaciones de entrada/salida de datos, cuyas capacidades de procesamiento son mínimas. Las supercomputadoras pueden o no estar conectadas entre sí en una red, pero generalmente, un mainframe se encuentra conectado a dispositivos de cómputo con capacidades de procesamiento de información sumamente inferiores. Estos dispositivos no procesan o almacenan información, sólo funcionan como dispositivos de entrada/salida.

Modelo Distribuido.

El modelo de cómputo distribuido involucra una red de computadoras inteligentes capaces de compartir el procesamiento de la información. Con el advenimiento de las computadoras personales se ha hecho posible este modelo. En este modelo, cada cliente puede procesar sus propias tareas. Cuando un cliente pide una aplicación al servidor, ésta es cargada en la memoria del cliente y ejecutada por su propio procesador.

En este modelo parte de la información es almacenada y procesada directamente por los clientes, mientras que los servicios son proporcionados por el servidor. Existen dos características que diferencian claramente a este modelo con respecto al centralizado:

- Los clientes poseen capacidades de procesamiento.
- Existe un intercambio real de información y servicios.

Modelo Colaborativo.

La principal diferencia de este modelo radica en que las computadoras trabajan conjuntamente para procesar la misma tarea.

En la computación colaborativa (también llamada computación cooperativa) una computadora puede ejecutar parte de un programa en otra computadora, maximizando la capacidad de procesamiento. Puede considerarse que es una extensión del modelo distribuido en el cual también existen clientes con capacidades de procesamiento que pueden compartir información y servicios. Pero el modelo colaborativo agrega un factor vital: la cooperación de varias computadoras para ejecutar una tarea.

Tipos de Redes.

Una forma adicional para clasificar a las redes es su cobertura geográfica. Aun cuando no existen parámetros exactos para esta clasificación, las categorías más comúnmente empleadas son:

- Redes de área local (LAN).
- Redes de área amplia (WAN).
- Redes de área metropolitana (MAN).

Redes de área Local (LAN).

Es el enlace entre computadoras que se encuentran usualmente dentro de un mismo edificio. De acuerdo a la norma IEEE 802.6 y ANSI FDDI/FDD-II una LAN es la red cuyo radio máximo de alcance es de 7 Km. Las redes de área local son las más pequeñas. Tienen a proporcionar servicio a un edificio o un campus. Los tipos más comunes de redes de área local son los siguientes:

- ARCnet.
- Ethernet.
- Token Ring.
- FDDI.

Las redes LAN, son las mas utilizadas debido a una serie de características que las hacen ideales para implementarlas en pequeñas y grandes empresas, entre estas características podemos mencionar:

- Bajo costo de implementación
- Permite compartir hardware costoso como impresores láser, CD-ROM, etc.
- Facilita concentrar la información en una sola computadora (servidor).
- El enlace físico entre las computadoras que componen la red, es fácil de montar.
- No requiere equipo costos y complicado para la comunicación en la red.
- Se pueden conectar en la red, cualquier tipo de computadoras personales.
- La computadora central (servidor) no tiene que ser una super computadora.
- Convive con cualquier tipo de sistemas operativos de PC.
- Relativamente fácil su instalación en hardware y software.

Tipos de redes LAN.

Las Redes de Area Local o redes LAN están clasificadas en dos tipos, los cuales son:

- Redes Punto a Punto.
- Redes Cliente Servidor.

Redes Punto a Punto.

En este sistema de redes todas las computadoras que la componen, pueden servir de servidores o estaciones de trabajo, y cada una puede compartir la información contenidas en sus discos así como los recursos de hardware conectados a ellos.

Redes Cliente Servidor.

En este tipo de redes existe una computadora central que actúa como servidor donde se encuentra concentrada la información y el resto de las computadoras únicamente sirven como estaciones de trabajo, o clientes.

La diferencia básica entre ambos tipos de redes es que en la cliente servidor, existe una computadora dedicada solamente a servir de servidor y en el punto a punto no existe esto.

Redes de área Metropolitana (MAN).

Enlace de computadoras normalmente instituciones donde el área a cubrir de acuerdo a la norma IEEE 802.6 y ANSI FDDI/FDD-II tienen un área no mayor de 50 Km.

Las redes de área metropolitana son de un tamaño superior a las redes locales y, generalmente, requieren de diferentes tipos de equipos y de medios físicos para transmitir la información.

Redes de área Amplia (WAN).

También llamadas redes globales, son aquellas que exceden los 50 Km de radio de acción y que por lo general el acceso se realiza por medio de la línea telefónica vía módem hacia computadoras de comunicación llamadas nodos centrales que trabajan en tiempo compartido y su uso por lo general es público.

En el máximo de su tamaño, una red de área amplia puede cubrir el planeta. Redes amplias de tamaño pequeño cubren varias ciudades. Normalmente, las redes de área amplia emplean líneas telefónicas para transmitir información entre diversas ciudades. Pueden ser relativamente costosas debido a la renta de los enlaces telefónicos. Existen dos subcategorías para las redes de área amplia:

- **Redes Corporativas:** Conectan a los equipos de cómputo de una empresa. Estas redes pueden considerarse como privadas, usadas exclusivamente por una sola organización.
- **Redes Globales:** Intercomunican a varias organizaciones y cubren varios continentes. Un ejemplo claro de una red global es la Internet, que interconecta a más de 30 millones de personas en todos los continentes.

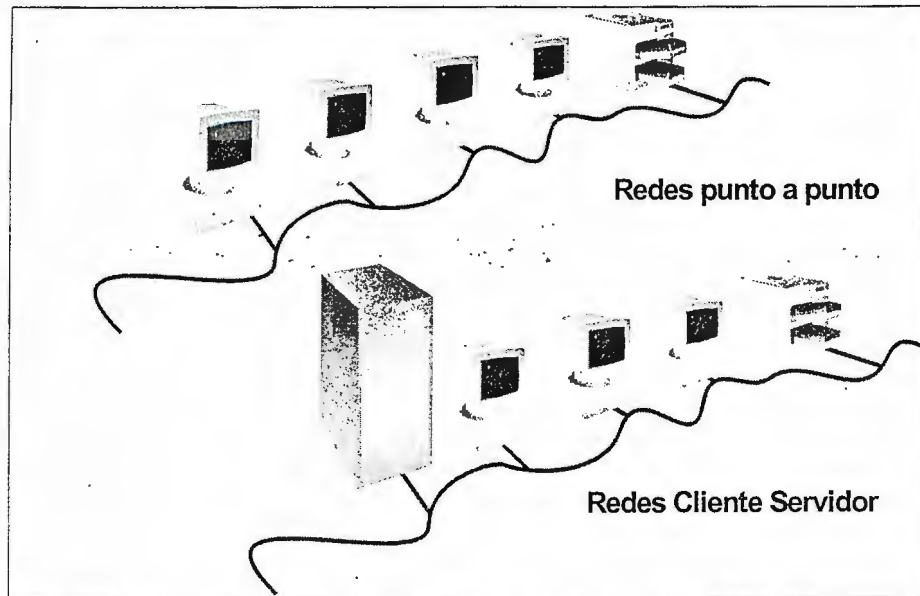


Figura 3-4. Comparación entre redes punto a punto y Cliente-Servidor.

Tecnologías para redes WAN.

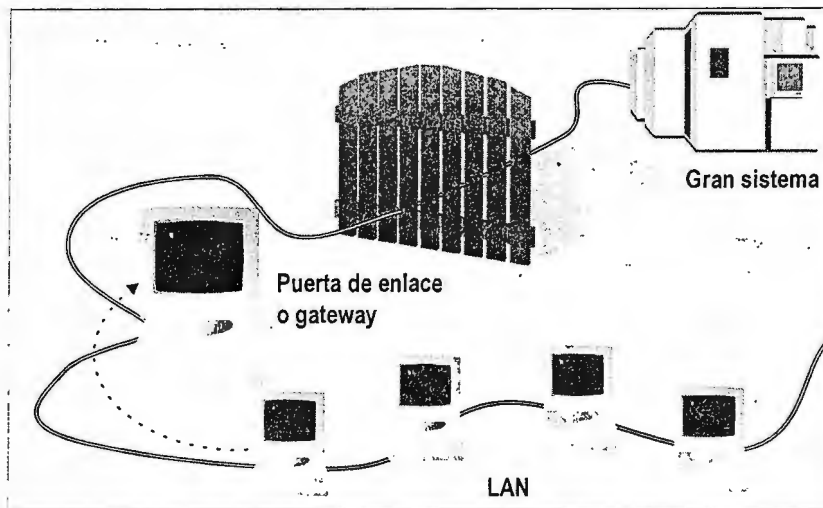


Figura 3-5. Las redes WAN permiten conectar seguramente redes LAN.

Enlaces punto a punto.

Un enlace punto a punto proporciona una sola trayectoria de comunicaciones WAN preestablecida desde las instalaciones del cliente, a través de una red de transporte como una compañía telefónica, hasta una red remota. A los enlaces punto a punto también se les conoce como líneas privadas, puesto que su trayectoria establecida es permanente y fija para cada red remota a la que se llegue a través de las facilidades de larga distancia. La compañía de larga distancia reserva varios enlaces punto a punto para uso exclusivo del cliente. Estos enlaces proporcionan dos tipos de transmisiones: transmisiones de datagramas, que están compuestas de tramas direccionadas de manera individual y transmisiones de ráfagas de datos, que están compuestas de una ráfaga de datos para la que la verificación de direcciones se presenta sólo una vez. La siguiente figura muestra un típico enlace punto a punto a través de una WAN. Este tipo de conexión es utilizado en conexiones remotas, es decir en conexiones a través de modems.

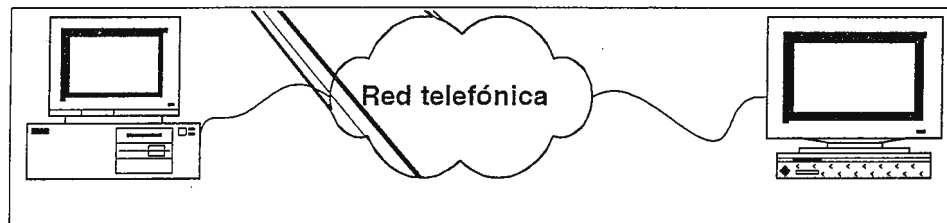


Figura 3-6. Un enlace común punto a punto.

Conmutación de circuitos.

La conmutación de circuitos es un método de conmutación WAN en el que se establece, se mantiene y se termina un circuito físico dedicado a través de una red de transporte para cada sesión de comunicación. La conmutación de circuitos maneja dos tipos de transmisiones:

- a) **Transmisiones de datagramas:** Que están compuestas de tramas direccionadas de manera individual.
- b) **Transmisiones en ráfagas de datos:** Que están compuestas de una ráfaga de datos para la que la verificación de direcciones sólo se presenta una vez.

Utilizada de manera muy generalizada en las redes de las compañías telefónicas, la conmutación de circuitos opera de forma muy parecida a una llamada telefónica normal. RSDI (Red Digital de Servicios Integrados) es ejemplo de una tecnología WAN de conmutación de circuitos, la cual se muestra en la siguiente figura.

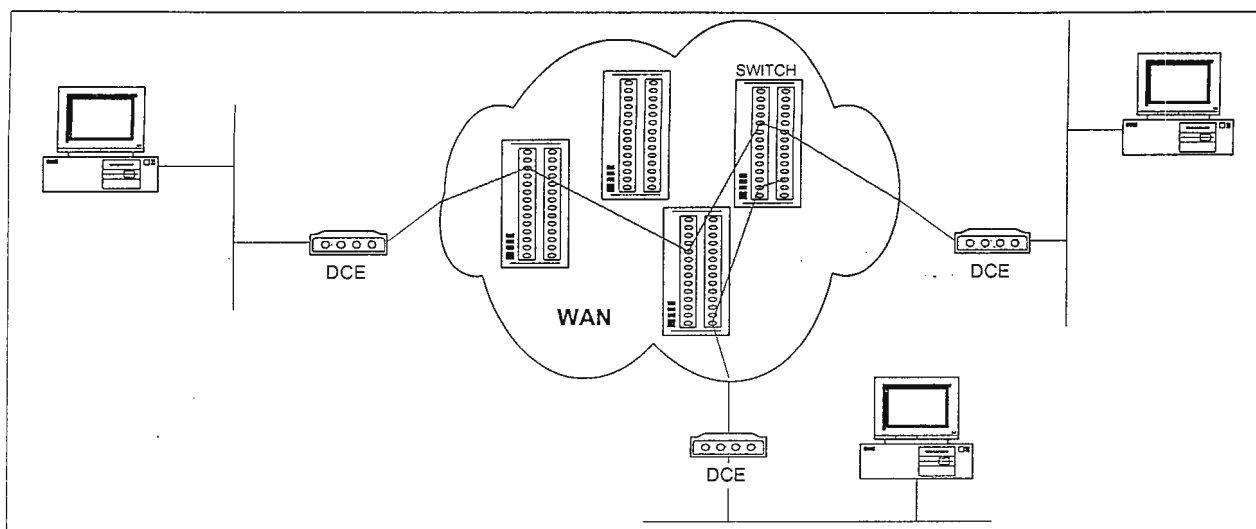


Figura 3-7. Esquema de una WAN de conmutación de circuitos.

Conmutación de paquetes.

Este es un método de conmutación WAN en el que los dispositivos de la red comparten un solo enlace punto a punto para transferir los paquetes desde un origen hasta un destino a través de una red de transporte. El multiplexaje estadístico se utiliza para permitir que los dispositivos compartan estos circuitos. Algunos ejemplos de tecnología WAN de conmutación de paquetes son:

- ATM (Modo de Transferencia Asíncrona).
- Frame Relay.
- SMDS (Servicio de Datos Conmutados a Multimegabit).
- X.25.

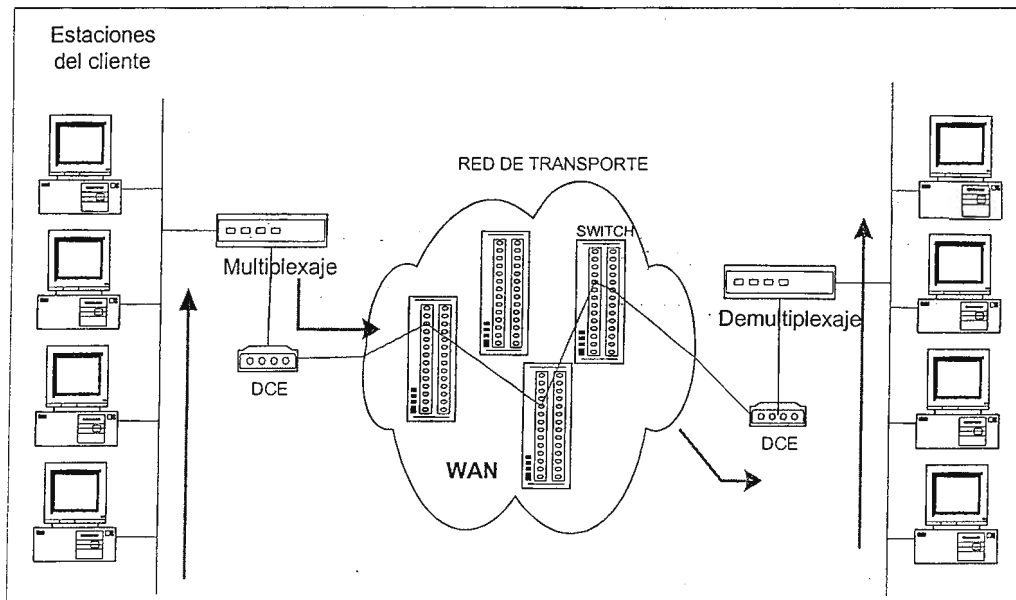


Figura 3-8. Transferencia de paquetes a través de una red de transporte.

Circuitos virtuales WAN.

Un circuito virtual es un circuito lógico creado para asegurar una comunicación confiable entre dos dispositivos de red. Hay dos tipos de circuitos virtuales: SVCs (Circuitos Virtuales Conmutados) y PVCs (Circuitos Virtuales Permanentes).

Los SVC's son circuitos virtuales que se establecen dinámicamente por demanda y se terminan al finalizar la transmisión. La comunicación a través de un SVC tiene tres fases: el establecimiento del circuito, la transferencia de datos y la terminación del circuito. La fase de establecimiento implica la creación de un circuito virtual entre los dispositivos origen y destino. La transferencia de datos implica la transmisión de datos entre los dispositivos a través del circuito virtual, y la fase de terminación del circuito implica la desconexión del circuito virtual entre los dispositivos de origen y de destino. Los SVC's se utilizan en situaciones donde la transmisión de datos entre los dispositivos es esporádica, en gran medida porque con los SVC's se incrementa el ancho de banda utilizado, debido a las fases de establecimiento y terminación del circuito, pero disminuyen los costos asociados con la disponibilidad constante del circuito virtual.

Un PVC es un circuito virtual que se establece de manera permanente y consta de un solo modo: transferencia de datos. Los PVC's se utilizan en situaciones donde la transferencia de datos entre los dispositivos es constante. Con los PVC's disminuye el uso del ancho de banda asociado con el establecimiento y terminación de circuitos virtuales, pero se incrementan los costos debido a la constante disponibilidad del circuito virtual.

Servicios de marcado en WAN.

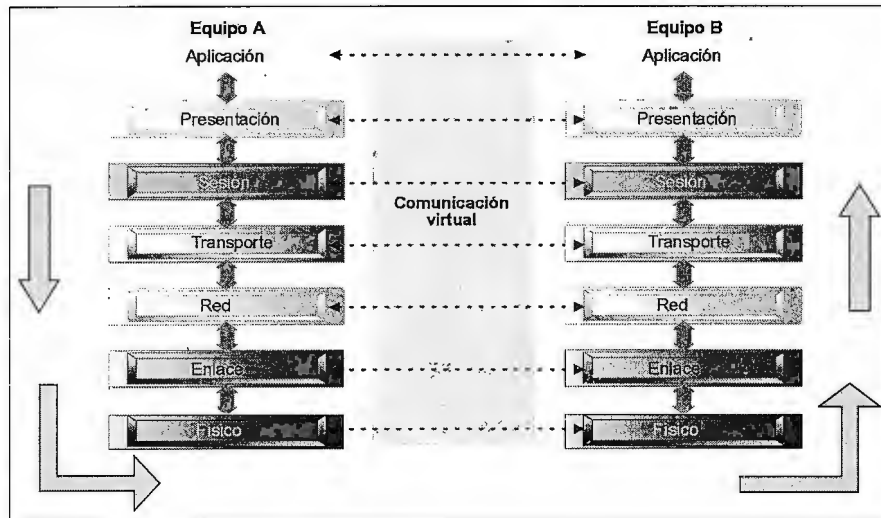
Los servicios de marcado ofrecen métodos económicos para llevar a cabo la conectividad a través de la WAN. Las dos implementaciones más comunes de los servicios de marcado son el DDR (Ruteo de Marcación por Demanda) y el respaldo de marcación.

DDR es una técnica por medio de la cual un ruteador puede iniciar y terminar, de manera dinámica, una sesión de conmutación de circuitos a medida que las estaciones terminales de transmisión lo requieran. Se configura un ruteador para que considere cierto tráfico interesante (como el tráfico de un protocolo particular) y el resto del tráfico no interesante. Cuando el ruteador recibe tráfico interesante destinado a la red remota, se establece un circuito y se transmite el tráfico de manera normal. Si el ruteador recibe tráfico no interesante, y ya está establecido un circuito en ese momento, ese tráfico también se transmite de manera normal. El ruteador maneja un temporizador que se reinicializa solamente cuando se recibe tráfico interesante. Sin embargo, el circuito se termina si el ruteador recibe tráfico no interesante antes de que el temporizador expire. De la misma manera, si se recibe tráfico no interesante y no hay ningún circuito, el ruteador elimina el tráfico. En el momento en el que el ruteador reciba tráfico interesante, iniciará un nuevo circuito.

La implementación de respaldo de marcación es un servicio que activa una línea serial de respaldo bajo determinadas condiciones. La línea serial secundaria puede actuar como un enlace de respaldo que se utiliza cuando el enlace principal falla, o como una fuente que proporciona ancho de banda adicional cuando la carga en el enlace principal alcanza un cierto umbral. El respaldo de marcación proporciona protección contra la degradación del desempeño y el tiempo fuera de servicio de una WAN.

4

OSI



EL MODELO OSI.

Estándares de la ISO.

IEEE, El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es la más grande organización de profesionales en Electrónica y Electricidad en el mundo.

En 1980 la IEEE se embarcó en una nueva tarea, desarrollar una serie de estándares que gobernarán la forma en que tenían que operar las redes LAN's. El resultado de este trabajo fue la serie de estándares 802.

Cuando la IEEE comenzó a trabajar en las series 802, ellos se dieron cuenta que un estándar que gobernara todos los aspectos de las LAN's y WAN's no eran suficientes. Los clientes querían estándares, pero también deseaban seleccionar que los productos se adaptaban mejor a sus necesidades.

Mentalizados en este espíritu, la IEEE estableció por separado grupos de trabajo que proporcionarían estándares para diferentes áreas de las series 802. Cada grupo de trabajo se encargó de ciertas tareas completamente y a cada uno se les dio el nombre de comités, totalizando 12 comités 802, deparados de la siguiente forma:

COMITÉS 802 Y FUNCIONES	
802.1	Interoperatividad de redes
802.2	Protocolo LLC.
802.3	CSMA/CD, Fast Ethernet.
802.4	Token Bus.
802.5	Token Ring.
802.6	Redes MAN.
802.7	Tecnología de Banda Ancha.
802.8	Fibra Óptica.
802.9	Integración de voz y datos.
802.10	Seguridad de LAN.
802.11	Comunicación Inalámbrica.
802.12	100VG-AnyLAN.

Tabla 4-1. Subdivisiones del comité 802 de la IEEE.

La comisión 802 de IEEE, o Proyecto 802, define estándares de redes locales (LAN). La mayoría de los estándares fueron establecidos por las comisiones en los años ochenta, justamente cuando las redes de computadoras personales estaban comenzando a surgir. A continuación se listan los estándares más comunes para redes locales:

a) Definición de la interconexión de redes. Este estándar define la relación entre los estándares IEEE 802 y el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI) de ISO. Por ejemplo, este comité define una dirección de estación LAN de 48 bits para todos los estándares 802, de forma que todos los adaptadores pueden tener una única dirección. Eso significa que podemos instalar cualquier NIC en nuestra red sin conflicto de direcciones hardware.

b) Control lógico de enlace. Este estándar define el protocolo de control lógico de enlace (LCC) de IEEE, que se describe más adelante y se ilustra en la siguiente Figura.

c) Redes CSMA/CD. El estándar 802.3 de IEEE (8802-3 de ISO) define el método de acceso al cable en el acceso múltiple por detección de portadora/detección de colisiones (CSMA/CD) utilizado en Ethernet.

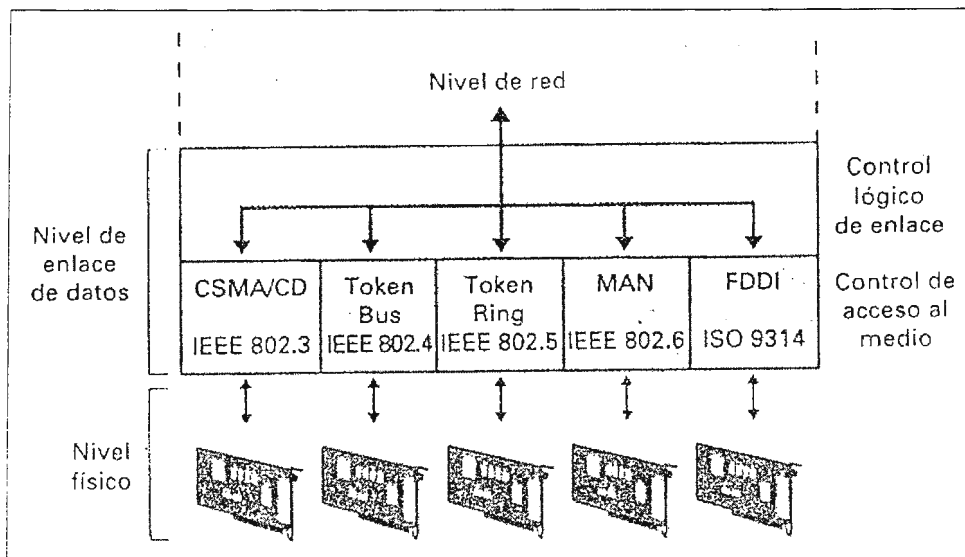


Figura 3-1. Esquema para los estándares más comunes en la capa 1.

Redes Token Ring. Este estándar define los protocolos, cableado e interfaz de acceso para LANs Token Ring. IBM desarrolló el estándar popular. Este utiliza un método de acceso de paso de testigo y está físicamente conectado a una topología en estrella, pero forma un anillo lógico.

Redes de área metropolitana (MANs). Este estándar define un protocolo de gran velocidad en el que las estaciones conectadas comparten un bus doble de fibra óptica utilizando un método de acceso llamado Bus de Cola Doble Distribuido (DQDB). El bus doble ofrece tolerancia a fallos para mantener activas las conexiones si se rompe el bus. El estándar MAN está diseñado para proporcionar servicios de datos, voz y vídeo en un área metropolitana de, aproximadamente, 50 kilómetros a velocidades de datos de 1.5, 45 y 155 Mbtis/seg.

Redes de integración de datos y voz. El grupo de trabajo 802.9 de IEEE define la integración del tráfico de voz, datos y vídeo para las LANs 802 y las redes digitales de servicios integrados (ISDNs). Los nodos definidos en la especificación incluyen codificadores/decodificadores de teléfonos, computadoras y vídeo. La especificación se ha llamado integración de voz y datos a IVD.

Redes sin hilos. Este comité define estándares para redes sin hilos, como radio de espectro extendido, radio de banda estrecha, infrarrojos y transmisión sobre líneas de potencia. El comité también trabaja en la estandarización de interfaces sin hilos para computación en redes, en las que los usuarios se conectan a sistemas de computadora utilizando computadoras basadas en lápiz (pen-based computers), asistentes digitales personales (PDAs) y otros dispositivos portátiles.

Prioridad de demandas (100VG-AnyLAN). Este comité define el estándar Ethernet de 100 Mbits/seg con el método de acceso por prioridad de demandas propuesto por Hewlett-Packard y otros fabricantes. El cable especificado es un par trenzado de cobre de cuatro hilos y el método de acceso por prioridad de demandas utiliza un hub central para controlar el acceso al cable. Las prioridades están capacitadas para soportar el reparto en tiempo real de información multimedia.

El Modelo de siete capas OSI.

Como ya se ha comentado, los clientes serían los primeros beneficiados si los sistemas de cómputo interoperaran mejor. Esto permitiría a los usuarios mezclar y unir sistemas de diferentes fabricantes. Varias organizacionales de normas así como grupos privados y públicos han combinado su energía para formar a la Organización Internacional de Estándares (ISO). Este modelo permite que diferentes fabricantes desarrollen equipo interoperable y aún así permitir diseños internos propietarios. El modelo que desarrollaron recibe el nombre de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI - Open System Interconnection). Aunque pocos, sistemas prácticos cumplen completamente con la norma del OSI, éste es un modelo útil para estudiar a fin de comprender los sistemas de comunicación en general.

El modelo OSI es un modelo de comunicación “en capas”. A fin de relacionar este modelo con una aplicación en el mundo real, considere por un momento los pasos que sigue para enviar una correspondencia de interoficina a un colega. Usted anota sus pensamientos y se los envía a su personal administrativo.

Su personal administrativo formatea la información, rotula un sobre adecuado y lo coloca en la charola de envío de documentos.

El personal de mensajería toma el sobre y se lo lleva a la sala de mensajería, junto con toda la demás correspondencia de la oficina.

El personal de la sala de mensajería clasifica las cartas y paquetes, y después elige al mensajero correspondiente para entregar su carta. Luego se revierte el proceso hasta que el sobre llega a su colega para que lo revise.

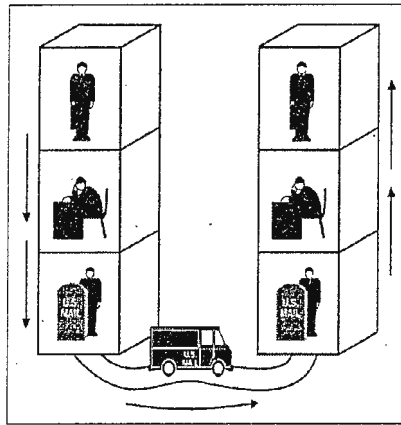


Figura 4-2. Esquema que ilustra el servicio por capas.

Este modelo cotidiano tan sencillo tiene todos los elementos de cualquier sistema en capas:

- Cada capa tiene una función específica.
- Cada capa hace interfaz con la capa adyacente de una manera específica.
- Cada capa presta servicios a la capa superior y utiliza los servicios de la capa inferior.
- Las capas no necesitan conocer la información que hay en el paquete.
- Las capas se pueden intercambiar sin ningún efecto en la estructura general (por ejemplo, se puede usar el servicio de Federal Express en lugar del de DHL).

El modelo OSI es un intento formal de caracterizar los procesos de comunicación por computadora en una manera similar. Como se observa en la siguiente figura, OSI tiene siete capas que proporcionan todos los pasos necesarios para soportar las comunicaciones de datos.

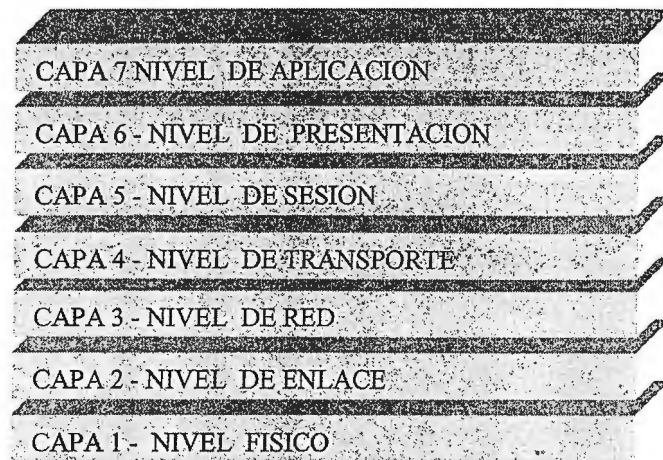


Figura 4-3. Modelo OSI.

Un programa que corre en un sistema enviará información a través de las capas de su sistema mediante un enlace y de regreso hacia arriba a través de las capas del sistema receptor. El mensaje bajará por cada capa y subirá por las mismas capas del otro sistema, tal como se ilustra a continuación.

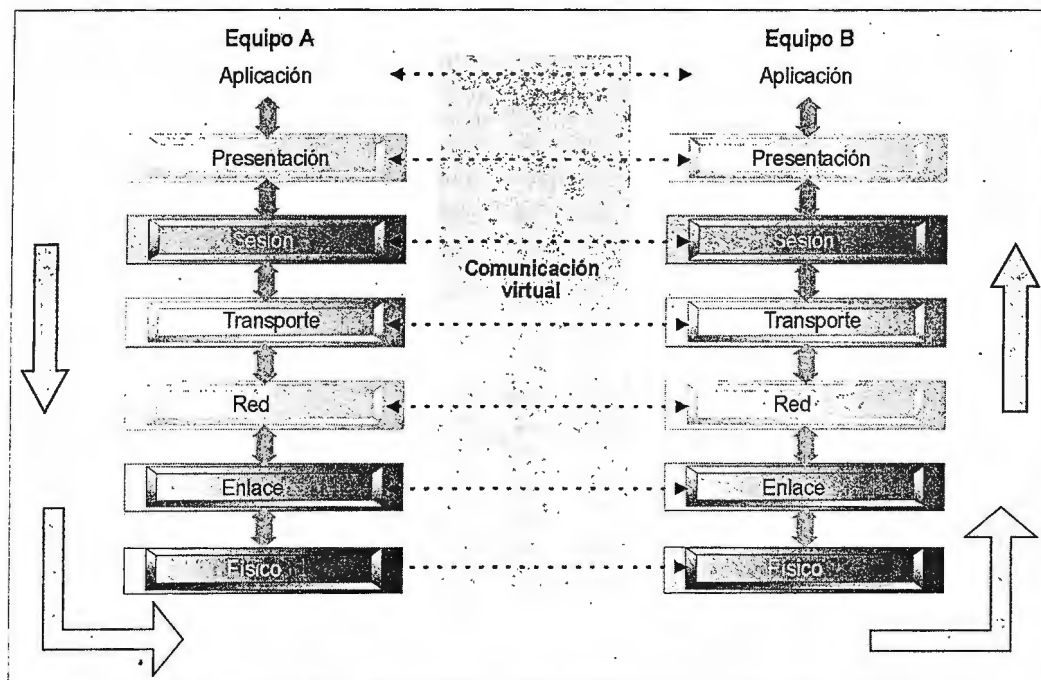


Figura 4-4. Sentido de la información en las capas del modelo OSI.

Las capas tienen las siguientes funciones generales:

1. **Física:** Define la conexión física a la red, las características eléctricas y los estándares de interfaz.
2. **Enlace de datos:** Define la trama, dirección de nodo físico (algunas ocasiones se le llama la dirección MAC) y detección de errores. Las capas de enlace de datos y física por lo general se encuentran en el hardware y el firmware de la Tarjeta de Red (NIC - Network Interface Card).
3. **Red:** Define la red o dirección lógica del nodo. Esta capa contiene el “mapa” lógico de la red a fin de enrutar mensajes.
4. **Transporte:** Define el método para garantizar la confiabilidad de la comunicación de principio a fin. Por lo general se hace cargo de la división de tramas, además de verificar la secuencia y entrega completa.
5. **Sesión:** Define los procedimientos para establecer y terminar subsecuentemente la sesión entera. Esta capa maneja actividades como los procesos de entrada al sistema.
6. **Presentación:** Define los procesos de codificación/ decodificación o traducción de gráficos. Esta capa maneja actividades como la conversión de ASCII a EBCDIC o manejo de PostScript.
7. **Aplicación:** Esta capa ofrece programas de soporte para propósitos especiales, como la emulación de terminal o transferencia de archivos. Es importante recordar que ésta no es la aplicación misma. El software de aplicación se encuentra arriba de esta capa y fuera del modelo OSI.

En la siguiente figura se enuncia la función básica de cada capa en el modelo OSI, cuando se transmite un paquete.

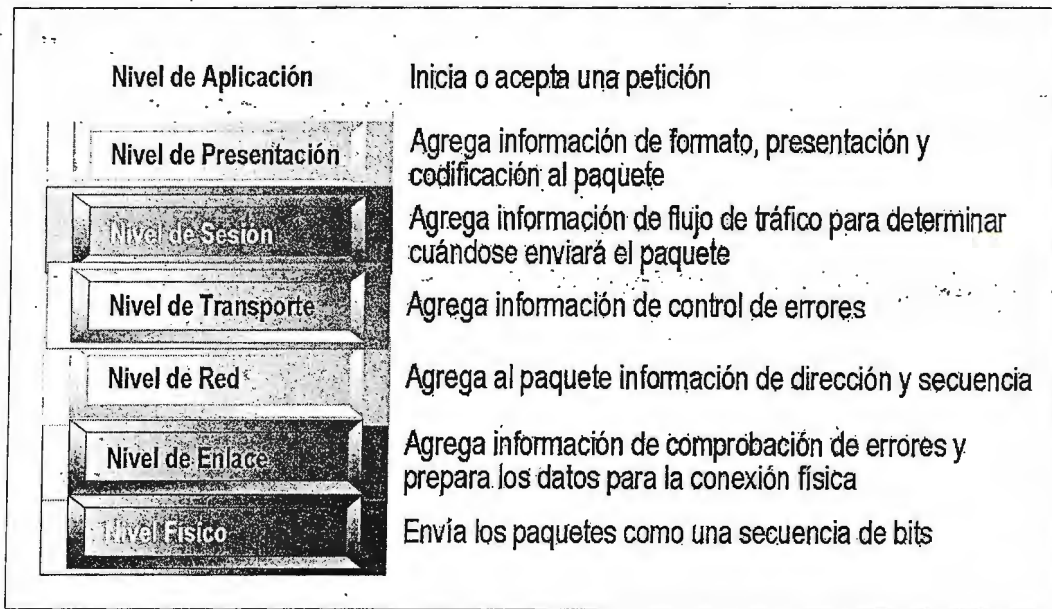


Figura 4-5. Funciones de las capas en el modelo OSI.

La comunicación en el modelo OSI puede agruparse en tres bloques más grandes como se muestra en la figura 4-6.

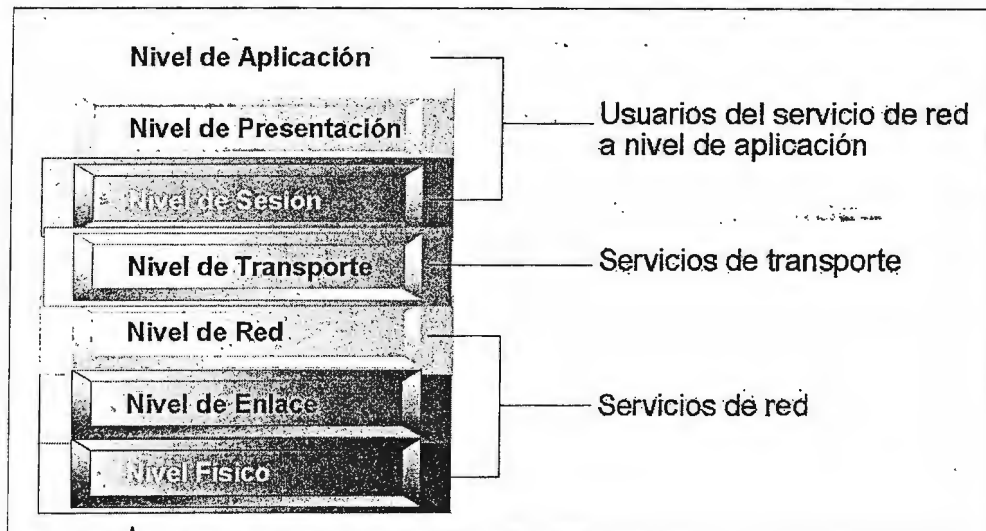


Figura 4-6. Tareas de comunicación dentro de OSI.

Estándares de redes LAN.

Estándar Ethernet.

Originalmente, el sistema de red Ethernet fue creado por Xerox, pero fue desarrollado conjuntamente como estándar en 1980 por Digital Equipment Corporation, Intel, y Xerox. El Estándar 802.3 del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) define una red similar, pero algo distinta, que utiliza un formato de trama alternativo. (La trama es la estructura y la codificación de una cadena de bits transmitidos a través de un enlace.) Debido a que el estándar 802.3 de IEEE ha sido adoptado por la International Organization for Standardization, es tratado a continuación.

Ethernet tiene un rendimiento de 10 Mbits/seg y utiliza un método de acceso por detección de portadora en el que las estaciones comparten un cable de red, pero sólo una estación puede utilizar el cable en un instante determinado. El método de acceso CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Detection / Collision Detect, Acceso Múltiple por Detección de Portadora / Detección de Colisiones) se utiliza para arbitrar el acceso al cable.

Existen varias adaptaciones del estándar 802.3 de IEEE, como se observa a continuación, que difieren en la velocidad, el tipo de cable y las distancias de transmisión.

Hay que tener en cuenta que el primer número del nombre hace referencia a la velocidad de Mbits/seg y el último número hace referencia a la longitud del cable en metros por segmento (multiplicado por 100). Base viene de banda base (baseband) y Broad de banda ancha (broadband).

- **10Base-5.** Cable coaxial con una longitud máxima de segmento de 500 metros, usando métodos de transmisión en banda base.
- **10Base-2.** Cable coaxial (RG-58 A/U) con una longitud máxima de segmento de 185 metros, usando métodos de transmisión en banda base.
- **10Base-T.** Cable de par trenzado con una longitud máxima de segmento de 100 metros.
- **1Base-5.** Cable de par trenzado con una longitud máxima de segmento de 500 metros y una velocidad de transmisión de hasta 1 Mbit/seg.
- **10Broad-36.** Cable coaxial (tipo RG-59 A/U CATV) con una longitud máxima de segmento de 3.600 metros; utiliza métodos de transmisión en banda ancha.

- **10Base-F.** Soporta segmentos de cable de fibra óptica de hasta 4 kilómetros con transmisión a 10 Mbits/seg. El EIA/TIA ha aprobado este cable para conexiones cruzadas entre edificios de un campus en su Commercial Building Wiring Standard.
- **100Base-T** (Fast Ethernet, Ethernet rápida). Nuevo estándar Ethernet que soporta velocidades de 100 Mbits/seg y utiliza el método de acceso CSMA/CD sobre configuraciones cableadas de par trenzado jerárquicas.
- **100VG-AnyLAN.** Nuevo estándar Ethernet que soporta velocidades de 100 Mbits/seg y utiliza un nuevo método de acceso por prioridad de demandas sobre configuraciones de cableado de par trenzado jerárquicas.
- La topología de las redes Ethernet 802.3, con la excepción de las que implementan el nuevo estándar 100VG-AnyLAN, es un bus lineal con un método de acceso CSMA/CD.

Una de las grandes ventajas del estándar Ethernet es que los nodos pueden ampliarse mediante ciertos equipo como bastidores de distribución (Patch Panel) y una serie de conectores que facilitan la conexión conexión. Por ejemplo en la siguiente figura se muestra una red Ethernet.

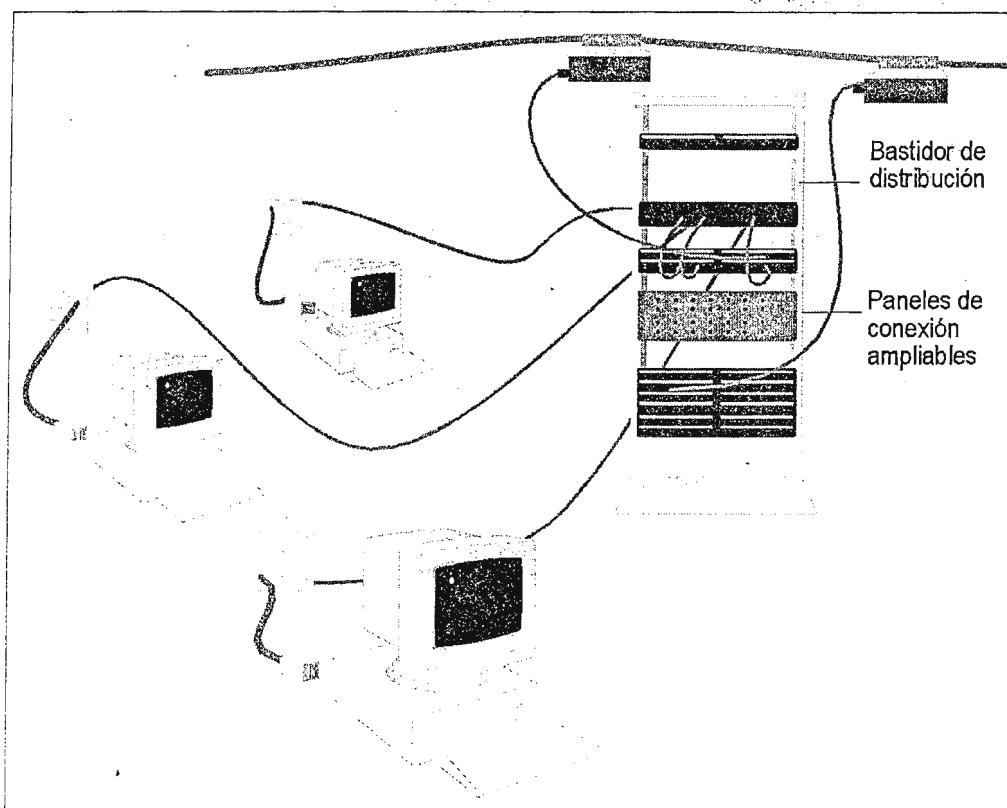


Figura 4-7. Red Ethernet.

Formatos de trama Ethernet.

Una trama Ethernet representa la estructura de un paquete de datos enviado sobre una red Ethernet. Esta describe la posición de las cabeceras, los bits de datos y la carga del paquete. La comprensión de los tipos de trama es importante si queremos conectar un analizador de rotocolos a una red y controlar el tráfico de la red. Existen los siguientes cuatro tipos de trama en Ethernet:

- **Ethernet_II.** Tipo de trama original de Ethernet. Este asigna una única cabecera de paquete que se utiliza en las redes Phase II de AppleTalk, redes conectadas a sistemas DEC o computadoras que utilizan el protocolo TCP/IP.
- **Ethernet_802.3.** Tipo de trama más utilizado en redes NetWare de Novell.
- **Ethernet_802.2.** Tipo de trama utilizado por omisión en redes NetWare 4.x de Novell.
- **Ethernet_SNAP.** Tipo de trama utilizado en redes Phase II de AppleTalk.

El sistema operativo NetWare 4.1 soporta todos estos tipos de trama, pero el tipo de trama Ethernet por omisión es 802.2. La tecnología de interfaz abierta de enlace de datos en NetWare permite que coexistan estaciones con distintos tipos de trama Ethernet en el mismo sistema de cableado Ethernet. Una estación con una placa de red puede comunicarse con otros dispositivos utilizando distintos tipos de tramas Ethernet.

Segmentación.

La segmetación es el proceso de división de un segmento Ethernet en dos o más segmentos, de forma que se reduce el número de estaciones conectadas a cada segmento y se incrementa el rendimiento. Básicamente, se corta un segmento simple y se utiliza un bridge (o un router) para unir los segmentos. Entonces el bridge o el router administran y filtran el tráfico de la red para mantener localmente el tráfico local.

La segmentación se considera un asunto importante para la unión de nuevos usuarios a la red, especialmente los que requieren un gran ancho de banda. Las aplicaciones de vídeo y de diseño asistido por computadora (CAD) requieren mayor ancho de banda. Además, el vídeo en directo es sensible al tiempo y se le debe dar prioridad, lo que reduce las prestaciones para las otras transmisiones. Los usuarios de vídeo deberían compartir sus propios segmentos de red.

Especificaciones populares de Ethernet.

En las siguientes secciones se comparan las especificaciones del 10Base-2 (red fina, Thinnet) y del 10Base-T (par trenzado) de Ethernet. Es de hacer notar que existen otros tipos de Ethernet que podemos, pero no son lo suficientemente populares para tratarlos en esta comparación.

10Base-2 (red fina) de Ethernet.

Cuando se cablea una red 10Base-2 de Ethernet, debemos respetar las siguientes reglas y limitaciones:

- Utilizar un cable coaxial RG-58 A/U o RG-58 C/U en todos los segmentos.
- La longitud máxima del segmento de la línea principal es 186 metros (607 pies).
- Se utilizan conectores en T para conectar el cable a la placa de red.
- Para cinco segmentos de línea principal debemos utilizar cuatro repetidores para la conexión. Sólo se permiten estaciones en tres de los segmentos. Los otros se utilizan para cubrir la distancia.
- La longitud máxima de la línea principal de la red es de 910 metros (3.035 pies).
- Podemos tener un máximo de 30 nodos en una línea principal. Los repetidores, bridges, routers y servidores se cuentan como nodos. El número total de nodos en todos los segmentos no puede exceder los 1.024.
- Se debe colocar un terminador en cada extremo de un segmento de línea principal, y uno de ellos debe ser conectado a tierra.

El esquema de cableado coaxial 10Base-2 de Ethernet fue el método más popular para la conexión en Ethernet. Los componentes de la conexión se muestran en la siguiente figura 16.

Los segmentos de cable coaxial se extienden entre estaciones y el servidor siguiendo una configuración en cadena. Los segmentos forman un solo sistema de cable grande llamado línea principal (trunk).

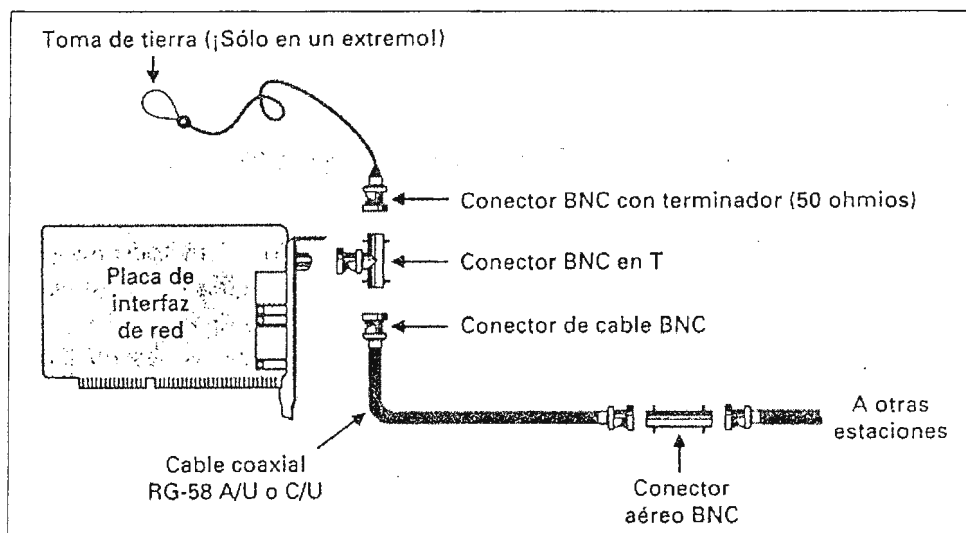


Figura 4-8. Estándar 10Base2.

10Base-T de Ethernet.

Una red 10Base-T básica consta de estaciones conectadas a un hub central. Los hubs pueden conectarse a otros hubs en formación jerárquica. Las especificaciones 10Base-T se listan a continuación. Hay que tener en cuenta que algunas de estas especificaciones son flexibles, dependiendo del fabricante:

- Utilizan cable de par trenzado sin apantallar de categoría 3, 4 o 5.
- Utilizan conectores RJ-45 en los extremos de los cables. Los pines 1 y 2 son transmisores y los pines 3 y 6 son receptores. Cada par se invierte, de forma que el transmisor de un extremo se conecta al receptor del otro.
- A cada estación se puede conectar un transceptor y un cable de transceptor de 15 pines. Algunas placas incluyen transceptores.
- La distancia desde el transceptor al hub no puede ser superior a 100 metros (328 pies).
- Normalmente, un hub conecta 12 estaciones.
- Se pueden conectar hasta 12 hubs a otro central para ampliar el número de estaciones de la

red.

- Los hubs se pueden conectar a cables centrales coaxiales o de fibra óptica, para formar parte de redes Ethernet más grande.
- Se pueden tener hasta 1.024 estaciones en una red sin usar bridges.

Nota: Los hubs pueden ser tan simples como los repetidores, que extienden las distancias de transmisión, o tan complejos como sistemas de cableado y conmutación de empresas.

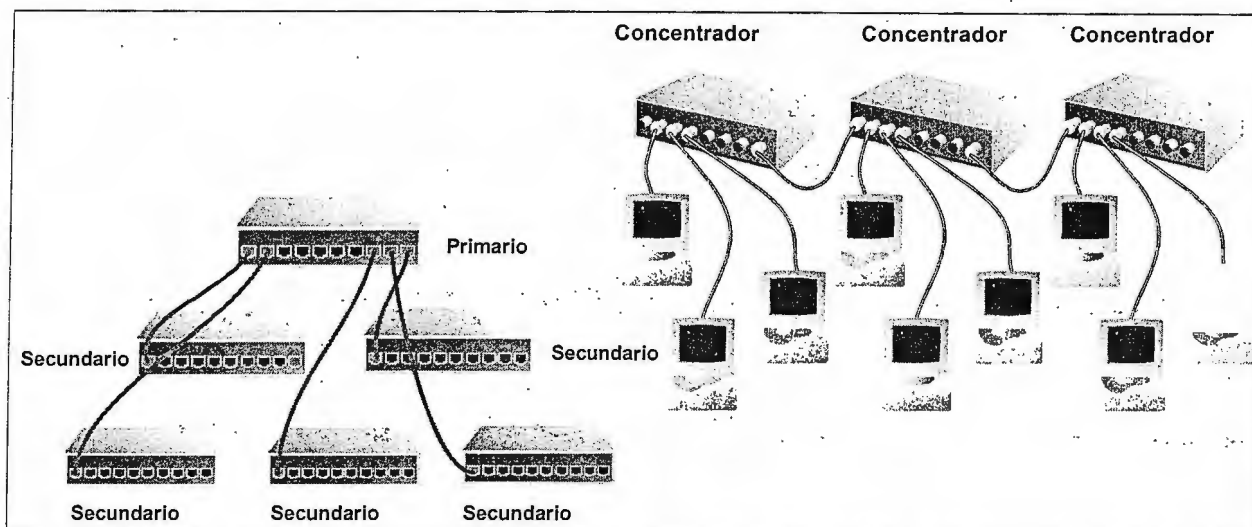


Figura 4-9. Estándar 10BaseT, en crecimiento vertical y horizontal.

Ethernet a 100 Mbtis/seg.

Con el creciente uso del multimedia, el vídeo de alta definición y el vídeo en tiempo real (y el correo electrónico que incorpora estos formatos) existe una creciente necesidad de un gran ancho de banda al alcance del usuario. Existen dos nuevos estándares Ethernet que funcionan a 100 Mbits/seg: Ethernet 100 VG-AnyLAN y 100Base-T (también llamado Ethernet rápida).

Entre los dos, el 100Base-T se ha convertido en el estándar más aceptado debido a que utiliza el cableado existente. Sin embargo, muchas organizaciones han preferido implementar hubs de conmutación en lugar de actualizar las Ethernet a 100 Mbits/seg. En un entorno conmutado, cada cliente puede utilizar potencialmente la totalidad del ancho de banda de 10 Mbits/seg sobre el cable existente con una pequeña actualización hardware.

Ethernet 100 VG-AnyLAN (Grado de voz).

La propuesta del 100 VG-AnyLAN está basada en la tecnología desarrollada inicialmente por AT&T y Hewlett-Packard. Esta está bajo la dirección del comité 802.12 del IEEE. El estándar utiliza cable de par trenzado de cuatro hilos y un nuevo método de acceso al cable que sustituye al método de acceso múltiple por detección de portadora/detección de colisiones (CSMA/CD) utilizado en las redes Ethernet existentes.

El 100VG-AnyLAN utiliza cuatro pares de cableado de grado de voz de categoría 3 por estación, pero puede ser ventajoso el cable de categoría 5 de grado superior si está instalado. Si es así, las distancias del cable se aumentan desde 100 metros hasta 150 metros.

El método de acceso del Ethernet original se ha cambiado, pero la trama permanece. El nuevo método de acceso recibe el nombre de prioridad de demandas. Con la conservación del formato de trama, pueden utilizarse bridges entre estándares Ethernet existentes y el estándar 100VG-AnyLAN. De acuerdo con Hewlett-Packard, el formato de trama Ethernet, no CSMA/CD, es el componente que define la interoperatividad y la compatibilidad entre los distintos estándares Ethernet.

En el esquema de prioridad de demandas, el hub decide cuándo y cómo obtienen acceso a la red las estaciones. Un sistema de prioridades puede garantizar que las aplicaciones sensibles al tiempo, como el vídeo en tiempo real, obtienen el acceso a la red en el momento que lo necesitan. La eficiencia se mejora con la utilización del hub debido a que la contención es prácticamente eliminada. El hub determina qué estación obtiene el acceso.

Debido a que el 100VG-AnyLAN tiene una topología similar al 10Base-T, los adaptadores y otros componentes muchas características comunes. Una computadora con 10Base-T o 100VG-AnyLAN puede conectarse con el hub 100VG-AnyLAN y trabajar a la velocidad para la que están diseñados. Los enfoques de la topología en estrella y del sistema de cableado estructurado se mantienen, así como el formato de trama de la Ethernet existente. Además, se utilizan los conectores de tipo 10Base-T.

100Base-T (Ethernet rápida).

La Ethernet rápida fue desarrollada inicialmente por Grand Junction Networks, 3Com, SynOptics, Intel y otros fabricantes. Esta modifica el estándar Ethernet existente para que soporte velocidades de transferencia de 100 Mbits/seg, pero utiliza el mismo método de acceso múltiple por detección de portadora/detección de colisiones (CSMA/CD). Sin embargo, los usuarios necesitan actualizar las NICs, los bridges, los routers y los conmutadores. La topología es una configuración en estrella similar a la 10Base-T de Ethernet con todos los cables dirigidos a un dispositivo hub central.

El 100Base-T está basado en el hecho de que el CSMA/CD es escalable. El 100Base-X escala la velocidad acortando la distancia del cable. La red es fácilmente extendida mediante la construcción de una configuración de cable jerárquica que interconecte hubs remoto. Este tipo de cableado coincide con las nuevas estrategias de cableado estructurado, como se vio anteriormente. El estándar soporta los siguientes tipos de cables:

- El 100Base-TX utiliza cable UTP de categoría 5 de dos pares.
- El 100Base-T4 utiliza cable UTP de categoría 3, 4 o 5 de cuatro pares.
- El 100Base-FX utiliza cable de fibra óptica.

La principal preocupación de los desarrolladores del 100Base-T fue mantener el estándar CSMA/CD para acomodar las instalaciones Ethernet existentes. Para conseguir esto, el 100Base-X se encuentra en el subnivel de control de acceso al medio (MAC) de IEEE, que puede conectar mediante bridge distintos estándares de red de IEEE, como la Token Ring, la interfaz de datos distribuida de fibra óptica (FDDI) y otros estándares Ethernet. Una red conectada mediante bridge de Ethernet a 10 Mbits/seg y 100Base-X necesitaría simplemente realizar una correspondencia de la velocidad cuando se intercambian paquetes.

Red Token Ring.

La Token Ring es el estándar 802.5 del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) para una red en anillo de pase de testigo que se puede configurar en una topología en estrella. IBM hizo posible el estándar mediante la comercialización de la primera red Token Ring a 4 Mbits/seg a mediados de los años ochenta. Mientras que la red apareció físicamente como una configuración de estrella, internamente, las señales viajan alrededor de la red de una estación a la siguiente. Por tanto, la configuración del cableado y la adición o supresión de equipos deben asegurar el mantenimiento del anillo lógico.

Las estaciones se conectan a hubs centrales llamados unidades de acceso múltiple (MAUs). Los múltiples hubs se conectan juntos para crear redes grandes de múltiples estaciones. El propio hub contiene un "anillo colapsado". Si falla una estación, el MAU evita inmediatamente la estación para mantener el anillo de la red. Tener en cuenta que las estaciones desconectadas son evitadas.

Las MAUs se conectan juntas para extender el anillo mediante la conexión de los conectores a unos receptáculos especiales de entrada y salida del anillo que hay en cada MAU. Debido a que el cable contiene múltiples pares de hilos, un corte en el cable provoca que el anillo retroceda en ese punto, como muestra la Figura 4-10. Las señales simplemente se reencaminan en dirección opuesta, creando una configuración de cable de retorno (loop-back). También se utilizan repetidores para extender la distancia de una red Token Ring.

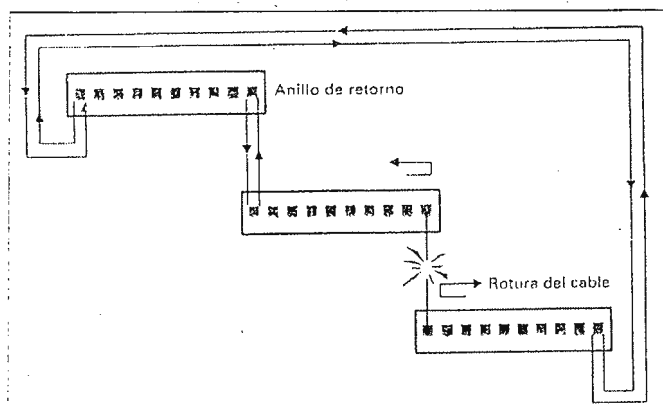


Figura 4-10. Anillo de retorno (loop-back).

La Figura 4-11 muestra cómo se podría configurar una red Token Ring en una oficina grande o un edificio de varias plantas. El anillo principal conecta todos los MAUs en una formación circular.

En las redes Token Ring, una estación toma posesión de un testigo y cambia un bit, convirtiendo el testigo en una secuencia de comienzo de trama (SFS, Sequence Frame Start). Existe un campo en el anillo en el que las estaciones pueden indicar el tipo de prioridad requerido para la transmisión. La prioridad establecida es básicamente una petición a otras estaciones sobre futuros usos del testigo. Las otras estaciones comparan la prioridad de las peticiones de las estaciones con sus propios niveles de prioridad. Si la prioridad de la estación es superior a la del resto, éstas permiten que la estación acceda al testigo durante un período extendido. Si lo estiman necesario, las otras estaciones pueden cambiar las prioridades.

Las estaciones conectadas al anillo transfieren paquetes a sus vecinos. De esta forma, cada estación actúa como un repetidor. Cuando se conecta una nueva estación a la red, ésta realiza una secuencia de inicialización para llegar a formar parte del anillo.

Esta secuencia comprueba las direcciones duplicadas e informa a los vecinos de sus existencia.

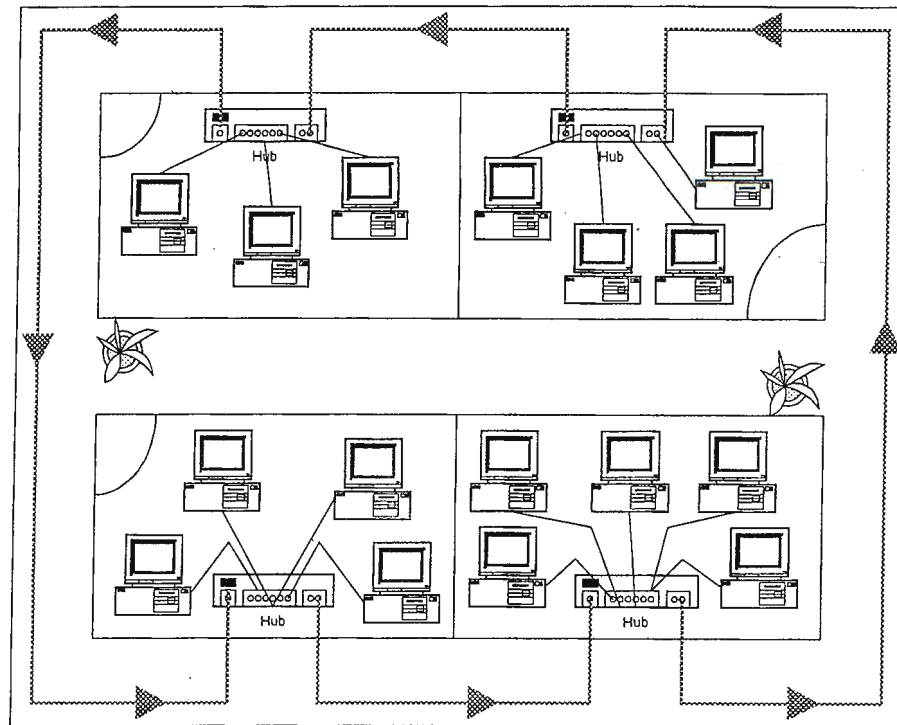


Figura 4-11. Expansión de una red token.

Se asigna el papel de controlador activo a una estación de la red, usualmente la primera estación reconocida cuando arranca la LAN. El controlador activo protege la red y localiza los problemas, como errores en la entrega de tramas o la necesidad de evitar una estación de un MAU debido a que ha fallado. Básicamente, el controlador activo asegura el funcionamiento eficiente y sin errores de la red. Si fallara el controlador activo, otras estaciones están capacitadas para sustituirlo y básicamente comunicar el hecho mediante «testigos de reclamo» (claim tokens).

Especificaciones de Token Ring.

Las placas Token Ring de IBM se encuentran disponibles en versiones de 4 Mbits/seg y de 16 Mbits/seg; sin embargo, si una red dispone de ambas, ésta reduce la velocidad a 4 Mbits/seg. La versión más rápida tiene una longitud de trama incrementada que requiere menos transmisiones para la misma cantidad de datos. Diversos fabricantes ofrecen redes Token Ring que siguen el estándar 802.5 de IEEE y utilizan métodos de conexión que superan el diseño de IBM. Son comunes el par trenzado sin apantallar y las MAUs con 16 puertos. Además, algunos fabricantes ofrecen hubs de dos y cuatro puertos. Estos hubs se ramifican desde una MAU de

Los fabricantes distintos de IBM ofrecen también sofisticados dispositivos MAU que contienen puertos de conexión adicionales; así como utilidades de detección de fallos de administración. También se encuentran disponibles conexiones Token Ring en las minicomputadoras y los sistemas mainframe. Las especificaciones de Token Ring de IBM permiten la siguiente variedad de tipos de cable:

- **Tipo 1.** Cable apantallado conteniendo dos hilos de par trenzado de 22 AWG.
- **Tipo 2.** Un cable apantallado para voz y datos con dos hilos de par trenzado de 22 AWG para los datos con cuatro hilos añadidos de par trenzado de 26 AWG fuera de la protección para voz.
- **Tipo 3.** Incluye cuatro cables macizos sin apantallar de par trenzado de 22 o 24 AWG. Para usarlo con redes Token Ring se requiere un filtro del medio.
- **Tipo 5.** Cable (de dos fibras) de fibra óptica (100/140 micras).
- **Tipo 6.** Cable alargador de par trenzado apantallado y flexible con hilos de 26 AWG. La distancia está limitada a dos tercios de la del tipo 1. Un cable de conexión conecta un PC a otro dispositivo o a un conector de pared.
- **Tipo 8.** Cable de par trenzado apantallado de 26 AWG para usar bajo moqueta. La distancia límite es la mitad de la del tipo 1.
- **Tipo 9.** Cable de par trenzado apantallado y antiincendio de 26 AWG. La distancia está limitada a dos tercios de la del tipo 1.

El número máximo de estaciones en un anillo es 260 para cable apantallado y 72 para cable telefónico de par trenzado sin apantallar. La distancia máxima desde una estación hasta un MAU cuando usamos un cable de tipo 1 es 101 metros (330 pies). Se supone que el cable es un segmento continuo. Si los segmentos de cable están unidos mediante un cable de conexión, la distancia máxima de la estación al MAU es 45 metros (150 pies).

Si se utilizan múltiples MAUs, deberían colocarse juntos y cablearse de forma local. El cálculo de la distancia máxima de una red Token Ring puede ser complicado debido a su naturaleza de anillo. La longitud total de la LAN puede variar cuando se conecta cada estación. Por ejemplo, si una estación conectada a un MAU con un cable de conexión de 3 metros entra al sistema, añaden 6 metros a la distancia total del anillo. Esto se debe a que la señal viaja desde el MAU hacia la estación, luego regresa de nuevo al MAU y se dirige a la siguiente estación.

Estandart ARCNET.

La red informática para conexión de recursos (ARCNET) es un sistema en red por pase de testigo en banda base que ofrece topologías flexibles en estrella y en bus a bajo coste.

Las velocidades de transmisión son de 2,5 Mbits/seg. ARCNET utiliza un protocolo por paso de testigo sobre una topología de red Token Bus, pero ARCNET no es un estándar IEEE. ARCNET fue desarrollado por Datapoint en 1977 y su patente fue cedida a otras empresas. En 1981, Standard Microsystems Corporation (SMC) desarrolló el primer controlador de LAN en un solo chip basado en el protocolo por paso de testigo ARCNET. En 1986, se presentó un nuevo conjunto de chips que soportaba topologías en bus. La mayor parte de las configuraciones ARCNET estándares de la industria se basan en la tecnología del nuevo conjunto de chips.

En la Figura 4-12, se muestra una configuración ARCNET típica. Aunque ARCNET está considerada generalmente como un sistema con un bajo rendimiento, soporta longitudes de cable de hasta unos 675 metros cuando se usan hubs activos. Es válido en entornos de gestión que utilizan aplicaciones basadas en textos y cuando los usuarios no acceden a menudo al servidor de archivos.

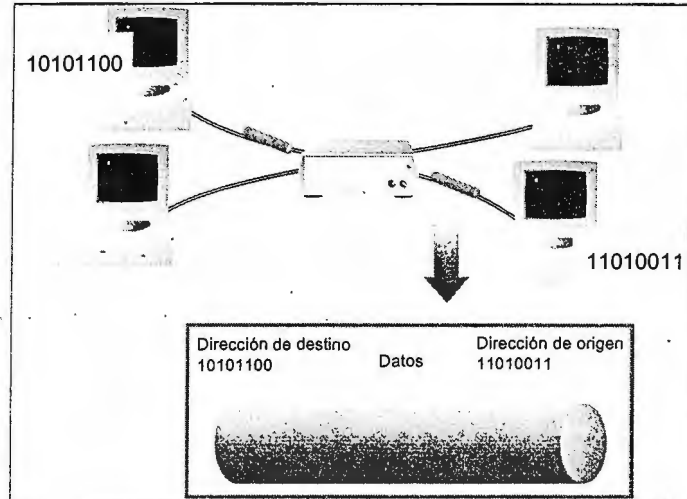


Figura 4-12. Configuración de red ARCNET.

Las nuevas versiones de ARCNET soportan cable de fibra óptica y de par trenzado. Debido a la flexibilidad de su método de cableado, que permite grandes tramos, y a que podemos tener configuraciones en estrella sobre la misma red local (LAN), ARCNET es una buena opción cuando la velocidad no es un factor importante y sí el precio. Además, el cable es del mismo tipo que el utilizado para conectar terminales 3270 de IBM con mainframes IBM, e incluso puede instalarse en algunos edificios.

ARCNET ofrece una red lenta pero robusta que no está sujeta a fallos como la Ethernet de cable coaxial si el cable se suelta o se desconecta. Esto se debe en parte a su topología y en parte a su lenta velocidad de transferencia. Si el cable que conecta una estación a un hub se desconecta o se parte, sólo cae esa estación, no la red completa. El protocolo de paso de mensajes requiere que todas las transacciones sean confirmadas, de forma que, virtualmente, no existe posibilidad de errores, aunque el rendimiento es mucho más lento que en otros esquemas de conexión de redes.

En la Figura 4-12, se observa la flexibilidad en la planificación del cableado de las estaciones. En primer lugar, ARCNET es una topología en estrella distribuida, que significa que las estaciones se conectan a los hubs y los hubs pueden conectarse a otros hubs. Esta planificación se adapta bien a la disposición de las oficinas de varias plantas en las que los grandes tramos ofrecen conexiones entre plantas y departamentos.

Los departamentos son entonces conectados en una configuración en estrella que se ramifica desde hubs activos o pasivos. La posibilidad de conectar grupos de estaciones con un único tramo ofrece una reducción del coste.

A pesar de la flexibilidad de ARCNET, nunca se ha considerado como un producto de conexión de redes tan importante como Ethernet y Token Ring, debido en parte a que ninguna empresa importante la ha estandarizado ni promocionado. Sin embargo, en 1992, muchos fabricantes de ARCNET anunciaron ARCNET plus, una versión de ARCNET a 20 Mbits/seg compatible con la ARCNET a 2,5 Mbits/seg. Ambas versiones pueden coexistir sobre la misma LAN. Básicamente, cada nodo divulga su capacidad de transmisión a los otros nodos, de forma que si un nodo rápido necesita comunicarse con un nodo lento, pasa a la velocidad inferior durante el resto de esa sesión.

ARCNET plus soporta grandes tamaños de paquetes y un número de estaciones de ocho veces superior. Otra característica nueva es la posibilidad de conectarse con redes Ethernet, Token Ring y Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) utilizando bridges y routers. Esto es posible gracias a que la nueva versión soporta el estándar de control de enlace lógico 802.2 de IEEE.

Especificaciones de ARCNET.

Las siguientes reglas y limitaciones se aplican a las redes ARCNET:

- Utilizan cable coaxial RG-62 A/U de 62 ohmios, aunque muchos fabricantes ofrecen cable de par trenzado y de fibra óptica.

- La mayoría de los hubs activos tienen ocho nodos. Las estaciones conectadas a los hubs activos se pueden encontrar hasta a 600 metros (2.000 pies) del hub.
- Podemos conectar los hubs activos para formar una configuración jerárquica. La distancia máxima entre dos hubs activos es de 600 metros (2.000 pies).
- Sobre un hub pasivo de cuatro puertos se pueden agrupar hasta tres estaciones.
- Cada estación no puede estar a más de 30,5 metros (100 pies) del hub.
- Los hubs pasivos no pueden conectarse a otros hubs pasivos. Estos se pueden unir a hubs activos a una distancia máxima de 30,5 metros (100 pies).
- A los nodos no usados en los hubs pasivos debemos conectarles un terminador de 93 ohmios.
- La distancia máxima entre estaciones en extremos opuestos de una red de múltiples segmentos es de 6.000 metros (20.000 pies), unas 4 millas.
- Cuando las estaciones se cablean en una configuración en bus, la longitud máxima del tramo del segmento del bus es de 305 metros (1.000 pies).
- El número máximo de estaciones de trabajo es 255.

Los problemas con ARCNET son relativamente fáciles de aislar. A veces están relacionados a la ausencia de terminadores o duplicación de direcciones de red. De esta forma, primero se comprueban estos aspectos. También se comprueban los indicadores de los hubs para asegurarse de que las conexiones de las estaciones están funcionando. El problema puede ser un hub activo o pasivo defectuoso o una placa de red defectuosa.

Podemos aislar estos problemas segmentando la red, lo que conlleva la desconexión de cables de un hub y la conexión de terminadores donde sea necesario. Si el problema se soluciona, hemos localizado la rama donde se encuentra el problema; si no, necesitamos segmentar la red en otro punto y continuar este proceso hasta que hayamos localizado el problema. Hay que reemplazar las placas de red, los segmentos de cable o los hubs defectuosos, cuando sea necesario. Por supuesto, la mayoría de los fabricantes de ARCNET proporcionan software de administración de la red que puede detectar más fácilmente los nodos defectuosos de la red y otros problemas.

Topologías de redes.

Topología de Bus ó Lineal.

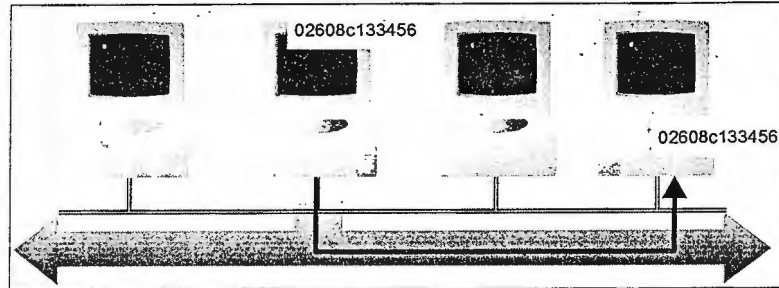


Figura 4-13. Topología lineal o bus.

En esta topología todos los dispositivos de la red se conectan al mismo cable y la información transmitida por uno de ellos se propaga de forma automática a través del cable para ser recibida por todos los demás dispositivos.

- **Características Generales:**

Esta topología es también conocida como topología por contención del bus y consiste en lo siguiente: Mientras una estación sobre la red esta transmitiendo, mantiene ocupado el cable y no puede otra estación sobre la red, transmitir hasta que el cable sea liberado por la estación que lo tiene en uso, entre mas estaciones estén sobre la red, el funcionamiento y rendimiento de toda la red será mas lento, ocasionando lo que se conoce como degradación de la red.

Es un tipo de topología con conexión multi-punto, empleada desde hace mucho tiempo, en muchas redes viejas. Además utilizan cable coaxial, para el transporte de la señal de información.

- **Vulnerabilidad:**

Debido a que todas las estaciones en la red comparten el mismo medio de transmisión (cable coaxial), una falla sobre el cable, interrumpe la transferencia de la señal entre estaciones, ocasionando que ninguna de las estaciones sobre la red se puedan comunicar, este problema es conocido como caída de la red. Además si los empalmes en los puntos de unión del cable son malos, puede originar que la red se vuelva lenta.

- **Ventajas.**

- Fácil instalación.
- Bajo costo.
- No requiere de equipos adicionales.
- Fácil Expansión.

- **Desventajas.**

- La falla en el cable principal (bus) ocasiona que toda la red deje de funcionar.
- Difícil de administrar.
- Sumamente difícil de diagnosticar.

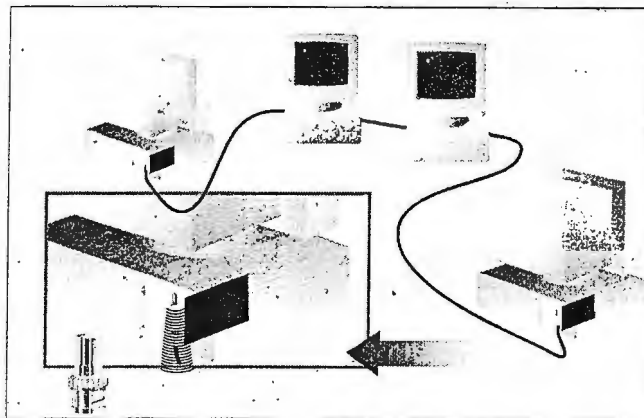


Figura 4-14. Sólo en una topología lineal existen los terminadores.

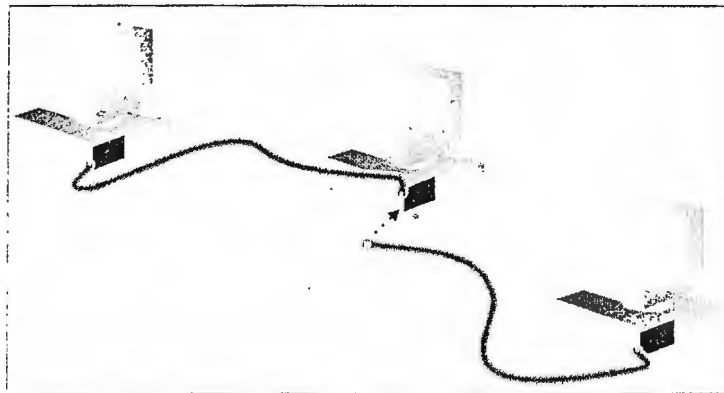


Figura 4-15. La peor desventaja de la topología lineal es la ruptura de un segmento.

Topología en Estrella.

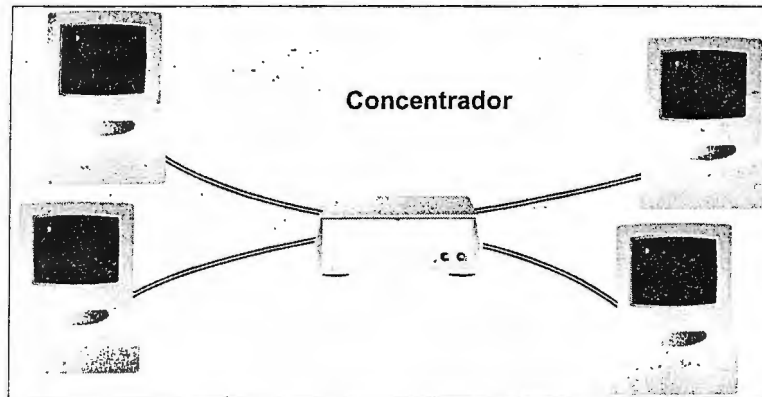


Figura 4-16. Topología en Estrella.

La topología de estrella se caracteriza porque requiere de un equipo especial o concentrador que se encargue de interconectar a los demás dispositivos de red. La función primordial del concentrador es repetir la información que un dispositivo ha transmitido para que los otros puedan recibirla. Una topología estrella es una red de puntos a puntos en la cual todos los dispositivos están conectados por medio de un concentrador ó controlador central. Dos tipos de métodos de acceso son empleados: exploración y contención.

Topología estrella por contención.

En este método las estaciones son conectadas a un concentrador (HUB). Como lo muestra la figura anterior.

Las reglas de contención indican que solo una estación puede transmitir a la vez. Este método elimina la necesidad de la exploración y mejora el rendimiento de la red. La expansión es fácil, y generalmente consiste en solo enchufar al concentrador.

• Ventajas.

- La falla en un cable no afecta a toda la red.
- Fácil administración.
- Fácil detección de fallas.

- **Desventajas.**

Se requiere de un equipo adicional

Topología en ANILLO.

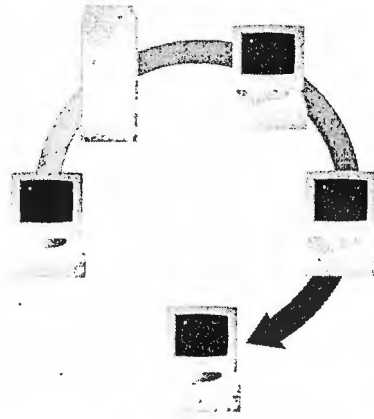


Figura 4-17. Topología en Anillo.

Una topología en anillo, es una topología donde los dispositivos de red están conectados punto a punto, formando un círculo sin rupturas. Cada señal a ser transmitida sobre la red es procesada por cada estación sobre el anillo antes de ser pasada o transmitida a la siguiente estación.

- **Características Generales:**

La topología de anillo comúnmente usa un método que es llamado paso del testigo. Ninguna estación puede comunicarse a menos que la estación que tiene el testigo lo libere, el testigo es una señal especial que determina que estación sobre la red puede transmitir. El testigo va pasando de una estación a otra por toda la red y el dato es transmitido solo por la estación que capture al testigo.

Muchas topologías en anillo modernas se ven como si físicamente fuera una topología estrella, pero examinándolas cuidadosamente el cable forma un anillo lógico en una configuración estrella.

- **Vulnerabilidad:**

Agregar y remover estaciones sobre la red es simple y se puede en muchos casos hacerse mientras la red esta en operación, existe un software de alto nivel que detecta cuando se rompe el anillo y automáticamente reconfigura el anillo. En esta topología podemos distinguir dos implementaciones:

- Física.
- Lógica.

Cuando la topología se implementa de forma física implica que los dispositivos de red se conectan unos a otros formando un círculo. En la implementación lógica no existe tal círculo, de hecho, se emplea una topología de estrella en la que un dispositivo central o oncentrador interconecta a todos los dispositivos, pero la información se transmite de forma circular pasando de un dispositivo a otro.

En ambas implementaciones los dispositivos retransmiten la información enviándola al siguiente dispositivo en el anillo.

- **Ventajas.**

Fácil diagnóstico, ya que se cuenta con la información proporcionada por los dispositivos adyacentes.

- **Desventajas.**

La falla en un dispositivo ocasiona una falla en la red -la falla en un cable también ocasiona una falla en la red.

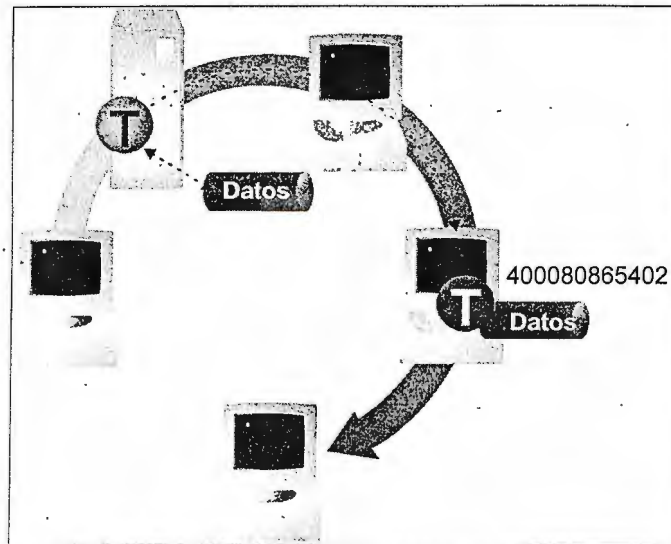


Figura 4-18. En una topología en anillo siempre se envían los datos y la señal de token.

Medios físicos de transmisión.

Los medios físicos son los que permiten transmitir la información en una red de datos. Aunque en realidad no forma parte de la capa física del modelo OSI, el sistema de cableado es determinado por las características eléctricas de la capa física. El sistema de cableado necesita soportar por lo menos los siguientes requerimientos:

- **Capacidad/velocidad.**

Permitir que los datos sean transmitidos con suficiente velocidad a través del enlace. Las velocidades usuales de reloj están entre 10 y 16 Megabits por segundo.

- **Costo.**

Ser económico.

- **Inmunidad al ruido.**

Permitir la operación sin interferencia de motores, luces, u otras fuentes, etc.

- **Instalación.**

Que se instalen y obtengan soporte fácilmente del personal del cliente.

En los sistemas modernos de red se usan de manera rutinaria los siguientes tipos de cable:

- Cable coaxial.
- Cable par trenzado.
- Fibra óptica.

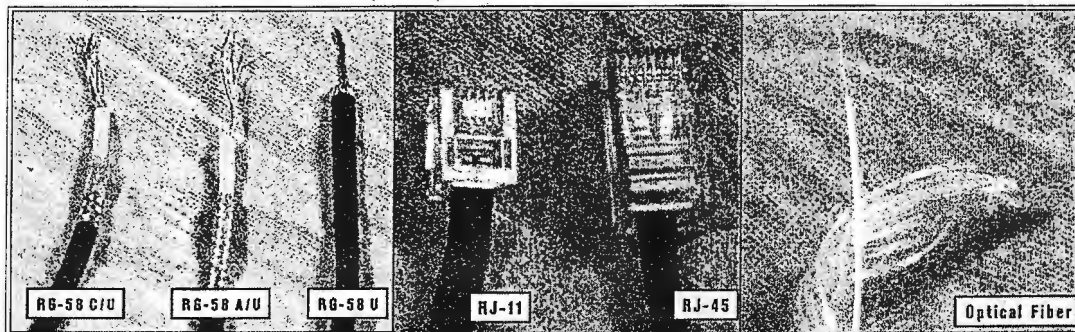


Figura 4-19. Fotografía de los medios más utilizados en redes LAN.

Cable Coaxial.

Esta tecnología es conocida por todos nosotros como la que lleva la televisión por cable a nuestros hogares. El cable tiene un conductor en el centro rodeado por un aislamiento y luego un blindaje trenzado que evita la interferencia eléctrica. Este tipo de cable soporta velocidades de reloj más rápidas y es más resistente a la interferencia. No obstante, resulta más costoso y ligeramente más difícil trabajar con éste que con el UTP.

Con el cable coaxial se usan varios tipos de conectadores, pero la opción más común es un conectador denominado BNC. Este fue el cable preferido para la mayor parte de las soluciones de operación de redes en el pasado, pero fue reemplazado en gran medida por el UTP para la estación de trabajo y el cable de fibra óptica para los sistemas de distribución. Este cambio ha ocurrido por las ventajas de costo del cableado de UTP ante el cable coaxial y la ventaja de ancho de banda del cable de fibra óptica para los sistemas de segmento principal (backbones).

- **Cable coaxial grueso:**

En los años setenta el surgimiento de las primeras redes Ethernet se vio acompañado de este tipo de cables. El cable coaxial grueso posee dos características importantes:

1. Una malla externa que le ofrece mayor inmunidad contra el ruido o la interferencia externa.
2. Conexión de los dispositivos a través de “vampiros”, esto es, conectadores con filamentos que penetran el cable logrando conexiones sumamente firmes y confiables.

Debido al mayor costo y complejidad de instalación (por su grosor) su popularidad decreció rápidamente. El uso del cable coaxial delgado lo relegó a la instalación de backbones.

Especificaciones:

- Tipificación IEEE: 10Base-5
- Longitud máxima del segmento: 500 metros.
- Impedancia: 50 ohms
- Número máximo de dispositivos por segmento: 100
- Distancia mínima entre dispositivos: 2.5 metros
- Conectores empleados: Series N.
- Cable Coaxial Delgado.

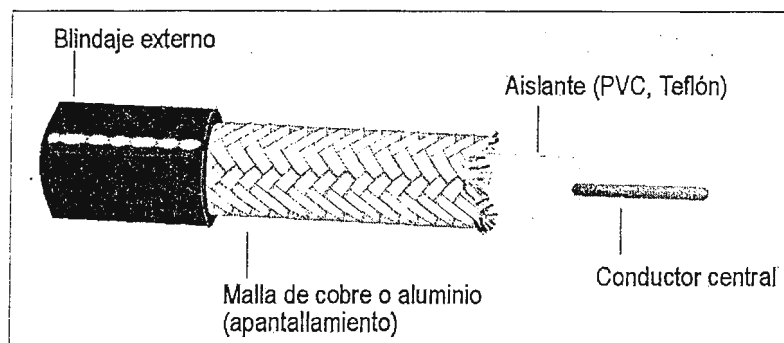


Figura 4-20. Detalle del cable coaxial delgado.

Este cable ha gozado de gran popularidad, y aún existe un número considerable de redes Ethernet que lo utilizan. Su fácil instalación y el hecho de utilizar conectadores tipo “T” para los dispositivos (evitando los “vampiros”) lograron que desplazara rápidamente al cable coaxial grueso.

Su construcción es sumamente semejante, con la diferencia de que no posee una malla externa para protección, haciéndolo más susceptible al ruido y a la interferencia externa.

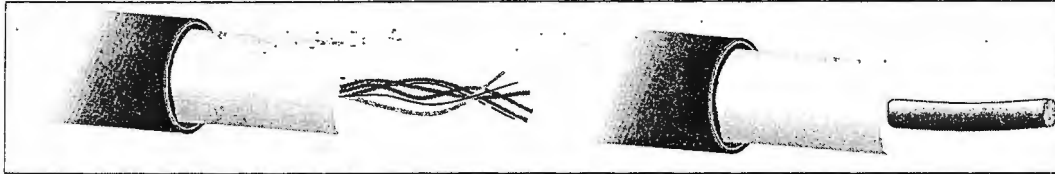


Figura 4-21. Cable coaxial RG-58 A/U y Cable Coaxial RG-58 /U

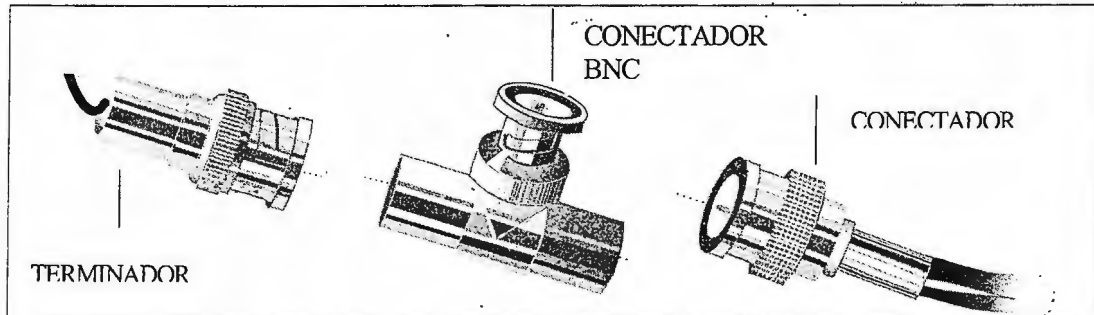


Figura 4-22. Conectores para el cable Coaxial RG-58

Especificaciones:

- Tipificación IEEE: 10Base-2.
- Longitud máxima del segmento: 185 metros.
- Impedancia: 50 ohms.
- Número máximo de dispositivos por segmento: 30.
- Distancia mínima entre dispositivos: 0.5 metros.
- Conectores empleados: BNC.

Cable Par Trenzado UTP / STP.

Aunque hay muchas configuraciones diferentes, el patrón común para uso en la estación de trabajo es cuatro pares de cables dentro de un forro flexible. Los cables en cada par se trenzan entre sí para resistir la interferencia eléctrica, y los cuatro pares de cable por lo general terminan en un conector de tipo telefónico llamado RJ-45.

El cable par trenzado se ha utilizado desde hace muchos años para la infraestructura telefónica. A finales de los ochenta la IEEE creó un estándar para emplear este tipo de cable en la transmisión de datos en las redes de área local (LAN). Se caracteriza porque emplea conductores sólidos de cobre recubiertos por plástico o PVC en donde se entrelazan los conductores positivos y negativos. Este trenzado o entrelazado posee dos funciones:

1. Permite anular las cargas de una pareja evitando que se genere ruido hacia las otras parejas (cross-talk).
2. Evita que el cable actúe como una antena atrayendo el ruido y la interferencia externas.

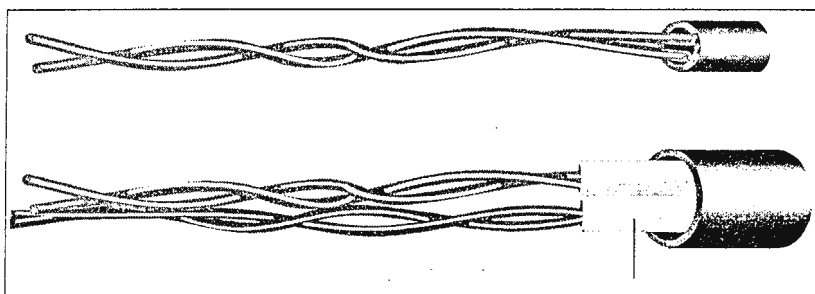


Figura 4-23. Detalle de cables par trenzado.

Par Trenzado blindado (STP):

El cable par trenzado blindado (shielded twisted pair -STP) posee una cubierta externa diseñada para una mayor protección contra la interferencia y el ruido externo. Normalmente no se emplea en las redes Ethernet y su utilización se ha limitado a las redes Token Ring.

Par trenzado sin blindaje (UTP):

La tecnología UTP (*Unshielded Twisted Pair* – Par trenzado no blindado) ha sido tomada de la industria telefónica para nuestro uso en comunicaciones de redes y datos.

Para distinguir la velocidad/rendimiento de diferentes cables de UTP, se dividen en cinco categorías:

CATEGORÍA	FINALIDAD
Nivel 1	Sólo voz.
Nivel 2	Solo para transmisión de voz.
Nivel 3	Cable certificado para voz que también puede emplearse en la transmisión de datos a 10 Mbps.
Nivel 4	Cable certificado, tanto para voz como para datos, y permite la transmisión de datos a mayor velocidad. Se emplea en redes Ethernet (10 Mbps) y Token Ring (4/16 Mbps).
Nivel 5	Cable certificado para datos. Debido a sus características permite la transmisión de datos a altas velocidades (100 Mbps). La mayor parte de las instalaciones actuales emplean este tipo de cable.

Tabla 4-2. Tabla de categorías para el cable entorchado.

Especificaciones:

- Tipificación IEEE: 10Base-T.
- Longitud máxima del segmento: 100 metros.
- Impedancia: 100-125 ohms.
- Número máximo de dispositivos por segmento: 2.
- Distancia mínima entre dispositivos: no aplica.
- Conectores empleados: RJ-45.

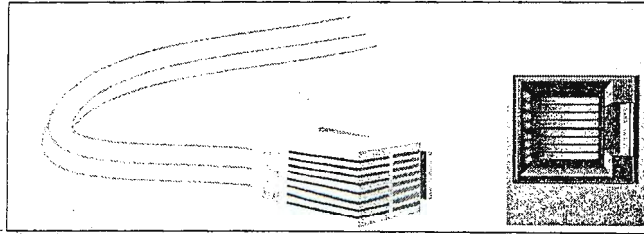


Figura 4-24. Conector RJ-45 y clavija para conector RJ – 45.

Nota: El nuevo sistema IEEE 802.12 100VG AnyLAN es capaz de usar el cableado Categoría 3 actualmente instalado a velocidades de 100Mbps.

Fibra Óptica.

A diferencia de los otros medios físicos que emplean señales electromagnéticas para transmitir la información, la fibra óptica utiliza impulsos luminosos. Una fibra óptica se compone de un núcleo (core) por el cual viajan los impulsos luminosos y de un recubrimiento (cladding) que los refleja.

Aun cuando su instalación representa un costo elevado, tanto por la fibra óptica como por la capacitación y las herramientas necesarias para instalarla, su utilización es sumamente común en las redes corporativas para el cableado de backbones, principalmente.

Su centro es un cristal sólido que conduce luz del transmisor al receptor. El material circundante sirve para ofrecer la fuerza y soporte. El cable de fibra es virtualmente inmune a cualquier forma de interferencia y soporta las velocidades de reloj más rápidas de cualquier medio. Su única desventaja es una ligera diferencia de costos y que se necesita mayor habilidad por parte del equipo de personas que realizan la instalación. El conector usual visto en paneles de conexión provisional es un conector bloqueado con un trenzado llamado conector ST. En el futuro la fibra será el medio dominante usado en los sistemas de distribución (de un edificio a otro) y aunque es más costoso que el UTP, se puede extender directamente al escritorio en muchas situaciones.

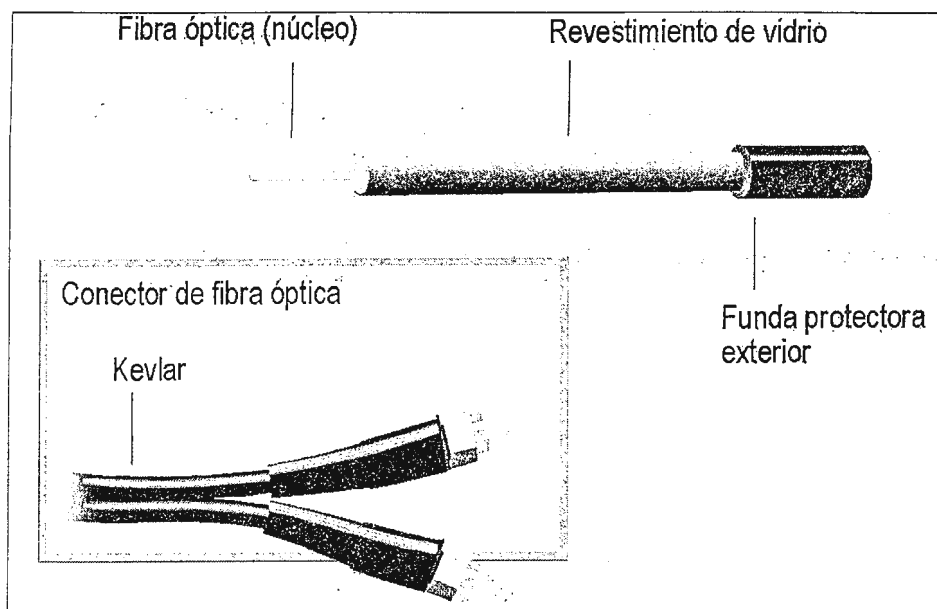


Figura 4-25. Detalle del cable para fibra óptica.

Fibra óptica multimodo:

En la fibra óptica multimodo se emplea un LED (diodo emisor de luz) para generar los impulsos luminosos.

- **Ventajas:**

Menor costo, ya que no se requiere de un láser.

- **Desventajas:**

Se logran menores distancias (2-5 Km) debido a una mayor atenuación generada por varios haces luminosos que viajan por la misma fibra.

Fibra óptica monomodo:

En la fibra óptica monomodo se emplea un láser para generar los impulsos luminosos.

- **Ventajas:**

Mayor distancia (30 kilómetros o más).

- **Desventajas:**

Mayor costo debido principalmente a que la fuente luminosa requiere un láser.

Fibra óptica “step-index”:

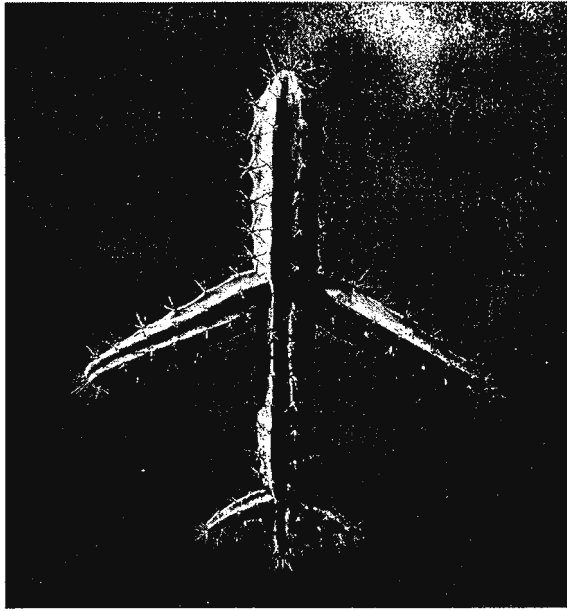
La fibra óptica “step-index” es aquella en la que la diferencia de densidad entre el núcleo (core) y el recubrimiento (cladding) es muy alto. Esto ocasiona que los impulsos luminosos se reflejen un mayor número de veces y, por ende, se tenga una mayor atenuación y se logren menores distancias de transmisión.

Fibra óptica “graded-index”:

La fibra óptica “graded-index” es aquella en la que la diferencia de densidad entre el núcleo (core) y el recubrimiento (cladding) no es muy alto. Esto ocasiona que los impulsos luminosos sean reflejados un menor número de veces, lo que provoca menor atenuación y, por ende, se consigan mayores distancias de transmisión. Ventajas y desventajas de los distintos medios físicos:

MEDIO FÍSICO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Coaxial grueso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buena inmunidad al ruido e interferencia externas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dificil instalación y administración.
Coaxial delgado.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No requiere concentrador o hub para las conexiones. ▪ Bajos costos de instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regular inmunidad al ruido e interferencia externas. ▪ Dificil instalación y administración. ▪ Tecnologías de alta velocidad no lo usan.
Par trenzado sin blindaje.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil instalación y administración. ▪ Integración de voz y datos. ▪ Transmisión datos hasta 10 Mbps. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poca inmunidad al ruido e interferencia externos. ▪ Se requiere de concentrador o hub para hacer conexiones.
Fibra óptica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Total inmunidad al ruido e interferencia externos. ▪ Gran capacidad de ancho de banda (Gigabits por segundo). ▪ Conexiones de gran seguridad por su complejidad de decodificación de información. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalación costosa. ▪ Se requiere de concentrados o hub para hacer conexiones.

5 ATN



RED DE TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS.

Especificaciones del nuevo sistema de Gestión de Tránsito Aéreo.

El ATM está formado por una parte terrestre y una aérea, necesarias para asegurar el movimiento seguro y eficaz de las aeronaves durante todas las fases de las operaciones. El sistema ATC es el componente primario de la ATM. La realización de la ATM exige una integración estrecha de la parte terrestre y de la parte aérea, mediante procedimientos bien determinados.

Entre las funciones ATM están comprendidas el ATC, la organización de la afluencia del tránsito aéreo ATFM y la administración del espacio aéreo. Estos tres elementos contribuyen a lograr los objetivos ATM durante las diversas fases del vuelo. El objetivo primordial de la ATM consiste en activar y mantener una afluencia de tránsito segura y ordenada. La eficacia del sistema es una consideración importante que se refiere, en particular, a aspectos tales como los costes de aplicación y los costes de funcionamiento, tanto de la parte aérea como de la terrestre, y la capacidad para satisfacer las necesidades de los usuarios. Los principios necesarios para cumplir con los objetivos citados comprenden los puntos siguientes:

- El sistema ATM deberá ofrecer a los usuarios la flexibilidad máxima de utilización del espacio aéreo, teniendo en cuenta sus necesidades operacionales y económicas, así como las posibilidades del sistema terrestre. Estas posibilidades pueden verse constreñidas por la capacidad de los aeropuertos.
- La compatibilidad funcional de los datos intercambiados entre los componentes de a bordo y de tierra, indispensables para asegurar la eficacia global del sistema.
- La compartición del espacio aéreo entre las diversas categorías de usuarios debe organizarse con la mayor flexibilidad posible, considerando los diversos niveles de equipo de las aeronaves.
- Los componentes ATC de los sistemas globales ATM deben proyectarse de modo que trabajen en conjunto de un modo orgánica para asegurar un servicio homogéneo, continuo y eficaz para el usuario, desde el despegue hasta el aterrizaje. Es necesaria la armonización a nivel internacional, y por último, la integración, para lograr uniformidad en las operaciones a través de las fronteras nacionales.

Los perfeccionamientos en cuanto a la capacidad de los sistemas de a bordo y terrestres se aprovecharán de modo complementario para maximizar el uso eficaz de los recursos aeroportuarios y del espacio aéreo. En este aspecto, la implantación prevista de un enlace de datos desempeñará un papel esencial. Para el sistema terrestre, se prevén las siguientes tendencias de modificación:

- Tratamiento y transferencia mejorados de la información entre explotadores, aeronaves y centros ATC.
- Planificación mejorada y más precisa, incluyendo el uso de información meteorológica mejorada.

- Mejoras de la detección y resolución de conflictos.
- Mejor aprovechamiento de la mayor precisión de navegación de las aeronaves modernas en cuanto dimensiones.
- Mayor cabida a perfiles de vuelo preferidos en todas las fases del vuelo, sobre la base de los objetivos del explotador.

La evolución acaecerá en un ambiente que impondrá una serie de restricciones y condiciones al proceso, en particular:

- Un sistema futuro solo podrá implantarse mediante un proceso evolutivo.
- Tanto los pilotos como los controladores de tránsito aéreo deben participar en el proceso ATC.
- El sistema no debe ser demasiado sensible a perturbaciones aleatorias, tales como averías, emergencias, errores en los pronósticos, etc.
- La mejora de los pronósticos meteorológicos puede exigir más tiempo que otras mejoras de la performance general del sistema.
- El sistema debe soportar ampliaciones para dar soporte a niveles de tránsito excesivos.

Para obtener las ventajas máximas de los nuevos sistemas CNS, es esencial que estén en armonía con los servicios ATM requeridos. Aunque los objetivos y principios ATM son básicamente los mismos en todas las zonas, la amplitud requerida de un ambiente ATM depende en gran manera del tipo del espacio aéreo, en consecuencia, los requisitos detallados de ejecución variaran de uno a otro lugar del mundo. Además, el grado en que puedan satisfacerse estos requisitos ATM dependerá en gran medida de la posibilidad de prestar servicios CNS.

Un sistema automatizado de planificación del tránsito aéreo debe servir para optimizar la utilización del espacio aéreo, particularmente en aquellas regiones en las que la demanda de tránsito aéreo excede de la capacidad del sistema ATC.

Como consecuencia de las diferencias de localidades, las ventajas que puedan obtenerse con las mejoras del CNS no serán uniformes ni iguales en todas las circunstancias, ni estarán disponibles en todos los lugares al mismo ritmo.

En conclusión el nuevo sistema ATM considera varios grupos de usuarios entre los que podemos mencionar:

- Control de tránsito aéreo (ATC).
- Control de operaciones aeronáuticas (AOC).
- Comunicaciones administrativas aeronáuticas (AAC).
- Características del sistema de comunicaciones ATN.

Es importante indicar el tipo de transferencias de datos que se ejecuta por la ATN a fin de diseñar procedimientos adecuados de transferencia de datos. Los diversos tipos de transferencia de datos se determinan según las diversas aplicaciones que exijan funciones que hayan de ejercerse mediante procesos especiales de aplicación. Pueden analizarse los diversos tipos de datos de aplicación como datos del archivo de usuario de extremo y datos de mensajes de usuario de extremo. El método concreto de transferencia de datos que se utilice puede describirse en función de los tipos de diálogo de instrucciones y diálogo de petición. Para que la red de comunicaciones pueda determinar y proporcionar el servicio necesario, los datos de usuario de extremo deben estar acompañados de parámetros de calidad de servicio (QOS) y de información de direccionamiento.

Característica de Transferencia de datos.

Tipos de datos de usuario de extremo.

Se definen los datos de usuario de extremo con aquellos que genera un usuario de extremo ATS para transferirlos a su contrapartida por la red de telecomunicaciones aeronáuticas. Los datos de usuario de extremo pueden clasificarse según los siguientes tipos de datos de usuario de extremo.

Archivos de usuario de extremo.

Un archivo de usuario de extremo se define como un conjunto de uno o más registros, cada uno de los cuales contiene el mismo conjunto de parámetros o elementos. Un archivo confirmado de usuario de extremo exige que el usuario de extremo receptor acuse recibo al usuario de extremo remitente. Una gran parte de las funciones ATS del futuro generará archivos de usuario de extremo. Por ejemplo, una trayectoria que será utilizada por muchas funciones del ATS futuro podrá definirse como un archivo que contiene dos o más registros de puntos de recorrido que describen la trayectoria. Cada registro de punto de recorrido contiene un conjunto de parámetros para definir el punto de recorrido en 2, 3 o 4 direcciones. Un archivo confirmado de trayectoria de usuario de extremo puede ser utilizado para la transferencia de una instrucción de trayectoria mientras que un archivo no confirmado de trayectoria de usuario extremo puede también aplicarse al intercambio de información meteorológica.

En tal caso, el archivo de usuario de extremo no está confirmado, lo que significa que no es necesario el acuse de recibo por parte del usuario de extremo no está confirmado, lo que significa que no es necesario el acuse de recibo técnico de extremo a extremo, independientemente del usuario de extremo. No obstante, este acuse de recibo no está relacionado con la semántica de los datos transferidos, como es el caso del acuse de recibo de usuario de extremo, sino que está relacionado con la sintaxis y el formato de los datos. La longitud del archivo de un usuario de extremo variara entre varias decenas y varias centenas de bits.

Mensaje de usuario de extremo.

Un mensaje de usuario de extremo consta de uno o más campos que contienen diversos parámetros o elementos. Un mensaje confirmado de usuario de extremo exige un acuse de recibo de usuario de extremo. La mayor parte de las instrucciones confirmadas ATC pueden incluirse en un mensaje confirmado de usuario de extremo. Por ejemplo, los mensajes no confirmados pueden utilizarse para la transferencia de notificaciones previas y de información ATS. En general la longitud del mensaje de usuario de extremo será corta si se compara con la longitud del archivo de usuario extremo.

Características del dialogo.

El dialogo se define como el intercambio de mensajes de usuario de extremo y/o de archivos entre dos usuarios de extremo.

Tipos de dialogo.

Pueden distinguirse los siguientes tipos de dialogo:

- **Diálogo de instrucción:** El dialogo de instrucción ha de utilizarse para las instrucciones ATC (comunicaciones ejecutivas ATC). La instrucción puede ser un archivo / mensaje ejecutivo de usuario de extremo, mientras que la confirmación puede ser un mensaje de usuario de extremo siempre que no haya de repetirse la información. El dialogo de instrucción se inicia siempre en tierra.
- **Diálogo de petición:** El dialogo de petición puede iniciarse a bordo o en tierra. Los archivos y mensajes no ejecutivos de usuario de extremo pueden transferirse en la dirección de petición así como en la dirección de respuesta. Este tipo de dialogo puede, por ejemplo, utilizarse para la adquisición de datos MET.

- **Diálogo de petición / instrucción:** El dialogo de petición / instrucción puede solamente iniciarse a bordo, puesto que la instrucción se da en respuesta a la petición y la instrucción puede solamente darla el usuario de extremo de base terrestre (es decir el ATC). El dialogo de petición / instrucción puede ser utilizado, por ejemplo, para una petición de trayectoria desde la cabina de pilotaje. La petición comprende un archivo de trayectoria de usuario de extremo acerca de la cual puede responder el ATC junto con una instrucción de trayectoria en la forma de un archivo ejecutivo de trayectoria de usuario de extremo. Puesto que ha de darse confirmación el usuario de extremo de a bordo enviara de vuelta al ATC una confirmación (archivo / mensaje de usuario de extremo).
- **Diálogo de petición / negociación / instrucción:** Si, en el caso de una petición de trayectoria desde la cabina de pilotaje, la trayectoria solicitada no fuera aceptable para el ATC, podría iniciarse un dialogo de negociación. Las posibilidades de la negociación estarán limitadas por el tiempo. Si ambas partes llegaran a un acuerdo, se daría por terminado el dialogo mediante una instrucción.

Parámetros del diálogo.

El diálogo puede caracterizarse por dos parámetros, que pueden utilizarse para determinar los parámetros QOS que hayan de utilizarse para establecer la conexión de red en relación con el dialogo. Estos parámetros son:

- **Tiempo de diálogo:** El tiempo de diálogo se define como aquel durante el cual un usuario de extremo considera activo el dialogo. El diálogo es activo desde el momento en que el primer mensaje / archivo del dialogo ha sido enviado / recibido. Por consiguiente, el tiempo de dialogo esta relacionado con el tipo de dialogo y con el usuario de extremo (usuario extremo de tierra, usuario extremo de a bordo).
- **Prioridad del dialogo:** La prioridad que puede asignarse a dialogo es de importancia para cada mensaje o archivo que participe en el diálogo. La prioridad del dialogo depende del tipo de dialogo y de la situación operacional en que tenga lugar.

Parámetros de calidad de servicio (QOS).

Es necesario que se hagan conocer a la ATN los tipos de datos y la transferencia de diálogo que correspondan a un determinado proceso de aplicación, para que la red pueda ejecutar sus funciones. La ATN utiliza información tal como frecuencia de transferencia, caudal, prioridad, tiempo de transferencia, confiabilidad y coste (parámetros QOS) para asignar los recursos y entregar los datos al usuario de extremo especificado. Para determinar de antemano los valores necesarios de los parámetros QOS puede utilizarse el siguiente conjunto de tipos de datos.

- **Frecuencia de transferencia:** La frecuencia de transferencia se define como el número total de mensajes de usuario de extremo y de archivos de usuario de extremo transferidos por unidad de tiempo y por usuario de extremo. La frecuencia de transferencia es un parámetro específico de usuario de extremo que puede depender de lo siguiente:
 - Densidad de tráfico.
 - Nivel de automatización.
 - Fase de vuelo.
 - Requisitos operacionales locales.

- **Caudal:** Se determina el caudal necesario para una función ATS mediante la transferencia de mensajes y/o de archivos generados por la función así como por la longitud de los mensajes y/o de los archivos. Se expresa el caudal requerido como parámetro QOS. Para las funciones ATS de elevada prioridad, por ser críticas para el vuelo, el caudal requerido debe ser inferior al disponible que se determina mediante el “enlace más débil de la red de comunicaciones. Por consiguiente, es importante determinar el máximo caudal requerido, antes de normalizar y de ejecutar más función ATS de carácter crítico para el vuelo que haya de transferirse por la red. Este caudal debe compararse con el estimado como caudal máximo.

- **Prioridad:** La red determinará el orden de transferencia de los mensajes/archivos de usuario de extremo previstos a base de la prioridad requerida (parámetro QOS). Se indicará esta prioridad durante la fase de establecimiento de la conexión. Pueden distinguirse dos tipos de prioridad:

Prioridad estática:

La prioridad estática está relacionada con el tipo de información que haya de transferirse por la ATN, así como por ejemplo por cualquier otra red de comunicaciones.

El artículo 51 del Reglamento de radiocomunicaciones de la UIT indica el orden de prioridad de 10 categorías de información del servicio móvil aeronáutico y del servicio móvil aeronáutico por satélite en la forma siguiente:

1. Llamada de socorro, mensajes de socorro y tráfico de socorro.
2. Comunicaciones precedidas de la señal de urgencia.
3. Comunicaciones relativas a las marcaciones radiogoniométricas.
4. Mensajes relativos a la seguridad de los vuelos.
5. Mensajes meteorológicos.
6. Mensajes relativos a la regularidad de los vuelos.

7. Mensajes relativos a la aplicación de la carta de las naciones unidas.
8. Mensaje de estado para los que se ha solicitado prioridad expresamente.
9. Comunicaciones de servicio relativas al funcionamiento del servicio de telecomunicaciones o a comunicaciones transmitidas anteriormente.
10. Otras comunicaciones aeronáuticas.

Las categorías con prioridades 1 a 6 atañen a los servicios de seguridad mientras que las prioridades 7 a 10 atañen a servicios que no son de seguridad. La categoría 3 no es pertinente a la red de telecomunicaciones aeronáuticas. También puede establecerse, dentro de una categoría, un plan de prioridades. Esto se aplica particularmente a las categorías 4, 5 y 6. Por ejemplo, un mensaje de cambio de frecuencia tendrá una prioridad inferior a la de un archivo de instrucción de trayectoria, aunque ambos corresponden a la misma categoría. En todos los enlaces de la red de comunicaciones debe ser posible determinar y proporcionar el servicio de comunicaciones con la prioridad requerida.

Prioridad dinámica.

La prioridad dinámica esta relacionada con la situación en la que determinada información haya de transferirse. Por ejemplo, es plausible que en una situación de alerta de conflicto a corto plazo, un mensaje de instrucción de rumbo (si tiene como consecuencia una mejor resolución de conflicto) tenga una prioridad mas elevada que la correspondiente a una situación normal. El nivel dinámico de prioridad ha de asignarse según las funciones pertinentes ATS, mientras que el nivel estático de prioridad esta previamente determinado.

Tiempo de transferencia.

El tiempo de transferencia se define como el tiempo total necesario para transferir un mensaje/archivo de usuario de extremo desde el usuario de extremo remitente hasta el usuario de extremo receptor. El usuario de extremo puede indicar el tiempo máximo aceptable de transferencia estableciendo el parámetro de caudal en el conjunto de parámetros QOS. El parámetro de tiempo máximo aceptable de transferencia, lo mismo que el parámetro QOS de prioridad, esta predeterminado por el tipo de información y puede que haya otro parámetro predominante en función de la situación en que determinada información haya de transferirse. El tiempo de transferencia de una red es un valor dinámico. Sin embargo, para ciertas configuraciones o subredes, puede determinarse un tiempo mínimo de transferencia. Entre otros factores intervienen los siguientes:

- Tiempo mínimo de procesamiento en las cabezas de linea y en el equipo de procesamiento.
- Características de la subred (tiempo de acceso al enlace).

El tiempo mínimo de transferencia es uno de los factores que determina si un sistema de comunicaciones es aplicable a una función ATS.

Confiabilidad.

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un mensaje/archivo de usuario de extremo sea correctamente recibido por el usuario de extremo receptor. La confiabilidad en el conjunto de parámetros QOS indica la requerida por el usuario de extremo receptor. La máxima confiabilidad de la más débil de las subredes. La confiabilidad requerida puede hasta cierto punto estar relacionada con la prioridad requerida. Una función ATS de transferencia de mensajes de emergencia de usuario de extremo exigirá una prioridad y una confiabilidad más elevadas que la de una función ATS de transferencia de un archivo MET de usuario de extremo.

Coste.

Para algunas aplicaciones el coste de establecer la comunicación es un parámetro importante que debe tenerse en cuenta. A este respecto en algunas aplicaciones puede especificarse un coste máximo aceptable como parámetro de calidad de servicio. Este parámetro puede influir en la elección de la subred que haya de utilizarse para la transferencia de datos cuando haya más de una disponible. Desde el punto de vista de la subred, el coste efectivo puede calcularse de diversos modos (es decir, gratis para algunos usuarios, en función del volumen de bits, en función de la duración, etc.) esto dependiendo de la subred y del usuario.

Entrega de mensajes.

El uso de los parámetros QOS, junto con las premisas de funcionamiento de red que se enumeran más adelante, no hacen que el usuario de extremo sea consciente de los métodos concretos de entrega utilizados por la ATN para efectuar la transferencia de datos:

- La ATN puede entregar mensajes de longitud arbitraria. Esto se efectúa mediante segmentación y combinación de mensajes en la forma necesaria para adaptarse al tamaño máximo de transferencia de datos aplicable a cada una de las subredes de la ATN.
- La ATN entrega los datos de forma confiable. El usuario puede suponer que los datos, una vez aceptados por la ATN, serán entregados. Si la entrega no fuera posible se le notificaría al usuario.
- No es necesario que el usuario de extremo indique el encaminamiento requerido para llegar al destino. Esto significa que la ATN mantendrá tablas dinámicas de encaminamiento que reflejen el estado actual de las conexiones.
- La ATN para ejecutar sus funciones requiere solamente la dirección, los datos del usuario de extremo y los parámetros QOS especificados.

Principios de conexión.

Tipos de subredes aeronáuticas.

El entorno de comunicaciones de datos aeronáuticos de la Figura 1 puede describirse como una arquitectura entre redes. Una arquitectura entre redes ofrece la máxima flexibilidad en cuanto a diseño, organización y control de cada red independiente y permite que cada red sea optimizada para el uso que corresponda en su propio entorno. La alternativa (es decir una red global homogénea al servicio de todos los procesos de a bordo y de tierra) impondría un grado innecesariamente elevado de normalización y causaría *problemas* formidables de gestión.

En esta figura las subredes de comunicaciones se representan mediante óvalos y los procesadores de aplicación conectados por las subredes se representan mediante rectángulos. La transferencia de datos entre los usuarios de extremo (es decir, procesos de aplicación) del sistema de redes de datos aeronáuticos se ejecuta mediante la interconexión de estas subredes, en una forma que proporciona un trayecto continuo entre los respectivos usuarios de extremo. La transferencia de datos por una interred aeronáutica (es decir, entorno entre redes) esta apoyada por tres tipos de subredes de comunicaciones de datos:

- Subredes de avionica.
- Subredes terrestres.
- Subredes aeroterrestres.

Subredes de avionica.

En las aeronaves se incorporan en general una o mas subredes interna que conecten entre si los diversos procesadores necesario para el funcionamiento de los sistemas de vuelo. Estas subredes se denominan de avionica. En una aeronave con equipo para comunicaciones de datos aeronáuticos, estas subredes se utilizan para la conexión de los procesadores de comunicaciones de datos de aeronaves con los procesadores de aplicación de la aeronave (tales como procesadores de presentación en pantalla de los datos, procesadores de entrada de datos y computadoras de la gestión de vuelo). En el caso mas sencillo (es decir una sola red aeroterrestre) el proceso de aplicación de la aeronave puede conectarse directamente con el proceso de comunicación de datos especializados. Cuando se deseen operaciones entre redes, cada proceso de aplicación de aeronave puede tener acceso a uno o mas procesos de comunicaciones de datos y, por consiguiente, a sus respectivas subredes aeroterrestres.

Subredes terrestres.

La instalación de procesamiento de datos con base terrestre exigen un nivel análogo de conexión entre los diversos procesadores propios de tal instalación. Una subred terrestre proporciona la conexión necesaria en el interior de dicha instalación, frecuentemente en la forma de una red de area local (LAN). Las subredes terrestres proporcionan También la conexión entre los procesos terrestres de comunicación de datos, a fin de tener acceso a los procesos de aplicación a bordo de la aeronave. En lo que respecta a las instalaciones del servicio de transito aéreo, las diversas subredes terrestres tendrán en general diferentes Características de soporte físico y de soporte lógico, aunque presten servicios para la finalidad común de conectar los diversos procesos terrestres de aplicación. Estos sistemas de procesamiento de aplicación pueden comprender procesos meteorológicos, procesos de control de transito aéreo en ruta, procesos de servicios en vuelo y procesos de control en la torre del aeropuerto. Las instalaciones de servicios de transito aéreo estaran conectadas en general por subredes terrestres entre instalaciones y, según se indica en la figura 5-1 , las subredes de datos publicas o privadas pueden También estar conectadas con las subredes ATS terrestres. (En la figura no se indica la conexión con subredes privadas de datos).

Subredes aeroterrestres.

Las subredes aeroterrestres sirven para conectar entre si los usuarios de extremo de las subredes terrestres y los usuarios de extremo de las subredes de avionica. La subred aeroterrestre ejecuta esta función transfiriendo los mensajes a la subred de avionica de destino a partir de la subred terrestre reitente y transfiriendo los mensajes desde la subred remitente y transfiriendo los mensajes desde la subred remitente de avionica hasta la subred terrestre de destino. En la figura 1 se presentan tres subredes aeroterrestres, la subred de datos en Modo S, la subred de datos VHF y la subred de datos por satélite. En la figura También se indica que cualquier subred aeroterrestre puede estar conectada con subredes publicas o privadas terrestres.

Interconexión de subredes.

Para los mensajes que hayan de transmitirse entre las subredes terrestres y las de avionica mediante la subred aeroterrestre, debe haber una transición claramente definida de una subred a la otra. Este elemento de transición se denomina encaminador entre redes. La interconexión de subredes que estén separadas físicamente, lógicamente o administrativamente se ejecuta mediante la instalación de encaminadores en los puntos de conexión. La figura 5-2 muestra la forma en que las subredes de la figura 1 estan conectadas mediante encaminadores.

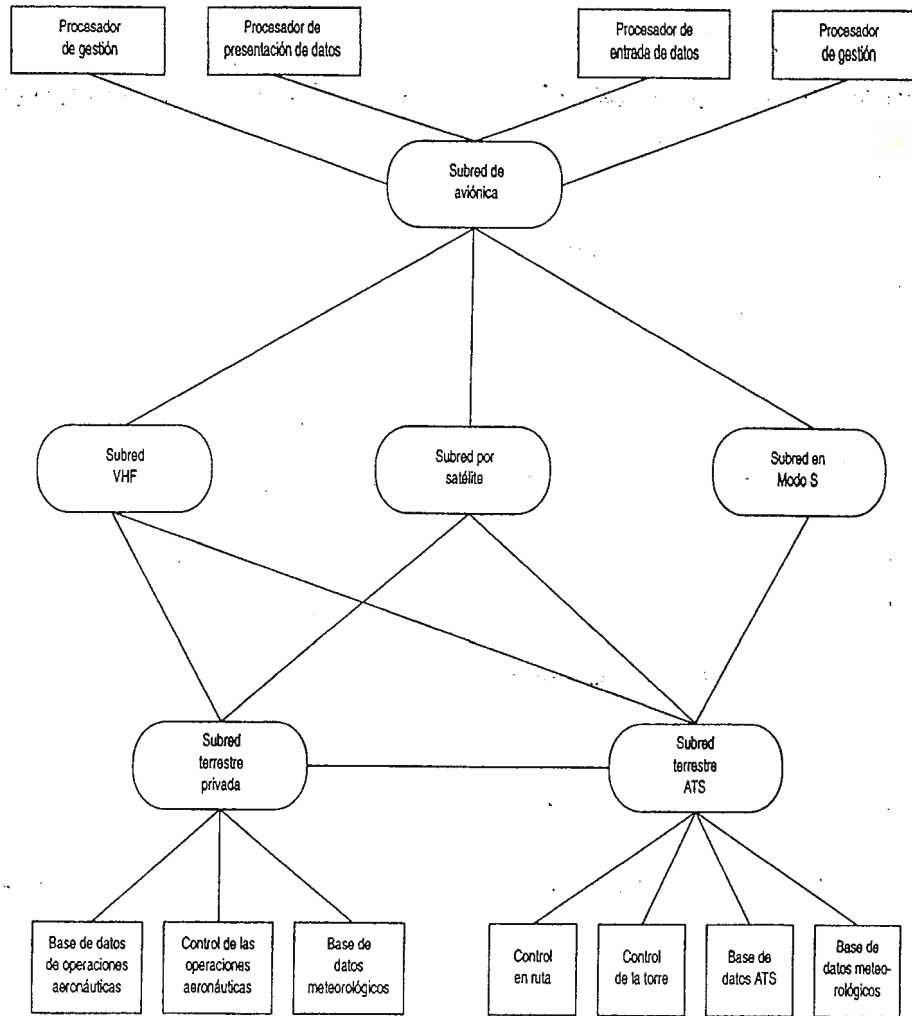


Figura 5-1. Entorno de comunicaciones de datos aeronáuticos.

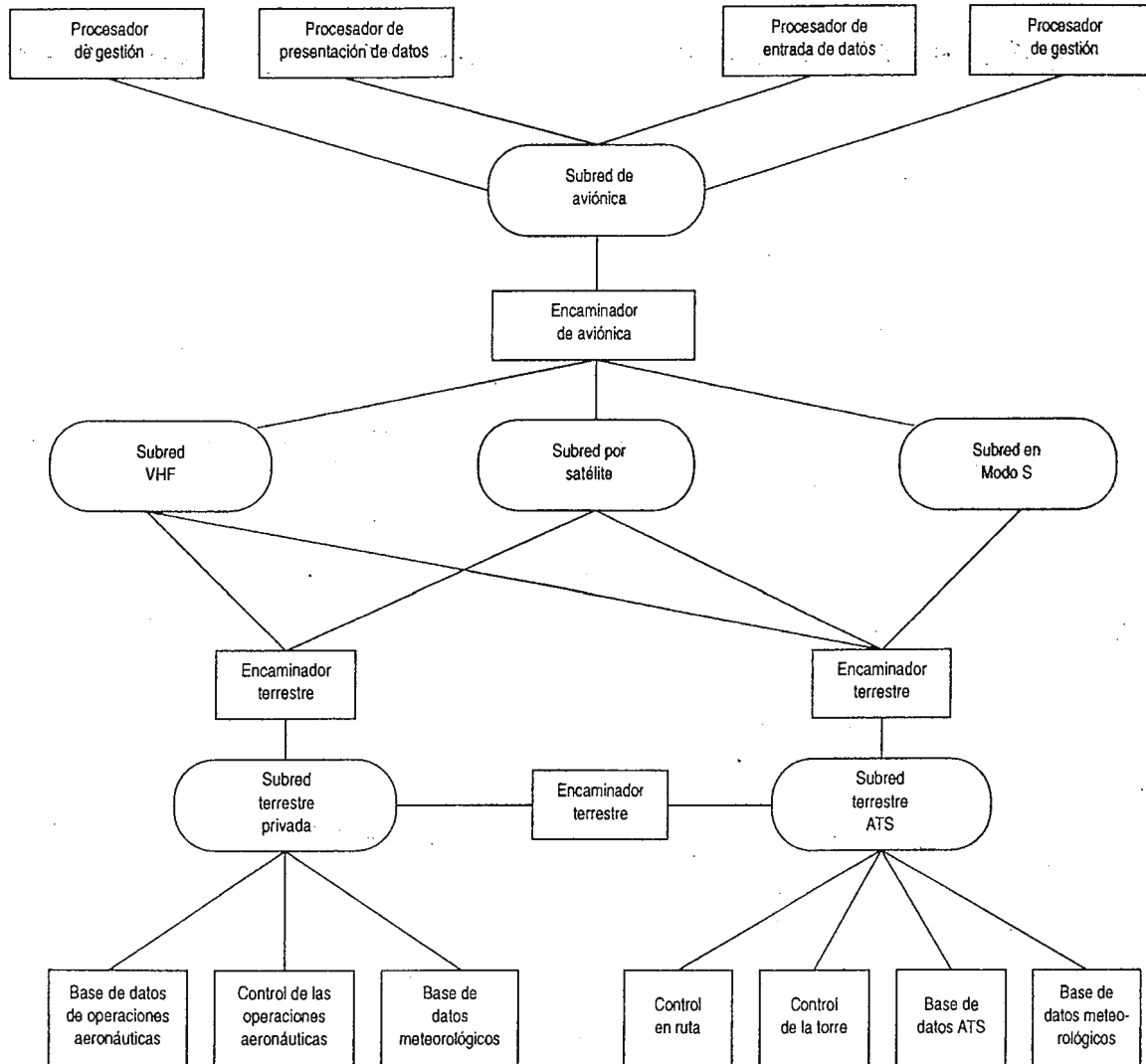


Figura 5-2. Interconexión de subredes con encaminadores.

El diseño de la red de comunicaciones será tal que, en principio, dos procesos de aplicación de usuario de extremo cualesquiera puedan comunicarse entre sí. Esto implica que cada proceso de aplicación de usuario de extremo deba tener una dirección ATN única. El proceso de aplicación de usuario de extremo se identifica inequívocamente mediante su punto de acceso al servicio de red (NASP) junto con la identificación del proceso.

Direccionamiento de red.

En el plan de direccionamiento NSAP de la red de telecomunicaciones aeronáuticas ATN se define una estructura abstracta de direcciones NSAP. Este plan define la información de direccionamiento de capa de red que han de utilizarse para identificar los sistemas de extremo. El plan debería prestar servicios a las necesidades de diversos grupos de usuarios de comunicaciones de datos aeronáuticos, comprendido el ATS. En el plan de direccionamiento NSAP se especifica a la identificación de los sistemas de extremo tanto del servicio fijo como del servicio móvil. Entre los atributos más importantes del plan de direccionamiento NSAP debería considerarse que:

- Al plan se incorpore la información aeronáutica ya vigente de direccionamiento, tal como los identificadores de lugar ATS de la OACI y los códigos de la IATA para organizaciones y lugares.
- El plan NSAP se conforme a los protocolos de red ya normalizados de la ISO.
- El formato sirva de apoyo al funcionamiento de los protocolos de encaminamiento OSI.

Identificación del proceso.

Para completar la identificación de un proceso de aplicación de usuario de extremo, debe proporcionarse un identificador de proceso. Este identificador de proceso de aplicación comprende un conjunto de componentes de dirección relacionados con los protocolos de transporte, sesión, presentación y aplicación OSI implantados en el sistema de computadora de usuario de extremo indicado mediante la dirección NSAP. Los identificadores de proceso de aplicación pueden tener importancia local o mundial, siendo la diferencia fundamental entre los dos la relativa a la autoridad responsable del registro y administración de los identificadores. Los identificadores de proceso de identificación pueden publicarse por encargo de las autoridades apropiadas (es decir mediante un directorio local) o pueden obtenerse de directorios en línea a los que se tiene acceso por vía ATN.

Control de acceso a las redes.

Algunas subredes pueden servir de apoyo a la ATN (Ejemplo la subred en modo S) lo cual exige controlar el acceso. Este control de acceso es necesario para garantizar la seguridad e integridad de comunicaciones de datos aeronáuticos. La seguridad se refiere al acceso a la ATN de usuarios autorizados y la integridad se refiere a la asignación de recursos (por ejemplo caudal) entre los usuarios autorizados.

La ATN apoya las medidas para imponer el control tanto de la seguridad como de la integridad en el entorno de encaminadores entre redes así como en el mecanismo de acceso a la subred. Las decisiones en materia de seguridad se basan en comprobar la autenticidad de las direcciones de red para aplicaciones autorizadas de intercambio de mensajes por la ATN. En estas aplicaciones deben cumplirse las disposiciones, Volumen II del Anexo 10 al Convenio sobre aviación civil internacional en lo que respecta a la asignación y uso de prioridades de mensajes en la forma definida en el artículo 51 del reglamento de radiocomunicaciones de la UIT. La asignación de recursos (por ejemplo control de la integridad) se basa en la prioridad seleccionada de los mensajes según su aplicación. A esto se debe que el mecanismo de prioridad de mensajes deba abarcar todas las aplicaciones ATN.

En función de determinados criterios y principios regionales, algunos grupos de usuarios pueden ser excluidos del acceso a determinadas subredes (por ejemplo subredes en modo S, subredes terrestres ATS, etc.) basándose en los criterios de control de seguridad descritos anteriormente. Deben considerarse el Reglamento de radiocomunicaciones de la UIT y los correspondientes SARPS de la OACI al decidir las categorías de tráfico que pueden tramitarse por cada una de las subredes. También es importante tomar nota de que la asignación de prioridades es el instrumento básico para controlar el acceso estático y dinámico a la ATN con el objetivo de mantener la QOS necesaria para usuarios autorizados. Estos procedimientos permiten el control de acceso a la ATN tanto a nivel mundial como a nivel local.

Procesos de aplicación ATS y funciones de las capas superiores.

Las operaciones de las capas superiores de la arquitectura de protocolo de la red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATNPA) comprenden protocolos que funcionan en las capas de aplicación de presentación y de sesión. Se seleccionan estos protocolos para satisfacer los requisitos de comunicaciones de los procesos de aplicación identificados en el dominio aeronáutico.

Es conveniente señalar un conjunto limitado de protocolos de capas superiores OSI de la ISO para uso en el dominio aeronáutico. Una única pila de protocolos ISO exigirá que todos los procesos de aplicación tuvieran los mismos requisitos de comunicaciones, y esto no es así. Tampoco sería conveniente por su ineficiencia adoptar el otro extremo de preparar una pila única de protocolos para cada proceso de aplicación. Aunque pueden ser necesarias pilas múltiples de protocolo en apoyo de una amplia gama de procesos de aplicación que pudieran existir en el dominio aeronáutico, debe procurarse lo más posible que el número de pilas sea mínimo. Podría ser más eficiente prestar apoyo a un número limitado de protocolos pero ello debe considerarse en función de los servicios necesarios para determinado proceso de aplicación. El proceso de señalar estas pilas de protocolos evolucionará a medida que se definen las necesidades de procesos de aplicación.

Es inherente al análisis de la necesidad de apoyar un número limitado de protocolos el deseo de utilizar, siempre que sea posible protocolos normalizados ISO. Algunos de estos protocolos ya están establecidos y podrían proporcionar un conjunto de servicios de capas superiores que podrían servir de apoyo a muchas de las necesidades del dominio aeronáutico. No obstante pudieran presentarse necesidades que están fuera de los protocolos establecidos de capas superiores ISO. Si se presentara tal situación, el modelo OSI proporcionaría la orientación necesaria para preparar protocolos interfuncionales en apoyo de procesos de aplicación del dominio aeronáutico.

Procesos de aplicación.

La selección de un conjunto limitado de protocolos de capas superiores dependerá de los servicios que se juzguen necesarios en apoyo de procesos de aplicación en el dominio aeronáutico. Se necesitan procedimientos para señalar estas necesidades y estos procesos de selección y para asegurarse de que los resultados son aplicables no solamente a comunicaciones ATSC sino también AOC, AAC y APC, según corresponda.

Arquitectura de la red de telecomunicaciones aeronáuticas.

La arquitectura de protocolo de la red de telecomunicaciones aeronáuticas ATNPA es una aplicación de la arquitectura de protocolo de la ISO (ISOPA) en el entorno de las comunicaciones de datos aeronáuticos. Esta arquitectura comprende los requisitos de servicio, protocolo y direccionamiento que han de satisfacerse para participar en la interred aeronáutica. Además, mediante la ATNPA se define el nivel de conformidad con estos requisitos.

El objetivo primario de la ATNPA consiste en asegurar la comunicación entre procesos interfuncionales de las computadoras centrales aeronáuticas tanto en el entorno de las aeronaves como en el terrestre; esta comunicación entre procesos puede establecerse entre computadoras centrales mutuamente conectadas en una combinación de subredes de comunicaciones de avionica y aeroterrestres. Mediante la arquitectura de protocolo de la ATN se definen los requisitos de implantación de las redes de comunicaciones, los encaminadores entre redes y las secuencias de protocolos de las computadoras centrales a fin de lograr este nivel de interfuncionalidad aeronáutica.

Atributos de una arquitectura entre redes.

Para convencerse de las ventajas de una arquitectura entre redes, las técnicas de transferencia de los mensajes entre las redes participantes deben ser independientes de los protocolos y de los planes de direccionamiento internos de cada una de las subredes participantes. Esto significa que todas las subredes participantes deben estar conectadas por encaminadores que se ajusten a reglas convencionales y normas comunes de funcionamiento entre redes. Los requisitos impuestos a estas subredes y a sus encaminadores de interconexión pueden resumirse como sigue:

- Todos los encaminadores participantes deben utilizar una norma común de protocolo entre redes, comprendida una definición común de los parámetros de calidad de servicio.

- Todos los encaminadores participantes deben intercambiar información de encaminamiento utilizando una norma común de protocolo para intercambio de información de encaminamiento.
- Todos los encaminadores participantes deben utilizar una norma común de direccionamiento global de red.
- Todas las subredes conectadas entre encaminadores adyacentes deben comportarse de forma transparente en lo que respecta al protocolo entre redes, al protocolo de encaminamiento y a los formatos de direccionamiento global.

Una norma común de protocolo entre redes, junto con el direccionamiento entre redes y el plan de encaminamiento comunes, proporcionan a todos los usuarios de interred una interfaz independiente de la red.

Protocolos de Interred ATN.

Generalidades.

La interred ATN comprende una serie de encaminadores ATN y subredes constituyentes interconectados, en apoyo de las comunicaciones de datos por paquete que tienen lugar entre computadoras principales y que aplican los protocolos interred ATN. Los protocolos interred ATN funcionan dentro de la capa OSI de la ISO (es decir, la capa de red). En el conjunto de protocolos están incluidos el ISO 8473, protocolos entre redes (IP), el ISO 10589, protocolo de intercambio de información de encaminamiento intradominio de sistema intermedio a sistemas intermedio (IS - IS) y el ISO 9542, protocolo de intercambio de información de encaminamiento entre dominios y otros protocolos de funcionamiento/mantenimiento de red se consideran parte del conjunto de protocolos interred ATN.

Todas las unidades de datos de protocolo de red para la interred ATN (es decir paquetes) están encuadrados en las correspondientes unidades de datos de protocolo de subred para la transferencia entre entidades de red ATN. Cada encabezado de protocolo interred ATN lleva un código exclusivo de identificación, que permite el encaminador ATN receptor o a la computadora principal procesar correctamente el encabezador de protocolo y cualquier contenido de datos asociado. Además puesto que todos los protocolos interred ATN son sin conexión la información necesaria para procesar una determinada unidad de datos de protocolo de red está incluida en el encabezador de dicha unidad de datos de protocolo de red.

La transferencia fiable de datos de extremo a extremos es función de la capa de transportes OSI de la ISO; cualquier protocolo de transporte que funcione en el entorno ATN debe ser capaz de funcionar correctamente utilizando el servicio de capa de red OSI de la ISO sin conexión que proporciona la interred ATN.

Protocolos entre redes.

El protocolo entre redes ISO 8473 proporciona el mecanismo básico de extremo a extremo para el transporte de datos ATN. En este protocolo se prevé el direccionamiento global, la especificación de calidad de servicio, el control de congestión y la segmentación y reensamblaje de paquetes de datos. Además, existen disposiciones dentro del IP para diagnóstico tales como el registro de ruta de extremo a extremo y la notificación de errores.

Protocolo de intercambio de Información de encaminamiento intradominio.

El protocolo ISO 10589 de intercambio de información de encaminamiento intradominio IS - IS , proporciona un mecanismo para el intercambio de información de conexión y de topología entre encaminadores ATN en el dominio administrativo. Este protocolo apoya la configuración dinámica de las tablas de encaminamiento interred ATN basándose en una amplitud de encaminamiento interred ATN basándose en una amplitud de dominios, sin necesidad de entradas manuales de modificaciones en la topología interred ATN o en la disponibilidad de encaminadores.

Protocolo de encaminamiento de sistema de extremo a sistema intermedio.

El protocolo ISO 9542, de computadora principal/encaminamiento ES-IS proporciona un mecanismo para que las computadoras principales (es decir ES) y los encaminadores ATN (es decir IS) intercambien información de conexión en el entorno de la subred local. Este protocolo es un complemento de protocolo de encaminamiento IS-IS que sirve de apoyo a la reconfiguración dinámica de las tablas de información sobre encaminamiento local, sin necesidad de entradas manuales de modificaciones respecto a la disponibilidad de computadora principal.

Protocolo de intercambio de información de encaminamiento entre dominios.

El protocolo de encaminamiento entre dominio (IDRP) de la ISO prevé el intercambio de información de encaminamiento cruzando fronteras de dominios de encaminamiento. El encaminamiento entre dominios ATN se ejecuta mediante sistemas intermedios limítrofes (BIS) utilizando información de encaminamiento y de topología adquirida dinámicamente. Una característica principal de la arquitectura ATN es que proporciona el encaminamiento de aeronave y encaminadores de base terrestre.

Protocolos de gestión de capa de red.

En la arquitectura ATN se incluyen disposiciones para la implantación de protocolos de gestión de capa de red.

Los protocolos de gestión de capa de red (NLM) apoyan procesos NLM responsables de las bases de datos para funcionamiento y mantenimiento de la capa de red, situadas en los ES y distribuidas por las IS en todas la interred ATN. La gestión de la capa de red ATN se ejecuta basándose en acuerdos locales, regionales y se implanta utilizando información que se incorpora manualmente o información que se incorpora manualmente o información que se incorpora manualmente o información que se cursa por paquetes de datos IP ATN entre los procesos de gestión de capa de red.

Subredes constituyentes.

Generalidades.

Las subredes constituyentes son aquellas que conectan entre sí los encaminadores ATN y las computadoras principales para fines de transmitir los protocolos interred ATN entre estos encaminadores y computadoras principales. La arquitectura entre redes ATN están diseñada para utilizar cualquier tecnología de subred que sea capaz de entregar datos independientes de código a título de subred constituye. El requisito más significativo que deben satisfacer estas subredes constituyentes es que deben proporcionar por los menos el servicios de subred en modo sin conexión. Aunque sólo se requiere servicio de subred en modo sin conexión mediante la implantación de la función apropiada de convergencia.

Las subredes constituyentes pueden subdividirse en tres categorías principales:

- Subredes de topología general;
- Subredes de radiodifusión; y
- Subredes del servicio móvil.

Estas subredes constituyentes pueden entregar unidades de datos de protocolo de red (NPDU) creadas por cualquiera de datos de protocolo de red (NPDU) creadas por cualquiera de los protocolos interred ANT fuera de secuencia, en duplicado, en caso de error, o en ningún caso. Esto no plantea ninguna dificultad a los protocolos interred ATN: sin embargo, algunos protocolos de la capa de transporte y superiores pueden exigir que se establezcan mínimos razonables de eficiencia par que una subred pueda utilizarse en apoyo de encaminadores ATN y de computadoras principales. Estos criterios mínimos ponen en general un límite a la relación de paquetes perdidos a paquetes fuera de secuencia. Incluso las subredes cuya eficiencia "natural" se sale de estos límites pueden ser utilizadas por encaminadores ATN y por computadoras principales ya que pueden implantarse mecanismos adicionales de protocolo para restringir el servicio de subred presentado a la interred ATN a límites especificados.

La arquitectura de protocolo ATN permite el uso de cualquier combinación razonable de estos tipos de subred a fin de construir un trayecto de extremo a extremo entre dos computadoras principales que se comuniquen con los encaminadores ATN implicados que ejecutan la dirección de subred y la conversión de protocolos de acceso a la subred necesarias para la transmisión eficaz hacia delante de los paquetes.

Subredes de Topología General.

Las subredes de topología general (denominadas redes de área ampliada o WAN) se utilizan frecuentemente para interconectar encaminadores geográficamente dispersos y computadoras principales. Estas subredes pueden ser por sí mismas entidades de conmutación por paquetes internamente complejas o pueden ser sencillamente líneas especializadas punto a punto. Frecuentemente están incluidas en esta categoría las redes públicas de datos que se basan en el protocolo de acceso X.25 del CCITT. Las redes privadas de datos que se basan en las normas de la red común de intercambio de datos OACI (CIDIN) están también incluidas en esta categoría. Un atributo fundamentalmente de las subredes de topología general es que el coste o dificultad de transmitir simultáneamente un paquete de datos a una multiplicidad de direcciones de destino es relativamente "alto" si se compara con la subred de radiodifusión. En este contexto el "coste" se refiere a elementos que son algo más que simples medidas económicas. Por ejemplo, aunque es verdad que una radiodifusión limitada podría lograrse por una subred X.25 enviando cada vez un ejemplar determinado paquete de datos a cada una de las direcciones de un grupo, las llamadas repetitivas del protocolo consumirían una parte mucho más grande de los recursos de la subred que en el mecanismo empleado en la subred cuando los medios apoyan la tecnología propiamente dicha de radiodifusión de paquetes de datos.

Subredes de radiodifusión.

Las subredes de radiodifusión (denominadas redes de área local o LAN) se utilizan frecuentemente para interconectar encaminadores o computadoras principales de una zona geográficamente pequeña por medios que se prestan a un caudal relativamente elevado de datos con retardos relativamente pequeños. Las subredes de radiodifusión se basan ordinariamente en topologías de barra colectora, de estrella o de anillo, y como el nombre lo sugiere, ofrecen un mecanismo sencillo para entregar simultáneamente paquetes de datos a direcciones locales múltiples a un coste relativamente "bajo" si se compara con el de la subred de topología general.

Subredes del servicio Móvil.

Aunque las redes del servicio móvil pueden clasificarse en general como de radiodifusión o de topología general, en la interred ATN se consideran como una clase independiente por motivos de eficiencia de protocolo. Estas subredes tienden a utilizarse en medios de radiación libre (por ejemplo radio VHF/UHF, satélites en banda L, o radar secundario de vigilancia en banda L) más bien que en medios "contenidos" (por ejemplo hilos o cables coaxiales); por lo que manifiestan la capacidad de radiodifusión en el verdadero sentido de la palabra.

Por otro lado, la anchura de banda disponible en los medio tiende a ser extremadamente limitada, lo que lleva a utilizar protocolos con ahorro de anchura de banda, tales como los aplicados frecuentemente en las subredes de topología general. En consecuencia, aunque las subredes del servicio móvil se consideran como subredes de radiodifusión en términos de cobertura de medios, pueden exigir protocolos de acceso a la subred en modo de conexión si se desea utilizar eficientemente la anchura de banda del medio.

Encaminadores ATN.

En la interred ATN, las subredes constituyente están interconectadas mediante encaminadores ATN. Cada uno de los encaminadores ATN está conectado con dos o más subredes, y se presenta a cada una de las subredes como entidad a al que pueden dirigirse localmente dentro de dicha subred. Los encaminadores ATN están concatenados por enlaces de subred para formar un trayecto hacia delante de extremo a extremo para los paquetes IP ATN entre computadoras principales ATN que se estén comunicando.

El envío hacia delante de un paquete IP ATN exige que cada encaminador hacia delante seleccione el camino hacia la siguiente salto o hacia el salto final, que es la computadora principal de destino. Las selecciones de envío hacia delante se basan ordinariamente en aspectos de conexión y de calidad de servicios (QOS), así como en la probabilidad de que el salto próximo seleccionado más a su destino final. Para la IP ATN, la QOS solicitada por el usuario de servicio de red es una medida relativa (es decir cualitativa) que consta de cuatro elementos:

- Caudal;
- Retardo de Tránsito;
- Probabilidad de error residual; y
- Gasto.

El grado de importancia relativa del retardo de tránsito, de probabilidad de error residual y de gasto puede ser indicado explícitamente por el usuario del servicio de red; y a falta de tal indicación explícita, el encaminador ATN trata de lograr el caudal máximo posible que se ofrezca al usuario del servicio de red reduciendo a un mínimo la longitud de espera en cola para datos de salida. La interred ATN utiliza procedimientos de encaminamiento de distribución adaptativa. Esto significa que el encaminador ATN es capaz de determinar la topología interred ATN sin depender de una base de datos central para encaminamiento y sin necesidad de la distribución síncrona de la base de datos en toda la interred ATN. Esto significa también que cada encaminador ATN puede adaptarse a modificaciones de la topología interred ATN con relativa rapidez, si se compara con el método centralizado más tradicional. La topología actual interred ATN se representa mediante la información de la base de información de encaminamiento (RIB) contenida en cada encaminador ATN. Esta RIB se inicializa y mantiene de forma dinámica mediante los protocolos de intercambio de información de encaminamiento IS - IS y ES-IS de la ATN.

Además el encaminador ATN reduce más la RIB a una base de información hacia delante (FIB) que consta de un conjunto de trayectos hacia delante representando los diversos criterios y clasificaciones QOS disponibles para llegar a cada punto conocido de destino. Es posible mantener el funcionamiento firme y al mismo tiempo dinámicamente flexible del encaminamiento mediante las disposiciones de interred ATN de CLNS; puesto que los encaminadores transmiten hacia delante paquetes IP ATN en modo sin conexión, reduce a un mínimo la información sobre el estado necesario para proporcionar el servicio interred ATN.

Estructura del dominio interred ATN.

Las computadoras principales y los encaminadores ATN de interconexión administrados por autoridades internacionales para comunicaciones de datos aeronáuticos constituyen el dominio común ATN. El dominio común ATN comprende todos los usuarios de extremo del servicio de comunicaciones de datos asociados con el entorno de la aviación civil internacional.

Dominios Administrativos ATN.

Los servicios de aplicaciones de usuario de extremo, así como las subredes de datos al servicio de los usuarios de extremo, pueden correr a cargo de autoridades gubernamentales o de proveedores de servicios públicos o privados. El dominio común ATN se subdivide a lo largo de estas fronteras de organización en dominios administrativos ATN para facilitar y optimizar el encaminamiento del tráfico de comunicaciones de datos. Los dominios administrativos ATN son administrados por usuarios y proveedores de servicios aeronáuticos gubernamentales, y de otra índole, y están definidos de forma que estén en armonía con las fronteras orgánicas. Esta estructura de encaminamiento permite mantener el control local en el ámbito de las administraciones actuales; además, tiende a reconocer los límites probables de configuraciones densas de tráfico de comunicaciones.

Dominios de Encaminamiento ATN.

Los dominios administrativos ATN pueden subdividirse en dominios de encaminamiento ATN. Los dominios de encaminamiento ATN son establecidos por la autoridad explotadora del dominio administrativo ATN, cuando este último dominio es de tal extensión que justifica una jerarquía interna para optimizar el intercambio de datos y de información de encaminamiento dentro de dicho dominio administrativo.

Aunque la estructura del dominio administrativo ATN es una parte obligatoria de la interred ATN, el establecimiento de dominios de encaminamiento ATN es asunto local dentro de un dominio administrativo particular y no es visible fuera del dominio administrativo. Los tres dominios administrativo pueden subdividirse, según sea necesario, en dominios de encaminamiento. Si una administración opta por no subdividir su dominio administrativo en dominios de encaminamiento, el dominio administrativo se considera como un solo dominio del encaminamiento.

Áreas de encaminamiento.

Los dominios de encaminamiento ATN pueden a su vez subdividirse en áreas de encaminamiento ATN. Las áreas de encaminamiento ATN son establecidas por la autoridad explotadora del dominio de encaminamiento ATN, cuando este último es de tal extensión que justifique una jerarquía interna para optimizar el intercambio de datos y de información de encaminamiento dentro del dominio de encaminamiento.

Como en caso de la estructura del dominio de encaminamiento ATN, el establecimiento de áreas de encaminamiento ATN es asunto local dentro de un dominio de encaminamiento particular y no es visible fuera del dominio de encaminamiento. Si una administración opta por no subdividir su dominio de encaminamiento en áreas de encaminamiento, el dominio de encaminamiento se consideraría como una sola área de encaminamiento.

Dominios de subred.

El dominio de subred determina un conjunto de sistemas ES y de sistemas IS participantes en la ATN y conectados a una sola subred. Los dominios de subred comprenden subredes públicas o privadas, redes de área local o de área ampliada, subredes terrestres, de aviónica o del servicio móvil. Los dominios de subred delimitan las fronteras de funcionamiento y de control a los proveedores del servicio de subred y no están relacionados con los dominios de encaminamiento y administrativos de interred ATN.

Direcciones de Interred ATN.

Se utilizan tres clases de direcciones para las operaciones de capa de red en el ámbito de la interred ATN. La dirección NSAP ATN es una dirección global de funcionamiento entre redes utilizada por el protocolo de funcionamiento entre redes ATN. La dirección SNPA es una dirección local utilizada por el protocolo de acceso a la subred para la transferencia de datos entre los componentes ATN conectados por una sola subred. El título de la entidad de red ATN (NET) es la dirección de una entidad de red y se deriva de la dirección NSAP. Aunque la dirección NSAP ATN y la sintaxis/ semántica NET se especifican en este manual, las direcciones SNPA se consideran asuntos locales.

Direcciones globales de funcionamiento entre redes.

La dirección NSAP ATN tiene el formato de designador de código internacional (ICD) de la ISO, con una parte específica de dominio ordinario (DSP) definida en la norma ISO 8348/AD2. Esta estructura, está organizada como una jerarquía en apoyo del encaminamiento entre redes de niveles múltiples.

Esta estructura jerárquica permite también enmascarar la dirección a nivel de campo para minimizar la cantidad de tráfico de gestión de encaminamiento que debe pasar por los encaminadores de capa de red.

Además de los campos que apoyan el encaminamiento de niveles múltiples, en cada dirección NSAP se incluye un único campo que identifica al usuario de los servicios de capa de red al cual deba entregarse un paquete entrante o del cual háya de recibirse un paquete saliente. Este campo denominado selector NSAP puede considerarse como una dirección de proceso dentro de la computadora principal, identificado mediante la dirección de área NSAP y los campos de identificador.

Títulos de entidad de red.

La red ATN es la dirección de un encaminador ATN o de una entidad de red de computadora principal. La NET ATN se obtiene de la estructura NSPA ATN mediante la omisión de la interpretación del campo selector NSAP. La estructura NET permite también enmascarar selectivamente campos, permitiendo una ulterior optimización del tráfico de gestión de encaminamiento en un ambiente en el que se asignan direcciones NSAP dentro de una jerarquía óptima.

Direcciones locales de subred.

La dirección SNPA es la dirección local de una entidad de red ATN dentro de un ambiente local de una entidad de red ATN dentro de un ambiente particular de subredes. Las direcciones SNPA diferirán ordinariamente, en cuanto a forma y contenido, en función del protocolo elegido para acceso a la subred y no poseen ningún significado más allá del alcance de la subred local.

Uso de direcciones para encaminamiento entre redes.

Las computadoras principales y encaminadores ATN utilizan las direcciones NSAP y SNPA durante el proceso de encaminar las NPDU por el dominio aeronáutico, efectuando la resolución de direcciones entre las direcciones globales NSAP y las direcciones locales SNPA, utilizando la información almacenada en las tablas locales de encaminamiento. Como la interred ATN incorpora el intercambio dinámico de información de encaminamiento entre entidades de la capa de red, no hay necesidad de un formato uniforme de dirección SNPA ATN. La estructura de direccionamiento SNPA puede optimizarse para la red particular de interés permitiendo acomodar dentro de la ATN una amplia gama de tipos de subred. Los encaminadores ATN asumen la responsabilidad de construir y mantener tablas de correspondencia entre direcciones NSAP, NET y direcciones SNPA en su entorno local. La dirección NSAP de la ATN se basa en su nombre y no encuadra de ninguna forma la dirección SNPA ATN.

La relación entre direcciones NSAP y SNPA en el contexto de transferencias de datos de extremo a extremo. En esta figura se indican solamente dos NSAP, una asociada con la entidad de transporte de cada sistema de extremo, mientras que el trayecto de extremo a extremo ilustrado en esta figura se extiende hasta tres pares de direcciones SNPA, cada una asociada con puntos de unión a la subred local.

Relación entre dominios ATN y direcciones NSAP ATN.

La relación entre dominios ATN y campos de dirección NSAP ATN puede resumirse de la forma siguiente:

- El dominio administrativo se identifica mediante la parte delantera del campo DOMINIO que contiene un código de país de datos ISO para las direcciones NSAP ATC o un designador de línea aérea IATA para las direcciones NSAP AISC;
- El dominio de encaminamiento se identifica dentro del dominio administrativo mediante la parte trasera del campo DOMINIO según lo definido por el administrador del dominio;
- El área de encaminamiento se identifica dentro del dominio de encaminamiento mediante el campo LOC-AREA que puede contener un valor numérico asignado por el administrador del dominio o un indicador de lugar OACI para las direcciones NSAP ATSC o un indicador de lugar IATA para las direcciones NSAP AISC.

Procedimientos de encaminamiento Interred ATN.

Generalidades.

El encaminamiento entre redes ATN funciona según una jerarquía de tres niveles, comprendidos los componentes entre dominios e intradominio. El término dominio se refiere en este contexto a un dominio de encaminamiento ATN. El encaminamiento entre dominios está primariamente basado en criterios y se aplica utilizando procedimientos de adaptación dinámica. El encaminamiento intradominio se ejecuta primordialmente en función de la eficiencia y es también de índole dinámicamente adaptable. Tanto el encaminamiento entre dominios como encaminamiento intradominio de la ATN dependen del intercambio oportuno de información para el mantenimiento de una topología dinámica.

El objetivo más significativo de la eficiencia de una arquitectura de encaminamiento jerárquico es el logro de una transferencia mínima de información de encaminamiento a nivel entre dominios, y entre áreas de encaminamiento a nivel intradominio. Esto disminuye la cantidad de tráfico suplementario de encaminamiento cursado por las subredes interconectadas y reduce la cantidad de información ATN. Una consecuencia de este enfoque es que los dominios administrativos y los dominios de encaminamiento publican menos información para establecer conexiones y de topología, con lo que se aumenta el grado de confidencialidad. Puesto que los límites de dominios administrativos y de encaminamiento se adaptan en general a los límites existentes entre organizaciones e intra organizaciones, este resultado es frecuentemente tan importante como lo que se gana, en cuanto a eficiencia de protocolo y operacional, mediante la arquitectura jerárquica de encaminamiento.

Encaminamiento entre dominios.

El encaminamiento entre dominios ATN constituyen la médula global de la ATN, en el sentido de que los enlaces entre dominios conectan las diversas organizaciones que participan en la interred ATN. Las interconexiones de subred están generalmente dispuesta basándose en acuerdos locales o regionales entre los explotadores de sistemas intermedios limítrofes interred ATN (es decir encaminadores por los límites de los dominios). Estos acuerdos abarcan la asignación de los derechos por servicio de subred, contabilidad PNUD de usuario de extremo, y el nivel de seguridad, fiabilidad, disponibilidad e integridad necesario en los enlaces de interconexión de la subred. Así como la estructura de la interred ATN, todos los explotadores de sistemas intermedios limítrofes deben satisfacer determinados niveles de seguridad, fiabilidad, disponibilidad e integridad.

Encaminamiento Intradominio.

El encaminamiento intradominio ATN está organizado internamente según una jerarquía de dos niveles, de conformidad con el encuadre de encaminamiento OSI de la ISO (ISO TR 9575). El nivel superior de la jerarquía ejecuta el encaminamiento entre áreas y se denomina Nivel 2. El nivel inferior de la jerarquía ejecuta el encaminamiento de sistemas intermedios dentro de un área y se denomina Nivel 1. Los encaminadores de Nivel 2 constituyen la médula del dominio de encaminamiento y está sujetos a requisitos más estrictos que los encaminadores de Nivel 1. El encaminamiento intradominio ATN se ejecuta mediante un proceso de dos etapas:

- Transmitir la NPDU objeto de dirección al área de destino basándose en evaluar la parte de dirección de área en la dirección NSAP. De esta forma se completa la entrega de la NPDU a un punto de entrada conocido dentro del área de destino.
- Transmitir la NPDU objeto de dirección al equipo principal de destino basándose en evaluar la parte de la ID en la dirección NSAP. De esta forma se completa la entrega de la NPDU a la computadora principal de recepción deseada.

El formato de dirección NSAP ATN está organizado en apoyo de esta arquitectura de encaminamiento intradominio a dos niveles.

Transmisión de Unidades de datos.

Dentro de un dominio de encaminamiento, el encaminador ATN puede deducir si un determinado NSAP está dentro del alcance local o si es necesario remitir la NPDU asociada a un sistema intermedio limítrofe. Si el NSAP está dentro del alcance local, el encaminador puede obtener un trayecto para llegar a este NSAP. El procedimiento de transmisión de las NPDU se ejecuta de la forma siguiente:

- La computadora principal de origen transfiere la NPDU al encaminador local designado que corresponda;
- Según la dirección NSAP de destino, el encaminador local determina si la computadora principal de destino está en el área local, en el dominio local de encaminamiento o en el dominio administrativo local.
- Si la computadora principal de destino está en el área local, la NPDU se retransmite por el encaminador de Nivel 1 a la computadora principal de destino;
- Si la computadora principal de destino está en otra área pero dentro del mismo dominio de encaminamiento, el encaminador de Nivel 1 retransmite la NPDU al encaminador adecuado de Nivel 2; seguidamente la NPDU es retransmitida por encaminadores de Nivel 2 al área destino; la NPDU después de llegar al área de destino se retransmite a la computadora principal de destino mediante encaminadores de Nivel 1;
- Si la computadora principal de destino está en otro dominio de encaminamiento (y por consiguiente en otra área), se ejecuta el encaminamiento de la misma forma que en el caso anterior y el cruce por límites de dominios de encaminamiento tiene lugar entre dos sistemas intermedios limítrofes; y
- Si la computadora principal de destino está en otro dominio administrativo (y, por consiguiente, en otro dominio de encaminamiento), el encaminamiento se efectúa como en el caso anterior y el cruce de los límites de dominios administrativos tiene lugar entre dos sistemas intermedios limítrofes.

Intercambio de información sobre topología intradominio.

El intercambio de información de encaminamiento entre sistemas, dentro de un dominio de encaminamiento, está organizado jerárquicamente y puede describirse de la forma siguiente:

- La información de encaminamiento de Nivel 1 (relativa a sistemas y trayectos en el área local) se difunde por el área local; y
- La información de encaminamiento de Nivel 2 (relativa a encaminadores de Nivel 2 y a trayectos de Nivel 2 en el dominio de encaminamiento), se difunde por el dominio de encaminamiento.

Ninguna información de encaminamiento intradominio se transmite pasando por los límites de los dominios de encaminamiento. La información de encaminamiento se propaga utilizando el protocolo ES-IS (ISO 9542) y el protocolo IS-IS (ISO 10589);

- El protocolo ES-IS funciona por una sola red, independientemente de los dominios de encaminamiento y de la organización de las áreas. El protocolo permite que cada ES descubra sus IS vecinas y que cada IS descubra sus ES vecinas. Además, puede utilizarse entre las IS de forma que cada IS tenga la posibilidad de descubrir sus IS vecinas.

- El protocolo IS-IS funciona según los dominios de encaminamiento y la organización de las áreas. Está diseñado para tener en cuenta una gran variedad de subredes (Subredes de topología general, subredes de radiodifusión, subredes punto a punto). El protocolo permite que cada IS, dentro de un dominio de encaminamiento, se asegure de que una IS vecina está en el mismo dominio de encaminamiento y el mismo nivel.

Utilizando el protocolo IS-IS, cada encaminador de Nivel 1 genera unidades PDU de estado de enlace de Nivel 1 (que describen los enlaces entre el encaminador y todas sus IS y ES vecinas) que se propagan entre el encaminador de Nivel 1 dentro de un área determinada. Cada encaminador de Nivel 2 genera PDUS de estado de enlace de Nivel 2 (que describen los enlaces entre encaminador y todas sus IS de Nivel 2 vecinas) que se propagan a todos los encaminadores de Nivel 2 dentro de un dominio de encaminamiento.

Descripción de las operaciones de protocolo ATN.

La función de la arquitectura de protocolo ATN consiste en definir un entorno dentro del cual puede ejecutarse la transferencia confiable de datos de extremo a extremo, extendiéndose por las subredes previstas de datos de a bordo, aeroterrestres y de base terrestre, al mismo tiempo que proporciona la ínter funcionalidad entre estas redes. Se pone críticamente de relieve la ínter funcionalidad para transferencia de datos de sistema de extremo a sistema de extremo. Si se observara una serie de especificaciones normales de interfaz para el intercambio de datos de extremo a extremo entre direcciones globales (es decir NSAP), entonces sería posible la ínter funcionalidad de transferencia de datos entre tale sistemas de extremo. La ATNPA proporciona este nivel de ínter funcionalidad utilizando normas de protocolo de interfaz ISOPA en las subcapas de subred y del usuario de los servicios de comunicaciones. En la arquitectura de protocolo de la ATN se incorpora el Plan de direccionamiento de punto de acceso al servicio de red como aplicación de las normas de direccionamiento de la capa de red ISO y se incorpora el plan de encaminamiento en apoyo de las operaciones de encaminadores entre redes y de las operaciones de la capa de red del sistema de extremo. Esta arquitectura ha sido subdividida según un esquema lógico para fines de descripción final y de definición de requisitos de protocolo:

- Operaciones de subred (comprendidas la de enlace de datos y la física).
- Operaciones entre redes (comprendida la retransmisión y el encaminamiento).
- Operaciones de transporte; y
- Operaciones de las capas superiores (aplicación, presentación, sesión).

Esta arquitectura representa una subdivisión del modelo de referencia ISO adaptable a la normalización aeronáutica, con el fin de mantener el nivel más elevado posible de conformidad con la ISOPA en cada capa del protocolo.

Interfaces de la arquitectura de protocolo de la ATN.

La entidad entre redes indicada ejecuta todas las funciones de cabeza de línea al interior de la ATNPA, mientras que la capa de subred ejecuta la transferencia de información de supervisión y de paquetes de datos en el entorno de la red local. La entidad entre redes es responsable de evaluar la dirección NSAP y de seleccionar el trayecto de subred por el cual debe llegarse a la dirección NSAP. Las entidades de subred deben de transportar la información de dirección NSAP de forma transparente, pero no se exige que ejecuten funciones de retransmisión o de encaminamiento basándose en el contenido de la dirección NSAP.

Consideraciones relativas al protocolo.

En la ATN existen tres tipos de subred, es decir, la de aviónica, la aeroterrestre y la de base terrestre. Estas tres subredes tienen características diferentes siendo probablemente la diferencia más importante que la subred aeroterrestre es en general de anchura de banda más limitada que las otras dos subredes.

Los protocolos de subred pueden clasificarse en el modo sin conexión y en el modo por conexión en la forma descrita anteriormente cuando los usuarios de extremo intercambien múltiples mensajes, el protocolo por conexión usa de forma más eficaz la anchura de banda de comunicaciones puesto que la dirección y la información QOS se envían una sola vez. Por consiguiente, el protocolo por conexión tiene la característica conveniente de ser más eficaz a medida que aumenta la demanda. Esta mejora de la eficacia compensa con creces el aumento de complejidad del modo por conexión si se compara con la del protocolo sin conexión. Se recomienda, por consiguiente, utilizar en las subredes aeroterrestres, de anchura de banda limitada, el protocolo de subred por conexión. Puede seleccionarse los protocolos de subred, ya sea por conexión o sin conexión en el caso de las subredes de aviónica o terrestres en las que lo principal no sea la anchura de banda.

Aunque no es estrictamente necesario adoptar un protocolo común normalizado de interfaz de subred para todas las subredes aeroterrestre, esta simplifica en gran manera la aplicación y convalidación de los procesos de interred puesto que sólo se necesita un único paquete de programación de comunicaciones al servicio de interfaz con las diversas subredes aeroterrestres. El protocolo de nivel de paquete 8208 de la ISO ha sido adoptado para esta interfaz.

Operaciones entre redes.

Las operaciones entre redes ATNPA forman el núcleo de la interred aeronáutica y se describen en detalle dentro del plan de direccionamiento NSAP de la ATN y del plan de encaminamiento de capa de red ATN. En esencia la arquitectura entre redes ATN puede resumirse como sigue:

- La interred aeronáutica está compuesta por diversas tecnologías de subred: de aeronave, aeroterrestre y de base terrestre, utilizándose un protocolo entre redes en modo sin conexión para concatenar estas subredes proporcionando la conexión a nivel mundial.
- Debe proporcionarse un encaminador ATN en cada frontera de subredes (es decir, dentro de cada sistema de extremo y de cada sistema intermedio) para la interconexión de estas diversas subredes.
- Cada encaminador ATN es responsable de:
 - Retransmitir los PDU entre redes hacia el sistema de extremo de destino mediante un protocolo de apoyo de acceso a la subred (SNAcP).
 - Siguiendo dinámicamente la conexión disponible de subred para facilitar este proceso de retransmisión.
 - Comunicando a los encaminadores adyacentes los cambios de conexión y de calidad de servicio mediante el protocolo de intercambio de información de encaminamiento.
- Las subredes ATN de apoyo pueden funcionar en el modo por conexión o en el modo sin conexión. A cada encaminador ATN se incorpora una facilidad de convergencia dependiente de la subred (SND CF) que administra el protocolo de acceso a la subred para cada subred disponible y que establece el acoplamiento de los PDU entre redes y a partir de un formato conveniente para la transferencia de subred.

En el protocolo entre redes 8473 de la ISO se proporciona el servicio de red en modo sin conexión de la ATN. La capa de transporte utiliza este protocolo para la transferencia de mensajes entre procesos por las subredes que conectan entre sí las computadoras principales de comunicaciones; además, el protocolo entre redes ATN se utiliza para transportar protocolos de gestión de encaminamiento y de red entre las entidades de capa de red que intervienen.

El protocolo entre redes ATN ha sido seleccionado para obtener la máxima eficacia interred mediante la simplificación de las operaciones de retransmisión de encaminamiento; por esta razón, se excluye específicamente de las operaciones entre redes ATN cualquier forma de intervención de extremo a extremo. La capa de transporte ATN es responsable únicamente de la transferencia confiable de datos de extremo a extremo.

Operaciones de transporte

Generalidades.

Las operaciones de transporte ATNPA proporcionan la interfaz de computadora principal con la interred aeronáutica. Estas operaciones pueden ejecutarse utilizando uno o dos enfoques, por conexión o sin conexión según se describe en el documento ISO 8072.

El supo de un servicio de transporte por conexión (COTS) sirve de apoyo al establecimiento de una conexión de transporte entre las entidades de capa superior antes de la transferencia de datos y mantiene una relación entre todas las unidades de datos del protocolo de transporte (TPDU) transferida por esta conexión. Esta relación puede utilizarse para proporcionar control de circulación de extremo a extremo como por ejemplo, de acuse de recibo de la entrega. El COTS se seleccionará si los procesos de aplicación entre pares exigieran un intercambio repetitivo de TPDU o si se necesitarán control de flujo de extremo a extremo, control de errores y acuse de recibo de la entrega.

El servicio de transporte sin conexión (CLTS) permite la transferencia de datos de extremo a extremo sin conexión y proporciona la integridad del transporte de datos siempre que no hay relación entre las TPDU. El CLTS se seleccionaría cuando los procesos de aplicación entre pares exijan intercambio de TPDU sin control de flujo de extremo a extremo o sin acuse de recibo de la entrega. Este servicio tiene como objetivo primario favorecer aquellas aplicaciones que exigen una sola transferencia de datos por un solo camino.

Consideraciones relativas al protocolo.

El servicio de transporte por conexión ISO se proporciona con el protocolo de transporte ISO 8073. esta norma comprende cinco clases distintas de protocolos de transporte. Debe seleccionarse una clase apropiada. De funcionamiento mediante los prerrequisitos del proceso de aplicación. El servicio de transporte en modo sin conexión ISO se proporciona con el protocolo de transporte ISO 8602. debe seleccionarse un protocolo apropiado de transporte (es decir, COTS o CLTS) para cada proceso de aplicación basándose en los requisitos de dicho proceso y en los protocolos de apoyo de capa superior.

Operaciones de las capas superiores.

Las operaciones de las capas superiores ATNPA comprenden protocolos que funcionan con las capas de aplicación, presentación y sesión. Estas capas varían grandemente en función del entorno y de los requisitos del proceso de aplicación; por consiguiente, el primer requisito impuesto a la serie de protocolos de la capas superiores es que debe conformarse con las normas adecuadas ISO y que debe ser capaz de interacción con los protocolos ATNPA. Además, la serie de capas superiores debe ser capaz de expresar las direcciones globales y la calidad de servicio en función de normas que se conformen a la ATNPA.

Descripción de un plan de direccionamiento entre redes.

El plan de direccionamiento de punto de acceso al servicio de red OSI (NSAP), para la red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN), está siendo elaborado para proporcionar la información de direccionamiento de la capa de red que han de utilizar los sistemas de extremo ATN y los sistemas intermedios de la ATN situados en las fronteras de las subredes de aeronave, aeroterrestres y de base terrestre.

Esbozo del plan.

En el plan de direccionamiento NSAP de la ATN se especifica un formato jerárquico de base nominal que puede aplicarse a la identificación de sistemas de extremo tanto del servicio fijo como el servicio móvil. Este enfoque facilita la identificación exclusiva de un sistema de extremo de destino con una dirección compuesta directamente por el sistema de extremo originario, prescindiéndose así de la dependencia de los servicios de direccionamiento en el entorno de subredes con limitación de anchura de banda.

En el plan de direccionamiento NSAP de la ATN se prescribe también de la dependencia de un formato particular de dirección de subred, ya que los sistemas de extremo y los sistemas intermedios de la ATN ejecutan la transferencia entre el formato de dirección NSAP de la ATN y el formato requerido en la subred del siguiente punto nodal. Esto facilita la interfuncionalidad de transporte de datos entre los diversos usuarios de extremo y los proveedores de servicios en el dominio aeronáutico, al mismo tiempo que permite que estos usuarios de extremo y proveedores de servicio mantengan el control local de las operaciones del sistema de extremo y de la subred.

Conceptos del direccionamiento entre redes.

La interfuncionalidad de las subredes aeronáuticas permite que las aplicaciones de abordaje comuniquen fácilmente con las aplicaciones pares de base terrestre por cualquier enlace de datos que sea capaz de llegar al destino deseado y que proporcione la calidad deseada de servicio. Para facilitar el intercambio de datos a través de una diversidad de subredes heterogéneas es necesaria la normalización de los protocolos de red y de los formatos de dirección de red.

Esta norma de direccionamiento de red se denomina plan de direccionamiento mundial puesto que las direcciones resultantes permiten la identificación sin ambigüedades de los sistemas o procesos de aplicación dentro del espacio combinado de dirección de todas las subredes participantes. De hecho, las subredes participantes funcionan como una sola red mundial integrada abarcan del espacio común de dirección mundial. El encaminamiento de los mensajes entre las redes puede ejecutarse mediante cabezas de línea que conectan en todo este espacio común de direcciones una vez se hayan normalizado el formato y el contenido de dirección mundial.

Objetivos del direccionamiento entre redes.

En los párrafos que siguen se resumen los objetivos de un plan de direccionamiento global diseñado para prestar servicios a los usuarios aeronáuticos. Estos elementos se clasifican como objetivos técnicos o administrativos.

Objetivos técnicos.

Los objetivos técnicos son los siguientes:

- En las direcciones mundiales deben identificarse sin ambigüedad tanto la fuente como el destino del mensaje.
- Los formatos de dirección mundial deben ser útiles para los mensajes tanto de enlace ascendente como de enlace descendente y deben prestar servicios a los entornos de comunicaciones tanto del servicio móvil como del servicio fijo.
- Los formatos de dirección mundial deben facilitar la codificación / comprensión por separado o combinadas de los campos de dirección: La opinión debería ser técnicamente conveniente para la subred que transfiere la información de dirección.
- Las direcciones de destino no deben ser dependientes de las direcciones de la fuente.
- En las direcciones mundiales no debe ser específicamente ni impedirse cualquier ruta particular entre fuente y destino.
- Las direcciones actuales deben ser independientes de las modificaciones en la topología mundial de la red.

Objetivos administrativos.

Los objetivos administrativos son los siguientes:

- Las direcciones mundiales deben satisfacer los requisitos de los proveedores de servicios de comunicaciones ATS y AOC.
- Las direcciones mundiales deben dar cabida a los trayectos de comunicaciones que se extienden más allá de las fronteras nacionales y orgánicas.
- En el plan de direccionamiento mundial debe delegarse el control de la designación de dirección de la subred (es decir local), de la definición de formato y de la definición de codificación a las autoridades de la subred.

- En plan de direccionamiento mundial debe ajustarse a las normas de comunicaciones de datos OSI de la ISO.
- Al plan de direccionamiento mundial deben incorporarse, siempre que sea posible, las normas actuales de direccionamiento aeronáutico (es decir OACI, IATA, etc.).

Atributos del plan de direccionamiento de red.

Los atributos clave del plan de direccionamiento NSAP de la ATN se resumen en los párrafos siguientes.

Los sistemas intermedios y los sistemas de extremo de la ATN a cargo de organizaciones ATS y AOC utilizan la dirección NSAP de la ATN y satisfacen los requisitos de las aplicaciones tanto de abordaje como de base terrestre. La información de direccionamiento NSAP de la ATN puede transmitirse por las redes actuales que utilizan tales autoridades.

En el plan de hace uso de los requisitos actuales de direccionamiento para facilitar la introducción por fases en el ámbito de la comunicada aeronáutica.

- Los requisitos actuales de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) se utilizan para identificar los emplazamientos ATS (Indicadores de lugar, Doc. 7910) y los grupos principales del servicio fijo (es decir de base terrestre) (Designadores de empresas explotadores de aeronaves, de entidades oficiales y de servicios aeronáuticos, Doc. 8585).
- Los identificador de aeronave se utiliza para identificar los grupos de computadores principales del servicio móvil (es decir con base en la aeronave).
- Los requisitos actuales de la Asociación del Transporte Aéreo Internacional (IATA) se utilizan para identificar organizaciones y emplazamientos AOC (Airline Coding Directory, IATA) y para identificar los grupos de computadoras principales del servicio fijo AOC (ATA/IATA Interline Communications Manual, IATA).
- Las normas actuales del Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) se utilizan para identificar las organizaciones ATS.

Conformidad OSI.

Este plan de direccionamiento NSAP de la ATN se conforma a la definición de servicio de capa de red OSI de la ISO y al plan de direccionamiento de la capa de red OSI de la ISO.

La dirección NSAP de la ATN está destinada a ser utilizada en el entorno del protocolo de red sin conexión OSI de la ISO (ISO 8473). En el plan de direccionamiento NSAP de la ATN se define un formato de dirección que consta de campos que están en correspondencia con la parte específica del dominio de dirección NSAP de la ISO (DSP) seleccionada mediante un designador de código internacional (ICD) de la OACI.

El formato de dirección apoya el funcionamiento de protocolos de encaminamiento de conformidad con el encuadre de encaminamiento de la OSI (ISO/IEC JTC 1/N 210, DTR 9575) y puede utilizarse en los protocolos ISO de encaminamiento de sistema de extremo a sistema intermedio (ISO/IEC JTC 1/SC 6/N 5006 e ISO 8743) y en el protocolo ISO de encaminamiento intradominio (ISO/IEC JTC 1/SC 6/N 4748, PDTR 9577).

El formato de dirección permite la codificación selectiva o combinada de campos de dirección para la transferencia de subred, a fin de minimizar los bits suplementarios de encabezador de dirección transferida. La dirección NSAP de la ATN puede transportarse entre encaminadores ATN a través de enlaces nuevos o existentes de datos, con el proceso de codificación individualmente optimizado para cada subred participante.

El plan de direccionamiento NSAP de la ATN sintetiza los requisitos de direccionamiento y la administraciones de direccionamiento y la administraciones de direccionamiento actuales en forma de requisitos de retransmisión y de encaminamiento de una red mundial de datos aeronáuticos.

Codificación de dirección.

El plan de codificación de dirección NSAP ATN se basa en los requisitos definidos por la ISO en las correspondientes especificaciones de protocolo de capa de red. En esta codificación se define la forma que deben tener las direcciones NSAP incorporadas a los encabezadores normalizados de protocolo de capa de red ISO y no se prescribe el procesamiento semántico o la comprensión de contenido en las direcciones NSAP. El resultado de la fase de codificación de las direcciones de red es una forma susceptible de lectura mecánica de la sintaxis abstracta definida en el plan de direccionamiento NSAP de la ATN. Obsérvese que este procedimiento sirve de apoyo a la codificación de cualquier dirección NSAP que se ajuste a las normas de capa de red ISO.

En el plan de direccionamiento NSAP de la ATN se define una parte de dominio inicial (IDP) “decimal” que se ajusta la formato ISO/ICD y una parte específica de dominio (DSP) “binaria” que consta de ocho campos representados en notación hexadecimal o por caracteres. Aunque esta notación constituye una forma de codificación de datos y podría transferirse transparentemente dentro de un encabezador de protocolo de capa de red, se han establecido algunas normas a las que es preciso ajustarse para aplicar los procedimientos de codificación independientes de la red.

Administrados de dirección.

Generalidades.

Un aspecto crítico de cualquier plan de direccionamiento es el procedimientos aplicado a la administración de la atribución y asignación de direcciones. Este procedimientos debe estructurarse de forma que se elimine la posible duplicación de direcciones y debe ser flexible para permitir la asignación fácil d direcciones. El plan de direccionamiento NSAP de la ATN está diseñado de forma al mismo tiempo bien estructura y flexible y hace uso de las normas vigentes de dirección aeronáutica en la medida de lo posible. Estas normas y los procedimiento para utilizarlas son en general conocidos y comprendidos por la comunidad aeronáutica en la medida de lo posible. Estas normas y los procedimientos para utilizarlas son el general conocidos y comprendidos por la comunidad Aeronáutica. Los indicadores de lugar se publican en el Doc. 7910 de la OACI y los designadores de empresas explotadores de aeronaves, entidades oficiales y de servicios aeronáuticos en el Doc. 8585 de la OACI.

Definición de sintaxis.

La sintaxis de direcciones NSAP de la ATN (es decir límites, tamaños y formatos de campo) ha de ser especificada y administrada por la OACI.

Definición de semántica.

La semántica utilizada para direcciones NSAP de la ATN (es decir contenido e interpretación de los campos) ha de ser especificada y administrada por la OACI. La autoridad para encargarse del contenido semántico de determinados campos puede ser delegada por la OACI a los Estados o a otras autoridades encargadas de establecer normas aeronáuticas y de telecomunicaciones.

Descripción del plan de encaminamiento entre redes.

Está en proceso de elaboración el plan de encaminamiento de capa de red de la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (ATN) para definir el protocolo y los procedimientos que han de utilizar los encaminadores ATN (ATNR) para ejecutar la retransmisión y el encaminamiento de las unidades de datos de protocolo de red (NPDU) desde un sistema de extremo aeronáutico remitente a un sistema de extremo aeronáutico de destino. En este plan, denominado ATNRP se define también la arquitectura y la topología por las que se ha de regir el funcionamiento del sistema de extremo (ES) o del sistema intermedio (IS) aeronáuticos y se definen las fronteras administrativas y las responsabilidades relativas al mantenimiento de dicha arquitectura y a su topología.

Examen general del plan.

El plan de encaminamiento de la ATN es una realización de la arquitectura de encaminamiento OSI que ha sido optimizada para el entorno aeronáutico. Este entorno comprende los ES e IS de los servicios fijo y móvil, administrados por autoridades privadas, públicas o gubernamentales. Además, en el ATNRP se incorporan aspectos de funcionamiento con redes de anchura de banda limitada a fin de optimizar el rendimiento en el entorno actual del servicio móvil aeroterrestre, al mismo tiempo que se facilita la interconexión flexible con subredes convencionales de base terrestre y la evolución hacia medios futuros del servicio móvil de mayor anchura de banda.

Para satisfacer estos objetivos en ATNRP permite la conformidad con todas las normas pertinentes de arquitectura y protocolo de capa de res OSI de la ISO. El ATNRP está diseñado para reportar los beneficios de funcionamiento de sistemas abiertos al entorno aeronáutico de recursos limitados y para facilitar la evolución de un encaminados ATN internacionalmente normalizado.

Conceptos de encaminamiento entre redes.

Estructura del dominio de encaminamiento.

La colección de los elementos aeronáuticos interconectados de sistema de extremo (ES), de sistema intermedio (IS) y de subred (SN) que administran las autoridades internacionales para las comunicaciones de datos aeronáuticos se denomina red de telecomunicaciones aeronáuticas. El entorno o dominio, de la ATN abarca todos los usuarios de extremo del servicio de comunicaciones de datos relacionados con el espacio aéreo internacional, comprendidos los usuarios de extremo de los servicio de tránsito aéreo (ATSA) y del control de las operaciones aeronáutica (AOC) así como los usuarios de extremo de la aviación general (GA). Por consiguiente, el dominio de la ATN (ATND) es propiamente de carácter internacional y entre organizaciones, puesto que las comunicaciones de datos se extienden más allá de las fronteras nacionales y de organizaciones.

Los servicios de aplicación de usuario de extremo, así como las subredes de datos al servicio de tales usuarios, pueden funcionar a cargo de autoridades gubernamentales o a cargo de entidades que vendan dichos servicios con fines gananciales. El dominio de la ATN se subdivide a lo largo de las fronteras entre organizaciones en dominio de encaminamiento, para optimizar el encaminamiento del tráfico de comunicaciones de datos. Las áreas ATSN son administradas por los proveedores de atribuciones servicios aeronáuticos gubernamentales y de otra índole y sus atribuciones están definidas de conformidad con las fronteras entre organizaciones. Esto permite que las administraciones actuales mantengan el control local y además se tienden a reconocer las fronteras probables entre circuitos densos de tráfico de comunicaciones.

Encaminamiento dentro del dominio ATN.

Los sistemas intermedios ATN se sirven de conexiones conocidas de subred para ejecutar el encaminamiento del tráfico de mensajes entre los sistemas de extremo aeronáuticos, posiblemente con la intervención de uno o más encaminadores ATN que cooperen. Las decisiones de encaminamiento se basan en la información sobre conexiones que se intercambie entre los encaminadores y los sistemas de extremo, utilizada juntamente con la dirección NSAP y con la información sobre calidad de servicio (QOS) proporcionada por el usuario de extremo remitente.

Encaminamiento por subredes no aeronáuticas.

Muchos trayectos de comunicaciones entre elementos ES e IS de la ATN utilizan subredes que funcionan a cargo de autoridades aeronáuticas, sin embargo, algunos elementos ES e IS de la ATN pueden estar interconectados mediante una o más subredes no aeronáuticas tales como las que funcionan a cargo de las autoridades tales como las que funcionan a cargo de las autoridades de correos, teléfonos y telégrafos (PTT o de la red pública de datos (PDN). Aunque las operaciones internas de las subredes PTT o PDN caen fuera del dominio administrativo de las autoridades aeronáuticas, las operaciones de la capa de red tiene lugar dentro de encaminadores administrados por la ATN que están situados en las fronteras de estas subredes. Por consiguientes, estas operaciones de la capa de red se consideran parte del dominio de la ATN.

Objetivos del encaminamiento entre redes.

Los objetivos del encaminamiento aeronáutico dependen de la forma en que las aplicaciones aeronáuticas y los grupos de usuarios interaccionan por los tres entornos de subred. Los objetivos son:

- Proporcionar transferencia transparente de datos entre los sistemas de extremo aeronáuticos de forma coherente con la estructura y limitaciones orgánicas:
- Funcionar en un entorno multinacional relegando el control de asuntos nacionales a las autoridades nacionales.

- Funcionar cruzando fronteras de corporaciones relegando el control de asuntos corporativos a las autoridades correspondientes.
- Apoyar el interfuncionamiento de sistemas de extremo y sistemas intermedios gubernamentales, primados y públicos, permitiendo al mismo tiempo la gestión local de la conexión de redes.
- Apoyar la interconexión de los sistemas de extremo y de los sistemas intermedios utilizando una diversidad de tipos de subredes comprendidas las redes de área amplia (WAN) y las redes de área local (LAN).
- Actuar en seguimiento de la reconfiguración dinámica de la topología entre redes, en apoyo de los sistemas de extremo y de los sistemas intermedios del servicio móvil.
- Optimizar el uso de anchura de banda de subred dentro de las limitaciones de las normas pertinentes de protocolo OSI de la ISO.

Conformidad con la OSI.

El ATNRP se conforma al marco de encaminamiento OSI descrito en ISO/IEC JTC 1/N 210, DTR 9575 y puede caracterizarse como enfoque de protocolo de interfuncionamiento de redes de la organización de capa de red en la forma descrita en ISO 8648. al ATNRP se incorporan los procedimientos en ISO 8648. al ATNRP se incorporan los procedimientos correspondientes a los protocolos de capa de red OSI que proporcionan los servicios indicados en las ISO 8348 e ISO 8348/ADI y las normas de protocolo aplicables comprendidas en las ISO 8473, ISO 8208 e ISO 8878. El ATNRP exige que las direcciones NSAP estén conformes con la ISO 8878. El ATNRP exige que las direcciones NSAP estén conformes con la ISO 8348/AD2 y que la sintaxis abstracta, la semántica y la codificación de direcciones NSAP de la ATN se conformen al plan de direccionamiento NSAP de la ATN se conformen al plan de direccionamiento NSAP de la ATN. El ATNRP prescribe el uso de protocolos de encaminamiento OSI comprendidos los indicadores en las ISO 10589 e ISO 9542, según corresponda.

Arquitectura del encaminador ATN.

Generalidades.

El entorno de comunicaciones de datos aeronáuticos abraza una gran variedad de tipos de subredes y de estrategias administrativas y la ATNRP se hace eco de esta característica en el sentido de imponer muy pocas restricciones a las operaciones internas de una determinada subred o de una facilidad de usuario. Para mantener esta flexibilidad se impone un requisito a cada participante de la ATN: debe existir un encaminador ATN entre las subredes que tengan protocolos distintos en cada frontera entre subredes.

Puesto que el encaminador ATN se aplica a todas las entidades de capa de red ATN, es conveniente utilizar una arquitectura de encaminamiento que permita optimizar la capacidad de encaminamiento que permita optimizar la capacidad de funcionamiento de cada subred interconectada. Esto lleva a un nivel mínimo de funcionalidad necesario en todas las entidades de capa de red (comprendidas las instalaciones tanto ES como IS). La capacidad del encaminador de línea de base puede mejorar con una o más capacidades opcionales basadas en el servicio proporcionado por las subredes subyacentes. El diseño de la ATNR consta de dos principales componentes funcionales.

- Facilidad de interfuncionamiento de redes.
- Facilidad de convergencia dependiendo de la subred.

La facilidad de interfuncionamiento de redes constituye la parte de línea de base de encaminador ATN y es común a todas las instalaciones ATN. La facilidad de convergencia dependiente de la subred es de complejidad variable según los servicios de subred subyacentes locales y constituye la parte opcional del encaminador ATN.

Facilidad entre redes

La facilidad entre redes (GF) ejecuta una retransmisión NPDU y acciona los protocolos de intercambio de información de encaminamiento necesarios para mantener una base de datos local de conexión entre redes. La facilidad entre redes consta de las siguientes funciones:

- Función de retransmisión.
- Función de encaminamiento.

Estas dos funciones pueden ejecutarse dentro de cada encaminador ATN. La función de encaminamiento está primariamente interesada en las actividades de gestión tales como el mantenimiento de la base local de datos de encaminamiento y la coordinación con los encaminadores ATN adyacentes mientras que la función de retransmisión y la función para completar la dirección de red están interesadas en el encaminamiento funcional de las NPDU. La comunicación entre la facilidad entre redes y la facilidad de convergencia dependiente de la subred se lleva a cabo por el protocolo entre redes (IP) de la ATN.

Función de retransmisión.

La función de retransmisión es responsable de captar los datos de la base de información de ida (FIB) en lo que respecta a candidatos disponibles del próximo nudo para una NPDU recibida, evaluando las posibilidades por comparación con los requisitos QOS específicos en la NPDU y gestiona la transferencia subsiguiente de la NPDU a la subred apropiada pro la facilidad de convergencia dependiente de subred. La función de retransmisión se ejecuta con las entidades de red, tanto del sistema de extremo como del sistema intermedio, y selecciona el mejor trayecto de encaminamiento hasta el próximo nudo a base de una lista de trayectos aceptable comprendidos en la FIB.

La función de retransmisión actúa de conformidad con los siguientes atributos de trayecto para determinar la longitud de ruta para cada posible trayecto hasta el siguiente encaminador o hasta el sistema de extremo.

- Coste del siguiente nudo.
- Caudal del siguiente nudo.
- Demora de acceso del siguiente nudo.
- Confiabilidad del siguiente nudo.
- Número acumulado de nudos hasta el destino.

Obsérvese que la función de encaminamiento crea y mantiene la lista de posibles selecciones del siguiente nudo y que cada parámetro puede sopesarse de conformidad con su prioridad dentro de la función de retransmisión.

La función de retransmisión proporciona una interfaz entre encaminadores mediante el protocolo entre des por la subred seleccionada hasta el nudo siguiente. La función d retransmisión requiere que el protocolo entre redes proporcione servicio de red sin conexión (CNLS); cada NPDU se transmite independientemente de las NPDU adyacentes. El encaminador de la ATN utiliza el protocolo entre redes ISO 8473 para retransmitir la NPDU entre los sistemas de extremo y los sistemas intermedios de la ATN.

Función de encaminamiento.

La función de encaminamiento es responsable de mantener las diversas entidades locales de base de datos de encaminamiento, necesarias en apoyo de la función de retransmisión, y de crear y la retransmitir la información de conexión y de gestión entre entidades adyacentes de encaminamiento ATN. La función de encaminamiento consta de los tres elementos siguientes:

- Recopilación y distribución de información de encaminamiento.
- Mantenimiento de la base de información de encaminamiento.
- Cálculo y selección de rutas.

La información de encaminamiento se intercambia entre encaminadores adyacentes para actualizar dinámicamente la base de información de encaminamiento (RIB) de conformidad con la topología de red vigente y con las conexiones vigentes de sistemas de extremo. El elemento de cálculo de ruta utiliza la base de información de encaminamiento para seleccionar una ruta que proporcione conexiones entre un NSAP de fuente y uno de destino e incorpora dicha selección en la base de información de retransmisión para que sea utilizada por la función de retransmisión.

Recopilación y distribución de información.

La recopilación y distribución de información se ejecutan mediante el funcionamiento de los protocolos de intercambio de información de encaminamiento y están orientadas mediante una estrategia local de gestión de red. Estos protocolos proporcionan un lenguaje común para los encaminadores y los sistemas de extremo de forma que éstos conozcan dinámicamente la existencia de los otros y de forma que los encaminadores adyacentes conozcan la existencia de cada uno de ellos así como la existencia de sistemas de extremo a los que puedan llegar. Hay dos categorías de protocolos de encaminamiento, denominada de sistema de extremo a sistema intermedio (ES-IS) y de sistema intermedio a sistema intermedio (IS-IS). Los protocolos de intercambio de información de encaminamiento funcionan por facilidades entre redes mediante el protocolo entre redes requiriendo los CLNS a partir de las subredes de apoyo. El encaminador ATN utiliza el protocolo entre redes ISO 8473 para transferir las PDU de intercambio de información de encaminamiento entre los sistemas de extremo y los sistemas intermedios de la ATN.

Los protocolos de encaminamiento ES-IS funcionan por facilidades entre redes, de sistemas de extremo y de sistemas intermedio adyacentes, primordialmente para notificar a un IS designado el estado de un ES local y para notificar a un ES local el estado de su IS designado. La ATN utiliza el protocolo ES-IS especificado en la ISO 9542. obsérvese que cuando los ES residen en una subred de radiodifusión, este protocolo puede también proporcionar información de encaminamiento local a los ES adyacentes.

Los protocolos de encaminamiento IS-IS funcionan por las facilidades entre redes de sistemas intermedios adyacentes para elaborar un conocimiento local de la topología global de red. La ATN utiliza los protocolos IS-IS especificados en ISO 10589. los protocolos de encaminamiento IS-IS funcionan en tres niveles de conformidad con la jerarquía de encaminamiento ATNRP. Los encaminadores pueden actuar como Nivel 1, Nivel 2 y como encaminadores de dominio. Los protocolos IS-IS permiten que los encaminadores adyacentes notifiquen a sus pares el modo seleccionado de encaminamiento.

Los procedimientos de protocolo IS-IS comprenden un mecanismo para la retransmisión de información a las direcciones NSAP que puedan alcanzarse por la red; la amplitud con la que la retransmisión se lleva a cabo puede terminarse mediante medidas de gestión. Este mecanismo permite que los IS tengan conocimiento de los ES distantes (es decir que estén separados por más de un nudo de la subred) y del método requerido para llegar a ellos.

Mantenimiento de la base de información de encaminamiento.

La base de información de encaminamiento contienen información completa relativa a los ES e IS adyacentes, tanto locales como globales, y se mantiene a base de información recibida mediante protocolos de intercambio de información de encaminamiento IS-IS. Esta información se presenta en cuatro categorías denominadas como sigue:

- Tablas de encaminamiento al nudo siguiente.
- Lista de ES e IS vecinos.
- La QOS medida de elementos adyacentes de subredes.
- Mapas de topológicos de red.

Las tablas de encaminamiento al nudo siguiente contienen información sobre posibles nudos de subred que pudieran seleccionarse para encaminar hacia la dirección NSAP de destino. Esta información se recopila a partir de los NPDU que transmiten información de encaminamiento y puede incluir enmascaramientos de dirección NSAP, direcciones NSAP o NET. La lista de ES e IS vecinos permite determinar la topología local de subred mientras que las tablas QOS de subred proporcionan información para seleccionar un trayecto aceptable de base de la QOS requerida. Los mapas topológicos de red proporcionan una vista general de las conexiones globales de red y se utilizan para el cálculo de trayectos más cortos mediante el algoritmo de encaminamiento funcional.

Cálculo y selección de rutas.

La función de cálculo y selección de rutas construye la base de información que haya de transmitirse a partir de los datos que figuras en la base de información de encaminamiento. Esta función actúa en las direcciones NSAP de remitente y de destino y en la calidad requerida de servicio para determinar la NET ya sea del sistema de extremo de destino ya sea de la siguiente retransmisión de capa de red. A continuación se utiliza esta NET para determinar el SNPA requerido para el nudo siguiente.

Facilidad de convergencia dependiente de la subred.

La facilidad de convergencia dependiente de la subred (SNDCF) acopla las características y servicio de una subred particular a las características y servicio exigidos por la facilidad entre redes. Como tal, la composición de la SNDCF variará en función de los servicios locales de subred disponibles y constará de una o más de las siguientes funciones:

- Función de gestión de conexión.
- Función de compresión NPDU.
- Función de acceso a la subred.

En general, en toda la aplicaciones del encaminador ATN se incluirá una función de acceso a la subred mientras que la función de gestión de conexión y la función de compresión NPDU se aplicarán solamente en la medida necesaria. La SNDCG permite que cada administración adopte las características de encaminadores ATN en función del rendimiento óptimo dentro de un determinado entorno de subred.

Función de gestión de conexión.

La función de gestión de conexión es necesaria para permitir que el protocolo entre redes en modo sin conexión funcione de preferencia a un protocolo de acceso a las subred den modo de conexión. La función de gestión de conexión establece y libera las conexiones de subred, así como la correspondencia de los parámetros QOS en modo sin conexión con el entorno en modo de conexión.

Establecimiento de la conexión. Después de recibida una NPDU de una facilidad entre redes, la función de gestión de conexión es responsable de examinar las direcciones NSAP y la información QOS para determinar si existe una conexión conveniente de subred. La función de gestión de conexión ejecuta cualquier correspondencia requerida entre parámetros QOS de la NPDU antes de hacer esta determinación. Si se dispone de tal conexión, no es necesaria ninguna medida ulterior. Si no existiera ninguna conexión conveniente, la función de gestión de conexión abriría la conexión necesaria registrado cualquier decisión de correspondencia QOS necesaria que esté asociada con dicha conexión. En todo caso, la NPDU se transmite a la función de compresión NPDU para ulterior procesamiento de la NPDU.

Liberación de conexión. La función de gestión de conexión es responsable de vigilar el estado de todas las conexiones abiertas de subred. Este estado comprende la información relativa a las actividades de cada conexión para mantener una lista de candidatos de liberación de gestión. La liberación de la conexión de gestión puede ocurrir como resultado de que no haya actividad de conexión, de una demande de recursos a partir de una NPDU de prioridad superior, o de la optimización del coste de la conexión.

La estrategia adoptada para la liberación de conexión dentro de una determinada SNDCF dependerá de los objetivos locales de gestión, pero en general se basará en los criterios de temporización de conexión o de inactividad.

Función de compresión NPDU.

La función de compresión NPDU puede aplicarse a una SNDCF que funciona por una subred con anchura de banda limitada. En este caso, se descartan algunos campos de encabezamiento de protocolo NPDU que solamente son pertinentes al establecimiento de la conexión. Los campos de datos NPDU se incluyen entonces en los correspondientes campos de la SNPDU. El proceso es el inverso en el SNDCF receptora, permitiéndose crear de nuevo la NPDU para el siguiente ATNR.

Función de acceso a la subred.

La función de acceso a la subred es necesaria para ejecutar cualquier convergencia necesaria entre el protocolo entre redes y el protocolo de acceso a la subred local (SNAcP). Este proceso de convergencia sigue la función opcional de compresión NPDU y varía en función de la índole del protocolo de subred del nudo siguiente. La función de acceso a la subred convierte la NPDU procesada en una unidad de datos de protocolo de subred (SNPDU) para la transferencia por la subred del nudo siguiente.

6

ACARS



SISTEMA DE NOTIFICACIÓN
Y DIRECCIONAMIENTO DE COMUNICACIONES
EN LA AERONAVE.

Aplicaciones para el ACARS.

ACARS es un sistema de comunicaciones de enlace de datos que envía mensajes entre la aeronave y un sistema de tierra, incluyendo la computadora huésped de la aerolínea (Para las comunicaciones operacionales de la aerolínea (AOC), computadores huéspedes ATC (para mensajes ATC), y otras partes.

El requerimiento inicial para ACARS fue reducir el número de mensajes de rutina de voz y radio, logrando que la tripulación de vuelo enviara mensajes preformateados para específicas partes del vuelo. Estos mensajes incluyen toda la fraseología desde el despegue hasta el aterrizaje.

El ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System), no es estándar de la OACI para sistemas de enlace de datos. El principio de comunicación se basa en comunicaciones administrativas de aerolínea (AOC) y esta habilitada como un servicio de VHF o Satélite.

Los mensajes en el enlace de datos de bajada de la aeronave pueden ser escritos manualmente por la tripulación de vuelo usando una unidad de teclado o pueden ser generados automáticamente por ACARS a través de uno de los sistemas de interfase de la aeronave.

ACARS proporciona un sistema móvil de datos en VHF o Satélite, orientado a la conexión, canales de 25 KHz. a 2.4 Kbit/s, dos frecuencias en Europa y una en USA. En la siguiente lista se muestran algunas de las aplicaciones más usadas de ACARS:

- Identificación de la tripulación.
- Tiempos OOOI.
- Despachos y actualización del reporte del clima.
- Performance del motor.
- Nivel de combustible.
- Servicios de reporte del tiempo.
- ATIS (Automatic Terminal Information Service).
- Estatus del vuelo (retardos y contratiempos, etc).

El servicio de ACARS es proporcionado por organizaciones como SITA y ARINC.

El sistema ACARS es soportado por una red de tierra remota RGSs. Todas las estaciones de tierra remotas son conectadas al procesador de servicio de enlace de datos (DSP) de uno de los proveedores de servicios. El DSP es conectado al grupo de usuarios de tierra a través de un MSS (Message Switching System). La red de tierra es dividida en 2 partes:

1. La primera sección proporciona conectividad entre todas las estaciones transmisoras (Estaciones remotas en tierra) y
2. Una central de procesamiento (DSP) que en ruta los mensajes al correcto RGS de la aerolínea (computador huésped de la aerolínea respectiva). La computadora de la aerolínea está conectada al DSP por medio del MSS.

La misma red física podrá ser usada para la conectividad de ambas partes de la estación terrestre y los computadores huéspedes de las aerolíneas, Aunque diferentes protocolos son usados para la comunicación. El esquema de la conexión de la red terrestre se muestra en la figura 6-1:

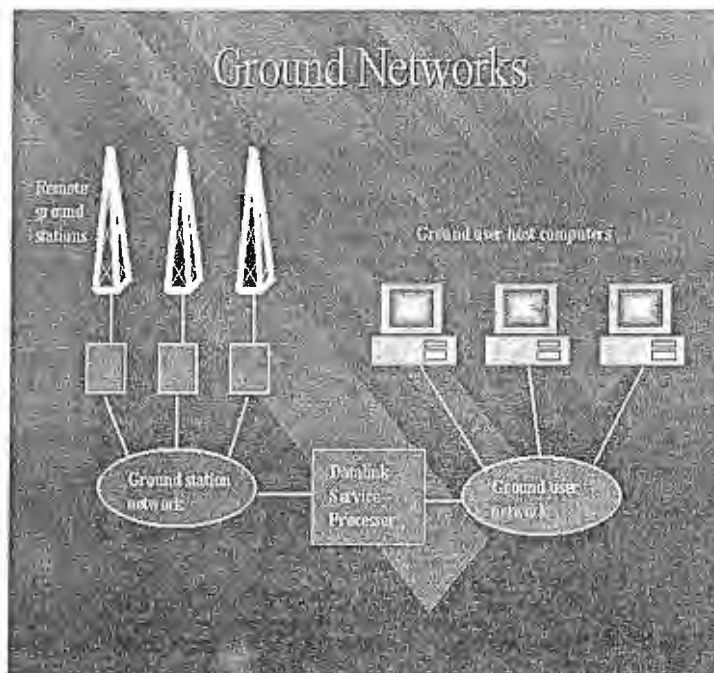


Figura 6-1 - Esquema de la conexión de red terrestre.

El componente clave para el sistema de vuelo es el ACARS MU. La unidad de manejo de ACARS (MU) proporciona mensajes preformateados o preformados en el enlace de datos de bajada. Esta unidad puede determinar cual canal ACARS esta libre y habilitado. Los mensajes de subida del enlace son chequeados por la MU para estar seguros de que todos los mensajes son validos, determinando de esta manera si el mensaje es aceptado o no. El MU chequea primero el mensaje saliente para ver si este tiene la dirección de la aeronave o el numero de vuelo(cualquiera de los dos es valido), Si la dirección es correcta, el mensaje es enviado y recibido en la estación terrestre. La tripulación de vuelo esta notificada por la unidad de control (CU) que el mensaje ha sido recibido. La MU esta es conectada a una radio estándar de VHF e interfaces con la unidad de control.

La ACARS MU es responsable de la generación del mensaje ACARS de acuerdo a la información provista por la unidad de entrada. Para los mensajes de enlace de subida de datos, la MU dé modula y descodifica las tramas. La MU también proporciona funciones de control de enlace.

Además la MU chequea la integridad de la recepción de mensajes, por medio de la secuencia de chequeo de bloque (BCS), transmitida con cada bloque, si el bloque pasa este chequeo, la MU retorna un acuse de recibo (ACK) a la estación de tierra. Esta también proporciona las funciones de control necesarias para el envío y recepción de mensaje multibloque (mensajes con mas de 220 caracteres, divididos en bloques).

La ACARS MU es programada con las frecuencias base de la estación terrestre, esta sincroniza en cada frecuencia base y detecta las transmisiones hechas por la estación en tierra. En la figura 6- 2 se muestra el diagrama de bloques de la MU.

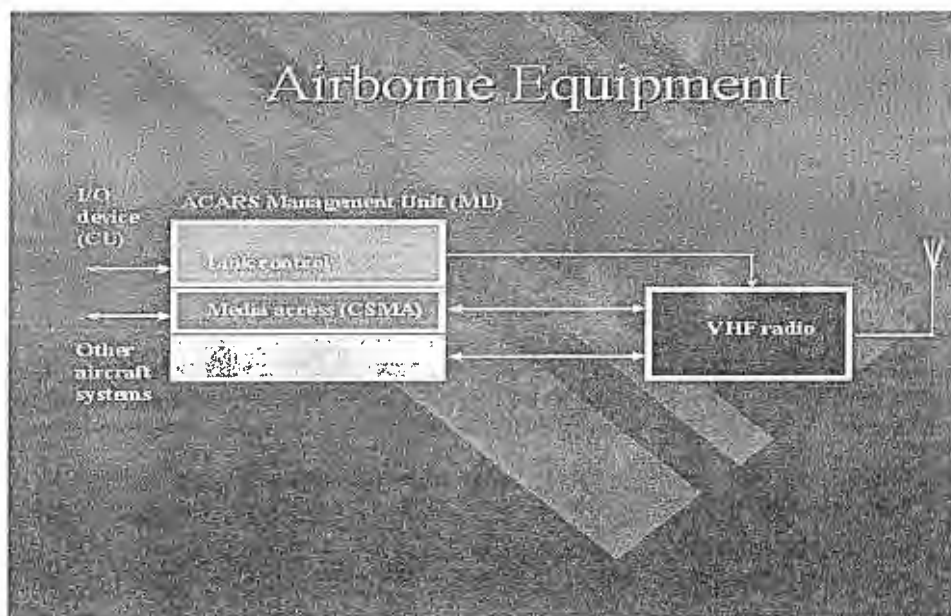


Figura 6-2 - Diagrama de bloques de la ACARS MU.

Proveedores del servicio.

Dentro de los proveedores del servicio tenemos a ARINC (Norte América), Transport Canadá (Canadá), Aviacom (Japón), SITA (Europa y el resto del mundo). Los canales de VHF de ACARS son también utilizados para comunicaciones de voz. Las frecuencias usadas :

- 131.550 MHz (ARINC en USA, SITA en Australia, Parte este del pacifico).
- 131.725 MHz (SITA en Europa, Medio Oeste, África y América del sur).
- 131.475 MHz (Air Canadá, en Canadá).

Una frecuencia adicional es usada en Europa (131.525 MHz) y una tercera frecuencia para cobertura local esta siendo negociada en este momento. El sistema ACARS hace uso de radios análogos originalmente diseñados para comunicaciones de voz usando AM. La modulación de amplitud en este caso (AM-MSK) con una tasa de transferencia de 2.4 Kbps. En la figura 3 se muestran las áreas de cobertura de cada uno de los proveedores de ACARS:



Figura 6-3. Áreas de cobertura de los proveedores de ACARS.

ARINC.

ARINC fue organizada por la comunidad de aviación civil en 1929 bajo la sugerencia de la comisión federal de radio (ahora la comisión federal de comunicaciones). El propósito de ARINC es asegurar la utilización eficiente del espectro aeronáutico y coordinar los aspectos relacionados con las telecomunicaciones aeronáuticas.

ARINC ofrece mas de 60 años de experiencia en tecnología inalámbrica y soporte administrativo para la comunidad aeroportuaria. Básicamente ARINC proporciona servicios en tres categorías: Administración, Operaciones y Prevención de Fraudes y seguridad.

Características de transferencia de datos.

Dentro de las características principales del protocolo de transferencia de datos, tenemos:

- 7 bits de datos mas un bit de paridad.
- Máxima longitud de datos de usuario: 220 bytes por bloque de datos.
- Integridad: Checksum de 16 bit.
- Acuse de recibo de cada bloque (pare y espere): ACK tiempo fuera (10 s uplink, 10-25 s downlink).

Especificaciones de ARINC.

Los principales estándares para ACARS son definidos en los siguientes especificaciones de ARINC:

- ARINC 618.
- ARINC 619.
- ARINC 620.
- ARINC 622.
- ARINC 623.

Especificación ARINC 618.

La especificación ARINC 618 especifica el protocolo de formato de intercambio de información de mensajes para usuarios en vuelo y el DSP a través del enlace aire-tierra. Los mensajes de aire-tierra del enlace de bajada son transmitidos por la aeronave y son recibidos por los proveedores de servicio de las estaciones terrestres. La estación de tierra realiza un chequeo de error del mensaje recibido, si el mensaje esta libre de errores, dicho ente envía el mensaje al procesador de servicios ACARS. En contestación la estación de tierra envía un ACK (Acuse de recibo, en el enlace de subida) para el MU.

Si el MU no recibe el ACK, este reenviara el mensaje, si el mensaje es enviado 6 veces sin recibir el acuse de recibo, el mensaje es desechado. Tomando en cuenta que la incidencia de 2 o mas aeronaves se puede dar al mismo tiempo, se utiliza un protocolo de acceso aleatorio, por ejemplo si dos aeronaves transmiten simultáneamente, el mensaje podrá ser distorsionado y la estación terrena lo desechara sin enviar el respectivo acuse de recibo.

Los mensajes de enlace de subida Tierra-Aire son transferidos de la red de las aerolíneas al proveedor respectivo (en este caso ARINC o SITA). En esta especificación también se detalla el protocolo de VHF, SATCOM y el Data Link.

Especificacion ARINC 619.

La especificación ARINC 619 define los protocolos usados entre el ACARS MU y otro equipo de la avionica de la aeronave. Esta especificación incluye la unidad de control ACARS (CU), La computadora de manejo de vuelo (FMC) y la impresora.

Hay dos posibles mecanismos de transferencia de datos, uno es definido por los datos orientados y el otro por los bits orientados. Para los datos orientados, el dato es transferido en bloques de un máximo de 77 palabras ARINC 429 de 32 bits cada una, cada palabra contiene 3 caracteres. La transferencia de datos de bits orientados usa un protocolo de capa de enlace compatible con los datos binarios. El protocolo de bit orientados es comúnmente referido como el protocolo Williamsburg.

La especificación de ARINC 619 también describe el protocolo para una impresora dedicada. Una impresora de línea individual puede indicar solamente dos estatus, el de lista o ocupada. Una impresora de 3 líneas puede generar el mismo numero de condiciones que de líneas, dichas condiciones son utilizadas para señalización como falta de papel, error de impresión, etc.

Especificación ARINC 620.

La especificación de ARINC 620 especifica la función de transferencia entre redes terrestres y redes aire-tierra. Para efectos de asignación, el protocolo de mensajes de texto simple de la IATA, se transforma en la especificación de ARINC 618.

El proveedor de servicios ACARS tiene la responsabilidad de colocar los mensajes recibidos de una aeronave (mensajes de enlace de datos de bajada) en formato SMT.

El SMT (Simple Message Text) especifica la interfase para la conexión de las computadoras huéspedes de las aerolíneas (a través de conexiones basadas en X.25). Los mensajes están en un formato de caracteres e identifican la prioridad del mensaje y la lista de destinos, la dirección del emisor y una estampa de tiempo opcional. Un mensaje estándar de identificación de línea (SMI) contiene un código de 3 caracteres con identificación de la solicitud de servicio. Todos los mensajes son ruteados usando el protocolo SMT para el respectivo DSP. El DSP es entonces el responsable por el ruteo del mensaje al correcto RGS para el enlace de subida del mensaje hacia la aeronave.

Una tabla de ruteo es mantenida por el DSP, esta tabla le permite determinar cual RGS será usado para enviar el mensaje a la aeronave. El procesador de enlace de datos es un elemento crítico del sistema. Todos los mensajes del enlace, tanto de subida como de bajada son ruteados por esta. Las funciones claves del DSP son:

- Conversión de protocolos entre ACARS (ARINC 618) y SMT (Protocolo de IATA).
- Ruteo de mensajes.
- Acuses de recibo de los mensajes ACARS.
- Interred entre proveedores de servicios.

En la figura 6-4 se muestra la especificación de estas tres protocolos de ARINC en un mensaje completo.

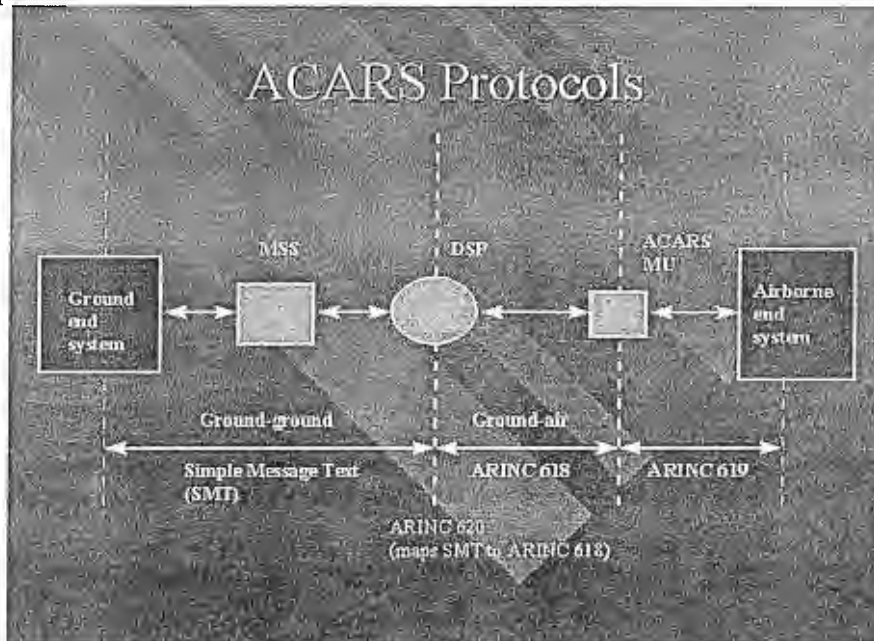
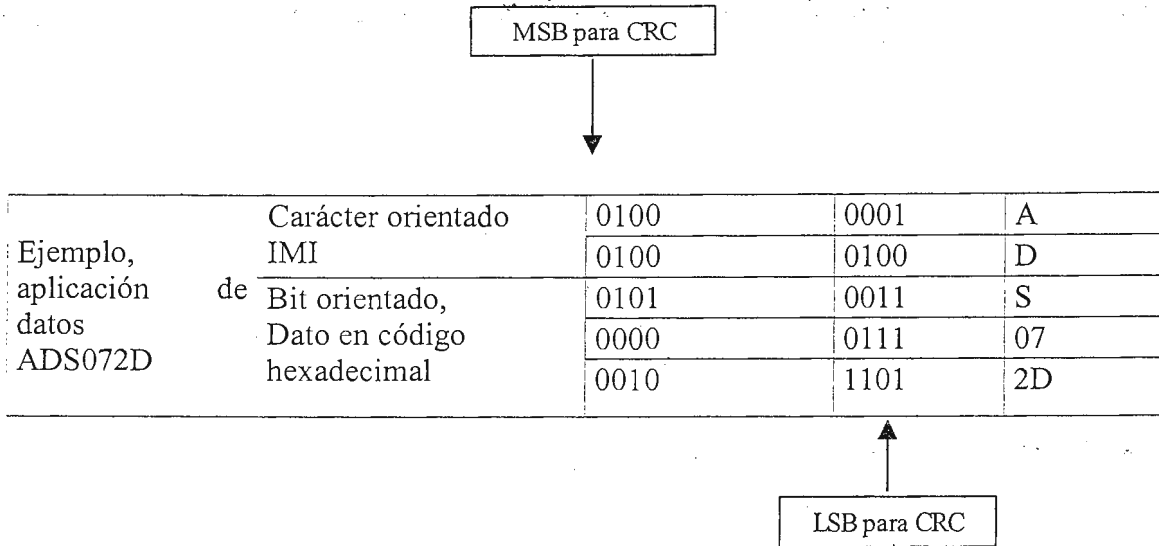


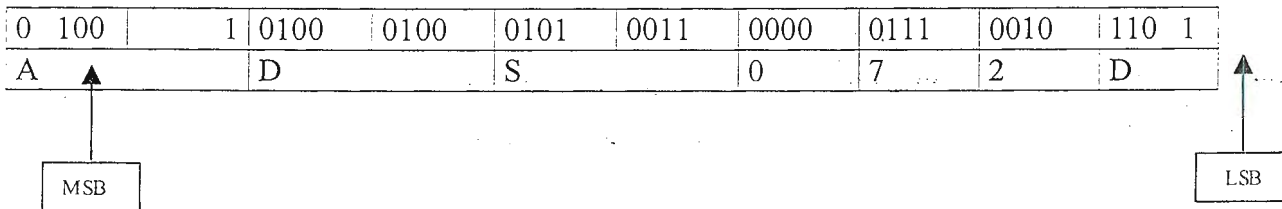
Figura 6-4. Protocolos de ARINC en un mensaje completo.

Especificación ARINC 622 y 623.

El estándar ARINC 622 contempla la especificación del chequeo de redundancia cíclica el cual establece un parámetro para la detección de errores en los mensajes enviados. Un ejemplo del CRC es el siguiente:

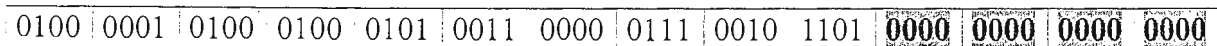


Entrada de aplicación de datos para el proceso de CRC:

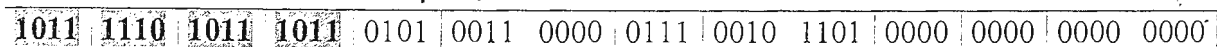


Comenzando el proceso CRC:

Primer paso: Añadir dos octetos de ceros.



Segundo paso: Derive $G^*(x)$ realizando el complemento a 1 de los primeros dos octetos:



Tercer paso: Defina $F(x)$ como el polinomio divisor:

1	0001	0000	0010	0001
---	------	------	------	------

Nota: El dato de Bit orientado en este ejemplo representa el mensaje de solicitud de contacto periódico ADS, tomado de las características ADS 745.

Cuarto paso: Realizar la división polinómica de $G^*(x) / F(x)$

1011	1110	1011	1011	0101	0011	0000	0111	0010	1101	0000	0000	0000	0000
				1	0001	0000	0010	0001					

De dicha división obtenemos $R(x) = 0110\ 0101\ 1001\ 1110$

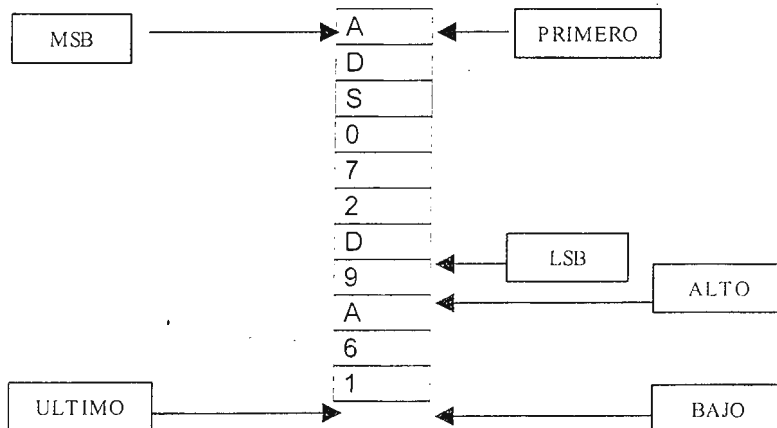
Entonces el CRC es igual al complemento a 1 de $R(x)$, obteniendo:

CRC = 1001 1010 0110 0001 = 9 A 6 1

El mensaje a transmitir será el siguiente:

0100	0001	0100	0100	0101	0011	0000	0111	0010	1101	1001	1010	0110	0001
A	D		S	0	7	2	D	9	A	6	1		
DATOS DE LA APLICACIÓN										CRC			

El orden de los bits para la transmisión es la siguiente:



ARINC 623 especifica las aplicaciones ATS orientadas, Dichas aplicaciones son:

- ATIS
- PDC
- OCM

En la figura 5 se muestra el flujo de información en el proceso ACARS.

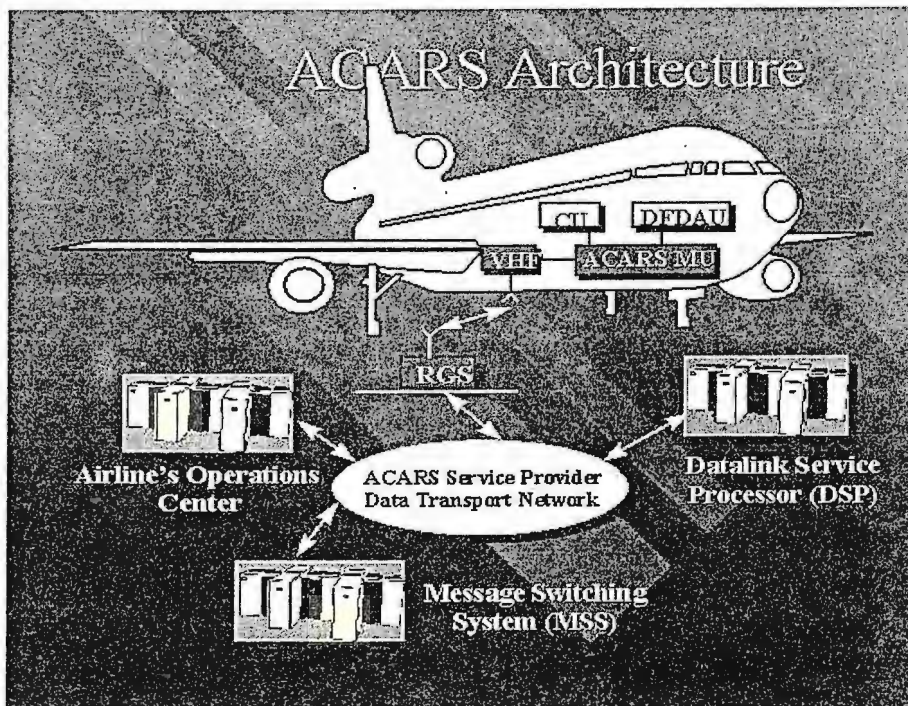


Figura 6-5. Flujo de información en el proceso de ACARS.

7

CPDLC



COMUNICACIONES DE ENLACE DE DATOS

CONTROLADOR - PILOTO.

Antecedentes.

¿ Qué es CPDLC?

Son las siglas de Controller Pilot Data Link Communications o Comunicaciones de enlace de datos controlador/piloto.

- CPDLC es el significado de las comunicaciones entre controladores y las tripulaciones aéreas, usando enlaces de datos para comunicaciones ATC.
- CPDLC es una aplicación de enlace de datos, que permite el intercambio de datos directo de mensajes basados en texto entre un controlador y un piloto.

El controlador es provisto con la capacidad de tareas de altitud, coacción de cruce, desviaciones laterales, cambios de ruta y autorizaciones, tareas de velocidad, de radiofrecuencia y varias solicitudes de información.

La tripulación de la aeronave esta provista con la capacidad de responder mensajes, y solicitar autorizaciones e información, y para declarar o revocar una emergencia. Además tiene la posibilidad de solicitar autorizaciones condicionales (comunicaciones de bajada), e información sobre una comunicación de bajada ATSU. La capacidad para texto libre es proporcionada para intercambiar información no conforme a los formatos definidos.

CPDLC mejora en gran medida las capacidades de comunicación en áreas oceánicas, especialmente en situaciones donde los controladores y pilotos tienen previamente intercambio de información a través de HF. Aparte del enlace directo, CPDLC agrega un gran numero de beneficios para los sistemas ATC, como lo son:

- Permite a la tripulación de vuelo imprimir mensajes.
- Permite la autocarga de mensajes de enlace de subida específicos en el sistema de manejo del vuelo (FMS). Esto puede reducir los errores de la entrada de datos de la tripulación.
- Permite a la tripulación efectuar una solicitud compleja de autorización de ruta, el controlador puede reenviar en mensaje cuando apruebe, sin tener que escribir una gran cantidad de cadenas de coordenadas.

- Especifica mensajes en el enlace de subida del FMS para que automáticamente en el enlace de bajada, se reporten eventos, como el cruce de Waypoints, etc. Esta información asiste con el manejo de la carga de trabajo para la tripulación de vuelo y el controlador.
- Especifica mensajes en el enlace de bajada, y la respuesta para algunos mensajes en el enlace de subida, para automáticamente actualizar la grabación de datos de vuelo y algunos sistemas de tierra.

Las funciones del CPDLC se pueden descomponer en cuatro servicios operacionales de enlaces de datos:

1. Servicio de comunicación de información y autorizaciones (**CIC**).
2. Servicio de manejo de comunicaciones ATC (**ACM**).
3. Servicio de autorizaciones de salidas (**DCL**).
4. Servicio de autorizaciones de bajada (**DSC**).

Se categorizan los mensajes intercambiados dentro del contexto de CPDLC en las funciones siguientes:

- La función de Intercambio de mensajes entre controlador y piloto, la cual define una manera para intercambiar mensajes controlador y piloto vía un enlace de datos. Esta función mantiene mensajes comunicando el siguiente:
 - Intercambio de información general (texto libre).
 - Despachos de aduanas.
 - Vigilancia de identificación y altitud.
 - Supervisando la actual posición de vuelo.
 - Funciones de dirección de sistema.
 - Situaciones de la emergencia.
- La función de transferencia de autoridad de datos, la cual mantiene la capacidad para designar otro sistema de tierra como la próxima autoridad de datos para la autoridad de datos actual. Un diálogo de CPDLC puede abrirse con o por la próxima autoridad de datos en un momento antes de que se vuelva la autoridad de datos actual. Se piensa que esta capacidad previene una pérdida de comunicación que ocurriría si la próxima autoridad de datos que realmente preparara un diálogo con una aeronave queda imposibilitada para hacerlo.

- La función de autorización de bajadas, proporciona la capacidad a una aeronave para avisar a un ATSU que no es la autoridad de datos actual, con el propósito de obtener una autorización de bajada. Esta información que usa mensajes de CPDLC se intercambia.
- La Función de autorización de salidas, permite la capacidad a un tierra sistema terrestre ATSU para remitir información recibida en un mensaje de CPDLC a otro sistema terrestre ATSU. La tierra que envía función puede ser usada por la autoridad del datos controlando para remitir una petición de la aeronave a la próxima autoridad del datos, para que una aeronave no necesite emitir la misma demanda de nuevo.

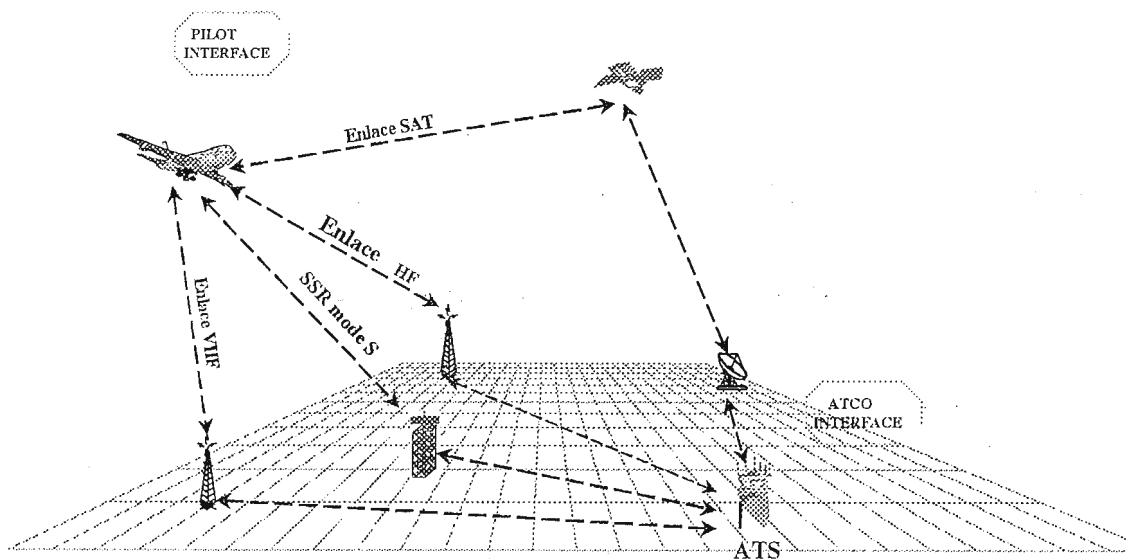


Figura 7-1. Elementos del CPDLC.

Elementos que permiten la existencia del CPDLC son:

1. Enlace satelital.
2. Enlace por HF.
3. Enlace por VHF.
4. SSR modo S.

Establecimiento y fin de las comunicaciones CPDLC.

En la siguiente figura se ilustra como Controlador ATC establece comunicación con un piloto.

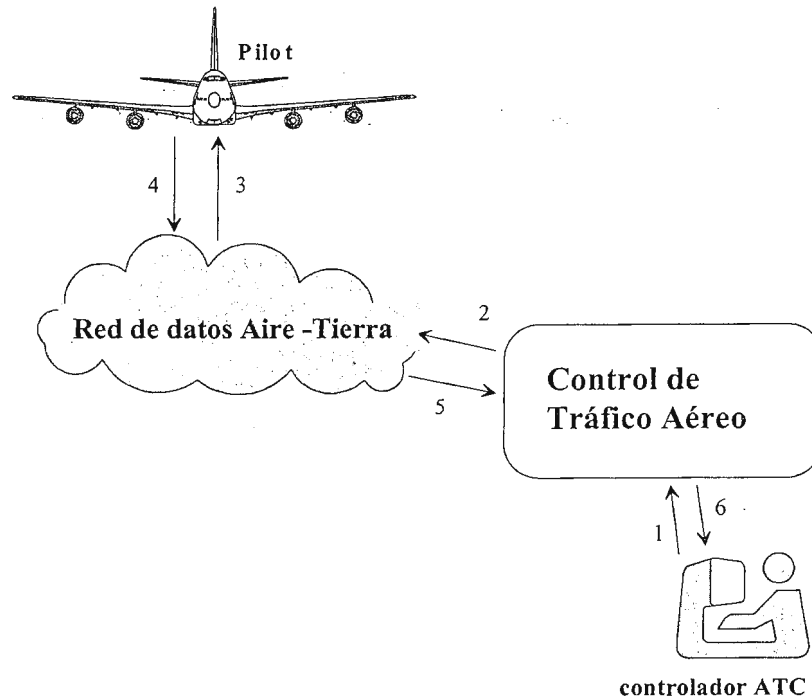


Figura 7-2. Comunicación Piloto - Controlador ATC.

La secuencia normal de eventos realizados para el intercambio de información CPDLC, de acuerdo al manual de la OACI "Manual of Air Traffic Services (ATS) Data Link Applications", se requieren los siguientes pasos:

1. Entrada de la aeronave.
2. Establecimiento del enlace CPDLC.
3. Rendimiento del intercambio CPDLC
4. Fin del enlace CPDLC.

Estos 4 pasos son descritos a continuación.

Entrada de la aeronave.

La aeronave puede entrar a la ATSU esperando realizar intercambios CPDLC. Esta entrada puede ser inicializada manualmente por la tripulación o automáticamente por la aviónica. La notificación de la próxima ATSU por el corriente ATSU es de doble propósito:

1. Para permitir asociaciones ambiguas de la aeronave con la información de vuelo almacenada en el ATSU.
2. Para permitir el intercambio de datos técnicos entre la aviónica y los sistemas ATSU, efectuando de esta manera la activación de los enlaces de datos (datos técnicos en todos los servicios requeridos por la aeronave y provistos por el ATSU, información que es automáticamente intercambiada durante la entrada).

Establecimiento del enlace CPDLC.

Existen dos tipos de enlaces CPDLC:

1. El enlace ATSU en uso (**C-ATSU LINK**): Este enlace CPDLC es establecido entre la aeronave y la ATSU responsable en ese momento del control del avión. El enlace C-ATSU es establecido como resultado del servicio de manejo de comunicaciones ATC (ACM).
2. El enlace ATSU de bajada (**D-ATSU LINK**): Este enlace CPDLC es establecido entre la aeronave y una ATSU que puede ser responsable por el control del avión en el transcurso del vuelo. El enlace D-ATSU es establecido a través del servicio de autorizaciones de bajada (DSC).

Intercambios CPDLC.

Una vez el enlace CPDLC esta establecido, el intercambio CPDLC es posible siguiendo los procedimientos especificados en las descripciones de los servicios.

Si un enlace C-ATSU es establecido, entonces el servicio utilizado será el de autorización de salida (DCL), El servicio de comunicación de información y autorizaciones (CIC) y el servicio de manejo de comunicaciones ATC (ACM) son habilitados con el D-ATSU. Todos los intercambios CPDLC usan el mismo formato de mensaje CPDLC.

Fin del enlace CPDLC.

Este es el paso final del enlace CPDLC. La terminación del enlace C-ATSU es descrita en el servicio ACM. La terminación del enlace D-ATSU es descrito en el servicio DSC.

La autoridad de datos.

Una aeronave puede tener un máximo de 2 conexiones CPDLC. Solo una de estas dos conexiones puede estar activa. La unidad de ATS intercambia mensajes CPDLC con la aeronave ya que esta conoce la autoridad de datos actual. La conexión entre la aeronave y la actual autoridad de datos es conocida por la conexión activa.

La próxima unidad ATS que se comunicara con la aeronave por CPDLC, es conocida como la próxima autoridad de datos. La conexión establecida entre la aeronave y la próxima autoridad de datos sigue la dirección de un proceso que es conocido como una conexión inactiva.

De los aspectos de la aviónica depende la próxima autoridad de datos, y esta no entra a funcionar hasta que la unidad actual nombra a la próxima a través de un mensaje NDA.

Si el mensaje NDA no es recibido por la aeronave, la próxima autoridad de datos, no existe para el avión por lo que la terminación de la conexión con la actual autoridad de datos dejara a la aeronave sin colectividad CPDLC.

Similarmente, si la próxima unidad ATS no esta equipada con el equipo adecuado para el enlace de datos, el mensaje NDA no será enviado a la aeronave. Gracias a la prioridad de la frontera FIR, la tripulación es instruida para establecer contacto de voz con la próxima unidad.

El ultimo mensaje de servicio enviado por la actual Autoridad de datos, podrá terminar la conexión activa, y la aeronave no podrá ser conectada con una unidad ATS hasta que una inicialización de entrada sea realizada, dando prioridad a la frontera de la próxima unidad equipada para el enlace de datos. La inicialización de entrada de la próxima unidad es responsabilidad del piloto.

Es posible usar un proceso de direccionamiento para dar instrucciones a la aviónica para entrar a una unidad de enlace de datos mas aya de una rea donde no existe dicho enlace, pero este seguirá teniendo comunicación CPDLC con una aeronave en otro FIR. Esta es una opción funcional en una situación de emergencia.

Cuando el piloto realiza una entrada inicial a una unidad ATS, la unidad automáticamente llegara a ser la actual autoridad de datos porque esta es la única unidad conectada. La conexión CPDLC es activa, sin embargo, en el ambiente FANS-1/A, el sistema de tierra puede no determinar cual es al actual autoridad de datos hasta que un mensaje de enlace de datos de bajada es recibido desde una aeronave.

Tiempos de conexión.

Para una aeronave saliendo de un aeropuerto, sin una unidad de ATS FIR, la secuencia de conexión de CPDLC, generalmente ocurre en forma de un recibo de una entrada de la aeronave.

Este podrá ser una inicialización de entrada y la aeronave podrá entrar a la unidad mientras este parqueada en la puerta.

Para una aeronave inbound a una unidad de ATS FIR, la secuencia de conexión es manejada por el diseño de un sistema individual. Algunos sistemas podrán conectar ADS y CPDLC en recibo de una entrada, otros conectar las aplicaciones a diferentes tiempos basados en fases automáticas del plan de vuelo. Una entrada inicial podrá ocurrir en alguna parte entre 15 y 45 minutos de prioridad de la frontera estimada de la aeronave.

CPDLC y Jurisdicción.

Algunas unidades CPDLC están compuestas de un solo sector. Una entrada y una conexión CPDLC subsecuentemente activa con la unidad ATS, permitirá al sector intercambiar mensajes CPDLC con la aeronave relevante.

En un ambiente de multisector, un sector individual no es generalmente la actual autoridad de datos. Si este fuese el caso, una completa transferencia deberá ser necesaria en cualquier sector de frontera. En el ambiente de multisector la designación de la autoridad de datos es generalmente ayudada por la unidad de ATS misma.

Las compunciones en un ambiente de multisector son generalmente concedidas para el controlador con jurisdicción de la aeronave.

El FMS.

En la figura siguiente se muestra un diagrama de una parte de un B747-400 FMS HMI. La pagina que esta siendo desplegada es llamada **página ATC**.



Figura 7-3. FMS para un B747 - 400.

Además en la pantalla se muestra el teclado alfanumérico. Para realizar una entrada inicial manualmente, el piloto digita las cuatro letras dadas por la OACI para la designación de la unidad ATS. El numero de vuelo ingresado, puede ser exactamente el mismo que el ingresado en el plan de vuelo. Este texto aparece en la línea debajo del índice. el piloto entonces selecciona el botón de entrada para mover el designador hacia las 4 cajas desplegadas.

El piloto entonces entra el numero de vuelo, y selecciona el botón de FLT NO. Esta acción mueve el numero de vuelo en la posición apropiada y este activa un botón de envío en la parte superior derecha de la pantalla. En la selección, el piloto puede observar "LOGON SENDING" luego "LOGON SENT" y finalmente "LOGON ACCEPTED".

El seteo del mensaje CPDLC.

El primer mensaje CPDLC seteado fue creado en 1993 por una industria sin fines de lucro conocida como RTCA incorporada y publicada en un manual designado como el DO-219.

La intención fue capturar las palabras más comunes de las comunicaciones con fraseología usadas en el ambiente de las comunicaciones oceánicas y de esta manera crear una lista de términos preestablecidos en elementos de texto CPDLC, ordenados en un número de categorías. Para cubrir situaciones inusuales, la capacidad de texto libre fue añadida para permitir a los controladores y pilotos crear sus propios mensajes.

Boeing añadió un elemento de mensaje de enlace de datos de bajada extra al mensaje RTCA básico, sesteado en el paquete CPDLC FANS-1. El panel ADS de la ICAO (ADSP) puede anidar al rededor de 100 mensajes extras, para uso del mensaje RTCA sobre el ATN.

Mensajes y elementos.

Las entradas individuales en un mensaje sesteado son conocidas como un elemento de mensaje. Un mensaje CPDLC puede ser creado de un elemento de mensaje individual, o una combinación de 5 elementos de mensaje.

Los mensajes deben ser contruidos solamente de elementos de mensaje preestablecidos, de elementos de mensaje libres, o de una combinación de elementos preformateados y elementos de texto libre.

Tanto la tripulación de vuelo como los controladores tienen la capacidad de enviar mensajes multielemento, sin embargo, la solicitud para la autorización de multielementos debe ser evitada en la medida de lo posible.

Diálogos CPDLC.

Los diálogos CPDLC son intercambios de mensajes CPDLC entre un controlador y la tripulación de vuelo. Hay algunas reglas simples que gobiernan los diálogos CPDLC:

- Todos los diálogos CPDLC deben ser cerrados en la medida de lo posible.
- Un dialogo abierto por CPDLC debe ser cerrado por CPDLC, a menos que la conectividad se halla perdido.
- Un dialogo abierto por voz debe ser debe ser cerrado por voz, no por CPDLC.

La operación y sincronización correcta de un sistema CPDLC es dependiente de un recibo de respuesta valida para un mensaje que técnicamente requiere cierre. Si un mensaje requiere una respuesta, esta respuesta debería ser enviada y subsecuentemente negociado por voz.

La transferencia automática de una conexión CPDLC, a través de una frontera FIR, depende de cierta prioridad a la hora de cerrar los mensajes, la aviónica recibe un mensaje de fin de servicio de la autoridad actual de datos y el enlace es finalizado.

En el ambiente actual los mensajes de enlace de datos de subida abiertos (mensajes de un sistema de tierra), son sostenidos en la aviónica, durante el tiempo de finalización de la conexión, para así asegurar que ambos activen y desactiven conexiones, terminando de esta manera la aeronave con o sin colectividad CPDLC.

BOING esta construyendo un cambio de software (LOAD 15) que prevendrá que las conexiones inactivas sean terminadas, pero este será un problema mientras LOAD 15 no este completado y habilitado.

Mientras BOEING hace recomendaciones, el tiempo de actualización de un software es decisión individual de cada compagina.

Texto y variables.

Los elementos de mensaje preestablecidos pueden ser puramente basados en texto, pueden ser una combinación de texto y variables.

El texto de un elemento de mensaje es mostrado en caracteres con mayúsculas y los campos de variables son mostrados con el nombre de la variable desplegado en minúsculas, los caracteres de cierre son mostrados en square brackets. Un elemento de texto libre solamente contiene texto.

Número de elementos.

Cada elemento de mensaje preestablecido es asignado a un único número de identificación. Por ejemplo, el elemento CLIM TO AND MAINTAIN (LEVEL) es siempre el elemento número 20 en el enlace de datos de subida.

Dependiendo del atributo de urgencia, un atributo de enlace de datos de subida para un elemento de texto libre es además un número entre 169 o 170 sin considerar el contenido. Un enlace de datos de subida consiste de 5 diferentes elementos de texto libre asignando el número 169, por el contrario un mensaje que consiste de 5 elementos preestablecidos tendrá un número por cada elemento que posea.

Ni el controlador ni la tripulación de vuelo podrá ver este numero como parte de su mensaje, ya que solo sirve como señalización.

Atributos de mensaje.

Cada elemento de mensaje es también asignado a un numero de atributos sin el código. El atributo incluye urgencia, alerta y requerimientos de respuesta. El atributo de respuesta determina el tipo de respuesta requerida para cerrar cada mensaje de dialogo como se muestra en la siguiente tabla.

UL	Elemento de Mensaje	Intento de Mensaje	Response
0	Unable	Indica deshabilitación por parte del ATS	NE
166	Due to traffic	Para uso en consideraciones de trafico	NE
164	When Ready	Indicar ejecución completa de una orden.	NE
20	Climp to [Level]	Instrucción para que el avión suba cierta altura y mantenga al alcanzarla.	W/U
23	Descend to [Level]	Instrucción para indicar a la aeronave que descienda hasta un específico nivel.	W/U
175	Report Reaching [Level]	Instrucción para reportar cuando la aeronave tiene una especifica altitud	R
128	Report Leaving [Level]	Instrucción para reportar cuando la aeronave tiene un específico nivel	R
181	Report Distance [to/from][position]	Instrucción para reportar distancia.	NE

Tabla 7-1. Elementos de Mensaje.

Para mensajes de subida de enlace de datos:

- El atributo W/U de una respuesta WILCO o UNABLE es requerido para cerrar el dialogo.
- El atributo A/N es requerido además la respuesta afirmativa o negativa.
- El atributo R requiere una respuesta ROGER.
- El atributo NE normalmente no requiere de una respuesta y es considerado por el sistema de tierra como un cierre de mensaje automático, es decir no es necesario esperar un mensaje de retorno.

Nota: A pesar de todo el atributo NE no requiere una respuesta técnica, algunos de estos mensajes, como REPORT DISTANCE[to/from][position], requiere una respuesta y el mensaje es correctamente desplegado por la tripulación.

Para los mensajes del enlaces de datos de bajada, las opciones son un poco mas básicas:

- El atributo Y requiere una respuesta de un controlador.
- El atributo N no requiere una respuesta.

Como se menciona antes, el sistema de procesamiento de varios atributos de mensaje ; esta también dirigido a los mensajes que son presentados al controlador en un forma reconocible. El controlador y la tripulación de vuelo no ven los atributos, ya que están incluidos como señalización.

Formato del mensaje CPDLC.

En esta sección se describe el formato de mensaje usado en todos los intercambios CPDLC, a través de los enlaces C-ATSU y D-ATSU.

Estructura del mensaje.

Un mensaje CPDLC esta compuesto de un encabezado de mensaje, y de uno a cinco elementos de mensaje.

	CAMPO	DESCRIPCIÓN
ENCABEZADO DEL MENSAJE	Número de identificación del mensaje	Asignado por el sistema que envía los mensajes, secuencialmente o por destino (un contador diferente es usado para cada destino).
	Numero de referencia de mensaje	Solamente sirve para mensajes de respuesta. El numero de referencia de una respuesta debe ser igual al numero de identificación del mensaje recibido con esta respuesta.
	Estampa de tiempo.	Es el tiempo en el que el mensaje es enviado por el emisor, y tiene el siguiente formato: AÑO / MES / DIA y HORA / MINUTO / SEGUNDO
	Requerimiento de Acuse de recibo lógico	Indica si Acuse de recibo lógico (LACK) es requerido para un mensaje. Los servicios de CIC, DSL, ACM, y DSC requieren un LACK para todos los mensajes (excepto por mensajes de error)
ELEMENTOS DEL MENSAJE	Elemento de mensaje 1 Elemento de mensaje 2 Elemento de mensaje 3 Elemento de mensaje 4 Elemento de mensaje 5	Los elementos de mensaje validos para cada servicio están contenidos en la descripción de los servicios.

Tabla 7-2. Estructura del Mensaje.

Atributos del mensaje.

La descripción de cada uno de los elementos de mensaje, Urgencia, Alerta y Respuesta se especifica en la descripción de los servicios.

ABREVIATURA	ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
URG	Urgencia	Este atributo delimita los requerimientos en cola para mensajes recibidos, los cuales son desplegados por el usuario final.
ALRT	Alerta	Este atributo delimita el tipo de alerta requerida sobre el mensaje recibido.
RESP	Respuesta	Este atributo manda los requerimientos de respuesta para un elemento de mensaje dado.

Tabla 7-3. Atributos del Mensaje.

Reglas asociadas a los atributos de mensaje.

Cuando un mensaje contiene un solo elemento de mensaje, el atributo de mensaje de un mensaje son los del elemento de mensaje. Cuando un mensaje contiene múltiples elementos de mensaje, el atributo de elemento de mensaje de mas alta precedencia asociado con un elemento un elemento en el mensaje, llegara a ser el tipo de atributo de mensaje para el mensaje entero. Por ejemplo, un mensaje contiene múltiples elementos de mensaje, donde el mínimo elemento tiene una D (Distress), Urgencia tendrá una D de un atributo de Urgencia (El atributo D tendrá la mas alta precedencia).

Cualquier mensaje que es considerado un mensaje de respuesta(este contiene un numero de mensaje de referencia) que parecería tener un mensaje de urgencia y atributos de alerta no menores que el mensaje del cual este es respuesta. La siguiente tabla especifica los posibles valores para los elementos de mensaje y su precedencia:

Valores de Urgencia.		
Tipo	Descripción	Precedencia
D	Emergencia	1
U	Urgencia	2
N	Normal	3
L	Baja	4

Tabla 7-4. Valores de Urgencia.

Valores de alerta		
Tipo	Descripción	Precedencia
H	Alto	1
M	Medio	2
L	Bajo	3
N	Alerta no requerida.	4

Tabla 7-5. Valores de Alerta.

Valores de respuesta.

Atributos de respuesta para elementos de mensajes en enlace de bajada.

VALORES DE RESPUESTA.		
Tipo	Respuesta Válida.	Precedencia
Y	ningun enlace de subida CPDLC, Acuse de recibo logico (Solo si es requerido),	1
N	Acuse de recibo logico (solo si es requerido), ERROR (si necesariamente, solo cuando el acuse de recibo lógico es recibido)	2

Tabla 7-6. Valores de Respuesta.

Atributos de respuesta para elementos de mensaje de enlace de subida.

Elemento de mensajes de enlace de subida		
Tipo	Respuestas validas	Precedencia
W/U	WILCO, UNABLE, STANDBY permitidos, Acuse de recibo (solo si es requerido), ERROR (si es requerido)	1
A/N	AFFIRM, NEGATIVE, STANDBY permitido, Acuse de recibo lógico (solo si es requerido), ERROR (si es necesario)	2
R	ROGER, UNABLE, STANDBY permitido, Acuse de recibo lógico (solo si es requerido), ERROR (si es necesario)	3
Y	Un mensaje de enlace de bajada CPDLC, acuse de recibo lógico (solo si es requerido)	4
N	Acuse de recibo lógico (solo si es requerido), ERROR (si es necesario, solo cuando el acuse de recibo lógico es requerido)	5

Tabla 7-7. Elementos de mensaje de enlace de subida.

Requerimientos de respuesta de mensaje.

Respuestas para mensajes con multielementos. Los controladores y la tripulación de la aeronave solo puede responder a un mensaje recibido enteramente. Este significado, por ejemplo si 3 elementos de mensaje son concatenados en un solo mensaje, ninguna respuesta dada aplicara para el mensaje completo, y no para un mensaje individual.

Respuestas de cierre.

Varios mensajes pueden ser recibidos en respuesta a un mensaje enviado. Por ejemplo, en respuesta para un mensaje, conteniendo el elemento de mensaje " PROCEDER DIRECTO A [POSICION]" cual tiene un atributo de respuesta W/U, el ATSU recibe las siguientes tres respuestas consecutivas:

1. Un mensaje conteniendo un elemento de acuse de recibo lógico.
2. Un mensaje conteniendo un elemento de standby.
3. Un mensaje conteniendo un elemento Wilco.

Si el ATSU no recibe ninguna otra respuesta de mensaje después de la recepción del elemento WILCO, esta respuesta parecerá ser rechazada y la aeronave parecerá ser informada del rechazo, por medio de un mensaje de error. La respuesta después de otra respuesta de mensaje, parece ser aceptada (el caso del WILCO en el ejemplo previo) es referida un cierre de respuesta. El cierre de respuesta para cada categoría de respuesta de mensaje esta dado en la siguiente tabla:

Tipo de respuesta	Cierre de respuesta
W/U	Un mensaje de respuesta conteniendo como minimo un WILCO, UNABLE, or un elemento de mensaje de ERROR
A/N	Un mensaje de respuesta conteniendo como minimo un AFFIRM, NEGATIVE, o un elemento de mensaje de ERROR.
R	Un mensaje de respuesta conteniendo como minimo un ROGER, UNABLE o un elemento de mensaje de ERROR.
Y	El primer mensaje de respuesta enviado de la aeronave no contiene un STANDBY o acuse de recibo logico (solo cuando es requerido). El primer mensaje de respuesta enviado por la estacion terrestre no contiene un STANDBY, acuse de recibo logico (solo cuando es requerido) o solicitud de elemento de mensaje diferido del sistema terrestre.
N	La unica respuesta permitida podra ser un mensaje de cierre de respuesta que contenga un acuse de recibo lógico cuando este sea requerido o un elemento de mensaje de error cuando un acuse de recibo lógico es requerido.

Tabla 7-8. Cierre de respuesta.

8

HDLC



CONTROL DE ENLACE DE ALTO NIVEL

Generalidades HDLC.

HDLC (High-Level Data Link Control - Control de Enlace de alto nivel) es una norma publicada por ISO que ha conseguido afianzarse en todo el mundo. Proporciona una amplia variedad de funciones y cubre un amplio espectro de aplicaciones. Las opciones que permite el HDLC hacen que algunas partes de protocolo resulten una especie de híbrido entre los esquemas primari/secundario puros y los esquemas homogéneo, ya que los comandos de selección disminuyen, y los comandos de selección desaparece.

En esta sección nos ocuparemos de las funciones más destacables del ámbito HDLC. Asimismo, estudiaremos algunos de los subconjuntos más importantes, como SDLC, LAP, LAPD, LAPX y LLC. Es conveniente que el lector analice la instalación que cada fabricante hace de la estructura HDLC, ya que, aunque la mayoría de las marcas utilizan este sistema, no todas siguen al pie de la letra las especificaciones HDLC en sus productos.

En los párrafos siguientes analizaremos con bastante detalle los protocolos orientados a bits. Los lectores que deseen una visión más general al respecto pueden acudir directamente a la selección titulada "El proceso de transmisión en HDLC).

Opciones de HDLC.

El protocolo HDLC puede instalarse de muy diversas maneras. Admite transmisiones dúplex y semidúplex, configuraciones punto a punto o multipunto, y canales conmutados o no conmutados. Una estación HDLC puede funcionar de una de estas tres formas:

- La estación principal controla el enlace de datos (canal). Esta estación envía tramas de comando a las estaciones secundarias de canal, de las cuales, a su vez, recibe tramas de respuesta. Si el enlace es multipunto, la estación principal es responsable además de mantener una sesión independiente con cada una de las estaciones conectadas al canal.
- La estación secundaria funciona como esclava de la principal. Envía mensajes de respuesta a los comandos procedentes de la estación controlada. Sólo mantiene la sesión en curso con la estación principal, y no interviene en el control del enlace.
- La estación combinada transmite comandos y respuestas, y también recibe comandos y respuestas de otras estaciones combinadas. Mantiene una sesión con otra estación combinada.

- En configuración no equilibrada, una estación primaria y una o varias estaciones secundarias pueden trabajar como enlaces punto a punto, multipunto, semidúplex o dúplex integral, o con líneas permanentes o conmutadas. Se llama no equilibrada porque existe una estación encargada de gobernar a cada una de las secundarias y establecer los comandos de activación de los distintos modos.
- La configuración simétrica es la que utiliza originariamente es estándar HDLC, y es también la que empleaban muchas redes antiguas. Proporciona dos configuraciones punto a punto independientes y no equilibradas. Cada estación tiene su estado principal y su estado secundario, por lo que puede decirse que una estación consta en realidad de dos estaciones lógicas, una de ellas principal y otra secundaria. La estación principal envía comandos a la secundarias situada en otro extremo del canal y viceversa. En la práctica, aunque ambas estaciones posean componentes principales y secundarias separadas., los comandos y respuestas se transfieren a través de un único canal físico. En la actualidad, este mecanismo no es muy utilizado,. Lo hemos mencionado únicamente para completar el esquema de clasificación de HDLC.
- Una configuración equilibrada consta de dos estaciones combinadas unidas por un solo punto a punto, semidúplex o dúplex integral, conmutado o no conmutado. Las estaciones poseen idéntico derecho sobre el canal, y pueden intercambiarse tráfico sin previa solicitud. Cada una de ellas posee la misma responsabilidad sobre el control del enlace.

Resumiendo lo estudiado hasta el momento acerca de HDLC, las estaciones lógicas pueden ser primarias, secundarias o combinadas. Cada estación puede funcionar en una de los siguientes estados: desconexión lógica, estado de inicialización y estado de transferencia de información. Una vez iniciado el modo de transferencia de información, puede operar en modo de respuesta normal, en modo de respuesta asíncrona o en modo de respuesta asíncrona equilibrada.

Por último, el enlace HDLC puede configurarse de tres maneras distintas: no equilibrado, simétrico y equilibrado. Estas modalidades se conocen a veces como no equilibrada normal (UN), no equilibrado asíncrono (UA) y equilibrado asíncrono (BA).

Formato de la trama HDLC.

En HDLC se usa el término trama para referirse a una entidad independiente de datos que se transmite de una estación a otra a través del enlace. Existen tres tipos de tramas:

- Las tramas con formato de información sirven para transmitir datos de usuario entre dos dispositivos. También puede emplearse como aceptación de los datos de una estación transmisora. Asimismo, puede llevar a cabo un limitado número de funciones, por ejemplo funcionar como comando de sondeo (poll). Más adelante examinaremos estas funciones dentro de la estructura de la trama de información.

Estas son las reglas que se aplican a la operación de cálculo de la redundancia cíclica (CRC):

- Al contenido de la trama se le añade una serie de ceros de longitud igual a la del campo FCS.
- Este valor se divide por el polinomio generador, que contiene un dígito más que el FCS, y cuyos bits de peso máximo y mínimo valen 1.
- El resto de la división se coloca en el campo FCS y se envía al receptor.
- El receptor efectúa la misma división con el polinomio generador sobre el contenido de la trama y el campo FCS.
- Si el resultado coincide con el número preestablecido (cero o, en ciertos sistemas, algún otro número), la transmisión se considera libre de errores.

Un CRC es capaz de detectar todas las ráfagas de error de longitud inferior a 16 bits, y un 99.9984% de todas las ráfagas de longitud superior.

Transparencia del código y sincronización.

HDLC es un protocolo transparente al código. El control de la línea no radica en ningún código concreto (ASCII/IA5 o EBCDIC, por ejemplo). Además, los patrones de bits de los campos de control suelen residir fijos dentro de la trama. El patrón de señalización de ocho bits se coloca al principio y al final de la trama para que el receptor puede identificar dónde empieza y dónde acaba cada trama. Además de la secuencia específica 01111110, HDLC utiliza otras dos señales:

- **La señal abortar:** Consta de una secuencia más de siete pero menos de quince bits de valor 1.
- **La señal libre:** Consta de quince o más bits.

La señal abortar hace acabar una trama. Una estación emisora la envía cuando encuentra un problema que exige tomar una acción determinada para solucionarlo. Si se quiere mantener el enlace activado para que la transmisión puede continuar, pueden enviarse señalizaciones tras la suspensión de la transmisión. La señal de libre indica que el canal está desocupado.

El estado de desocupación del canal sirve, entre otras cosas, para que durante una sesión semidúplex se detecte que el canal está libre y se invierta la dirección de la transmisión. El tiempo que transcurre entre la transmisión real de dos tramas se conoce como intervalo de relleno entre tramas. Durante este intervalo se transmiten señalizaciones continuamente. Estas señalizaciones pueden estar formadas por series continuas de ocho bits, o combinarse el último cero de la señal anterior con el primero de la subsiguiente.

El concepto de variables de estado de envío [V(S)] y de recepción [V(R)], se utiliza en los campos N(S) y N(R) de la trama HDLC. También se utilizan en la estructura HDLC los protocolos ARQ continuos (ventana deslizante).

El bit situado en la quinta posición P/F (Poll/Final - Sondeo/Final) sólo es reconocido cuando toma valor 1, y desempeña las siguientes funciones en las estaciones primarias y secundarias:

La estación principal utiliza el bit P para solicitar a la secundaria información acerca de su estado. También puede expresar una operación de sondeo.

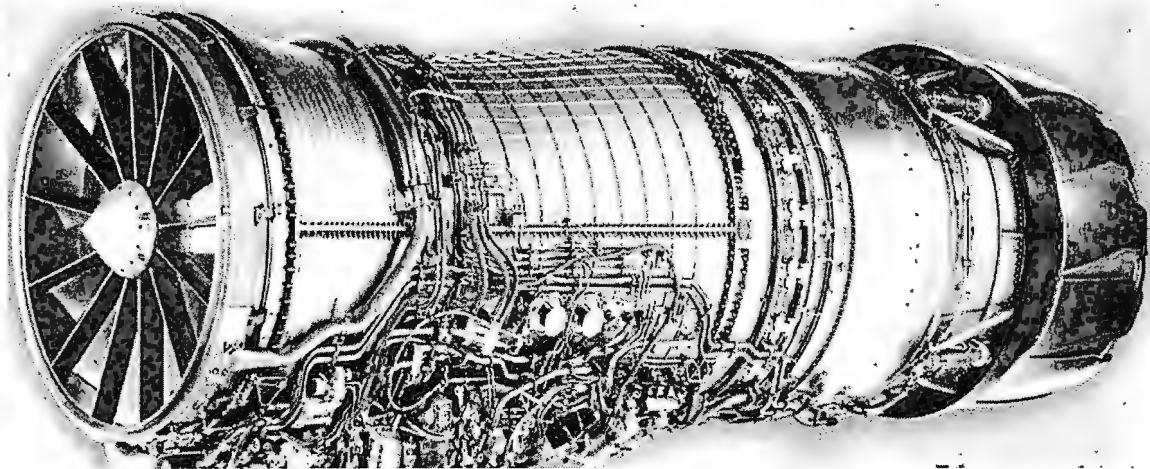
La estación secundaria responde a un bit P enviando una trama de datos o de estado, junto con un bit F. El bit F puede denotar también el final de una transmisión de la estación secundaria en el modo de respuesta normal (NRM).

El bit P/F se denota como P cuando es la estación principal la que lo utiliza, y como bit F cuando es la secundaria. En cualquier instante dado, sólo puede estar pendiente (a la espera de una respuesta) un bit P. El bit P con valor 1 puede servir de punto de comprobación, es decir, algo así como "respóndeme, porque quiero conocer tu estado". Estos instantes de comprobación revisten una gran importancia en todo tipo de sistemas automatizados. Es la forma que tiene las máquinas de aclarar posibles ambigüedades y descartar transacciones acumuladas con anterioridad. El bit P/F se emplea e interpreta de diversas formas:

- En NRM, la estación secundaria no puede transmitir hasta que le llegue un comando con el bit P puesto a 1. La estación principal puede solicitar tramas de información (I) enviando una trama cuyo bit P valga 1, o bien transmitiendo determinadas tramas de supervisión (RR, REJ o SREJ) con el bit P a 1.
- En ARM y ABM pueden transmitirse tramas de información que no hayan sido solicitadas previamente por un comando con el bit P puesto a 1. El bit P a 1 sirve para pedir que se envíe una respuesta con F a 1 en la primera oportunidad que se presente.
- En ARM y ABM, justo después de recibir un comando con el bit P a 1, se envía una trama con el bit F a 1.
- En transferencia bidireccional simultánea (dúplex integral), en donde el secundario transmite cuando recibe un comando cuyo bit P vale 1, el bit F se pone a 1 en la primera oportunidad de respuesta que se presente.
- La transmisión de una trama con el bit F a 1 no exige que el secundario interrumpa su transmisión. Después de la trama cuyo bit F fue puesto a 1 pueden transmitirse más tramas. En ARM y ABM, el bit F no se interpreta como fin de la transmisión del secundario, sino solo como respuesta a alguna trama anterior.

9

RNP/RNAV



Performance de la Navegación Requerida.

Generalidades.

El crecimiento continuo de la aviación impone demandas crecientes en materia de capacidad del espacio aéreo y hace resaltar la necesidad de que se utilice de manera óptima el espacio aéreo disponible. Estos factores, unidos a la necesidad de lograr una mayor eficiencia operacional, consistente en la utilización de rutas directas y en la precisión de mantenimiento de la derrota, y unidos también a la mayor precisión que ofrecen los actuales sistemas de navegación, han dado como resultado el concepto de la RNP.

El concepto RNP se aplica a la performance de navegación dentro de un determinado espacio aéreo y, por consiguiente, afecta tanto al espacio aéreo como a la aeronaves. Con el concepto RNP se desea caracterizar una parte del espacio aéreo, mediante una declaración de la precisión de performance de navegación (tipo RNP) que ha de lograrse dentro de esa parte del espacio aéreo. El tipo de RNP se basa en un valor de la precisión de performance de navegación que se espera satisfaga la flota de aeronaves que vuela dentro de esa parte del espacio aéreo, por lo menos el 95% del tiempo.

Al elaborar el concepto RNP se ha reconocido que los actuales sistemas de navegación de las aeronaves son capaces de alcanzar un nivel predecible de precisión de performance de la navegación y que puede lograrse una utilización más eficiente del espacio aéreo disponible recurriendo a esta capacidad de navegación.

Operaciones RNAV en el ámbito del concepto RNP.

Se prevé que la mayoría de la aeronaves que realicen operaciones en el entorno futuro RNP transportarán a bordo algún tipo de equipo RNAV. En algunas regiones o estados pueden exigirse el transporte a bordo de equipo RNAV. Por consiguiente, en este texto de orientación se hace frecuentemente referencia al uso de equipo RNAV.

El equipo RNAV funciona estableciendo automáticamente la posición de la aeronave a partir de los datos proporcionados por una o varias instalaciones. Se calculan las distancias a lo largo de la derrota y en dirección perpendicular a la derrota para proporcionar el tiempo previsto de vuelo hasta un determinado punto de recorrido, así como de vuelo hasta un determinado punto de recorrido, así como para proporcionar indicación continua de la guía de dirección que pueda utilizarse, por ejemplo, en un indicador de situación horizontal (HSI). En algunos estados, los requisitos en cuanto a precisión son tales que el equipo RNAV debe estar acoplado, o ser capaz de acoplarse, con el piloto automático. Asimismo puede obtenerse una amplia gama de datos de navegación asociados.

En las operaciones RNAV en el ámbito del concepto RNP es posible volar en cualquier región del espacio aéreo, dentro de las tolerancias de precisión prescritas, sin necesidad de volar directamente por encima de las instalaciones de navegación de base terrestre; las técnicas RNAV aplicadas en diversas partes del mundo ya han demostrado que se obtienen varias ventajas respecto a otras formas de navegación más tradicionales y que se proporcionan algunos beneficios entre los cuales pueden citarse los siguientes:

- El establecimiento de ruta más directas con lo que pueden reducirse las distancias de vuelo.
- El establecimiento de rutas dobles o paralelas para dar cabida a una mayor afluencia del tránsito en ruta;
- El establecimiento de rutas de desviación para aeronaves que sobrevuelan áreas terminales de alta densidad de tránsito;
- El establecimiento de rutas alternativas o contingentes ya sea de acuerdo a determinados planes o para casos especiales;
- Establecimiento de circuitos óptimos de espera; y
- La disminución del número de instalaciones terrestres de navegación.

También existe la posibilidad de utilizar la RNP para establecer rutas de llegada y de salida, así como rutas de aproximación óptimas; siendo todos estos beneficios de provecho para los Estados, y para los proveedores y usuarios de los servicios de tránsito aéreo (ATS).

Utilización del espacio aéreo.

Delimitación del espacio aéreo RNP.

Puede especificarse la RNP respecto a una ruta, una serie de rutas, un área, un volumen del espacio aéreo o cualquier parte del espacio aéreo de determinadas dimensiones, según lo seleccione el planificador del espacio aéreo o la autoridad correspondiente. Entre las posibles aplicaciones de la RNP se incluyen:

- Espacio aéreo definido, tal como el espacio aéreo de especificaciones mínimas de performance de navegación (MNPS) del Atlántico septentrional;
- Una ruta ATS fija tal como la que va de Sydney, Australia, a Auckland, Nueva Zelanda;
- Operaciones por derrotas aleatorias tales como las existentes entre Hawai y Japón; y
- Un volumen del espacio aéreo, tal como un bloque de altitudes a lo largo de una ruta especificada.

Deben seleccionarse el tipo de RNP por el que se satisfagan determinados requisitos, tales como la demanda de tránsito aéreo. Esta performance de navegación requerida determinará el nivel necesario de equipo que haya de transportarse a bordo y el nivel necesario de la infraestructura del espacio aéreo.

Aplicación de la RNP en un espacio aéreo.

Sería ideal que en una determinada parte del espacio aéreo hubiera solamente un tipo de RNP. Sin embargo, en una parte determinada del espacio aéreo puede haber una mezcla de tipos de RNP. Un ejemplo sería la aplicación de un tipo de RNP más estricto (DME-DME) a determinada ruta en un espacio aéreo con una combinación de radio faro omnidireccional de muy alta frecuencia (VHF)/(VOR) y de DME, o la aplicación de un tipo menos riguroso de RNP a una determinada parte del espacio aéreo.

La RNP puede aplicarse desde el despegue hasta el aterrizaje, requiriéndose diversos tipos de RNP para diversas fases del vuelo. Por ejemplo, puede ser que el tipo de RNP para el despegue y el aterrizaje sea muy riguroso mientras que para la fase en ruta sea menos exigente.

Relación de la RNP y los mínimos de separación.

La RNP es un requisito de navegación y constituye solamente uno de los factores que han de utilizarse para determinar los mínimos de separación requeridos. La RNP por sí sola no puede, y no debe, implicar ni expresar ninguna norma de separación ni ninguna distancia mínima de separación. Antes de que cualquier estado adopte una decisión respecto a establecer distancias de separación en ruta y distancias mínimas de separación de aeronaves, tal estado debe también tener en cuenta la infraestructura del espacio aéreo, en la que están incluidos los aspectos de vigilancia y de comunicaciones. Además, el estado debe tener en cuenta otros parámetros tales como la capacidad de intervención, la capacidad física, la estructura del espacio aéreo y el índice de ocupación o de frecuencia de cruces (exposición).

La RNP es un parámetro fundamental para determinar normas seguras de separación. En la figura 1 se representan gráficamente las categorías amplias de parámetros fundamentales que han de considerarse cuando se proyecta incorporar modificaciones de las norma de separación. En la Figura 9-1 se muestra en términos generales que el riesgo de colisión es una función de la performance de navegación, del riesgo a que se exponen las aeronaves, y de la posibilidad de intervención del sistema del espacio aéreo para impedir que haya una colisión o mantener un nivel aceptable de performance de navegación. Un aumento del tránsito en un determinado espacio aéreo puede llevar a que los planificadores del espacio aéreo prevean una modificación en la utilización de dicho espacio aéreo. (p.ej., mínimos de separación, configuración de las rutas) al mismo tiempo que se mantiene un nivel aceptable de riesgos. En el análisis de riesgos de colisión, este nivel aceptable de riesgo se denomina nivel perseguido de seguridad (TLS).

Pueden utilizarse otras unidades de medida para diversos tipos de análisis. Una vez determinados los criterios de separación y el TLS, puede establecerse el nivel mínimo de performance para los parámetros de navegación del sistema del espacio aéreo así como para los parámetros de intervención.

Performance de Las Aeronaves.

El concepto RNP se basa en la precisión prevista de performance de la navegación del conjunto de aeronaves que utilizan el espacio aéreo. Este concepto impone a su vez exigencias en cada una de las aeronaves, en los fabricantes de aeronaves en los explotadores de aeronaves, respecto a lograr una performance de navegación requerida para una parte del espacio aéreo, con un determinado tipo de RNP respecto a cada vuelo, el concepto RNP puede también exigir diversas capacidades funcionales de las aeronaves en diversos tipos de espacios aéreos RNP. Por ejemplo, en un espacio aéreo RNP con requisitos muy exigentes de precisión, puede que existan requisitos funcionales para la capacidad de desplazamiento paralelo, mientras que en un espacio aéreo RNP menos riguroso, puede solamente exigirse la capacidad de navegación entre puntos fijos.

Disposiciones Respecto a Servicios RNP.

Puesto que se define la RNP mediante una declaración de la precisión de performance de navegación, existe la obligación por parte del estado y por parte de los explotadores de aeronaves de proporcionar el equipo necesario para que se logre la precisión correspondiente a la performance de navegación requerida.

El estado debe asegurarse de que se proporcionan en una determinada parte del espacio aéreo los servicios necesarios, es decir, de comunicaciones, de navegación y de vigilancia [CNS] para mantener una separación segura respecto a un conjunto determinado de normas de separación.

Los explotadores de aeronaves (y el Estado de Matrícula) deben a su vez asegurar que las aeronaves previstas para efectuar operaciones en un espacio aéreo con una RNP especificada, están dotadas de equipo con el que pueda lograrse la performance de navegación requerida. Debe señalarse que el cumplimiento de los requisitos RNP puede lograrse de muy diversas maneras y que no se imponen restricciones ni al estado ni a los explotadores de aeronaves en cuanto al modo en que pueda realizarse la RNP, siempre que demuestren que los requisitos pueden satisfacerse.

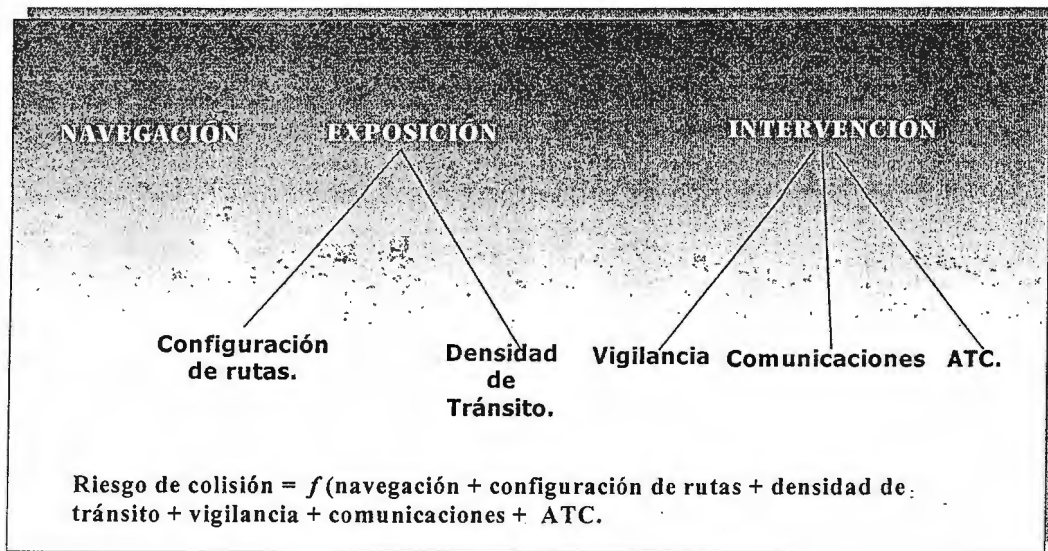


Figura 9- 1. Características del espacio aéreo que influyen en las normas de separación.

Disposiciones generales en materia de performance de la Navegación requerida.

Generalidades.

La puesta en práctica de la RNP permite mejorar la capacidad y eficiencia del sistema ATS al mismo tiempo que se mantiene o se mejora la seguridad establecida del sistema.

Se elaboran los diversos tipos de RNP para proporcionar niveles conocidos de precisión de navegación y para dar apoyo a los planes de desarrollo de diseños del espacio aéreo, procedimientos de control de tránsito aéreo y procedimientos operacionales. Los estados deben determinar y hacer conocer los procedimientos por los que puede satisfacerse la performance dentro del espacio aéreo designado.

Probabilidad de Confinamiento.

Se establecen los tipos de RNP para operaciones en ruta de conformidad con la precisión de performance de la navegación en el plano horizontal, es decir, la determinación de la posición en sentido lateral y en sentido longitudinal. Para facilitar el uso de la RNP en la planificación del espacio aéreo, se expresa esta precisión como un solo parámetro el valor de confinamiento. El valor del confinamiento es la distancia desde la posición prevista dentro de la cual se encontrarían los vuelos. No es posible expresar cuantitativamente la distancia máxima a la que el tráfico puede probablemente desviarse más allá de este espacio aéreo definido.

El 95% de las desviaciones está confinado dentro de una configuración aproximadamente elíptica. Sin embargo, para simplificar la aplicación de la RNP a la planificación del espacio aéreo, puede considerarse que las desviaciones están confinadas dentro de un círculo con centro en la posición deseada de la aeronave. Por ejemplo, si la precisión de un tipo de RNP es de 1.85 Km (1 NM) se supone que el 95% del tiempo total del vuelo la aeronave se mantendría en una posición a una distancia máxima de 1.85 Km (1 NM), respecto a la posición autorizada por el control de tránsito aéreo (ATC).

Actualmente no se toma en consideración el tiempo, ni la navegación en sentido vertical, para fines de establecer los tipos de RNP correspondientes a las operaciones en ruta. La navegación en ruta, en el plano vertical, se basará en la altimetría barométrica durante un futuro previsible. Si estos aspectos se modifican, puede ser necesario que para establecer los criterios de clasificación, haya de tenerse en cuenta la performance en el plano vertical.

Tipos de RNP.

Generalidades.

Para simplificar los tipos de RNP y para que los planificadores del espacio aéreo, los fabricantes de aeronaves y los explotadores comprendan claramente la precisión requerida se especifica el tipo de RNP mediante el valor de precisión asociado con el espacio aéreo RNP. Como ejemplo, el RNP 1 tiene una precisión de performance de navegación de 1.85 Km (1.0 NM), es decir, dentro del espacio aéreo designado, la performance de navegación del conjunto de aeronaves es de 1.85 Km (1.0 NM) en base a un confinamiento del 95%.

Tipos de RNP.

En la tabla 9-1 se especifican cuatro tipos de RNP que son necesarios para aplicaciones generales de operaciones en ruta. Estos RNP son 1, 4, 12.6 y 20 que representan precisiones de más o menos 1.85 Km (1.0 NM), de 7.4 Km (4.0 NM), de 23.3 Km (12.6 NM) y de 37 Km (20 NM). En el apéndice B se explican los motivos para la selección de estos valores de RNP.

Se prevé que el tipo RNP 1 apoye las operaciones más eficaces en ruta ATS proporcionando la más precisa información de posición y que mediante el uso de la navegación RNAV, permita la máxima flexibilidad en el encaminamiento, en los cambios de encaminamiento y en la respuesta en tiempo real a las necesidades del sistema. Esta clasificación proporciona también el apoyo más eficaz a las operaciones procedimientos y gestión del espacio aéreo para la transición hacia el aeródromo, y desde el aeródromo hacia la ruta ATS requerida.

El tipo RNP 4 sirve de apoyo al diseño de rutas ATS y del espacio aéreo basándose en la distancia limitada entre las ayudas NavAids. Este tipo de RNP está normalmente asociado con el espacio aéreo continental.

Precisión	Tipo de RNP			
	1	4	12.6	20
95% respecto a la posición en el espacio aéreo designado.	± 1.85 km	± 7.4 km	± 23.3 km	± 37 km
	($\pm 1,0$ NM)	($\pm 4,0$ NM)	($\pm 12,6$ NM)	($\pm 20,0$ NM)

Tabla 9- 1. Tipos de RNP.

El tipo RNP 12.6 presta apoyo a un encaminamiento de limitada optimización en zonas en las que existe un nivel escaso de instalaciones para la navegación.

Mediante el RNP 20 se describe la capacidad mínima que se considera aceptable en apoyo de operaciones en ruta ATS. Se prevé que todas las aeronaves satisfagan en todo momento este nivel mínimo de performance, en cualquier espacio aéreo controlado. No se implantarán espacios aéreos, operaciones o procedimientos que se basen en capacidades inferiores a las que proporciona el tipo RNP 20, exceto en circunstancias especiales.

Serán necesarios otros tipos de RNP más exigentes para operaciones en las cercanías de la mayoría de los aeródromos, es decir durante la transición entre el aeródromo y la ruta ATS. Se está evaluando en la OACI la posibilidad de ampliar el concepto RNP a operaciones de terminal. En algunos estados pueden ser necesario poner en práctica la RNP 5, durante un período provisional, como tipo derivado de RNP 4, para que con el equipo actual de navegación puedan continuar las operaciones sin modificación de las actuales estructuras de rutas.

Debe tenerse en cuenta el hecho de que en algunos estados, en los que la precisión de la navegación que actualmente logra la flota principal de aeronaves excede de los requisitos correspondientes a RNP 4 y en los que se usan sistemas independientes de vigilancia rada para el movimiento de las aeronaves, continuará utilizándose un corredor con una anchura de ± 5 Km (± 2.7 NM),

Calendario para la puesta en práctica de la RNP.

El medio primario para lograr la RNP consiste en utilizar el equipo RNAV que ya existe en muchas partes. Muchos estados y regiones están obteniendo considerable experiencia en aspectos tales de las operaciones RNAV como las aprobaciones de la aeronavegabilidad y de las operaciones, la planificación del espacio aéreo, los requisitos de separación entre aeronaves y entre rutas, las técnicas de los usuarios, la capacitación, la publicidad y el intercambio de información.

Además, se han seleccionado los tipos de RNP 4, RNP 12.6 y RNP 20 atendiendo a la precisión de la navegación que actualmente se logra en diversas regiones y, por consiguiente, estos tipos pueden fácilmente implantarse. Sin embargo, la explotación a fondo del tipo RNP 1 exigirá que un elevado porcentaje del conjunto de aeronaves esté equipado para satisfacer tal nivel de performance.

Por consiguiente, será necesario que algunos explotadores inviertan en nuevo equipo para aprovecharse plenamente de los beneficios que ofrecen las operaciones con RNP 1. Por estos motivos, se considera que es necesaria y viable una puesta en práctica gradual de la RNP.

Requisitos en cuanto al espacio Aereo.

Espacio aéreo al que se aplica la RNP.

La RNP podría aplicarse a todas las fases del vuelo. Los cuatro tipos de RNP especificados, se elaboraron con fines de aplicación general. Se prevé que serán necesarios valores más rigurosos de RNP para operaciones en las cercanías de la mayoría de los aeródromos. La OACI está en el proceso de evaluar la posibilidad de definir tipos de RNP que sean aplicables a operaciones de terminal, incluidas las fases del vuelo de aproximación, aterrizaje y salida.

Características del espacio aéreo.

Las RNP puede aplicarse a las rutas ATS, incluidas las rutas fijas y las rutas contingentes.

Rutas RNO fijas.

Las rutas RnpP fijas son rutas ATS permanente y publicadas que pueden planificarse para vuelos de aeronaves que han recibido la aprobación para un determinado tipo de RNP. No se excluye la posibilidad de que haya restricciones en cuanto a las horas de disponibilidad y a los niveles de vuelo.

Las rutas RNP fijas deberían empezar y terminar en puntos de notificación promulgadas, no necesariamente definidos mediante instalaciones terrestres. Deberían establecerse puntos de recorrido a lo largo de rutas RNP fijas según lo estipulado por los Estados.

Rutas RNP contingentes.

Las rutas RNP contingentes son rutas ATS publicada que pueden planificarse para vuelos y que pueden ponerse a disposición de las aeronaves que hayan recibido la aprobación para un determinado tipo de RNP durante períodos limitados de tiempo (horas, días, e estaciones). También pueden establecerse dichas rutas para satisfacer requisitos poco habituales de carácter temporal, que puedan producirse con poco tiempo de aviso.

La orientación proporcionada en relación con los puntos de recorrido para las rutas RNP fijas, puede también aplicarse a las rutas RNP contingentes.

La RNP puede aplicarse a un área o a un volumen del espacio aéreo o a cualquier parte del espacio aéreo de dimensiones definidas. Dentro de un área RNP definida las autoridades pueden optar por exigir la aprobación de un determinado tipo de RNP para las rutas ATS.

Además, las derrotas (es decir derrotas aleatorias) no publicadas, siempre que sean aprobadas por el Estado, o por la autoridad ATC pertinente, pueden planificarse dentro de áreas RNP designadas y publicadas. Dichas derrotas pueden permitirse en los siguientes casos:

- En regiones de información de vuelo o regiones superiores de información de vuelo especificadas o en aquellas áreas que se definen lateralmente mediante coordenadas geográficas.
- Durante períodos especificados.
- Dentro de bandas de niveles de vuelo especificadas.

Sistema de coordenadas RNP.

A medida que evolucionan los sistemas de navegación pasando de la referencia a estación a la referencia a tierra, asume importancia el punto de referencia geodésico utilizado para determinar la posición real.

Se utilizan los puntos de referencia geodésicos para establecer con precisión la posición y la elevación de los accidentes geográficos sobre la superficie de la tierra. Estos puntos de referencia se establecen a diversos niveles de administración (internacional, nacional y local), y constituyen la base jurídica en todos los respectos de determinación de la posición y de navegación. Actualmente, se utilizan en todo el mundo muchos sistemas de referencia geodésica lo que lleva a diversas definiciones de la altitud y de la longitud del mismo punto terrestre, según el sistema que se esté utilizando. En algunas áreas del mundo se observan diferencias de varios centenares de metros y las repercusiones en las aeronaves que vuelan en condiciones RNP son tales que no siempre pueden tolerarse errores de tal magnitud, especialmente en las áreas terminales.

Además, pueden surgir también otros problemas en las operaciones en ruta, por ejemplo, cuando se efectúa la transferencia de aeronaves entre centros de control de área de países limítrofes, en los que se utilizan diversos puntos de referencia geodésica. Análogamente, en el soporte lógico de los sistemas de gestión de vuelo de las aeronaves (FMS) podría aplicarse un punto de referencia geodésico distinto al utilizado para localizar las ayudas de la navegación de base terrestre (por ejemplo el DME), o las ayudas para la navegación por referencia a tierra tales como el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS). Los ensayos en vuelo han distribuido errores importantes al uso de diversos puntos de referencia geodésicos en ambientes simulados RNP de elevada decisión.

La OACI ha seleccionado el sistema geodésico mundial (WGS)-84, como sistema común de referencia geodésica mundial ya que existe la necesidad de:

1. Convertir las coordenadas de posición clave del aeropuerto y de las ayudas para la navegación de base terrestres a un sistema de referencia geodésica común.

2. Asegurarse de que se efectúa un levantamiento topográfico de todos estos lugares respecto a una norma común que proporcione una precisión óptima, tal como la obtenida mediante los procedimientos de levantamiento topográfico GNSS.
3. Asegurarse de que en todo el soporte lógico FMS se aplica un sistema común de referencia geodésica.

Recae en los Estados la responsabilidad definitiva respecto a la precisión de los datos de posición para usos aeronáuticos; sin embargo, será necesario un esfuerzo común y poner en práctica el WGS-84 en todo el mundo antes de que pueda adoptarse para la navegación aérea cualquiera de los sistemas de navegación por referencia a tierra.

Precisión de performance de la navegación.

Performance normal.

Según lo previsto, la RNP proporcionará las características de un espacio aéreo determinado con una indicación de la precisión de performance de navegación (tipo de RNP) que ha de alcanzarse en el espacio aéreo de una de las operaciones normales de vuelo.

Si es necesario que intervenga el ATC para evitar que una aeronave se desvíe de la ruta autorizada, por ejemplo debido a fallos en los sistemas de aeronave, a condiciones fuera de tolerancia de la Navaid o a errores crasos debería suministrarse ayuda suficiente a fin de permitir que la aeronave vuelva al eje de la ruta y, o, continúe hasta el punto de recorrido siguiente.

Procedimientos ATS en el espacio aéreo RNP.

Procedimientos normales.

En general los procedimientos ATS en el espacio aéreo RNP serán los mismo que los procedimientos ATS actualmente previstos para utilizar mejor la capacidad RNAV.

Procedimientos especiales.

Puede ser que en el espacio aéreo RNP existan distintos requisitos funcionales. Por ejemplo, un requisito funcional de un espacio aéreo de tipo RNP puede ser la capacidad de volar desviándose del eje de ruta previsto una determinada distancia; esto se conoce como desviación paralela. Esta función puede ser un instrumento muy útil para el ATC tanto en situaciones estratégicas como tácticas. En una situación táctica puede aplicarse un desplazamiento en lugar de un encaminamiento vectorial radar para algunos casos, por ejemplo para facilitar un ascenso o descenso ininterrumpido.

En una situación estratégica, puede aplicarse un desplazamiento sistemático como medio para aumentar la capacidad del espacio aéreo sin perjuicio de la seguridad. Puede ser que en los acuerdos regionales o en los acuerdos entre dependencias ATS haya de incluirse detalles tales como la distancia de desplazamiento, el valor de performance de viraje, etc.

Procedimientos para el tránsito entre diversos tipos de espacio aéreo RNP.

Puesto que existe una serie de tipos de RNP y de aplicaciones posibles, debe prestarse particular atención al desarrollo de procedimientos de tránsito aéreo entre diversos tipos de espacio aéreo RNP. Esta atención no debe limitarse al método de realizar esta operación de tránsito. Todo esto exige una planificación detallada en la que se incluyan entre otros los siguientes fenómenos:

- Determinar los puntos concretos a los que se dirija el tránsito al pasar de un espacio aéreo de tipo RNP con una precisión más rigurosa a un espacio aéreo de tipo RNP con una precisión menos rigurosa.
- Poner a prueba el plan mediante simulaciones, una vez formulados los planes para el tránsito.
- Conceder la autorización solamente a las aeronaves que hayan obtenido la aprobación para operaciones en el espacio aéreo de determinado tipos RNP.
- Establecer la coordinación de todos los interesados para llegar en último término a un acuerdo regional en el que se incluyan los detalles de las responsabilidades requeridas.

Procedimientos de contingencia de las tripulaciones de vuelo dentro del espacio aéreo RNP

La tripulación de vuelo debe notificar al ATC las contingencias (fallo de equipo, condiciones meteorológicas) que influyan en su capacidad de mantener la precisión de navegación, y debe manifestar sus intenciones, participar en la coordinación de un plan de acción y obtener una autorización revisada del ATC.

Si la tripulación de vuelo, antes de que la aeronave se desvíe de la trayectoria de vuelo asignada, no puede notificar el hecho al ATC ni obtener la autorización del ATC, debería seguir los procedimientos establecidos de contingencia correspondientes a la región de operaciones y obtener pronto como sea posible la autorización del ATC.

Procedimientos de contingencia ATC

El ATC, debería ser consciente de la imposibilidad de que determinada aeronave mantenga la precisión de performance de navegación correspondiente al espacio aéreo RNP que se esté utilizando.

10

GPS



Sistema de Posicionamiento Global.

Antecedentes.

El sistema de satélites GPS fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para el Ejército, que a su vez es el responsable de su correcto funcionamiento. El control principal está en la base aérea de Falcon, en Colorado: allí se reciben las señales de radio procedentes de los 24 satélites y se corrige su situación.

Desde tierra, los usuarios cuentan con receptores que miden lo que tarda la señal de al menos tres satélites en llegar a él pueden recibirse hasta once, y la precisión es suficiente para determinar la posición con un error de 110 metros. El sistema nunca será completamente exacto, porque influyen variables como las interferencias, la inclinación o los puntos sin cobertura, además de que los errores fueron introducidos deliberadamente por los militares de los Estados Unidos cuyos receptores pueden incluso dirigir misiles- para dotar a sus receptores de GPS de una mayor ventaja en el campo de batalla en caso de guerra.

Así como muchas de las innovaciones en alta tecnología de los últimos 60 años fueron originalmente desarrolladas para la milicia, GPS no fue la excepción. En 1973 el Departamento de Defensa de Estados Unidos, con una inversión de 12 mil millones de dólares (MMD), empezó a desarrollar el proyecto Navstar GPS para proveer información precisa de localización para aeronaves, navíos, submarinos, tanques de guerra, etc. No fue sino hasta 1983 que Navstar GPS expandiera sus señales para uso civil por orden del presidente Ronald Reagan -a partir de la destrucción en pleno aire del vuelo 007 de las aerolíneas coreanas por parte de un bombardero soviético, después de pasar accidentalmente por espacio aéreo prohibido. Esto permitió a la aviación y a otros medios de transportación una mejor precisión en sus sistemas de navegación.

La constelación Navstar GPS compuesta de 24 satélites envían dos tipos de señales a la tierra que difieren en niveles de precisión. El primer tipo conocido como PPS (Precise Positioning Service, Servicio de Localización Precisa) es una señal encriptada para usos militares, la cual fue diseñada para niveles de aproximación de 15 a 30 metros, pero en la práctica se han logrado precisiones en el orden de 10 metros. La segunda señal conocido como SPS (Standard Positioning Service, Servicio de localización Estándar), es una señal estándar para uso civil, tiene una precisión de 100 a 150 metros. La señal SPS es degradada a propósito por el Departamento de Defensa utilizando una técnica conocida como SA (Selective Availability, Disponibilidad Selectiva). Es lógico que el Departamento de Defensa no le va a dar la misma precisión al usuario civil, el cual en algunos casos puede ser su enemigo militarmente hablando.

La posición del receptor GPS es determinada por triangulación. El dispositivo receptor mide el tiempo que toma una señal en viajar por el espacio $\frac{3}{4}$ aproximadamente 20,200 Kms $\frac{3}{4}$ y tomando como referencia la velocidad de la luz se determina la distancia entre el satélite y el receptor.

Como la posición de cada satélite es conocida y se tienen al menos 3 satélites a la vista, se determina la posición exacta del receptor GPS (latitud, longitud y elevación). Las aplicaciones civiles que demanden una mayor precisión pueden ser determinadas por GPS diferencial (DGPS), una técnica de refinamiento que se auxilia de estaciones terrestres de referencia, incrementando en gran medida la precisión de los receptores GPS.

Durante estos años la tecnología GPS ha arrojado grandes dividendos a los fabricantes de receptores. Según cifras de la USGIC (US. GPS Industries Council), en 1997 las ganancias generadas por toda la tecnología GPS fue de 3 MDD, y se espera que para el año 2000 este número crezca a \$8 MDD. Las ganancias en los sistemas de navegación para automóvil crecerán en un factor de 30, de \$100 millones de dólares en 1993 a \$3 MMD para el 2000. Las ganancias en los receptores portátiles se incrementarán 50 veces, de \$45 millones en 1993 a \$2.25 MMD en el 2000. Por otro lado, el mercado de la cartografía obtuvo ganancias de \$100 millones en 1993 y para el año 2000 se esperan \$630 millones de dólares. En contraparte, el mercado de la aviación el cual representó en 1993 sólo el 8 por ciento del mercado total, en el 2000 se reducirá al 4.5 por ciento.

Olvídense por un momento del problema del año 2000 (Y2K). ¿Está usted listo para el 22 de agosto de 1999? En esta fecha, exactamente a las 23:59:59 UTC (Coordinated Universal Time, calculado similar al tiempo del meridiano de Greenwich) del 21 de agosto, ciertos equipos de navegación que utilizan como referencia a Navstar GPS fallarán u operaran por abajo de lo normal. Esto también ocasionará que algunos sistemas de cómputo sean afectados, ya que los receptores GPS son algunas veces utilizados para proveer tiempo preciso para la sincronización de redes distribuídas.

La señal que es enviada por cada uno de los satélites NAVSTAR GPS, contiene el tiempo formateado por semanas y segundos. El origen de la escala de tiempo de GPS (la semana 0) comenzó a las 00:00:00 UTC del 6 Enero de 1980. Debido a las limitaciones tecnológicas de esa época, la cantidad de memoria restringió la vida esperada de los primeros satélites ya que este parámetro está delimitado a 10 bits de almacenamiento ($2^{10} = 1024$ semanas) o sea 7,168 días, así que el primer Rollover (regreso a cero) ocurrirá a las 00:00:00 UTC del 22 de agosto de 1999, que es la media noche del sábado 21 y la mañana del domingo 22 de agosto de 1999. Después de esta fecha las posiciones de los satélites serán calculadas mal y producirán errores injustificables. También, los receptores que procesan y despliegan fechas de calendarios basados en "semanas desde 1980" pueden generar errores en cálculos de fechas.

Este evento es conocido por sus siglas en inglés como WNRO (GPS "Week number rollover event"). Es de suponerse que antes de esta fecha ya esté en operación la nueva generación de satélites, lo cual significa que la nueva generación de receptores trabajará apropiadamente. El GPS JPO (Joint Program Office) ha determinado que todas las generaciones de satélites GPS no serán afectadas por el año 2000 y por el WNRO. Sin embargo, los receptores GPS de los usuarios civiles deben de verificarse para que las aplicaciones trabajen apropiadamente para estos dos eventos. Muchos de los fabricantes de receptores GPS están ofreciendo información para resolver estos problemas (Y2K y WNRO) en sus respectivas páginas Web.

Los fabricantes de tecnología GPS ahora han encontrado otro potencial y lucrativo mercado: los teléfonos celulares; gracias a una iniciativa lanzada por la FCC (Federal Communications Commission) que entrará en vigor en los Estados Unidos el 1ro. de octubre del 2001, la cual menciona que cada sistema de celdas deberá ser capaz de localizar en caso de emergencia a sus teléfonos remotos dentro de un espacio de 125 metros al menos el 67 por ciento del tiempo. Este programa es llamado E911 (Enhanced 911).

Dentro del área automovilística, una compañía con base en San Jose, Ca., Datus Inc., desarrolló un sistema de navegación portátil para vehículos con capacidad para calcular automáticamente las rutas, con instrucciones de voz a cada momento. Este sistema conocido como RouteFinder PNA opera bajo el ambiente Microsoft Windows CE y tiene un costo aproximado en el mercado de \$1,000 dólares. Entre los socios de esta aventura figuran Advanced Micro Devices Inc. (AMD), Microsoft Corp., Navigation Technologies Corp., además de otras firmas.

Otro producto basado en GPS fue desarrollado por la compañía Clarion Corp. de Estados Unidos, conocida por fabricar equipos de sonido para automóviles. Clarion lanzó al mercado su más nuevo producto llamado Clarion AutoPC, el cual incluye características de comunicación, navegación, información y entretenimiento bajo el ambiente Windows CE.

Con este sistema -del tamaño de un estéreo para automóvil- puedes hacer llamadas telefónicas "a manos libres", envío de correo electrónico además de contener una libreta de direcciones. Contiene también un modo de navegación con mapas y direcciones el cual puede ser activado mediante voz; con sólo decirle donde estás y a donde quieres ir, el sistema AutoPC te guiará a tu destino. En la parte de información te da la hora continuamente, también puedes dictarle alguna información y la graba en memoria. En la parte de entretenimiento contiene radio AM/FM, reproducción de CD/CD-ROM los cuales pueden ser activados con voz. Este producto ya se encuentra en el mercado en los Estados Unidos y tiene un precio aproximado de \$1,300 dólares.

Principio de Funcionamiento:

El sistema NAVSTAR-GPS se basa en la medida simultánea de la distancia entre el receptor y al menos 4 satélites.

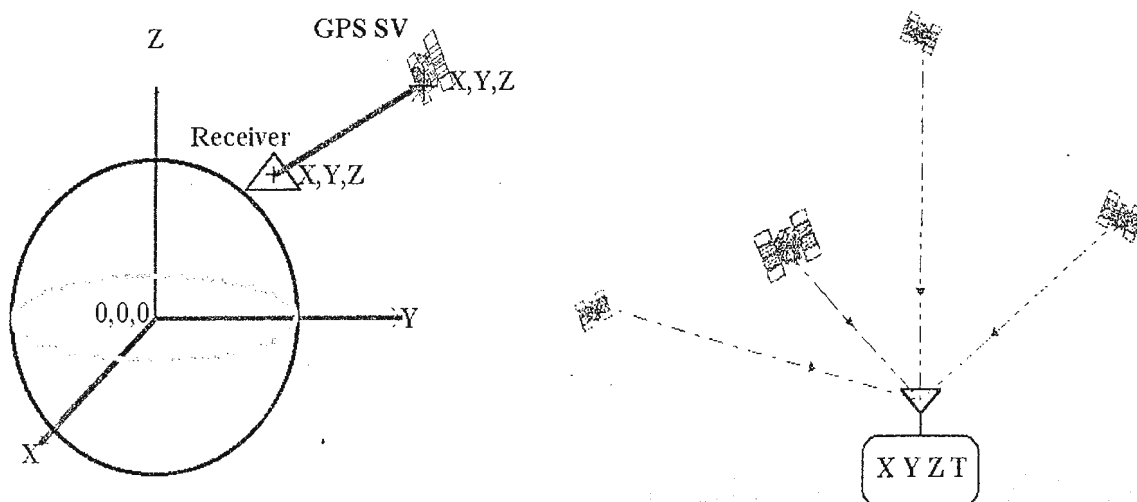


Figura 10- 1. Principio del Sistema GPS.

Mediante la lectura de cuatro parámetros puede establecerse la posición exacta de un punto cualquiera tres de esos puntos pertenecen a las coordenadas X, Y, Z mientras que el último parámetro mide el tiempo GPS.

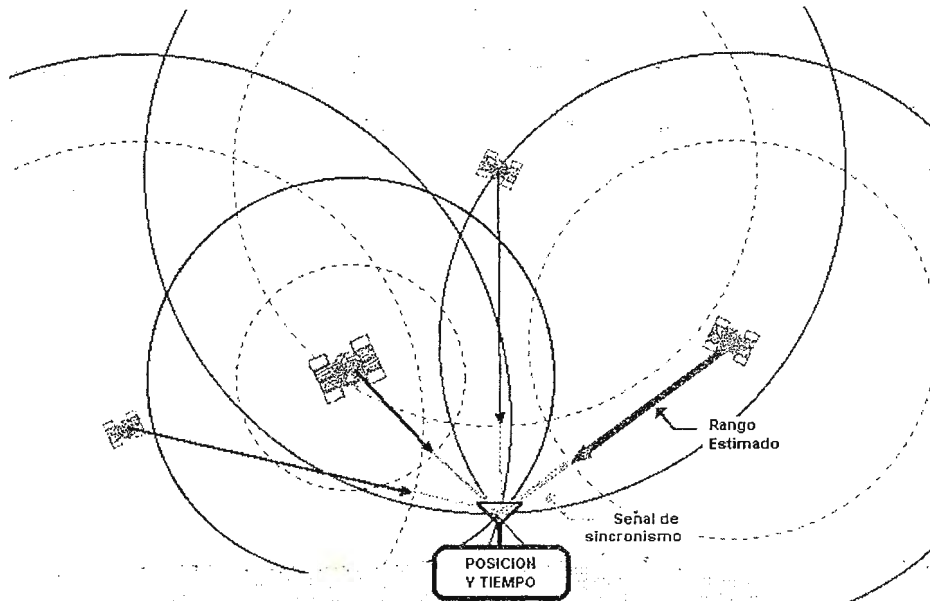


Figura 10-2. Interacción de los cuatro satélites.

Los rangos estimados son interceptados una área pequeña, mientras que la señal de sincronización de un cuarto satélite, permite discriminar los puntos erróneos. El sistema ofrece las siguientes informaciones:

- Posición del receptor.
- Referencia temporal muy precisa.

Las distancias entre el receptor y el satélite se obtienen por medio del retardo temporal entre que el satélite envía la señal hasta que el receptor la recibe. Los satélites emiten dos portadoras a la misma frecuencia. Estas portadoras están moduladas en fase (BPSK) por diferentes códigos pseudo-aleatorios.

El receptor GPS calcula la correlación entre el código recibido y el código del satélite cuya señal pretende detectar, de esta forma:

- Se pueden separar las señales de los diferentes satélites.
- Y finalmente se obtiene el retardo temporal.

En principio se podría pensar que calculando los retardos temporales entre 3 satélites y el usuario ya tendríamos la posición deseada (X_i, Y_i, Z_i), puesto que tres esferoides que se cortan definen un punto.

Entonces, ¿Por qué son necesarios entonces 4 satélites si parece que basta con 3 para obtener la posición?. La respuesta a esta pregunta es que, efectivamente, bastarían con sólo 3 satélites para determinar la posición. Pero esto exige una precisión muy buena y una gran estabilidad de los relojes, tanto del satélite como del receptor. Si bien los satélites cumplen estas dos condiciones, pues incorporan un reloj atómico (que son muy precisos y muy estables), este no es el caso de los receptores puesto que su precio sería desorbitado.

La solución a este problema es introducir una nueva incógnita en el sistema (además de las tres coordenadas espaciales del receptor) debido a la deriva que existe entre el reloj del satélite y el reloj del usuario. Y es por esto por lo que necesitamos 4 satélites como mínimo, y no 3 como parecía en un principio. Se emplean 4 satélites respecto a los cuales el receptor calcula las distancias respectivas. En realidad no se miden distancias, sino pseudodistancias. Y así se ha llegado a un sistema con 4 ecuaciones y 4 incógnitas que se van a calcular conociendo las distancias a 4 satélites.

Si hay más de 4 satélites visibles se calculan las pseudodistancias respecto a todos los satélites visibles, obteniendo así un sistema con más ecuaciones que incógnitas, lo que simplifica el cálculo de la posición.

El sistema está diseñado para que sobre cualquier punto de la superficie terrestre haya al menos 4 satélites visibles. El sistema GPS además de la posición nos ofrece una referencia temporal muy exacta, esto permite:

- Sincronizar los relojes locales (esto tiene muchas aplicaciones, p.ej. sincronización en transmisiones.).
- Posibilidad de medir la velocidad a la que se desplaza el usuario a través del desplazamiento Doppler

Algunos detalles del sistema GPS son:

- Error instrumental del cálculo de pseudodistancias como consecuencia de un error en la medida del retardo temporal de la señal. $DR = c \cdot DT$ ---- -relación $f_{Doppler} \sim$ desplazamiento Doppler
- El sistema GPS requiere sistemas de medidas de retardo muy precisos.
- El reloj del satélite también puede sufrir alguna deriva (al cabo de varios años). El GPS envía al receptor una serie de modelos para corregir estas derivas.
- Puede suceder que el receptor sólo sea capaz de recibir las señales de 3 satélites. En este caso se pide al usuario que introduzca la altura y se emplea el GPS en 2D.

La señal tarda unas centésimas de segundo en llegar al receptor, la posición del satélite que hay que considerar para calcular la posición del usuario es la que tenía el satélite en el momento de transmitir la señal.

Estructura de las señales transmitidas.

Códigos pseudoaleatorios.

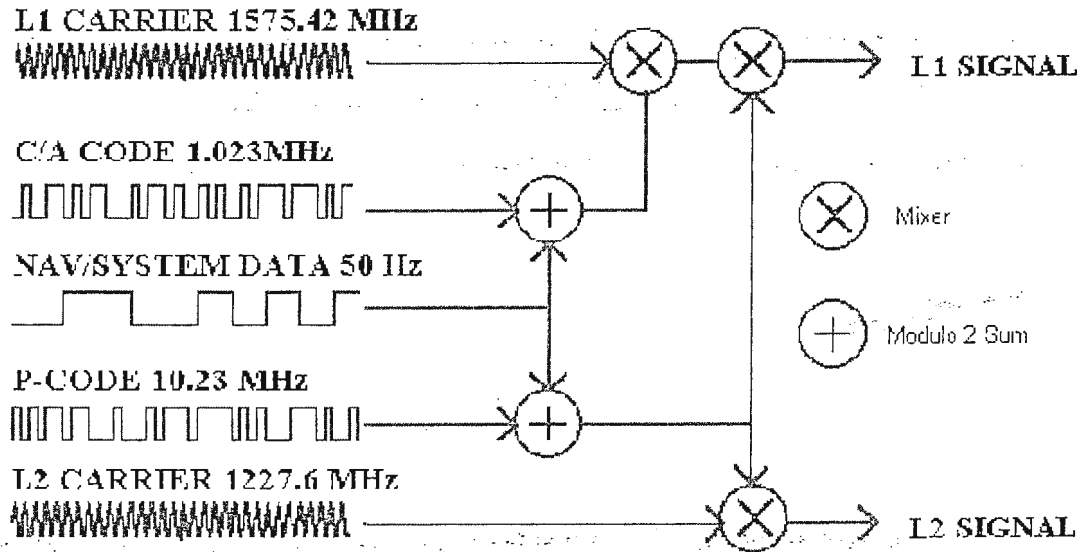


Figura 10-3. Señales GPS.

Estos códigos están formados por una serie impar de n bits con una duración de T segundos.
 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}$ con $a_i = \pm 1$

Su espectro es similar al ruido (tienen componentes frecuenciales en todo el rango de frecuencias). Se caracterizan porque la función de autocorrelación:

$$\theta_{aa}(t) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot a_{i+\tau} \begin{cases} \tau = 0 & \text{Pico} \\ \tau \neq 0 & \text{Lobulos secundarios} \end{cases}$$

La correlación cruzada es:

$$\theta_{ab}(t) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot b_{i+\tau}$$

Cada uno de estos códigos pseudoaleatorios se asigna a cada uno de los satélites. El receptor, para separar la señal de un satélite del resto, corre las series recibidas con el código que desea detectar. El código que se quiere detectar superará un determinado umbral:

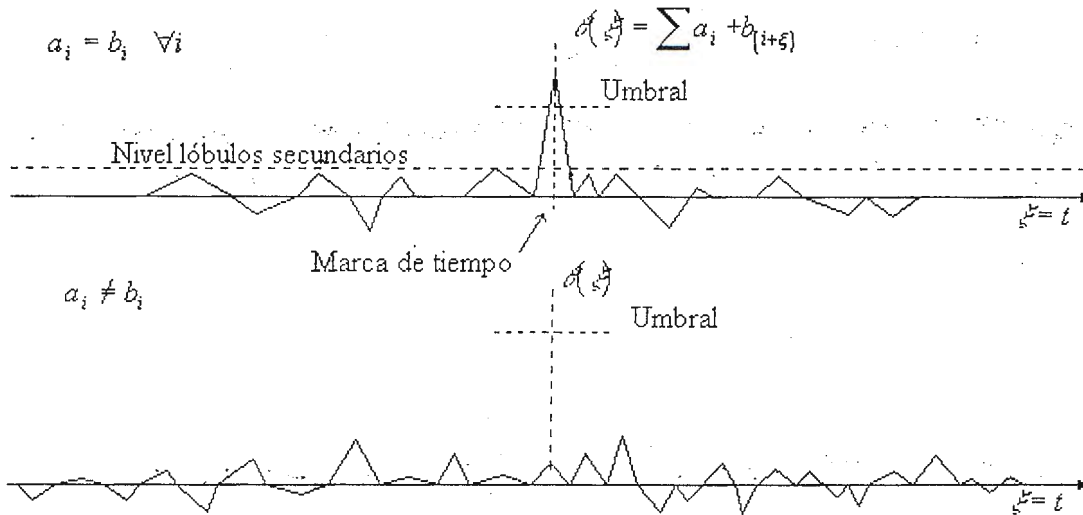


Figura 10-4. Correlación de los códigos pseudoaleatorios.

Es muy importante que el receptor y el satélite estén sincronizados para que la correlación comience cuando llega la señal procedente del satélite. De esta forma se calcula el retardo. Las figuras continuación representan diferentes instantes de la correlación entre dos códigos:

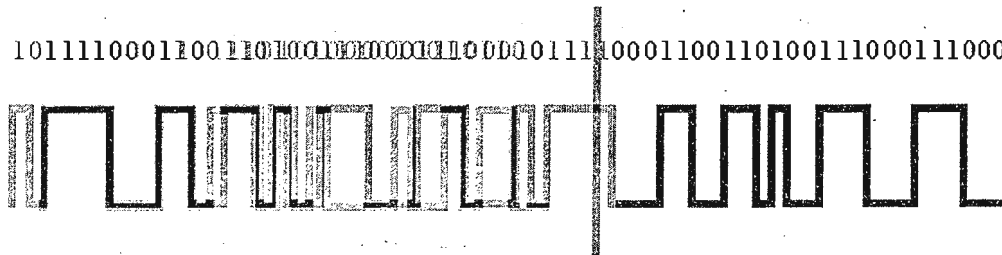


Figura 10-5. Segmento sin correlación con un código PRN diferente.

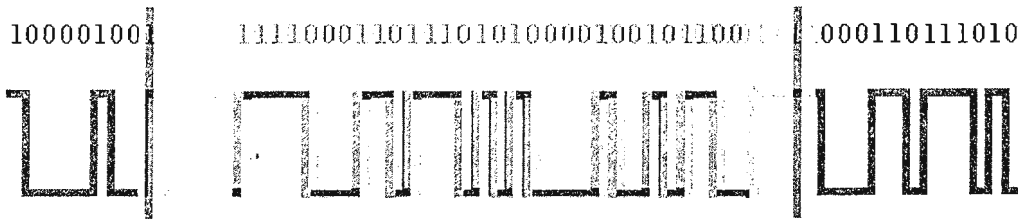


Figura 10-6. Correlación parcial de código de identificación y PRN.

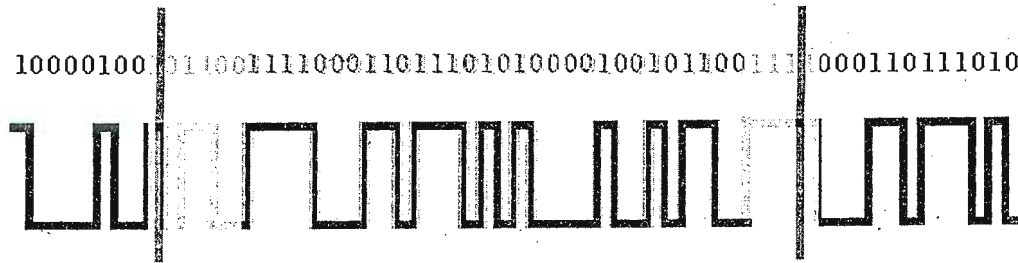


Figura 10-7. Correlación completa (código en fase), del receptor del satélite con el código PRN.

El sistema NAVSTAR-GPS emplea dos tipos de códigos, a saber:

1. Código C/A (Clear/Adquisition) ---> empleado para navegación de baja precisión (uso civil).
2. Código P ---> empleado para navegación de alta precisión (uso militar).

Código C/A (Clear/Adquisition):

- Para obtenerlo se multiplica la salida de dos códigos de 1023 bits.
- La frecuencia de reloj que se emplea es de 1.023 MHz.

Donde,

n es el identificativo de cada satélite.

T es el tiempo de duración de 1 bit ($10^{-6}/1.023$ s).

El tiempo de duración del código es:

$$T_c = 1023 \cdot \frac{10^{-6}}{1.023} = 1 \text{ ms}$$

Código P.

Para obtenerlo se multiplica la salida de dos códigos (P1,P2).

La frecuencia de reloj que se emplea es de 10.23 Mhz.

La longitud de los dos códigos que se multiplican para obtener el código P es de:

P1: 15345000 bits.

P2: 15345034 bits.

donde,

n es el identificativo de cada satélite.

T es el tiempo de duración de 1 bit ($10^{-6}/10.23$ s).

El periodo de estos códigos es de 267 días, aunque únicamente se emplean 7 días y al cabo de la semana se resetea este código, asignando secuencias semanales distintas a cada satélite. Así, en este caso no hay ningún tipo de ambigüedad. El receptor únicamente correla una determinada parte del código.

Técnica del Espectro ensanchado.

El fundamento de esta técnica consiste en que la señal transmitida se expande sobre un ancho de banda mayor mediante una modulación extra. La señal que se desea transmitir se modulará con otra señal con un régimen binario mucho mayor. Esta técnica es muy robusta frente a las interferencias (característica muy importante en sistemas militares). Los diagramas de bloques del transmisor y del receptor se muestran a continuación:

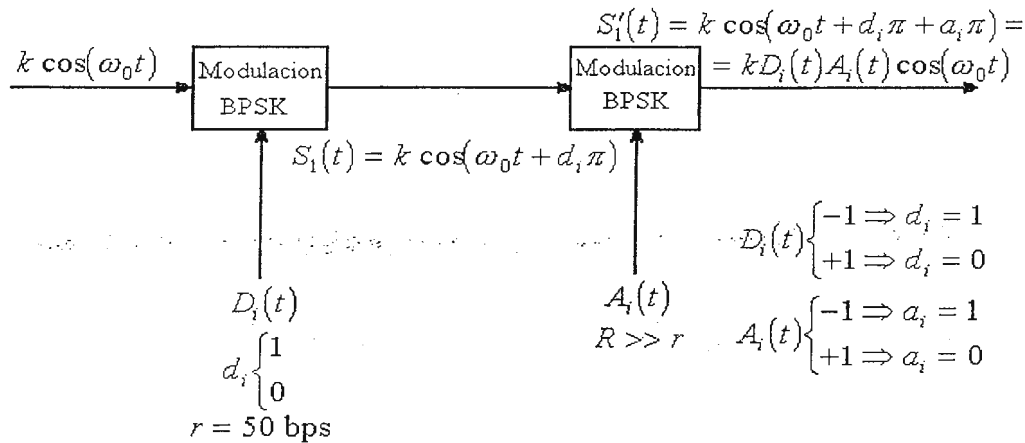


Figura 10-8. Diagrama en bloques del transmisor GPS.

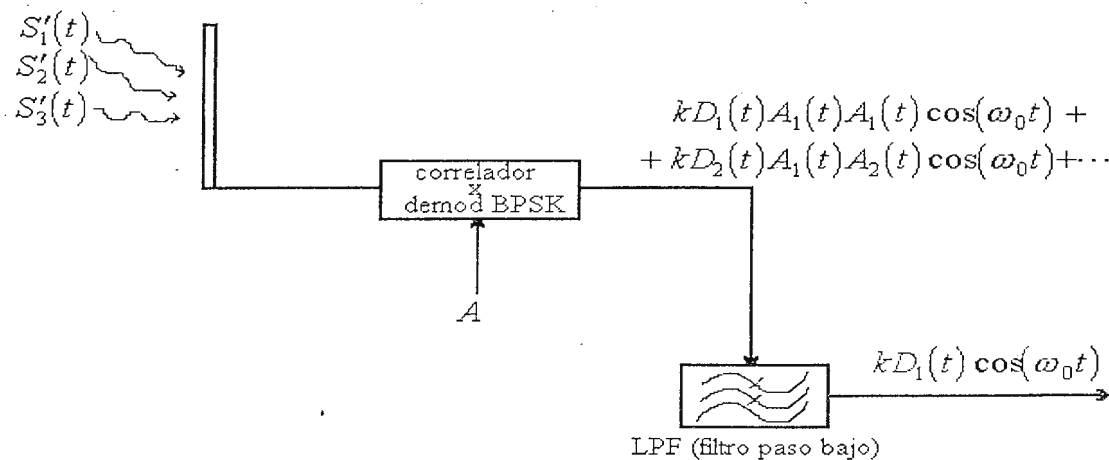


Figura 10-9. Diagrama en bloques del receptor GPS.

Mensaje de navegación (NAV DATA).

El mensaje de navegación está constituido por los siguientes elementos:

1. Efemérides (son los parámetros orbitales del satélite).
2. Información del tiempo (horario) y estado del reloj del satélite.
3. Modelo para corregir los errores del reloj del satélite.
4. Modelo para corregir los errores producidos por la propagación en la ionosfera y la troposfera.
5. Información sobre el estado de salud del satélite.
6. Almanaque, que consiste en información de los parámetros orbitales (constelación de satélites).

Se transmite a un régimen binario de 50 bps y se tarda 12.5 min en enviarlo completamente. Su estructura se muestra a continuación:

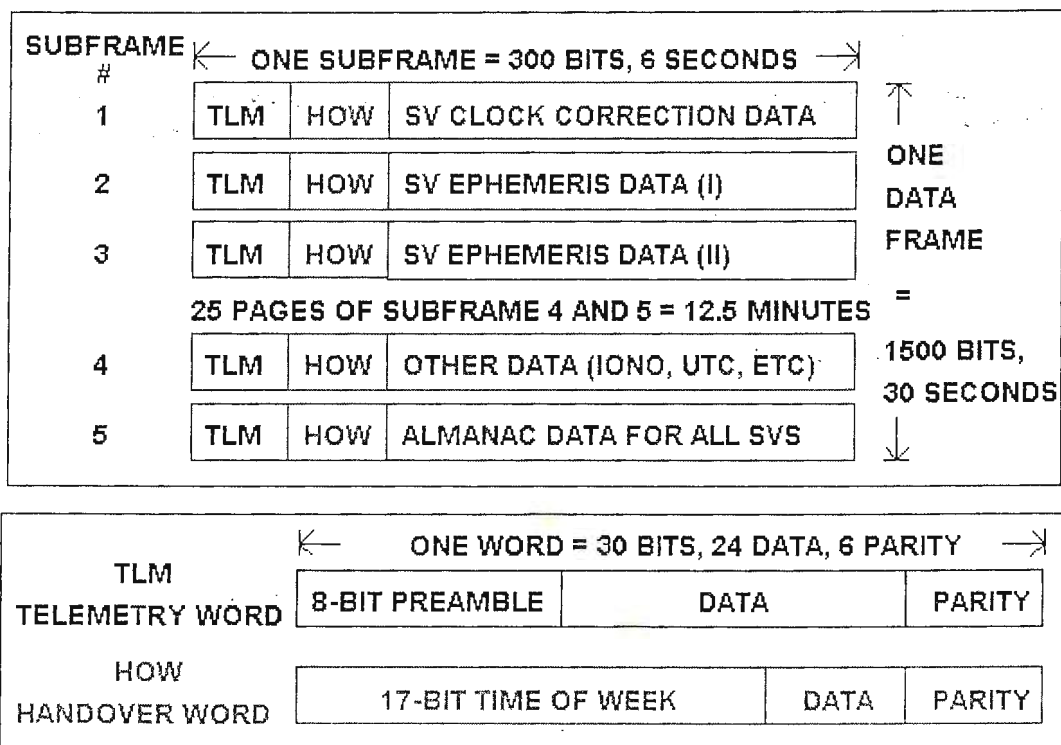


Figura 10-10. Formato del GPSS para Navegación.

Las señales que transmite el sistema GPS tienen la estructura siguiente:

$$u_1(t) = P_n(t) \cdot D(t) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + A_n(t) \cdot D(t) \cdot \text{sen}(\omega_1 \cdot t)$$

$$u_2(t) = P_n(t) \cdot D(t) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t)$$

Como ya hemos visto, cada satélite emite dos frecuencias portadoras coherentes entre si,

- $f_1 = L1 = 10.23 \cdot 154 = 1,575.42 \text{ MHz}$
- $f_2 = L2 = 10.23 \cdot 120 = 1,227.6 \text{ MHz}$

El diagrama de bloques del generador de la señal GPS es el siguiente:

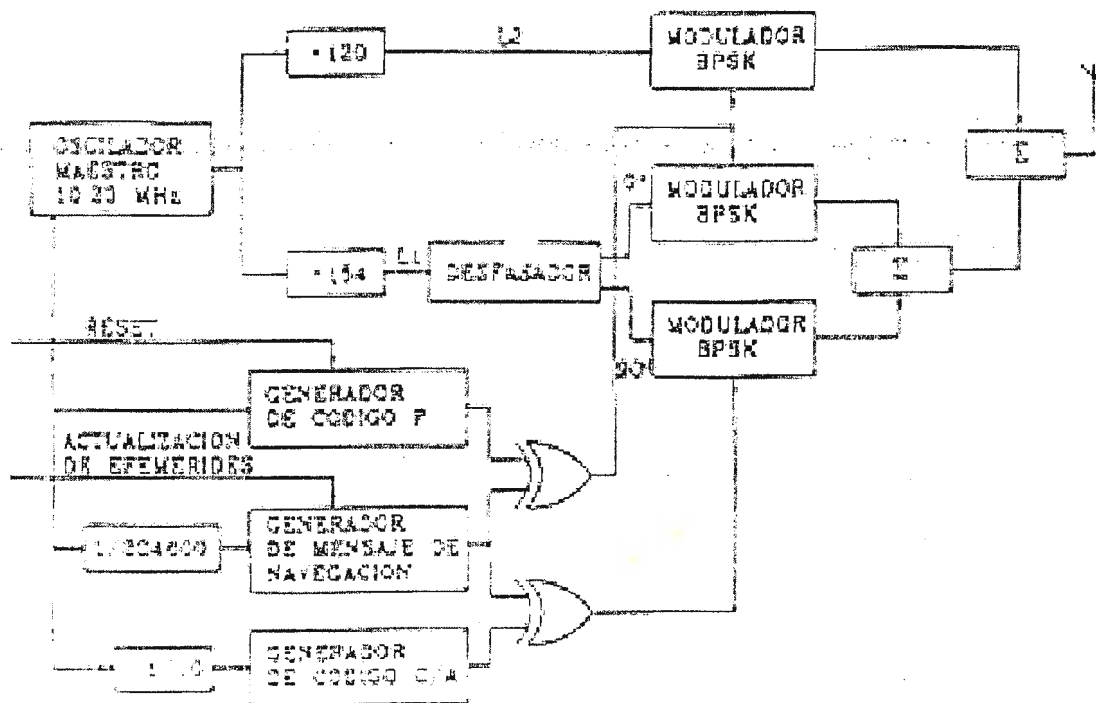


Figura 10-11. Diagrama en bloques del generador de señales GPS.

Tratamiento de la señal GPS.

En esta sección se estudiará brevemente los pasos que se realizan con la señal GPS recibida para obtener la posición del usuario.

Proceso de adquisición

Al encender el receptor GPS éste puede encontrarse en dos estados distintos:

- Perdido (el almanaque tiene una fecha muy antigua).
- El aparato prueba con distintos satélites hasta que reciba una señal con una SNR aceptable. Cuando logra engancharse con un satélite demodula el mensaje de navegación y consigue así el almanaque y la referencia temporal GPS.
- Esta fase de prueba y error puede durar hasta unas decenas de minutos.
- Memorizado (hace poco que hemos usado el aparato GPS y el almanaque almacenado sirve para saber la posición de todos los satélites).
- El aparato se engancha con los cuatro satélites que tiene visibles.

Cuando el receptor ya está enganchado con un satélite se asigna el canal/es a los códigos de los satélites que están visibles y se inicia el proceso de enganche con cada satélite.

Proceso de seguimiento

Cuando se ha sincronizado con cada uno de los satélites, tras realizar la correlación se detectan los picos que superan un determinado umbral y a partir de ellos se obtiene el retardo temporal y con esto la ecuación de un esferoide donde está el usuario. Repitiendo este proceso para 4 satélites se obtiene la posición del usuario.

Se debe seguir los picos que superan el umbral para ver como varía esa distancia. A esto se le llama lazo de seguimiento al código. También hay un lazo de seguimiento a la portadora. Este tiene como misión estar continuamente enganchados a las portadoras que emite el satélite. A continuación se presenta un diagrama en bloques para la recibida:

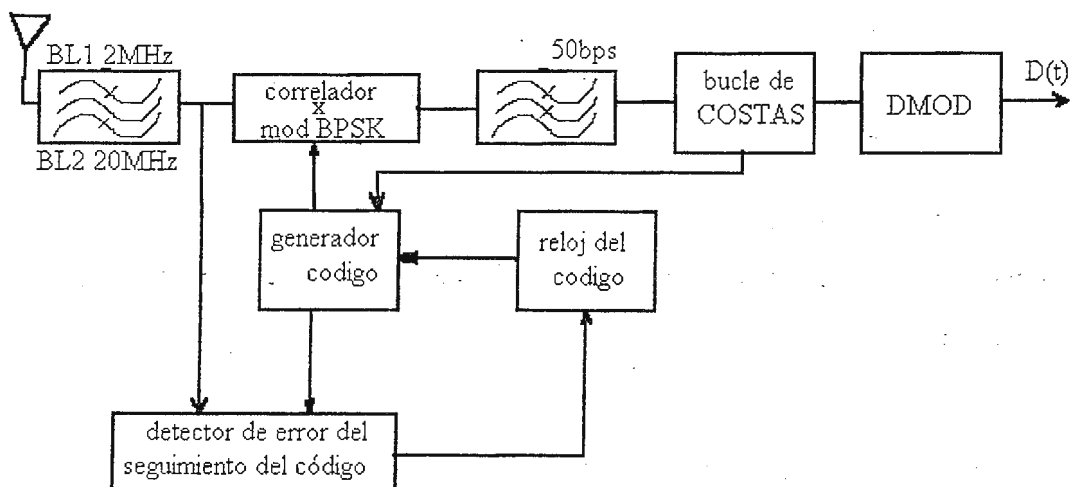


Figura 10-12. Diagrama en bloques para la señal transmitida

Configuración del sistema

Básicamente el sistema NAVSTAR-GPS está formado por tres segmentos:

- Segmento espacial.
- Segmento de control.
- Segmento de los usuarios.

El sistema GPS está compuesto por tres elementos:

1. El segmento espacial formado por los satélites artificiales GPS: La constelación GPS está compuesta por 24 satélites operativos colocados en seis planos orbitales distintos. Sus órbitas son circulares y con un periodo de 12 horas. El posicionado de los satélites en cada instante es tal que, desde cualquier punto de la superficie de la Tierra se pueden observar un mínimo de cuatro satélites por encima del horizonte local. A intervalos de tiempo muy precisos (1 segundo) los satélites emiten información sobre su estado, su navegación, datos para la corrección de la propagación de ondas electromagnéticas a través de la atmósfera y, lo que más nos interesa, datos de tiempo según sus relojes internos.
2. El segmento de control formado por las bases terrestres de control: El sistema terrestre también consiste en diez estaciones terrestres: cinco civiles (Quito (EC), Buenos Aires (AR), Hermitage (UK), Bahrain y Smithfield (AU)) y otras cinco de las fuerzas aéreas norteamericanas (Hawaii, Colorado, Isla Ascensión, Diego García y Kwajalein). A través de sus antenas, esta "constelación" de estaciones terrestres monitorean el estado de todos y cada uno de los satélites Navstar. La vigilancia se hace mediante receptores GPS pasivos para acumular datos sobre las señales emitidas por cada satélite. Esta información se procesa en la Estación Central de Seguimiento para determinar con precisión cuales son las órbitas reales de los satélites y proceder a las correcciones de trayectoria que sean necesarias enviándoles mensajes de navegación a cada uno de ellos a través de su antena en tierra.

3. El Usuario: Este componente consiste en los receptores GPS que utilizan los datos recibidos de los satélites que en cada instante se encuentran por encima de su horizonte local, para determinar cuales es su posición geográfica y el tiempo

Segmento espacial

Al principio se pensó que sólo eran necesarios 18 satélites (más 3 de emergencia por si acaso alguno fallaba). Sin embargo más tarde se comprobó que con este número la cobertura en algunos puntos de la superficie terrestre no era buena. Así que se pasaron a utilizar 21 satélites (más 3 de reserva como antes) repartidos en 6 órbitas, de forma que hay 4 satélites por órbita.

El sistema está diseñado de tal forma que sobre cualquier punto de la superficie terrestre se ven al menos 4 satélites.

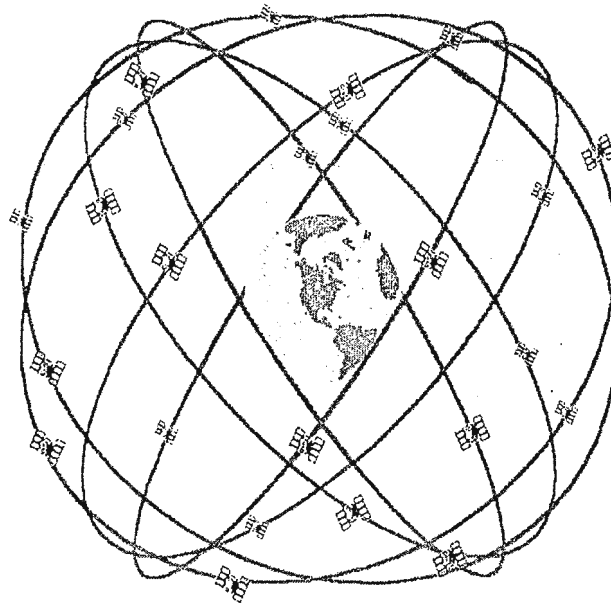


Figura 10-13. Costelación GPS.

Órbitas.

Las órbitas que siguen los satélites están estudiadas para que se pueda recibir sus señales desde cualquier punto del planeta. El sistema GPS está preparado para funcionar aún en las peores condiciones atmosféricas. Las órbitas de los satélites son casi circulares, con una excentricidad de 0.03 a 0.3. Están situadas a una altura de 20180 km.

Características de las órbitas de los sistemas GPS:

- Tienen una inclinación respecto al plano del ecuador de 55° .
- La separación entre las órbitas es de 60° .
- El periodo de los satélites es de 11h 58m.
- Hay 6 efemerides que caracterizan a las órbitas.
- Los satélites se hallan a aproximadamente 11,000 millas náuticas.

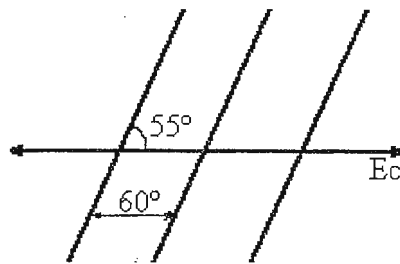


Figura 10-14. Inclinación de las órbitas.

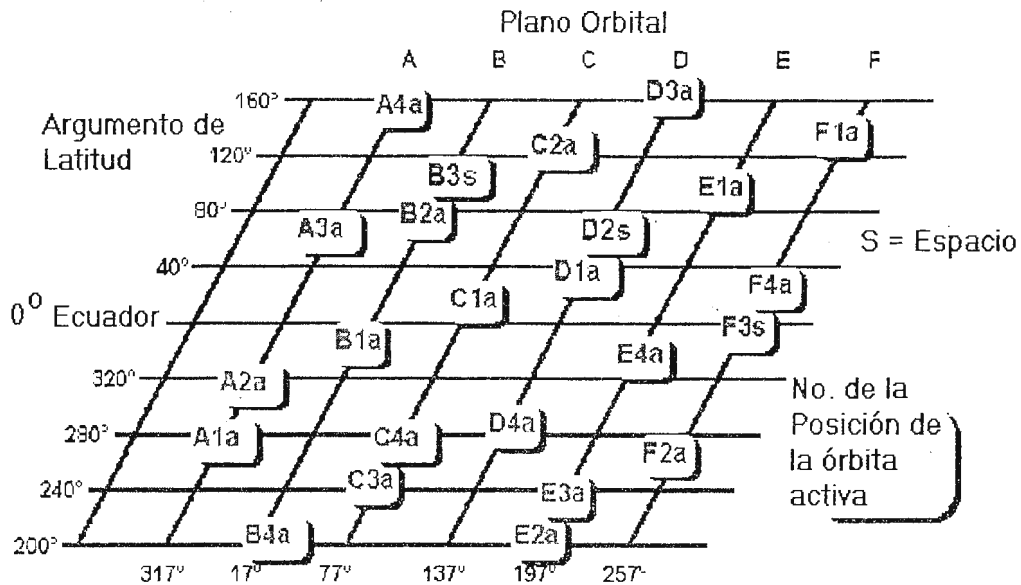


Figura 10-15. Representación simplificada de las constelaciones del GPS..

Satélites del sistema NAVSTAR_GPS.

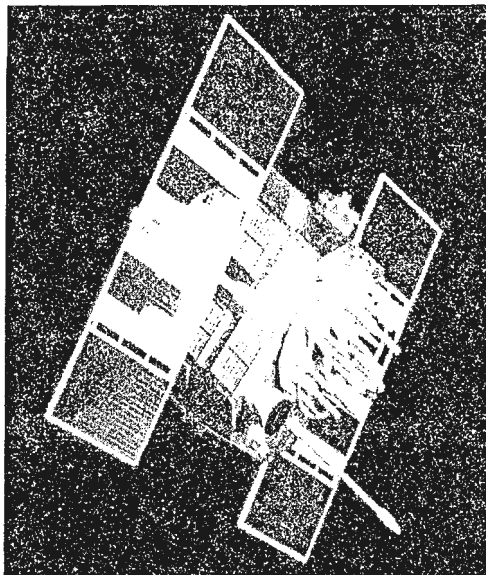


Figura 10-16. Fotografía de un satélite GPS.

Características:

- Emiten con una potencia de 700W.
- La antena.
- Es un array (arreglo) helicoidal.
- Emiten con polarización a derechas.
- Su ganancia es de 15dB.
- Incorporan un reloj atómico muy estable y preciso.
- Su vida media es de aproximadamente 7.5 a 10 años, al cabo de este tiempo hay que sustituirlo.

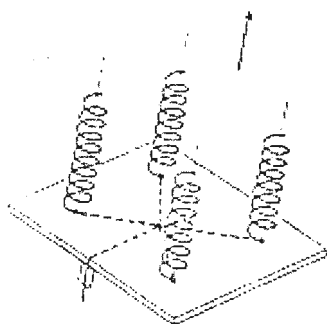


Figura 10-17. Antena de los satélites GPS.

Segmento de control.

Existe una estación maestra de control (sita en Colorado Spring). Esta se encarga de calcular las efemérides de cada uno de los satélites.

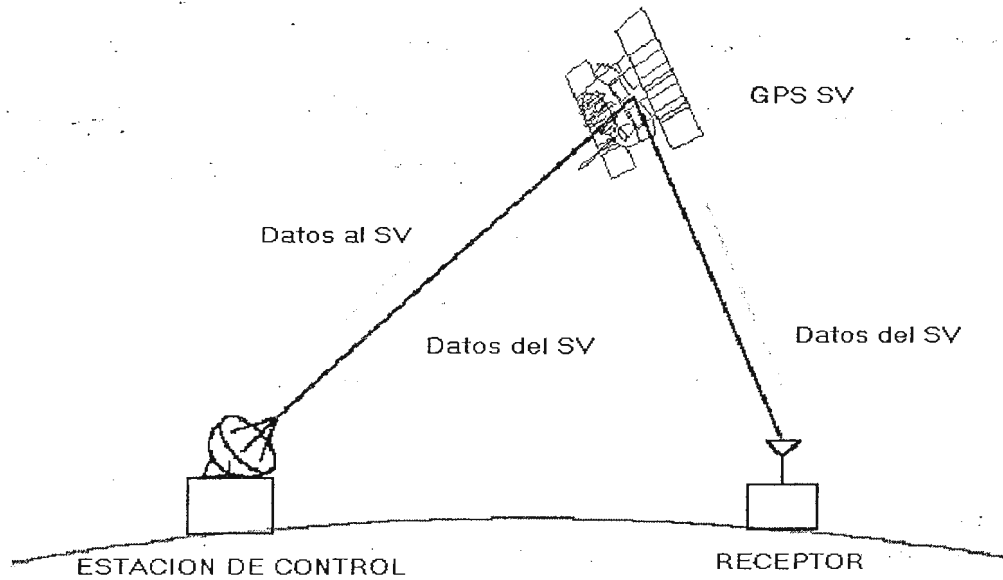


Figura 10-18. Segmento de control.

Hay 3 estaciones de carga que están situadas en Diego García, Isla Ascensión y Kwajalein, Ellas transmiten datos (mensaje de navegación) y reciben las señales que los satélites envían a estas estaciones. Para la transmisión se emplea la banda S.

Canal ascendente: 1,783.74MHz

Canal descendente: 2,227.5 MHz

Además hay 5 estaciones monitoras las cuales se encuentran en Hawaii y Colorado Spring. Las cuales controlan el estado y posición de los satélites.

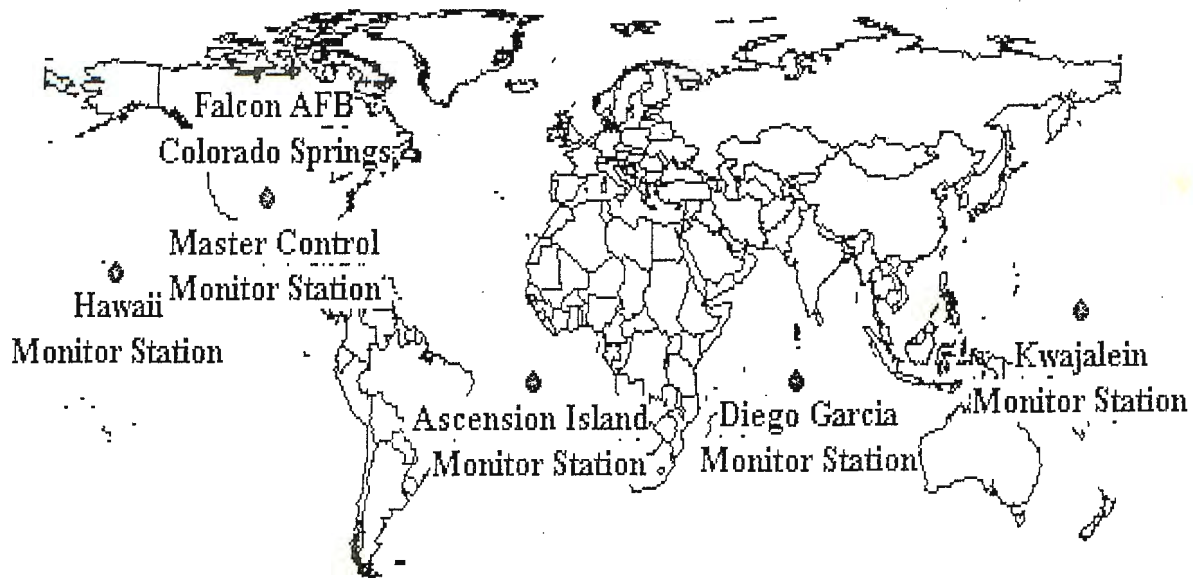


Figura 10-19. Ubicación de las estaciones de control.

Las estaciones monitoras reciben las señales transmitidas por los satélites y a partir de ellas obtienen información para poder calcular las efemérides de los satélites. Esta información es transmitida a la estación maestra de control que es la encargada de calcular las efemérides y obtener así la posición de los satélites con una posición muy buena.

Segmento de los usuarios.

Este segmento está formado por los receptores GPS y sus funciones principales son las siguientes:

- Sintonizar las señales emitidas por los satélites
- Decodificar el mensaje de navegación
- Medir el retardo de la señal (desde el transmisor hasta el receptor) a partir de los cuales calculan la posición.
- Presentar la información de la posición en la que se encuentra (en 3D ó en 2D)

Otras funciones complementarias son:

- Ayuda a la navegación.
- Almacenamiento de datos.
- Presentación más sofisticada (mapa de fondo...)
- Prestaciones de los receptores civiles (c/A).
- 1ª posición 2D en menos de 2 minutos (siempre que no partamos de la posición perdido).
- 1ª posición 3D en menos de 2.5 minutos (siempre que no partamos de la posición perdido).
- Actualizaciones de la posición de 0.5 a 1 segundos.

- Precisión en torno a 15m.
- Medida de la velocidad del usuario, precisión de 0.1m/s aproximadamente.
- Referencia temporal, precisión de 100ns aproximadamente.

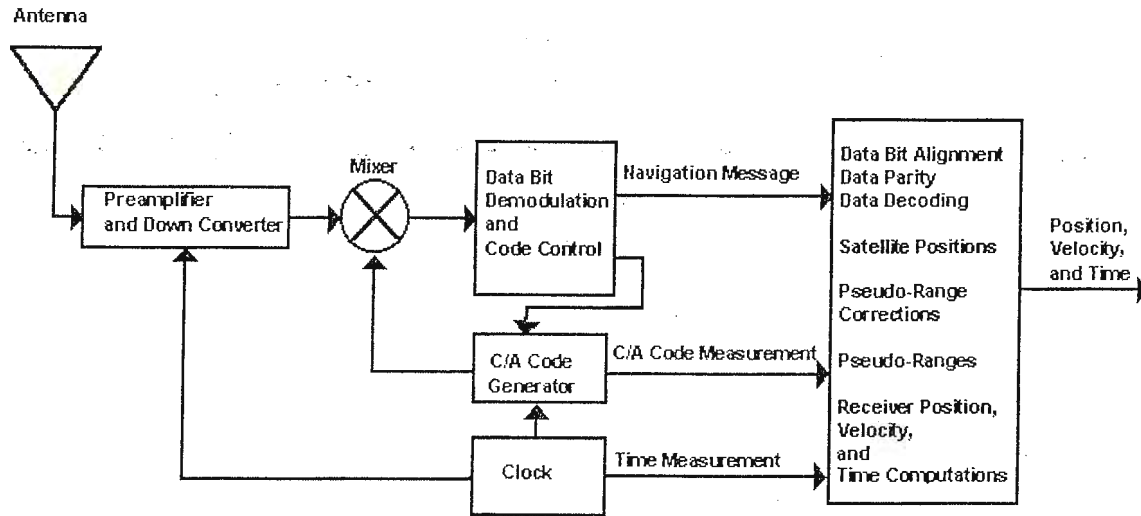


Figura 10-20. Diagrama en bloques simplificado de un receptor GPS.

Tipos de receptores GPS

Existen los siguientes tipos de receptores GPS:

- Receptor secuencial.
- Receptor continuo o multicanal.
- Receptor con canales multiplexados.

Receptor secuencial.

Este tipo de receptor sólo cuenta con un canal. Sigue secuencialmente a los diferentes satélites visibles. El receptor permanece sincronizado con cada uno de los satélites al menos 1 segundo. Durante este tiempo adquiere la señal y calcula el retardo temporal, luego extrae el retardo de sólo 4 satélites y a partir de estos calcula la posición. Los satélites que elige son aquellos que tienen mejor SNR. Características de los éstos receptores son:

- Son los más baratos.
- Son los más lentos.
- Su precisión es menor que la de los otros tipos de receptores.
- Suele emplearse en aplicaciones de baja dinámica (barcos, navegación terrestre...)

Receptor continuo o multicanal.

En este caso estos receptores disponen de al menos 4 canales. A cada canal se le asigna el código de 1 satélite para que se sincronice con él y adquiera el retardo con ese satélite. Se miden los retardos simultáneamente. Son más rápidos que los secuenciales a la hora de calcular la posición. Su precisión también es mejor que en el modelo anterior. Están recomendados para aplicaciones de gran dinámica (aeronaves).

Receptor con canales multiplexados.

- Tienen 1 único canal físico (hardware).
- Tienen 4 o más bucles de seguimiento (software).
- De este modo se deben muestrear todos los satélites visibles en un tiempo inferior a 20 ms, pues así podrá obtener la información recibida de todos los satélites visibles ($T_{bit}=20ms$).
- La complejidad software es mayor y se necesita un microprocesador más potente. Pero tiene la ventaja respecto al receptor continuo de que al emplear 1 sólo canal físico será menos sensible a las posibles variaciones de canal que en el caso de los receptores continuos (los canales no pueden ser exactamente iguales, unos tendrán un retardo distinto al resto...)

Errores en los sistemas GPS.

El índice de error de este sistema es alto y puede verse agravado por diversas circunstancias:

- Edificios y árboles. Pueden entorpecer la recepción de la señal, provocando lecturas erróneas.
- Posición del satélite. El receptor de GPS se basa en la localización del satélite en el espacio, midiendo su distancia respecto al centro de la Tierra. El error se produce cuando el satélite no está colocado en su sitio. Es decir, 35 metros de error en el satélite serán 35 metros de error en tierra.
- Interferencias. Las ondas de radio que emiten los satélites se pueden ver afectadas al entrar en contacto con la atmósfera, con lo que se retrasaría la recepción de la señal e induciría a errores.
- Error humano. Uno de los inconvenientes de estos aparatos es que todavía son difíciles de utilizar.
- El error del NAVSTAR-GPS está expresado como el producto de las magnitudes del UERE y del DOP:

Tipos de errores.

1. **UERE:** Es el error equivalente en distancia al usuario, se define como un vector sobre la línea vista entre el satélite y el usuario resultado de proyectar sobre ella todos los errores del sistema. Este error es equivalente para todos los satélites. Se trata de un error cuadrático medio.
2. **DOP (Dilution Of Precision):** depende de la geometría de los satélites en el momento del cálculo de la posición. No es lo mismo que los 4 satélites estén muy separados (mejor precisión) que los satélites estén más próximos (menor precisión). El DOP se divide en varios términos:

3. **GDOP (Geometric DOP)**, el cual suministra una incertidumbre como consecuencia de la posición geométrica de los satélites y de la precisión temporal.
4. **PDOP (Position DOP)**, el cual es la incertidumbre en la posición debido únicamente a la posición geométrica de los satélites.
5. **HDOP (Horizontal DOP)**, el cual se debe a la incertidumbre en la posición horizontal que se nos dá del usuario.
6. **VDOP (Vertical DOP)**, el cual suministra una información sobre la incertidumbre en la posición vertical del usuario.

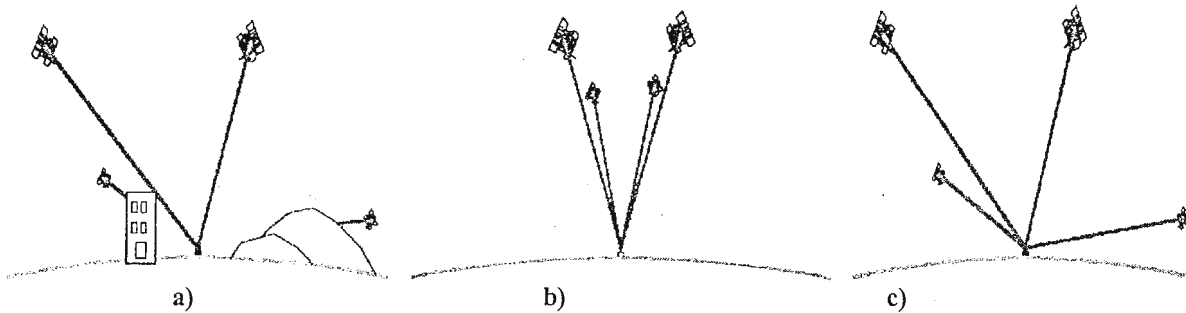


Figura 10-21. Representación del GDOP: a)Malo, b)Pobre, c) Bueno.

Las principales fuentes de error son las siguientes:

- Error en el cálculo de la posición del satélite.
- Inestabilidad del reloj del satélite.
- Propagación anormal de la señal (velocidad de propagación no es constante).

Estos errores se corrigen a través de diferentes modelos que son transmitidos en el mensaje de navegación a los usuarios. Una de las principales fuentes de error del sistema es el ruido del receptor. Los satélites se desvían de las órbitas calculadas por diferentes razones, entre estas podemos citar:

- Por la variación del campo gravitatorio.
- Debido a variaciones en la presión de la radiación solar.
- Debido a la fricción del satélite con moléculas libres.

Se ha estimado que las efemérides calculan la posición de los satélites con una precisión de 20 metros. Para disminuir (e incluso evitar) esta fuente de error se han construido varios algoritmos basados en datos experimentales (empíricos), los coeficientes de estos algoritmos se transmiten al usuario a través del mensaje de navegación para que se reduzca el error debido a esta fuente de error.

Los satélites emplean relojes atómicos muy precisos, pero con el paso del tiempo pueden presentar alguna deriva. En el mensaje de navegación uno de los parámetros que se enviaban era el estado del reloj del satélite para tener controlado su funcionamiento.

Debido a que el satélite está situado en un campo gravitatorio más débil se produce un adelanto del reloj y como consecuencia de la mayor velocidad que lleva el satélite se produce un retraso del reloj. Sobre estos dos efectos predomina el adelanto, por esto se diseñan para que en la superficie terrestre atrasen y al ponerlos en órbita funcionen bien, pero no se consigue totalmente debido a efectos relativistas. Todos los coeficientes se envían al usuario a través del mensaje de navegación y así la corrección de esta fuente de error es casi total.

Otro punto muy importante es el hecho que se ha supuesto que la velocidad de propagación de la señal sea constante, pero esto no es cierto. Especialmente cuando la señal se transmite por la ionosfera y la troposfera. Por tanto las distancias medidas no son las distancias reales.

El efecto más importante se produce en la propagación por la ionosfera, este puede llegar a ser de hasta 100 metros. Para corregir este error los receptores civiles (códigos C/A y 1 sola frecuencia) usan modelos empíricos caracterizados por parámetros dependientes de la hora, latitud, estación... Todos estos parámetros se transmiten en el mensaje de navegación. Para los receptores militares (que usan las dos frecuencias) el método para corregir este error es más eficaz.

Disponibilidad Selectiva.

Estuvo motivada por la excesiva precisión obtenida por los receptores civiles, por esto se decide degradar esta precisión. Esto se hace de dos formas:

- Haciendo oscilar el reloj del satélite.
- Manipulando los datos enviados por las efemérides de los satélites
- Con esto se consigue degradar el UERE hasta 37.5 metros. Los receptores militares van a disponer de los modelos de errores introducidos y ellos tendrán la precisión inicial del sistema (UERE = 66.6 m).

Precisión del Sistema GPS.

- Se define el radio de la esfera o círculo (3D/2D) en la que estarán el 50% de las medidas.
- La precisión depende de dos parámetros
- Exactitud en la determinación de las pseudodistancias.
- Geometría de los satélites.

	C/A (con disp select)	P
3D	75.7 m	13.5 m 7.7 m
2D	43 m	
Vertical	49.7 m	8.8 m

En cuanto a la precisión en la referencia temporal tenemos:

Sin disponibilidad selectiva: 50 ~ 100 ns

Con disponibilidad selectiva: 300 ns

DGPS (GPS diferencial)

La utilización de sistemas de navegación diferenciales está ampliamente extendida y se basa en el hecho de que una buena parte de los errores de los sistemas de navegación están fuertemente correlados entre receptores adecuadamente próximos. Además, gran parte de estos errores también varían de forma suficientemente lenta con el tiempo, de tal forma que pueden ser corregidos. De este modo un receptor cuya posición es conocida puede estimar los errores del sistema y transmitirlos de alguna manera a los usuarios para que estos corrijan sus respectivas lecturas.

Se han hecho numerosas propuestas para transmitir las correcciones DGPS. En un apartado posterior se considerará el uso de RADIOFAROS MARÍTIMOS en la banda de frecuencias medias (MF), como el sistema más indicado en la actualidad para radionavegación marítima (objetivo planteado en el Proyecto Marítima-DGPS). Su principal desventaja es que la red de radiofaros no está pensada para el funcionamiento en tierra. Otra propuesta exitosa el uso de PSEUDOLITES. Estas estaciones de referencias especiales transmiten una señal idéntica a la de los satélites GPS y, por tanto, se puede utilizar el mismo receptor. El principal inconveniente que presentan son las características de propagación de la banda L utilizada (limitaciones en la cobertura).

Existen otros proyectos para la transmisión de las correcciones diferenciales, como incluir SUBPORTADORAS en las emisoras comerciales de FM, o la utilización de los sistemas celulares telefónicos existentes (GSM).

Se construyó principalmente por la introducción de la disponibilidad selectiva. Es un sistema a través del cual se intenta mejorar la precisión obtenida a través del sistema GPS. El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual (o de forma muy similar) a los receptores situados próximos entre si. Los errores están fuertemente correlados en los receptores próximos.

Si se supone que un receptor basándose en otras técnicas conoce muy bien su posición, y si este receptor recibe la posición dada por el sistema GPS será capaz de estimar los errores producidos por el sistema GPS. Si este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él estos podrán corregir también los errores producidos por el sistema.

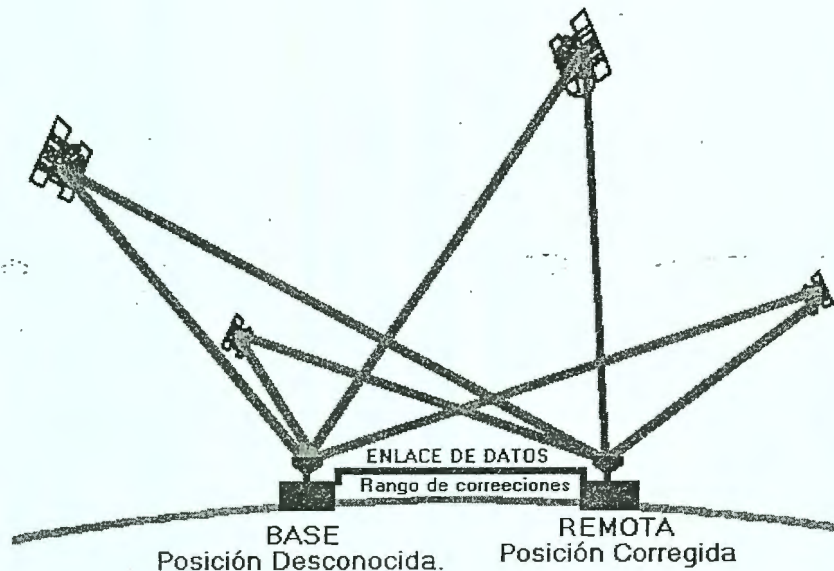


Figura10- 22. Sistema GPS de posición diferencial.

Con este sistema DGPS se pueden corregir en parte los errores debidos a:

- La disponibilidad selectiva.
- La propagación por la ionosfera - troposfera.
- Los errores en la posición del satélite (efemérides).
- Los errores producidos por errores en el reloj del satélite.

Estándar para Transmisión de Correcciones Diferenciales

La "Radio Technical Commission for Maritime Services" (RTCM) estableció el Comité Especial 104 dedicado al Servicio GPS Diferencial para definir un estándar DGPS. Con la idea de que el DGPS se iba a utilizar por todo tipo de usuarios, no sólo marinos, el Comité aseguró que sus especificaciones no limitarían su uso. El Comité desarrolló una serie de recomendaciones ("1994 RTCM Recommended Standards for Differential Navstar GPS Service. Versión 2.1") sobre qué datos debe transmitir la estación base, el formato de estos datos y las reglas para utilizar las correcciones transmitidas. El Comité propuso, además, un diseño para la opción de transmitir las correcciones DGPS a través de pseudolites y otro para los radiofaros marinos que pueden suministrar estas mismas correcciones.

Existen 16 tipos diferentes de mensajes, de los cuales 12 se encuentran definidos. Todos los mensajes comienzan con dos palabras de 30 bits, en las que se encuentra un preámbulo (8 bits), el tipo de mensaje (4 bits), la identificación de la estación de referencia (12 bits) y 6 bits de paridad. Además, cada mensaje contiene una serie de palabras de 30 bits para transmitir su información particular.

Una red DGPS utilizando como soporte o medio de transmisión los radiofaros resulta muy atractiva para la radionavegación marítima por numerosas razones. En primer lugar, los radiofaros están ampliamente difundidos y se puede contar con una red ya dispuesta por un coste muy bajo. Además, están localizados en sitios muy interesantes para algunas aplicaciones DGPS. En concreto la Guardia Costera de los EE.UU. está interesada en utilizar esta red para la navegación en bahías y zonas costeras. También la propagación por onda de superficie en estas frecuencias proporciona cobertura más allá de la línea del horizonte. Por último, los equipos son baratos de diseñar y fabricar también debido al uso de esta banda de frecuencias.

Los problemas que deben afrontar estos radiofaros DGPS están relacionados con la compatibilidad con las señales emitidas por el propio radiofaro, y el comportamiento frente al ruido atmosférico. El formato para la transmisión de las correcciones diferenciales, se expone a continuación:

- Los datos DGPS modulan una subportadora mediante MSK.
- La potencia de transmisión de estos datos debe estar 3 dB por debajo de la portadora principal del radiofaro y la frecuencia de la portadora DGPS está separada, al menos, 500 Hz de ésta. Con estas restricciones se consigue evitar la interferencia a los radiogoniómetros que utilizan las señales transmitidas por el radiofaro.
- Esta separación de 500 Hz entre portadoras es perfectamente posible en los radiofaros de EE.UU. y Canadá, ya que éstas están separadas, al menos, 1000 Hz. Sin embargo, en Europa la separación mínima es de 500 Hz por lo que debe estudiarse cuidadosamente el emplazamiento de radiofaros con transmisión GPS DIFERENCIAL.

Pseudolites.

Los pseudolites son equipos de telecomunicaciones compatibles con los transpondedores de los satélites GPS y que están situados sobre el suelo en aquellas áreas donde puede resultar conveniente. Transmiten una señal muy parecida a la del GPS para usos civiles y los instantes de transmisión están controlados a través de la norma de transmisión temporal de los satélites GPS. De hecho los pseudolites pueden proporcionar el servicio GPS Diferencial más barato, pues la señal es procesada por el mismo hardware que tiene un receptor GPS. De la misma manera que los radiofaros comentados en el subapartado anterior, la señal del pseudolite transporta las correcciones diferenciales especificadas por el RTCM. Sin embargo, a diferencia de los radiofaros, la señal está en banda L y, por tanto, la propagación está limitada al horizonte.

Otra característica fundamental es que la señal que transmiten permite que un receptor GPS ligeramente modificado calcule también la pseudodistancia al pseudolite. Esta combinación de cualidades los hacen muy apropiados para aplicaciones de aterrizaje de aeronaves, sobre todo teniendo en cuenta que se encontrarán (en el aire) con más probabilidad en la zona de cobertura del pseudolite.

En este caso, para aplicaciones aeronáuticas, será necesario la utilización de al menos cuatro satélites (a diferencia de los tres que pueden bastar para aplicaciones marinas).

DGPS de Área Extensa y GPS Expandido.

Se puede considerar que el DGPS de Área Extensa ("Wide Area DGPS", WADGPS) es un subconjunto del concepto GPS Expandido ("Augmented GPS", AUGPS).

El WADGPS (DGPS de Área Extensa) es una mejora sobre el DGPS tradicional, para tratar de eliminar la dependencia del error del usuario con respecto a la distancia a la estación de referencia. Para ello, es necesario contar con una red de estaciones monitoras con capacidad de medir el retardo ionosférico por medio de las técnicas de las dos frecuencias y, por supuesto, las pseudodistancias a todos los satélites a la vista. Se han propuesto 15 estaciones monitoras para cubrir toda la superficie continental de los EE.UU. Todas las medidas de estas estaciones son transmitidas a un ordenador central situado en una estación maestra. Este ordenador es capaz de calcular las posiciones de los satélites, el estado de sus relojes y un modelo atmosférico a partir de estas medidas. La estación maestra retransmite las correcciones para cada uno de los satélites normalmente a través de uno o varios satélites en órbita geoestacionaria.

El mayor inconveniente de este sistema está en todo el procesado que debe efectuar el receptor para recuperar y utilizar estos datos, además de ser capaz de recibir una señal proveniente de un satélite geoestacionario (típicamente en banda C).

Los tests hechos hasta la fecha del sistema ofrecen resultados que indican un error para el WADGPS de 2-3 m, equivalente a un espaciado entre estaciones DGPS tradicionales de 200 Km.

El GPS Extendido (AUGPS) considera que para alcanzar los requisitos de precisión, integridad y fiabilidad del sistema GPS en aplicaciones críticas como aterrizaje instrumental es necesario contar con todas las mejoras posibles del sistema. En este sentido, el GPS Expandido comprende el uso de pseudolites, estaciones monitoras del sistema, estaciones maestras para WADGPS, satélites geoestacionarios para la retransmisión de correcciones diferenciales y cualquier otro método que ayuda a mejorar la fiabilidad y precisión (por ejemplo: altímetros barométricos en las aeronaves).

Estructura del DGPS.

Una estación monitora que conoce su posición con una precisión muy alta contiene:

- Un receptor GPS.
- Un microprocesador para calcular los errores del sistema GPS y para generar la estructura del mensaje que se envía a los receptores.

Debido a que existe un canal de datos con sentido unidireccional hacia los receptores, se necesitan básicamente dos cosas: un transmisor (estación monitora) y un receptor para los usuarios para poder recibir los datos. En los mensajes que se envían a los receptores próximos se pueden incluir dos tipos de correcciones:

1. Una corrección directamente aplicada a la posición. Esto tiene el inconveniente de que tanto el usuario como la estación monitorea deberán emplear los mismos satélites, pues las correcciones se basan en esos mismos satélites.
2. Una corrección aplicada a las pseudodistancias de cada uno de los satélites visibles. En este caso el usuario podrá hacer la corrección con los 4 satélites de mejor SNR. Esta corrección es más flexible.

El error producido por la disponibilidad selectiva varía incluso más rápido que la velocidad de transmisión de los datos. Por ello, junto con el mensaje que se envía de correcciones también se envía el tiempo de validez de las correcciones y sus tendencias. Por tanto el receptor deberá hacer algún tipo de interpolación para corregir los errores producidos.

Cobertura y precisión del DGPS

Tiene una cobertura de 200 km. en torno a la estación terrena. Esta zona es donde los errores están fuertemente correlados. Se eliminan los errores del segmento espacial y de control. En cuanto al segmento de los usuarios se eliminan los efectos de la ionosfera y troposfera y el parámetro que más afecta es el ruido del receptor.

Se están desarrollando sistemas WADGPS (DGPS de área amplia) que no es otra cosa que un DGPS de gran cobertura. Está formado por varias estaciones monitoras DGPS cuyas áreas de cobertura están superpuestas. Magnitud típica de los errores atribuibles a un GPS autónomo. Errores en metros.

Causa	GPS autónomo	Diferencial
Reloj del Satélite	1.5	0
Error orbital	2.5	0
Ionosfera	5	0.4
Troposfera	0.5	0.2
Ruido del receptor	0.3	0.3
Multipath	0.6	0.6
SA	30	0
Precisión típica	GPS autónomo	Diferencial
Horizontal	50	1.5
Vertical	78	2.0
3-D	93	2.8

Aplicaciones y futuro del GPS

Navegación marítima.

Su implantación ha sido muy rápida (antes las embarcaciones empleaban el sistema "TRANSIT"). Se piensa que en poco tiempo toda la navegación marítima se basará en GPS. Actualmente también se emplean sistemas hiperbólicos, pero estos sistemas tienden a desaparecer... El coste del sistema GPS es bajo (además los barcos no requieren receptores de gran calidad) y lo puede usar cualquier embarcación.

Navegación terrestre:

En este caso hay dos mercados principales:

- Automóviles.
- Integran el GPS y sistemas gráficos avanzados para proporcionar un sistema de guiado desde un punto de una ciudad a otro evitando congestionamientos de tránsito.
- Receptores personales.
- Excursiones en 4x4, como sistema de guiado para invidentes.

La gran penetración de este sistema se debe al bajo coste de los receptores. En la actualidad se emplea en aplicaciones profesionales:

- Transportes internacionales.
- Redes de autobuses.
- Policía.
- Ambulancias.

También estamos viendo su aparición en pruebas deportivas como en el caso del ciclismo, donde permite conocer en cada instante y en tiempo real el tiempo que saca un corredor a otro, la pendiente de una rampa de un puerto.

Navegación aérea:

Debido a su mayor complejidad técnica su proceso de instalación ha sido más lento. Se están desarrollando sistemas GNSS que pretenden mejorar los actuales sistemas de gestión de vuelos. Se están instalando en áreas de bajo tráfico, ya que su uso no está justificado si tenemos en cuenta que ya existe el RADAR.

La idea original del GPS, que aún hoy día se mantiene, era usarlo para navegación. Esto es, conocer la posición del observador en cualquier momento del día dentro de un sistema de referencia creado para tal fin. Esto es conocido como posicionamiento absoluto.

La posición del receptor es conocida a partir de las coordenadas de los satélites y las distancias medidas a por lo menos cuatro satélites, mediante una intersección espacial. La distancia a cada satélite es determinada haciendo uso de la fórmula $d = c \cdot t$; en donde c corresponde a la velocidad de la luz en el vacío y t el tiempo de recorrido de la señal desde el satélite hasta el receptor. Evidentemente se necesita proveer al sistema de un mecanismo de medida de tiempo.

Tanto los satélites como los receptores son provistos de relojes para tal efecto. Debido a que no se puede tener un reloj perfecto, tanto los relojes en el receptor y satélite poseen un error que afectará la distancia medida, más si se considera la magnitud de las distancias involucradas. Debido a que el intervalo de tiempo es calculado a partir de dos relojes distintos, con errores diferentes, es que se usa el término de pseudo-distancias para hacer referencia a las distancias medidas.

La determinación de coordenadas en forma absoluta presenta varios problemas. Además de los errores de reloj, se debe considerar que en la medición de pseudo-distancias la señal proveniente del satélite cambiará su velocidad de propagación al atravesar capas atmosféricas de distinta densidad, lo que introduce otro error en la posición. También, debe recordarse que la posición de observación es determinada a partir de las coordenadas de los satélites, la distancia medida, por lo tanto, también se encuentra afectada por las distintas perturbaciones orbitales, que sacan a los satélites de las órbitas teóricas. La exactitud en la determinación de coordenadas absolutas con respecto al sistema de referencia es entre 100 y 150 m en las tres coordenadas.

Usos en topografía y geodesia:

La posibilidad de usar el sistema para tareas de precisión se ha estudiado desde hace mucho tiempo. En la actualidad se han desarrollado técnicas para lograr exactitud topográfica y geodésica. Estas son conocidas como técnicas diferenciales o métodos de posicionamiento relativo. Esto es, que es posible conocer con gran exactitud la diferencias de coordenadas entre dos o más receptores. El principio se basa en la asunción de que en ambos extremos de una línea los errores de las órbitas de los satélites son iguales. En este caso, los mismos satélites tienen que ser usados en los extremos de la línea a medir. Además, mediante el uso de receptores que captan las dos frecuencias de transmisión de las señales, los errores debidos a la ionósfera pueden eliminarse. En cuanto a la tropósfera esta es considerada mediante el uso de modelos atmosféricos adecuados. Mediante el uso de estas técnicas, se pueden lograr precisiones menores a 1 m, y dependiendo del tipo de procesamiento y equipo se puede llegar a precisiones del cm, incluso de mm.

La posibilidad de usar el sistema para tareas de precisión se ha estudiado desde hace mucho tiempo. En la actualidad se han desarrollado técnicas para lograr exactitud topográfica y geodésica. Estas son conocidas como técnicas diferenciales o métodos de posicionamiento relativo. Esto es, que es posible conocer con gran exactitud la diferencias de coordenadas entre dos o más receptores. El principio se basa en la asunción de que en ambos extremos de una línea los errores de las órbitas de los satélites son iguales. En este caso, los mismos satélites tienen que ser usados en los extremos de la línea a medir. Además, mediante el uso de receptores que captan las dos frecuencias de transmisión de las señales, los errores debidos a la ionósfera pueden eliminarse.

En cuanto a la tropósfera esta es considerada mediante el uso de modelos atmosféricos adecuados. Mediante el uso de estas técnicas, se pueden lograr precisiones menores a 1 m, y dependiendo del tipo de procesamiento y equipo se puede llegar a precisiones del cm, incluso de mm.

- Aplicaciones Geográficas:
- Permite situar puntos con gran precisión.
- Se pueden construir mapas geográficos mucho más precisos, mejorando los que había hasta ahora

Otras aplicaciones:

Sincronización, pues el GPS ofrece una referencia temporal muy exacta. Lo usan algunos sistemas de transmisión... Para conseguir la referencia temporal sólo se necesita un satélite, es muy barato Defensa civil, para la localización y delimitación de zonas afectadas por grandes catástrofes y guiado de vehículos de auxilio.

El GPS está causando un gran impacto tanto en aspectos tecnológicos como económicos.

Limitaciones.

- La más importante es la dependencia de un único país EE.UU. Concretamente del DoD (departamento de defensa). Cuando ellos quieran pueden eliminar el uso por parte de los civiles del sistema.
- Actualmente hay dificultad en su uso en ciudades con edificios altos.
- También es difícil garantizar su integridad, pues en caso de guerra se pueden lanzar misiles para eliminar algún satélite.

11

GNSS



Sistema Mundial de Navegación por Satélite.

Antecedentes.

El concepto CNS/ATM.

La OACI creó en 1983 el Comité FANS con el objetivo de estudiar un nuevo concepto del Sistema de Navegación Aérea (SNA) del futuro, teniendo en cuenta las limitaciones del sistema actual, las múltiples iniciativas estatales y multiestatales (USA y Europa) y, la necesidad de armonización requerida por las aeronaves que, en general, vuelan a través de distintos espacios aéreos. Todo ello con el objetivo principal de satisfacer la demanda creciente del espacio aéreo prevista para los años venideros. Las conclusiones de este Comité fueron presentadas y aprobadas en el año 1991, en la 10ª Conferencia de Navegación Aérea de la OACI [1]. La aportación teórica más importante fue la definición del concepto CNS/ATM (Comunicaciones, Navegación y Vigilancia - Gestión del Tráfico Aéreo) como instrumento global del SNA, que habrá de implantarse en un plazo de 20 años.

Los principales beneficios esperados de la implantación de este concepto son, entre otros, los siguientes:

- Mayor capacidad del sistema; utilización más óptima de la capacidad del espacio aéreo y de los aeropuertos.
- Reducción de demoras (retrasos).
- Aumento del alto nivel de seguridad actual.
- Reducción de los costes de explotación de los vuelos.
- Mayor eficiencia en la utilización del espacio aéreo; más flexibilidad; separación reducida entre las aeronaves.
- Planificación más dinámica de los vuelos; más facilidad para dar cabida a los perfiles de vuelos óptimos.
- Menor carga de trabajo del controlador (aumento de la productividad).

En lo relativo al elemento "Navegación" (GNSS) del concepto, el principal cambio se basa en la utilización de las actuaciones (performances) requeridas para la navegación (RNP) y en la evolución de sistemas basados en radioayudas terrestres a sistemas basados en satélites. En la F.1 se muestra la evolución del elemento navegación.

La evolución del uso de radioayudas terrestres (VOR, NDB, ...) de alcance limitado, operadas y controladas nacionalmente, a un sistema basado en satélites de alcance global, operado y controlado internacionalmente producirá un fuerte cambio organizativo: de operadores nacionales se pasará a operadores multinacionales (Ej.: operador europeo).

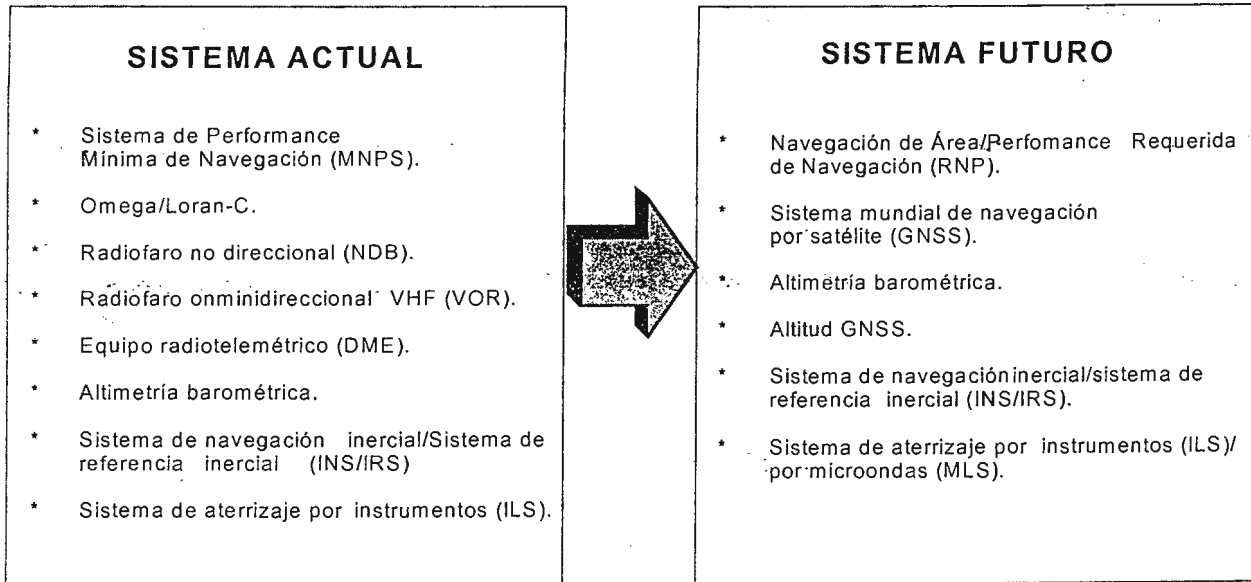


Figura 11-1. Evolución del elemento navegación (GNSS)

De esta forma, los beneficios esperados al implantar el futuro sistema de navegación frente al actual serán, entre otros, los siguientes:

- Servicios de navegación de cobertura global (mundial) de gran integridad y precisión utilizables como medio primario. Único para todas las fases de vuelo.
- Posibilidad de navegar en todos los espacios aéreos del mundo utilizando un equipo único de navegación en el avión (reducción de costes en aviónica).
- Mejor precisión y flexibilidad de la navegación en tres y cuatro dimensiones.
- Mayor capacidad del sistema a nivel mundial (mejor utilización del espacio aéreo y de los aeropuertos).
- Ahorros de costes al reducir o no implantar las costosas ayudas para la navegación basadas en tierra.
- Posibilidad de uso conjunto con otros sistemas (e.j. navegación inercial).

Aunque con la aplicación del Concepto CNS/ATM y, en concreto, con el sistema de navegación por satélite (GNSS), siguen siendo válidos los principios fundamentales del Convenio de Chicago (por ej: la obligación y derecho de los Estados en la provisión de los servicios para la navegación aérea internacional dentro del espacio aéreo de su responsabilidad), no cabe duda que se producirán fuertes cambios institucionales y organizativos en la forma de gestionar los servicios de gestión del tráfico aéreo.

Mundial de la OACI para el futuro sistema de navegación aérea.

tuales de Navegación por Satélite.

últimos años se han desarrollado e implantados dos sistemas de navegación por GPS (Sistema americano de posicionamiento global por satélite) y el GLONASS (de navegación global por satélite), ambos se desplegaron, en un principio, con fines militares. A pesar de esto, el número de usuarios civiles (principalmente de GPS) se ha incrementado notablemente debido a:

- Disponibilidad de las ventajas del GPS desde el comienzo de su desarrollo.
- Amplio mercado de consumo.
- Avances en la tecnología y reducido coste de los receptores.

Las principales características de estos sistemas se encuentran resumidas en la figura 2.

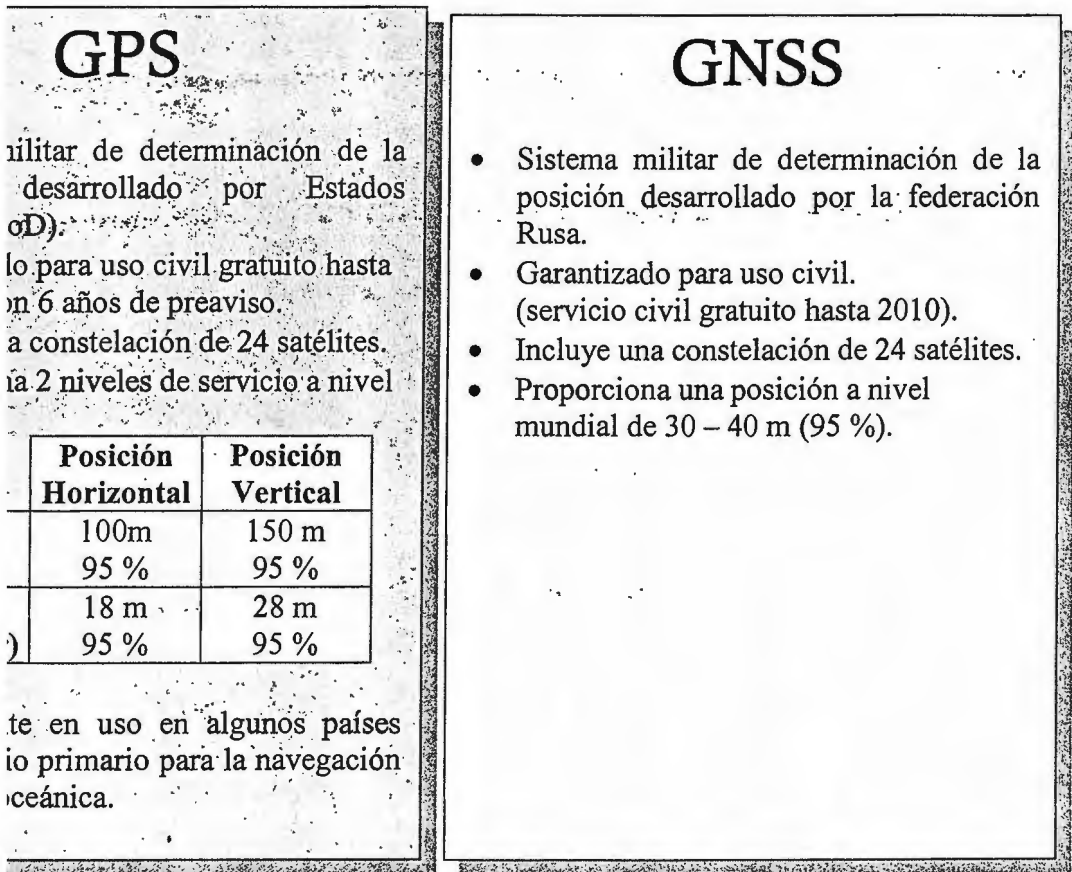


Figura 11-2. Comparación entre GPS y GLONASS.

Ni el GPS ni el GLONASS cumplen por completo los requerimientos necesarios para la navegación por satélite en la aviación civil, por tanto, estos sistemas no pueden ser normalizados para su uso sin realizar una serie de aumentaciones previas. Se precisa, de este modo, el desarrollo de un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) que cumpla todos los requerimientos necesarios para poder ser utilizado por la aviación civil como sistema único de navegación en todas las fases de vuelo.

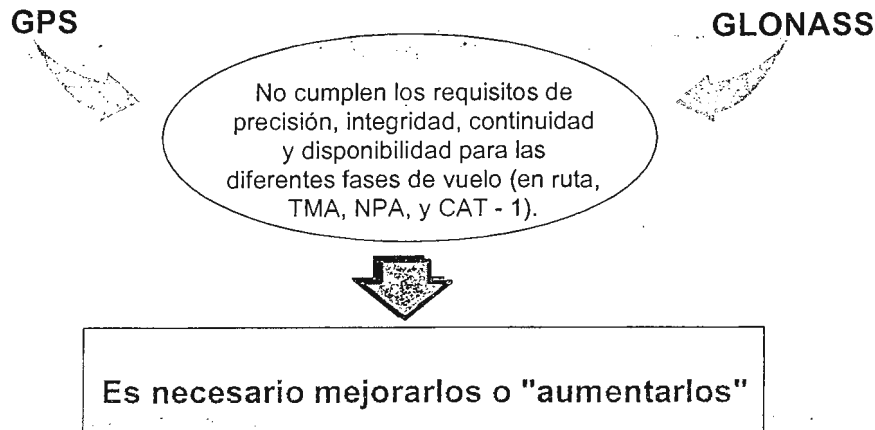


Figura 11-3. Limitaciones de los sistemas actuales.

Etapas de la Estrategia de la OACI.

El incremento continuo de la demanda hace que exista una necesidad creciente de utilización del GNSS, por lo que es necesario un desarrollo gradual del mismo de manera que puedan obtenerse beneficios a corto plazo. De este modo, se han identificado dos etapas:

1. GNSS-1 (1998-2015):

El GNSS-1 está basado en las constelaciones GPS y GLONASS, cuyas prestaciones se ven aumentadas de forma significativa mediante el uso de sistemas regionales que ha dado lugar a tres desarrollos diferentes y complementarios:

- El WAAS de los Estados Unidos.
- El EGNOS de Europa.
- El MSAS de Japón.

Así mismo, se usarán como medio de mejora o aumentación las estaciones diferenciales de área local (LAAS) para la aproximación y aterrizaje de precisión y las funciones RAIM (para la determinación de la integridad por parte de los propios receptores) y AAIM (mediante el uso de otros sensores localizados en la aeronave tales como el inercial y el baroaltímetro). En la Figura 4 puede verse una representación de los diferentes componentes del GNSS-1.

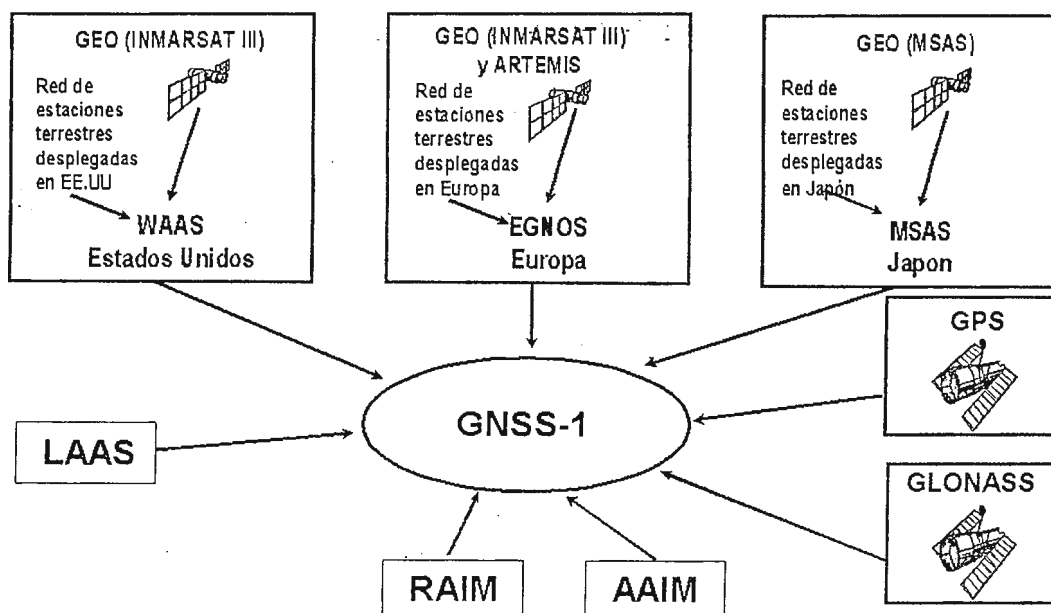


Figura 11-4. Componentes actuales de GNSS-1

Como se indica, GNSS-1 incluye actualmente las siguientes componentes regionales:

- Americana: WAAS, servicio de aumentaciones de área extensa.
- Europea: EGNOS, servicio operacional basado en una capa de satélites geoestacionarios.
- Japonesa: MSAS, servicio de aumentaciones por satélites multifuncionales.

El GNSS-1 proporcionará un servicio de navegación a nivel mundial como medio primario (evolucionando hacia único):

- En ruta (oceánica y continental).
- En área terminal.
- En aproximaciones de no precisión.
- En aproximaciones de precisión CAT-I.

2. GNSS-2 (a partir del 2015).

Desarrollo de un GNSS totalmente civil. Este sistema, permitirá el pleno uso del satélite como medio único de navegación.

Requisitos OACI para GNSS - RPN.

La OACI, a través del GNSSP ha definido los requisitos que deben cumplir los sistemas GNSS, elaborando la correspondiente propuesta de SARPs, que fue presentada en el GNSSP-3 (Abril de 1999 en Montreal) para su remisión a los Estados para revisión y validación, estando previsto que se publique a finales del 2000. Los mencionados SARPs establecen que el GNSS deberá cumplir las siguientes prestaciones para operaciones de ruta a CAT I:

Tipo de operación	Precisión lateral 95% (1)(3)	Precisión vertical 95% (1)(3)	Integridad (2)	Tiempo de alarma (3)	Continuidad (4)	Disponibilidad (5)	Tipo de RNP Asociado
En ruta	2.0 NM (6)	N/A	1-10 ⁻⁷ /h	5 min.	1-10 ⁻⁴ /h a 1-10 ⁻⁸ /h	0.99 a 0.99999	20 a 10
En ruta, Terminal	0.4 NM	N/A	1-10 ⁻⁷ /h	15 s	1-10 ⁻⁴ /h a 1-10 ⁻⁸ /h	0.999 a 0.99999	5 a 1
Aproximación inicial, NPA, Salida	220 m	N/A	1-10 ⁻⁷ /h	10 s	1-10 ⁻⁴ /h a 1-10 ⁻⁸ /h	0.99 a 0.99999	0.5 a 0.3
Aproximación Instrumental con Guiado Vertical (IPV)	220 m	9.1 m	1-2x10 ⁻⁷ por aproximación	10 s	1-8x10 ⁻⁶ en 15 s	0.99 a 0.99999	0.3/125
Aproximación de precisión CAT I(8)	16.0 m	7.7 m a 4.0 m (7)	1-2x10 ⁻⁷ por aproximación	6 s	1-8x10 ⁻⁶ en 15 s	0.99 a 0.99999	0.03/50 a 0.02/40

Tabla 11-1. Prestaciones para operaciones en ruta CAT I.

Notas:

1. Los valores del 95% para los errores de posición GNSS son los requeridos para una determinada operación a la menor altura sobre el umbral (HAT), si es de aplicación.
2. La definición de la integridad incluye un límite de alerta con respecto al requisito que debe ser aplicado. Estos límites se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de Operación	Límite de Alerta		Tipo de RNP Asociado
	Horizontal	Vertical	
En ruta	4NM	N/A	20 a 10
En ruta	2 NM	N/A	2 a 5
En ruta a terminal	1 NM	N/A	1
NPA	0.3 NM	N/A	0.5 a 0.3
IPV	0.3 NM	22.8 m	0.3/125
Precisión de Aproximación CAT I	40.0 m	20.0 m a 10.0 m	0.03/50 a 0.02/40

Tabla 11-2. Límites de alerta para rutas CAT 1.

El rango de valores para los límite verticales de CAT I viene referido con respecto a los requerimientos de precisión vertical.

1. La precisión y tiempo de alarma incluye las prestaciones asignada a un receptor libre de fallos.
2. Los rangos de valores vienen dados para los requisitos de continuidad para operaciones de ruta, área terminal, aproximación inicial, NPA y salidas, dado que estos requisitos dependen directamente de diversos factores, tales como la operación a realizar, densidad de tráfico, complejidad del espacio aéreo y disponibilidad de radioayudas alternativas. Los valores mínimos se refieren al mínimo requisito para áreas con baja densidad de tráfico y espacios aéreos de baja complejidad. Los valores altos se refieren a espacios aéreos muy complejos con altas densidades de tráfico.
3. Los rangos de valores dados para la disponibilidad, dependen de las necesidades operacionales en base a factores que incluye: frecuencia de operaciones, condiciones climatológicas, tamaño y duración de los cortes, disponibilidad de ayudas alternativas, cobertura radar, densidad de tráfico y reversibilidad de procedimientos operacionales. Los valores menores de disponibilidad, se refiere a un sistema que se puede considerar adecuado pero no suficiente para sustituir las ayudas tradicionales por el GNSS. Los valores más altos se refieren a la adecuación del GNSS como medio único para ruta o un área determinada. Para aproximación y salida, los valores más altos se refieren en los valores de disponibilidad necesarios en aeropuertos con un gran volumen de tráfico, considerando que las operaciones a o desde múltiples pistas, aseguran el cambio de operaciones que aseguran la seguridad de las mismas.
4. Este requisito es más estricto que la precisión necesaria par un tipo de RNP asociado, pero se encuentra dentro de las prestaciones que se pueden alcanzar con GNSS.

5. Para las aproximaciones de CAT I se ha dado un rango de valores. Los 4.0 m. (13 ft) se basa en las especificaciones ILS. Para aquellas operaciones que no sean consistentes con estas especificaciones, se aplicarán los procedimientos o restricciones apropiadas.
6. Los requisitos para CAT II y III se encuentran en estos momentos en revisión y se incluirán en revisiones posteriores.

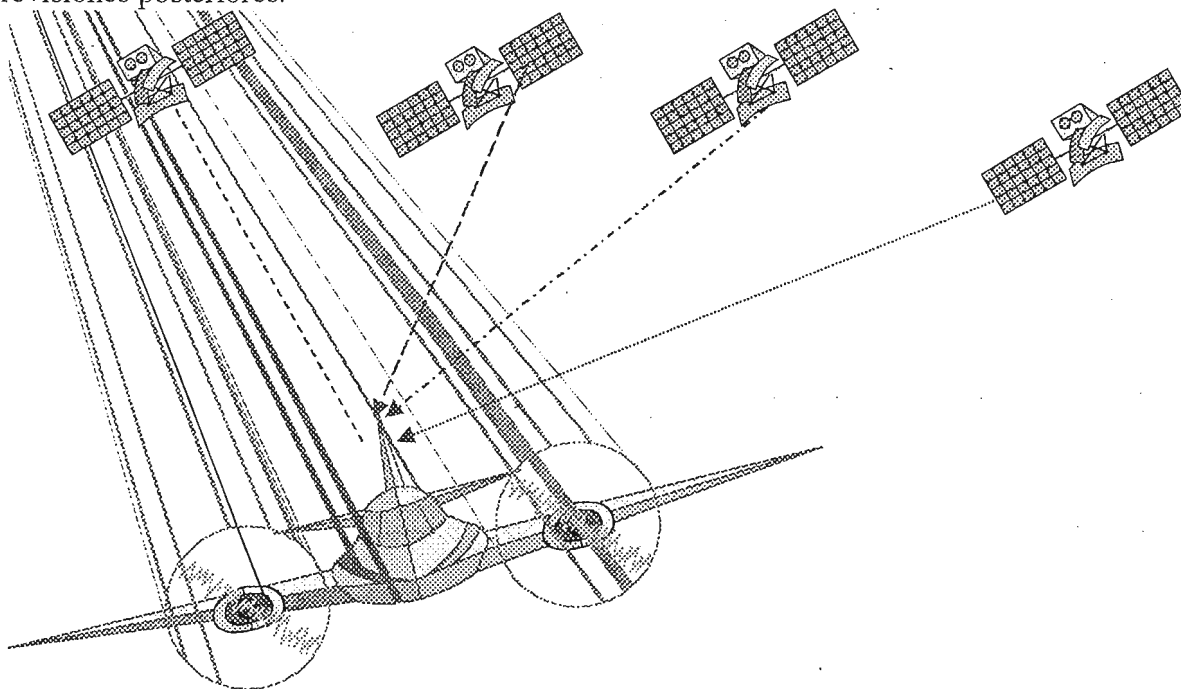


Figura 11-5. Sistema de Navegación por satélite.

Tipos de aumentaciones.

El concepto GNSS incluye una serie de elementos instalados en tierra, el espacio y a bordo, que combinados entre si dan lugar a dicho concepto. Estos elementos son:

- GPS.
- GLONASS.
- ABAS.
- SBAS.
- GBAS.
- Receptor GNSS de a bordo.

GPS

El GPS es un sistema bajo control militar de los EE.UU, que proporciona para su uso civil un Servicio de Posición Estándar (SPS) que da un error de posición horizontal de 100 m (95%) a 300 m. (99.99%) y un error vertical de 156 m. (95%) a 500 m. (99.99%). Cada satélite emite un mensaje de navegación que es el mínimo necesario para determinar:

- Tiempo de transmisión de los satélites.
- Posición del satélite.
- Estado de salud del satélite.
- Correcciones de reloj del satélite.
- Efectos de los retrasos de propagación.
- Transferencia de tiempo a UTC.
- Estado de la constelación.

El sistema de coordenadas es el WGS 84.

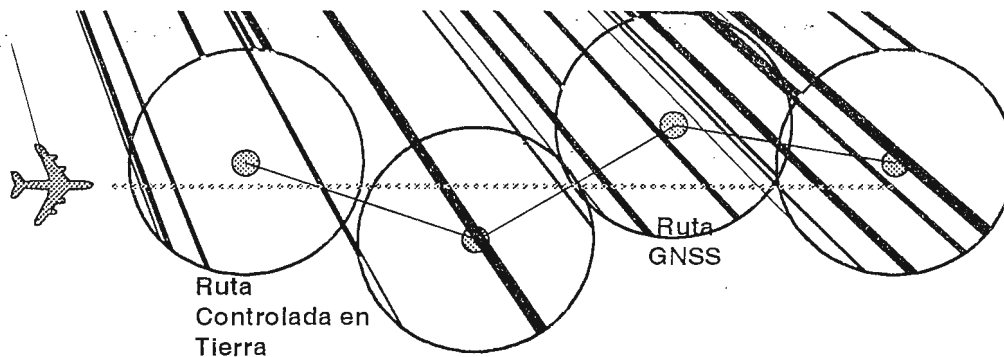


Figura 11-6. Sistema GPS.

GLONASS

Es un sistema bajo control militar de la Federación Rusa, que proporciona para su uso civil un Canal de Precisión Estándar (CSA) con un error de posicionamiento horizontal de 28 m. (95%) a 140 m. (99.99%) y un error vertical de 60 m. (95%) a 585 m. (99.99%). Cada satélite emite un mensaje de navegación que es el mínimo necesario para determinar:

- Tiempo de transmisión de los satélites.
- Posición del satélite.
- Estado de salud del satélite.
- Correcciones de reloj del satélite.
- Transferencia de tiempo a UTC.
- Estado de la constelación.

El sistema de coordenadas es el PZ 90, sobre el que es necesario aplicar la correspondiente conversión a WGS 84.

El día 12 de octubre de 1982, la URSS lanzó los tres primeros satélites de una constelación de 24 conocida como GLONASS, un sistema global de radionavegación por satélite que, como el GPS, sirve de ayuda a la navegación de la aviación, la marina y otras aplicaciones. El sistema estaba disponible al final del año 1995. la constelación consta de 21 satélites activos y tres de reserva, están integrados en tres planos inclinados $64,8^\circ$ respecto al ecuador y separados 120° . la órbita de los satélites es circular, con una altitud de 19.100 km y un período orbital de once horas y quince minutos.

Los planos orbitales del GLONASS son numerados del 1 al 3 y cada órbita está dividida en zonas numeradas del 1 al 8, del 9 al 16 y del 17 al 24. la tabla siguiente muestra los planos, zonas y canales asignados a los satélites.

Plano 1								
Zona canal	1	2	3	4	5	6	7	8
	-	5	21	12	-	13	21	2
Plano 2								
Zona canal	9	10	11	12	13	14	15	16
	6	9	4	22	6	9	4	22
Plano 3								
Zona canal	17	18	19	20	21	22	23	24
	24	10	3	1	24	10	3	-

Tabla 11-3. Orden de Canales del sistema GLONASS.

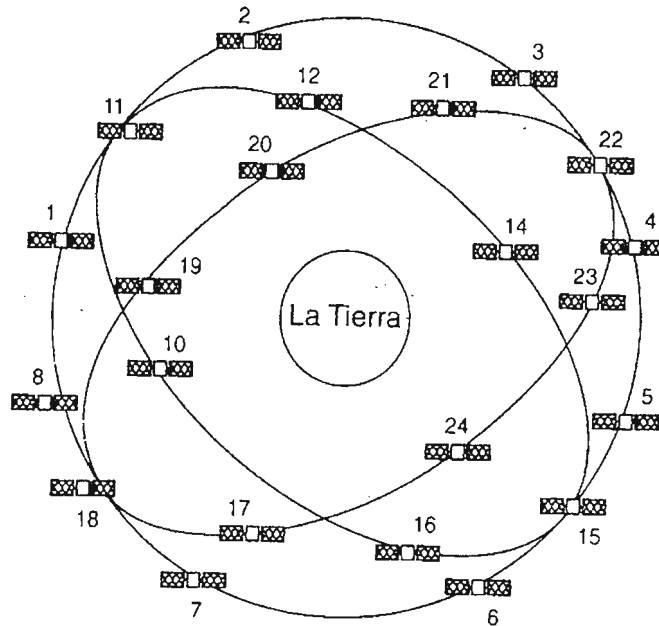


Figura 11- 7. Sistema GLONASS.

Cada satélite tiene un reflector, que permite su seguimiento desde la red de estaciones láser distribuidas por la antigua Unión Soviética.

La descripción del sistema GLONASS fue entregada a la OACI en noviembre de 1995, con el propósito de contribuir al desarrollo del futuro sistema global de navegación por satélite GNSS.

Estructura de la señal y comparación del GPS.

La principal función de los sistemas de navegación es suministrar a los usuarios los medios para computar su posición en cualquier tiempo del día y de una forma global. Tanto el sistema GLONASS como el GPS intentan conseguir estos objetivos transmitiendo datos a una baja velocidad (50 baudios), superimpuestos a un código de espectro ensanchado con el propósito de proteger los datos contra interferencias externas, aumentar el ancho de banda y obtener mejor definición en el tiempo. La principal diferencia entre el GLONASS y el GPS se deriva del uso del espectro de frecuencias: en el GPS se emplea una sola frecuencia y los satélites se diferencian por códigos Gold, mientras en el sistema GLONASS se utiliza una frecuencia diferente por cada satélite. Como hay 24 satélites antípodas comparten el mismo canal. El mensaje de datos del GLONASS contiene información orbital precisa concerniente a la posición del satélites que está transmitiendo, al igual que el GPS. El mensaje del GPS se divide en tres bloques:

- Bloque de datos 1: Correcciones del reloj de abordo.
- Bloque de datos 2: Efemérides del satélite.
- Bloque de datos 3: Almanaque.

El bloque de datos 1 contiene las correcciones ionosférica, correcciones que modelan la desviación del reloj de abordaje por tres términos, la desviación instantánea a^0 en segundos, junto con su primera y segunda derivadas a^1 y a^2 , respectivamente.

Los bloques de datos 2 y 3 contienen las efemérides del satélite, que consisten en los elementos esenciales de la elipse obscurante de Kepler con las correcciones de la latitud del argumento, radio e inclinación, que permiten computar en coordenadas x, y, z del centro de fase de la antena del satélite ECEF (Earth Center Earth Fixed). El mensaje de datos del GLONASS consiste en dos bloques:

- El bloque de datos 1 contiene las correcciones del reloj a^0 y a^1 , como el GPS, pero no incluye a^2 . La efemérides son enviadas como un conjunto de coordenadas (ECEF) de posición y velocidad den un tiempo de referencia dado.
- El bloque de datos 2 contiene el almanaque que incluye el día de referencia, la desviación de tiempo del sistema GLONASS y los elementos básicos de la elipse de Kepler. La tabla siguiente muestra los parámetros en el almanaque del GLONASS y del GPS, la mayoría de los elementos son idénticos o equivalentes.'

GLONASS	GPS
Número de canal	Identificación
Excentricidad	Excentricidad
Inclinación	Inclinación
Tiempo de cruce en el ecuador	Tiempo del almanaque
Validez de almanaque	Status
Longitud de cruce en el ecuador.	Ascensión recta (AR). Velocidad de cambio de la AR.
Período orbital	Raíz del semieje mayor.
Argumento del perigeo	Argumento del perigeo. Anomalía media.
Offset del tiempo	Offset de tiempo. Offset de frecuencia.

Tabla 11-4. Comparación GPS y GLONASS.

Características principales del GPS y del GLONASS.

La tabla siguiente las características principales de ambos sistemas.

	GPS	GLONASS
Constelación:		
Número de satélites.	24	24
Número de planos orbitales.	6	3
Inclinación de la órbita.	55°	65,8°
Radio de la órbita.	26.560	25.510
Período (h:m).	11:58	11:16
Período de paso en la tierra.	Día sideral	8 días siderales
Características de la señal:		
Señal de la portadora (Mhz).	L1: 157,42 L2: 1227,60	L1: (1602 + 0,5625n), L2: (1246 + 0,4375n) n= 1,224
Código	CDMA C/A código en L1 P código en L1 y L2	FDMA C/A código en L1 P código en L1 y L2
Código frecuencia (Mhz)	C/A código: 1,023 P código: 10,23	C/A código: 0,511 P código: 5,11
Estándares de referencia:		
Sistemas de coordenadas.	WGS84	PZ-90
Tiempo.	UTC(USNO)	UTC(SU)
Especificaciones de precisión (95%):		
Horizontal (m)	100	100
Vertical (m)	140	150

Tabla 11-5. Comparación GPS y GLONASS.

La calidad de las pseudodistancias es caracterizada por su error (*rms*). Como ya hemos dicho anteriormente, las varias fuentes de error que afectan al sistema son los errores que afectan a las efemérides de los satélites del sistema, inestabilidades de los relojes, errores en los modelos de propagación atmosférico e ionosférico, interferencias por reflexiones en tierra y el ruido del receptor. El efecto colectivo de todos estos errores es conocido como User Error (URE); su *rms* es designado por σ_{URE} . El error de posición *rms* es designado en función de dos factores:

$$\text{Error (rms)} = \text{DOP} \cdot \sigma_{URE}$$

La DOP (dilución de la precisión) tiene que ver la geometría de los satélites y es inversamente proporcional al volumen del poliedro formado por la posición de los satélites en el espacio como base y el usuario como vértice del poliedro. La tabla siguiente muestra la precisión proyectada para el GPS y el GLONASS, basada en las características actuales.

	Error horizontal (m)		Error vertical (m)
	50%	95%	95%
GPS (SA desconectado)	7	18	34
GPS (SA conectado)	27	72	135
GLONASS	10	26	45
GPS + GLONASS	9	20	38

Tabla 11-6. Errores GPS y GLONASS.

Integración de los sistemas de GPS y GLONASS.

La integración de estos sistemas depende de la compatibilidad de los segmentos del espacio, control y usuario. El segmento espacial probablemente es el menos problemático, debido a la compatibilidad de la órbita y al número de satélites para suministrar una cobertura continua y mundial. La inclinación más grande en las órbitas del GLONASS da una mayor cobertura en las latitudes más altas, mientras que el GPS tiene mejor cobertura en la zona ecuatorial.

El segmento de control del GPS consiste en una estación maestra en Colorado (EE.UU.) y cuatro estaciones distribuidas por todo el mundo, espaciadas 90° en longitud, situadas en Diego García, Kwajalein, Ascensión y Hawai. El sistema GLONASS carece de un sistema global de control y casi todas las estaciones están en territorio ruso.

Para obtener la posición a través de la integración del GLONASS y el GPS es necesario resolver diversos problemas. El primero se refiere al tiempo de referencia de los dos sistemas. El tiempo del GPS es referido al tiempo del sistema GPS el cual está referido al tiempo universal coordinado UTC. Similarmente, el tiempo del GLONASS está referido al sistema GLONASS, que a su vez está referido al tiempo UTC (SU), que es la escala nacional de tiempo rusa. El tiempo del GPS es mantenido por el observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO) dentro de 20 nanosegundos del UTC, que a su vez es mantenido por el Bureau International des Poids et Mesures UTC (BIPM), en París. El GLONASS es referido de reducir esta diferencia a un microsegundo, el UTC (SU) fue corregido 9 microsegundos el 27 de noviembre de 1996. El tiempo del sistema GLONASS, a su vez, estaba fuera 35 microsegundos con respecto al UTC y fue corregido el día 1 de julio de 1997 con el fin de mantener el sistema dentro de algunas centenas de nanosegundos con respecto al UTC. Un tiempo de referencia común es necesario para la integración de ambos sistemas, bien a nivel de sistema o bien referido al sistema UTC. Esta última elección sería más aconsejable con el fin de transferir el control del tiempo al BIPM en París. Otra alternativa está siendo estudiada por la universidad de Leeds y consiste en medir la diferencia de tiempo entre el UTC y el de Moscú en un período de tiempo y predecir la diferencia futura estadísticamente. De esta forma, todos los satélites podrían ser referidos al mismo tiempo y la navegación sería posible con cualquier combinación adecuada de cuatro satélites GPS/GLONASS.

Otra cuestión a considerar es el elipsoide de referencia, pues mientras el GPS está referido al Word Geodetic Survey (WFS84), el GLONASS está basado en el elipsoide del sistema soviético PZ-90 (Parametry Zemly 1990), parámetros de la tierra de 1990. El sistema SGS84 fue utilizado por el GLONASS hasta el año 1993. Actualmente ha sido reemplazado por el PZ-90.

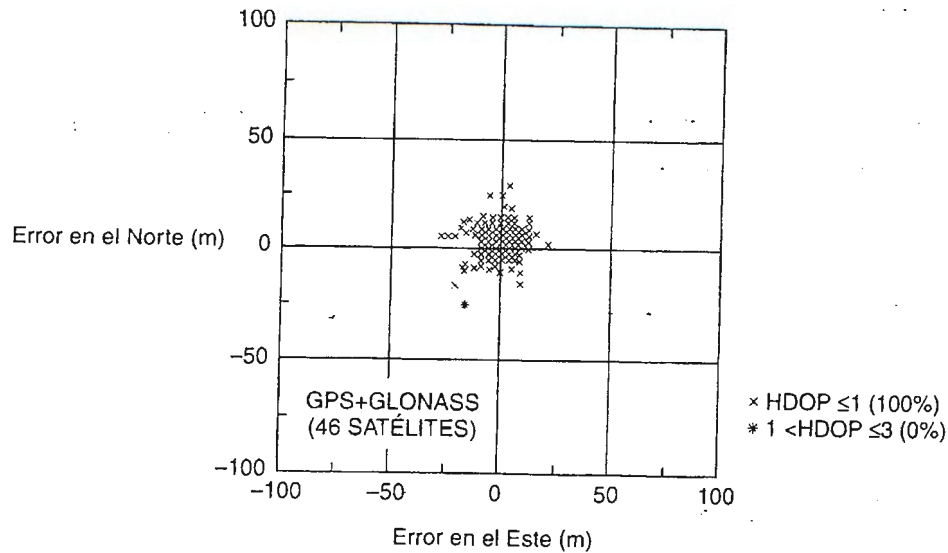


Figura 11-8. Posición estimada con el GPS + GLONASS.

ABAS.

La función ABAS combinada con uno o más de los elementos GNSS y ambos con un receptor GNSS libre de fallos y un sistema de a bordo usado para esta función, cumplirá los requisitos RNP indicados la tabla 1. El ABAS incluye el procesado necesario que proporcionarán:

- Comprobación de la Integridad para la solución de posición mediante el uso de información redundante. Esto se realiza generalmente mediante dos métodos: detección del fallo y exclusión del fallo (FDE). El objetivo de la detección del fallo es determinar la presencia de un error de posición. Sobre la detección, la propia facultad de exclusión del fallo determina y excluye la fuente del mismo, permitiendo que la navegación GNSS continúe sin interrupción. Hay dos clases de control de la integridad: RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) que hace uso exclusivo de la información GNSS y el AAIM (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring) que usa información adicional de otros sensores de a bordo (baroaltímetro, reloj, INS).
- Mejora de la continuidad para la solución de posición usando información de fuentes alternativas, tales como INS, baroaltímetro y reloj externo, estando este concepto en línea con el AAIM.
- Mejora de la disponibilidad para la solución de posición, de forma análoga a la continuidad.
- Mejora de la precisión mediante la estimación de los errores residuales.

SBAS.

El SBAS complementa a las constelaciones GPS y GLONASS para alcanzar las prestaciones indicadas en la tabla 1, mediante el uso de una infraestructura terrestre y un segmento espacial basado en el uso de satélites geoestacionarios. Para ello, realizará una o más de las siguientes funciones:

- Ranging, que dará una señal de pseudorange adicional con una indicación de precisión, desde un satélite GEO.
- Situación de los satélites GNSS, informando sobre el estado de salud de los mismos.
- Correcciones diferenciales básicas, dando correcciones de reloj y efemérides de los satélites GNSS, que se aplicarán a las medidas de pseudorange de los mismos.
- Correcciones diferenciales precisas, que determinan y transmiten las correcciones sobre la ionosfera.

Para ello, se transmitirá la información de navegación necesaria para determinar:

- Tiempo de transmisión del satélite SBAS.
- Posición del satélite SBAS.
- Tiempo corregido para todos los satélites.
- Posición corregida para todos los satélites.
- Efectos del retraso de la propagación ionosférica.
- Integridad de la posición de usuario.
- Transferencia a UTC.
- Situación del nivel de servicio.

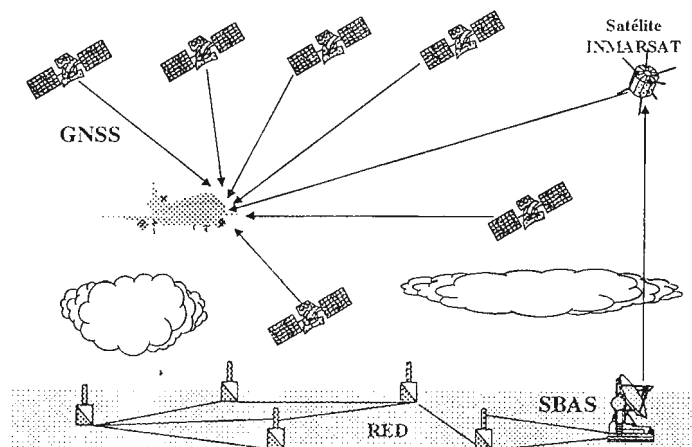


Figura 11-9. Aumentación de área amplia.

GBAS.

El GBAS dará soporte a las operaciones de aproximación, aterrizajes, salida y movimiento en superficie, cumpliendo las prestaciones RNP que se reflejan en la tabla 1. El sistema se basa en estaciones locales terrenas que transmiten la información a los usuarios a través de VHF con modulación D8PSK. Las funciones que realiza son:

- Proporcionar correcciones de pseudorange a nivel local.
- Dar datos relativos al GBAS.
- Dar datos del segmento de aproximación final.
- Datos de disponibilidad.
- Datos de control de integridad.

Para ello, se transmitirá la información de navegación necesaria para determinar:

- Correcciones de pseudorange, tiempo de referencia y datos de integridad.
- Datos del aeropuerto.
- Datos del segmento de aproximación final.
- Datos de disponibilidad de la fuente de ranging.

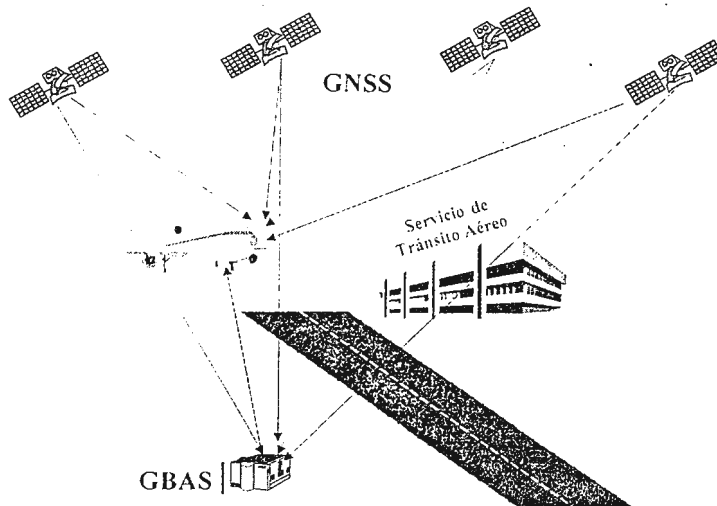


Figura 11-10. Aumentación de Base terrestre.

EGNOS.

El Programa de Navegación por Satélite de la Agencia Europea del Espacio (ESA) ha sido definido, y será implementado, en cooperación con la Comisión de la Unión Europea (CEU) y EUROCONTROL. Concretamente, el componente GNSS-1 del Programa consiste en el desarrollo, instalación y pruebas del EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), que se basa en el uso de satélites geoestacionarios para proporcionar aumentaciones sobre el GPS y el GLONASS, para su uso por la aviación civil, así como por los usuarios marítimos y terrestres. En estos momentos, están siendo desarrollados sistemas similares en otras regiones, concretamente el WAAS de los EE.UU. y el MSAS de Japón, con el fin de proporcionar un servicio mundial de navegación por satélite.

El sistema EGNOS será desarrollado en dos fases: una primera fase denominada AOC (Advanced Operational Capability), que hará uso de los transpondedores de navegación embarcados a bordo de los satélites geoestacionarios INMARSAT AORE e IOR y del ARTEMIS, y una segunda fase denominada FOC (Full Operational Capability) que tiene como objetivo principal el cumplimiento de los requisitos de medio único de navegación y que se basará en el despliegue de elementos adicionales al AOC. En estos momentos se ha comenzado el desarrollo de la fase AOC de acuerdo con los requisitos impuestos para el GNSS-1.

Requisitos de la fase AOC y niveles de servicio.

Por sus especiales características, y dado que el Sistema EGNOS se va a usar para la dar servicio al mundo aeronáutico (además del marítimo y terrestre), el EGNOS AOC deberá cumplir con los requisitos indicados en las SARPs de la OACI (ver punto 2), dando un servicio primario de navegación, por lo que será necesario disponer de un sistema de back-up (en la actualidad se está estudiando el uso del DME-DME).

La aumentación sobre el GPS se realizará difundiendo desde los satélites geoestacionarios, señales tipo GPS (función de ranging R-GEO), canal terreno de integridad (función GIC) y correcciones diferenciales de Gran Área (función WAD). La combinación de estas funciones, permitirá los usuarios equipados con el receptor adecuado, cumplir con los requerimientos de la OACI para todas las fases de vuelo desde ruta a aproximaciones de CAT I.

No obstante, y dado que el depender solamente de GPS no permitirá cumplir con los requisitos más exigentes, y con el objeto de disponer de unos mayores márgenes de operación, se incluirá el sistema GLONASS con las mismas funciones que el GPS (R-GEO, GIC y WAS), con lo que se podrán alcanzar los requisitos más restrictivos para CAT I y para los usuarios marítimos y terrestres.

Con objeto de evitar los posibles problemas que supondría el fallo o interferencias en el GPS o el GLONASS (ambos sistemas son militares y no existe un acceso civil al control de los mismos), el sistema EGNOS se ha diseñado de forma que ambos sistemas no son interdependientes, por lo que en el caso de un fallo o las interferencias provocadas en cualquiera de los dos, no implicará la pérdida del servicio, ya que este se mantendrá con el sistema que quede. Dado que WAAS y MSAS no harán uso de GLONASS, el servicio con GPS garantizará la interoperabilidad global exigida por los SARPs.

Para lograr los objetivos y servicios indicados, se han definido tres Niveles de Servicio:

- **Nivel de Servicio 1:** Mediante este nivel, se proporcionará la función R-GEO mediante dos (tres si se usa ARTEMIS) señales de ranging tipo GPS, lo que dará como resultado la disponibilidad de un mayor número de satélites de navegación GPS, y en consecuencia un aumento de la disponibilidad de RAIM.
- **Nivel de Servicio 2:** Con este Nivel, se dará la función GIC, mediante la difusión de datos de integridad del GPS y el GLONASS, lo que dará como resultado un incremento en la disponibilidad del servicio de navegación para las fases de vuelo de Ruta a NPA.
- **Nivel de Servicio 3:** A través de la difusión de correcciones diferenciales para GPS y GLONASS, se dará la función WAD, lo que dará como resultado un importante incremento en la precisión y el poder realizar operaciones de IPV y CAT I. Este nivel de servicio se ha dividido en dos:
 - Nivel 3A en el que se realizarán correcciones sobre GPS.
 - Nivel 3B en el que se harán correcciones sobre GPS y GLONASS.

La aplicación de los niveles indicados, permitirá alcanzar las RNP 20 (ruta) a RNP 0.03/50 a 0.02/40 (CAT I), usando el sistema como medio primario de navegación y en consecuencia permitiendo eliminar parte de la infraestructura terrestre actual (NDB, VOR e ILS).

Descripción del sistema.

El Sistema EGNOS se compone de tres segmentos:

Segmento espacial.

Compuesto por satélites geostacionarios equipados con un transpondedor, o carga de pago de navegación, que en la fase AOC se soportará sobre los satélites INMARSAT AOR-E e IOR, así como sobre el ARTEMIS de la ESA. En la siguiente figura puede verse la cobertura de estos satélites:

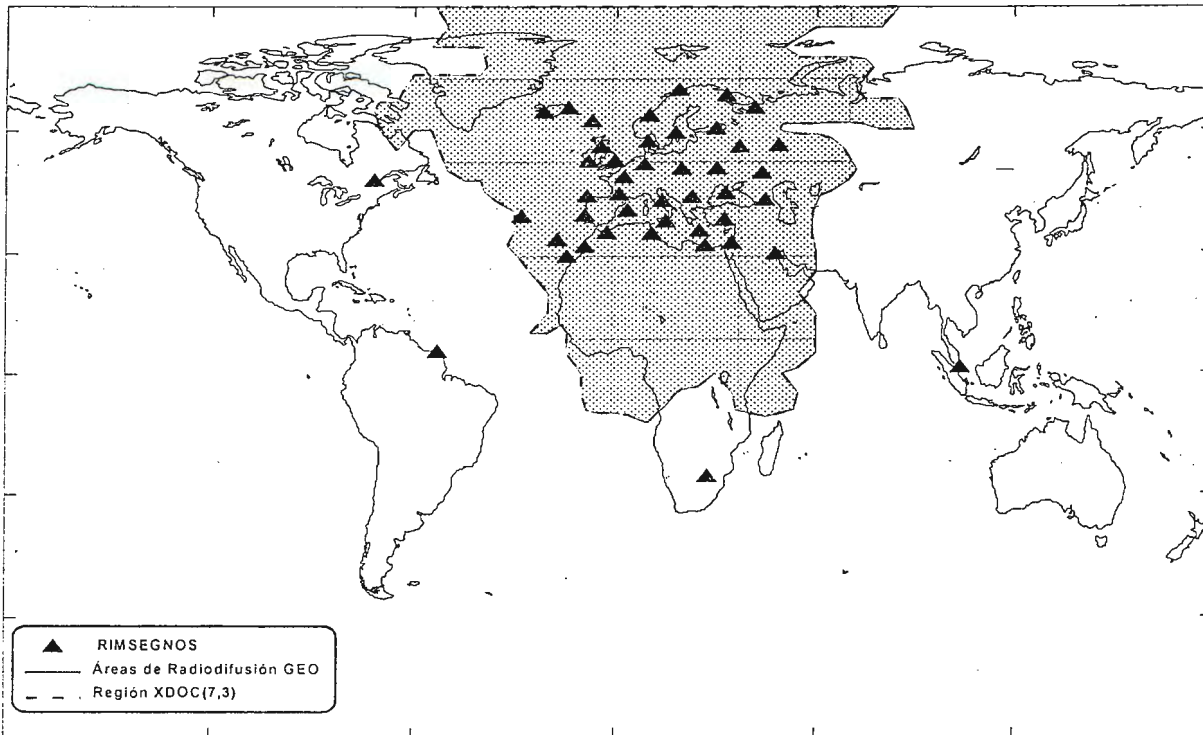


Figura 11-11. Cobertura de los GEO de EGNOS.

Segmento terreno.

El segmento terreno se compone de las Ranging and Integrity Monitoring Stations (RIMS), que van conectadas a la Master Control Center (MCC) donde se configuran los mensajes de Navegación EGNOS antes de ser enviados a las Navigation Land Earth Stations (NLES). Estos elementos están interconectados a través del EGNOS Wide Area Communication Network (EWAN). Además de estas instalaciones, existen una serie de instalaciones de soporte encargadas del Desarrollo del Sistema, Qualificación del Sistema y Soporte a la Operación, que se denominan Development and Verification Platform (DVP), Performance Assessment and System Check-out Facility (PACF) and Application Specific Qualification Facility (ASQF).

En la Figura siguiente se muestra la distribución de los diferentes elementos y su conexión con los segmentos espacio, terreno y usuario:

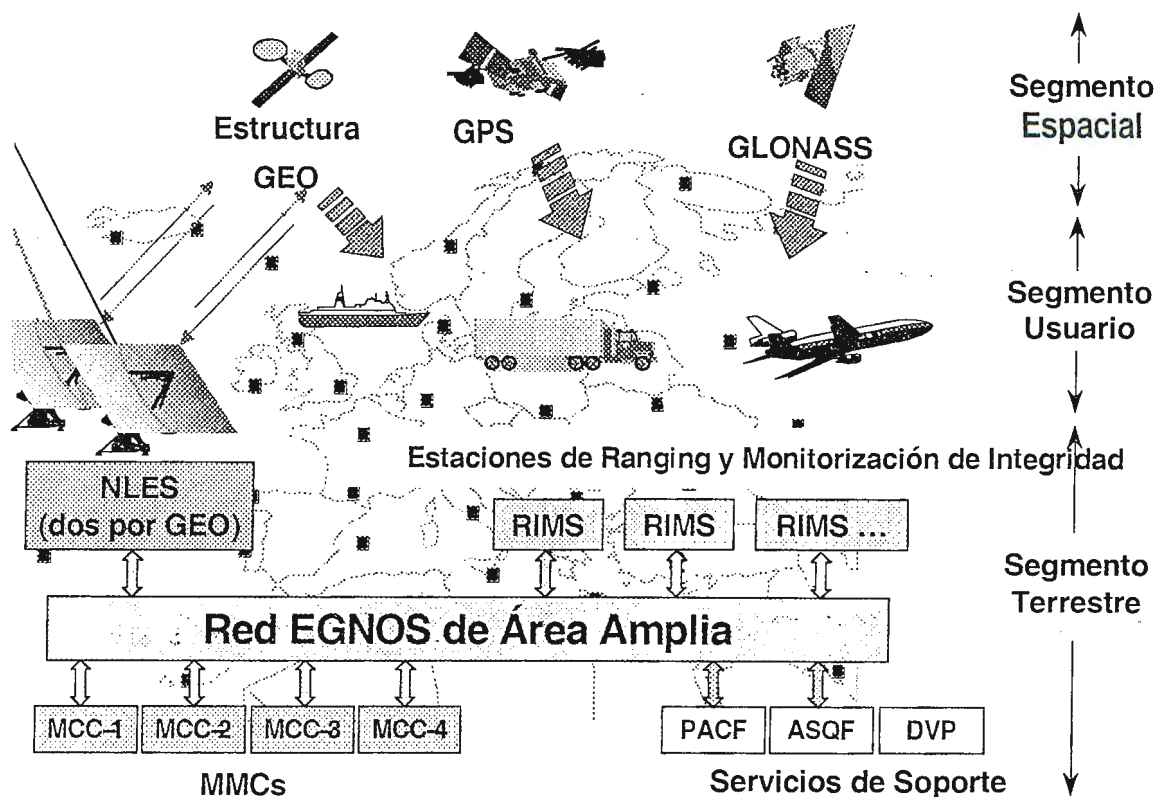


Figura 11-12. Elementos del EGNOS.

A.- Master Control Center (MCC):

En el EGNOS AOC existirán 4 MCC idénticas que realizarán dos misiones fundamentales:

- Cálculo, distribución, validación y transmisión de Ranging de los GEO, Integridad y datos de corrección de gran área.
- Control del Sistema EGNOS.

La función de proceso de la MCC, realiza el cálculo de datos de las correcciones de Wide Area, usando datos provenientes de las RIMS, que son usados para el cálculo de la efemérides y correcciones de reloj de los satélites GPS, GEO y GLONASS, así como el retraso ionosférico sobre la zona de la ECAC. Todos estos datos son formateados en un mensaje y se transmiten a las diferentes NLES para su difusión a los usuarios de EGNOS a través de los satélites GEO. Existe una segunda cadena de cálculo que hace uso de RIMS no empleadas en la primera cadena, y que tiene por función asegurar la integridad de los resultados obtenidos por la primera cadena. Todas estas funciones de proceso, se realizan de forma automática, no requiriendo la intervención de ningún operador.

Las principales funciones de proceso, se pueden dividir en:

- Validación y preproceso de los datos.
- Proporcionar información de Ranging.
- Proporcionar correcciones WAD.
- Validar los resultados del segmento tierra.

Estas funciones se agrupan en el denominado CPF (Central Processing Facility). La función de Control de la MCC recibe toda la información sobre el estado de las diferentes instalaciones de tierra y la red de comunicaciones, teniendo capacidad para tomar las acciones necesarias para mantener los niveles de servicio del EGNOS. Esta función estará a cargo de las comunicaciones externas del sistema, tales como las de INMARSAT, GPS, ATC, etc. También recibirá datos en bruto para las funciones de archivo a corto plazo, así como para la realización de análisis de previsión de prestaciones del sistema para la elaboración de los planes operacionales y los correspondientes procedimientos a aplicar. Las principales funciones de control se pueden dividir en:

- Monitorización y Control del Sistema y la Red de comunicaciones.
- Archivo.
- Análisis y predicciones.
- Interfaces externas.
- Control de configuración
- Elaboración de las actuaciones necesarias para mantener los niveles de servicio.

B.- Ranging Integrity Monitoring Stations (RIMS).

Las RIMS son estaciones remotas que actúan como puntos de recogida de datos, para lo cual están equipadas con receptores GNSS, relojes atómicos y sensores meteorológicos, transmitiendo los datos a las MCC una vez por segundo. En la fase AOC está previsto la implantación de una red de 34 RIMS en la zona de la ECAC para dar los tres niveles de servicio indicados anteriormente. La comunicación entre las MCC y las RIMS se realiza a través de la EWAN.

C.- Navigation Land Earth Station (NLES).

Las NLES están a cargo de proporcionar el enlace ascendente a los GEO, enviando los datos generados por las MCC, y sincronizando de forma muy precisa la transmisión del mensaje de los GEO en relación al tiempo GPS. Para conseguir un adecuado nivel de disponibilidad, habrá dos NLES por GEO, si bien solo una estará funcionando en un momento dado, estando la otra en "Hot Back-up" y estando sincronizada de forma permanente con la primera.

D.- EGNOS Wide Area Network (EWAN).

La función principal de la EWAN es el transporte de datos entre los diferentes elementos del EGNOS, y más en concreto, el flujo continuo de datos entre las RIMS y las MCC y las MCC y las NLES. Esta red estará formada por las redes dedicadas aeronáuticas de diferentes países (en España la REDAN) y la red suministrada por BT en base a líneas dedicadas. Si bien en el AOC se prevé una única red, para el FOC existirá una segunda red de back-up que posiblemente se apoyará en una red VSAT.

E.- Instalaciones de soporte.

Las instalaciones de soporte se basan en: Performance Assessment and System Check-out Facility (PACF); Application Specific Qualification Facility (ASQF) y la Development and Verification Platform (DVP).

E.1.- Performance Assessment and System Check-out Facility (PACF).

La PACF es una instalación del EGNOS AOC a cargo de proporcionar el necesario soporte técnico para las operaciones del Sistema, disponiendo para ello de las siguientes funciones:

- Simulación y análisis del Sistema.
- Análisis de las prestaciones del Sistema.
- Investigación y resolución de anomalías.
- Especificaciones sobre mejoras y/o evoluciones del sistema.
- Análisis de los procedimientos de operación del Sistema.
- Especificación y validación de las actividades de entrenamiento del personal a cargo de la operación del Sistema.
- Realización de pruebas en tiempo real.
- Apoyo a la gestión de mantenimiento.
- Archivo de datos PACF.

E.2.- Application Specific Qualification Facility (ASQF).

Las ASQF es una instalación que dará los medios técnicos necesarios para que se puedan cualificar, validar y certificar aquellas aplicaciones que son específicas de un usuario, cuando así sea necesario para el uso del sistema. Más concretamente, en referencia a la aviación civil, las ASQF serán usada por los proveedores de servicio de Tránsito Aéreo y las Administraciones Nacionales de Aviación Civil en estrecha colaboración con el Proveedor de Servicio EGNOS para cualificar/certificar las prestaciones RNP que proporciona el sistema, bajo modos de operación nominales y/o degradados. Para poder realizar las tareas descritas, las ASQF tendrán las siguientes funciones:

- Evaluación de seguridad.
- Evaluación y validación de la traslación MRD a SRD.
- Análisis de prestaciones RNP.
- Análisis de predicción RNP.
- Predicción RNP Vs configuración del Sistema.
- Análisis de procedimientos de vuelo.
- Validación de herramientas de predicción externas.
- Análisis de interoperabilidad entre diferentes SBAS.
- Análisis de interoperabilidad con GBAS.
- Archivo de datos ASQF.

E.3.- Development and Verification Platform (DVP).

Como parte de las actividades de Desarrollo, Verificación e integración, se desarrollarán una serie de herramientas para llevar a cabo estas actividades por parte de la industria. Estas herramientas, representan la herramientas del contratista principal que serán implementadas como parte de las actividades de Verificación e Integración llevadas por el mismo. Esta herramienta es eminentemente industrial y en consecuencia será operada y explotada por el consorcio de industrias encargado del desarrollo de EGNOS, dando soporte, una vez entregado el Sistema, a las posibles modificaciones o mejoras, así como resolución de problemas que se deban realizar en el ámbito industrial ante el requerimiento de los operadores. Para ello, esta plataforma realizará las siguientes funciones:

- Soporte al desarrollo de EGNOS.
- Verificación e Integración del segmento terreno.
- Cualificación del Sistema.
- Resolución de problemas.
- Archivo de datos DVP.

Segmento Usuario

El segmento usuario está compuesto por receptores aeronáuticos, marítimos y terrestres. Estos receptores están en fase de desarrollo y de acuerdo al tipo de usuario tendrá sus características concretas, debiendo cumplir el receptor aeronáutico los SARPs desarrollados por la OACI para adecuarse a los criterios de interoperabilidad entre SBAS.

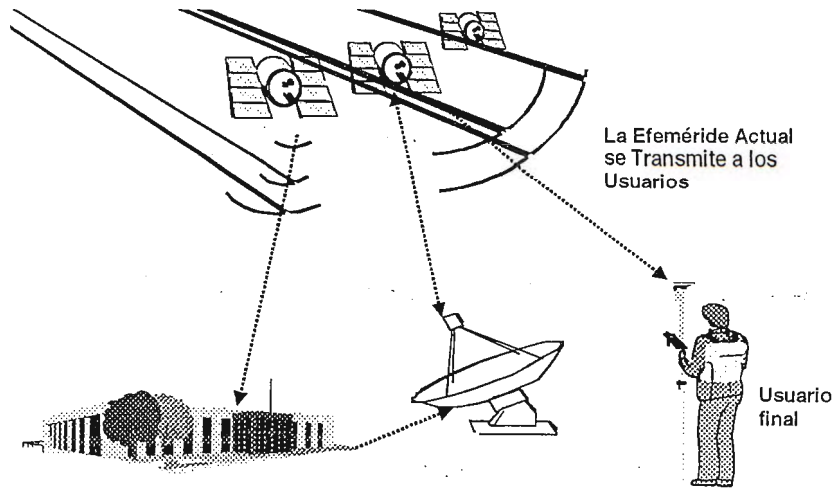


Figura 11-13. Segmento usuarios.

Expansión a otras regiones.

Los sistemas SBAS se pueden difundir en las áreas de cobertura de los satélites GEO (ver figura del capítulo...), lo que permite que un servicio de este tipo se pueda realizar en áreas alejadas de donde inicialmente se definió, así, en el caso del EGNOS, y dada la cobertura de los satélites INMARSAT AOR-E e IOR, es posible expandir el servicio a Iberoamérica, Africa y Oriente medio, lo que permite cubrir las necesidades de grandes áreas y al mismo tiempo mejorar el servicio en zonas oceánicas y desérticas (en estos momentos el tráfico sobre el Océano Atlántico está experimentando un fuerte incremento, lo que hace necesario disponer de sistemas precisos de navegación que permitan incrementar la capacidad del espacio aéreo que sobrevuela el mismo, permitiendo la implantación de sistemas de vigilancia como el ADS que contribuya a mejorar la seguridad y aumentar el flujo de tráfico entre Europa y América, así como los que van entre América del Sur y América del Norte, incluyendo la zona del Caribe).

Para conseguir esta expansión, será necesario instalar la infraestructura terrena correspondiente, teniendo en cuenta el nivel de servicio deseado en cada una de las zonas, y adaptando el número de estaciones. Así, en áreas donde se requiera tan solo información de integridad, será necesario instalar un número reducido de estaciones, mientras que en el caso de necesitar CAT I, será necesario instalar una red más densa de estaciones. Para ello, es necesario realizar un estudio detallado de las necesidades en cada zona, ya que en áreas como el Amazonas será suficiente con proporcionar integridad, mientras que otras áreas será necesario dar CAT I, con lo que se podrá optimizar la infraestructura terrena y ajustar los costes para conseguir la mayor eficiencia con el menor coste de infraestructura y operación.

Dadas las especiales características de los SBAS, la distribución de la infraestructura terrena deberá hacerse de forma que se obtengan las máximas prestaciones, con independencia de consideraciones geopolíticas o de fronteras, ya que esta es la única forma de optimizar los elementos terrenos en relación a las máximas prestaciones a obtener.

Los elementos a distribuir son en principio una red de estaciones RIMS que se conectan vía VSAT con la MCC del SBAS correspondiente. No obstante, y dado el volumen de información a manejar, podría ser necesario instalar un centro de proceso regional o local (MCC) que realice un procesamiento previo de la información antes de su envío a la MCC del Sistema.

ISTB (Interoperability System Test Bed).

Como parte del concepto de expansión del Sistema, se plantea la expansión del EGNOS a las regiones CAR/SAM. Para ello se iniciaron los primeros contactos en la 2ª reunión del Grupo de Tarea de Aumentación GNSS celebrada en San José Dos Campos en el mes de Julio de 1998, realizándose una propuesta por parte del ETG (European Tripartite Group) en la reunión del CNS/ATM/IC/WG4 del mes de Septiembre, bajo la denominación de ISTB. A raíz de esta propuesta, en la reunión de GREPECAS/8 se dio luz verde a la posibilidad de ejecutar ensayos del WAAS y EGNOS en las Regiones CAR/SAM, delegando en el Grupo de Tarea de Aumentación GNSS el seguimiento e implantación de estas plataformas de pruebas.

El ISTB (Interoperability System Test Bed) propuesto por el ETG, se basa en el despliegue de una serie de 5 estaciones RIMS portátiles por las regiones CAR/SAM, y que se conectarían con la MCC del ESTB (EGNOS System Test Bed) a través de un enlace VSAT, para la realización de los siguientes ensayos:

1. **Integridad.** Se plantea la distribución de estas estaciones de forma que cubran ambas regiones (por ejemplo, se localizarían en el Sur de la región SAM, zona atlántica y del Pacífico cercana al ecuador, zona Caribe y Norte de la región CAR. Con esta prueba se podrá establecer las prestaciones de Integridad en la zona, determinando el número mínimo de estaciones necesarias para dar este servicio para ruta a NPA, de acuerdo con los requisitos de la OACI (ver capítulo 2). La duración de estos ensayos sería de 4 meses e incluirían recogida de datos en estático para el procesamiento y extrapolación de resultados a toda el área y recogida de datos en vuelo a través de la SIS.
2. **Efectos del ecuador.** Esta prueba tiene por objeto el análisis de los efectos ionosféricos en la zona ecuatorial, ya que el comportamiento de la ionosfera en esta zona varía con respecto a la que se da en el resto de la tierra. Para ello, se distribuirán las cinco estaciones al rededor del ecuador, y se grabarán datos para su análisis y estudio de los efectos ionosféricos. Dado que las fechas previstas para la realización de esta prueba (principios del 2001) coincide con la máxima actividad solar, los resultados de estos análisis serán de vital importancia para determinar las prestaciones del Sistema en condiciones de máxima actividad solar. La recogida de datos se realizará por un periodo de 4 meses.

3. **CAT I.** Con esta prueba, se analizará la capacidad de EGNOS de dar prestaciones de CAT I en la zona. Para ello, se distribuirán las estaciones en una zona limitada (con una separación entre ellas no mayor de 600 Km), y se analizarán las prestaciones que se obtienen al generar correcciones WAD, y su aplicación a IPV y CAT I. Estos ensayos incluirán pruebas en estático y en vuelo, teniendo una duración prevista de 4 meses.

Una vez realizados todos los ensayos, y analizado todos los resultados, se podrá dibujar un mapa de prestaciones y realizar un análisis de necesidades, con lo que será posible establecer el número mínimo necesario de RIMS para cubrir todas las fases de vuelo, incluyendo una óptima distribución geográfica de las mismas.

Cooperación de Aena en la extensión a otras regiones.

Aena está colaborando de forma activa en los trabajos de extensión de EGNOS a las regiones CAR/SAM a través de su participación en el Grupo de Tarea de Aumentación del GNSS y del CNS/ATM/IC WG, así como en el GREPECAS. En su participación, ha tenido la representación del ETG para proponer los ensayos previos a la extensión del EGNOS, sirviendo de interlocutor entre Europa e Iberoamérica para la consecución de los objetivos indicados.

Por otra parte, y en contando con la colaboración de ANA de Portugal, está en negociaciones con el ETG y la EC para gestionar todas las actividades en las regiones CAR/SAM, tanto desde el punto de vista organizativo y programático, como industrial, pruebas y ensayos, estudios y análisis de resultados, haciendo partícipe a los países e industrias Iberoamericanas que así lo deseen, contando para ello con el programa IBEROEKA como forma de financiación y articulación de la mencionada participación.

12

SSR/ADS



Sistemas de Vigilancia , Radar Secundario y
Vigilancia Dependiente Automática.

Breve historia del sistema de radar secundario convencional.

Los sistemas de radar secundario, han sufrido un proceso de generaciones sucesivas que los ha ido reconvirtiendo, ampliando y perfeccionando.

El origen se halla en los sistemas IFF (en inglés Identification Friend or Foe) denominado Mark I, desarrollado en 1949 en Inglaterra para uso de identificación con fines militares. Básicamente consiste en la adición de un equipo respondedor embarcado en la aeronave colaboradora de forma que responde a las interrogaciones de un radar primario. En éste se reciben los ecos normales de un avión no-colaborador y un eco amplificado cuando el avión está dotado del respondedor, ya que éste genera un pulso en idéntica frecuencia. La identificación se lograba comparando visualmente la intensidad de los retornos.

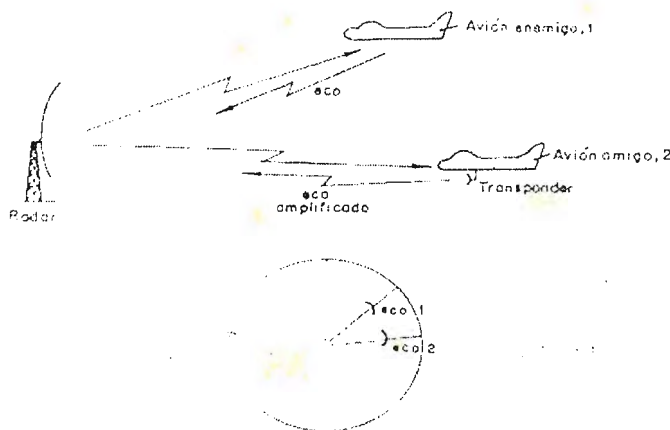


Figura 12-1. Sistema IFF, Mark I.

Los equipos IFF Mark II, se desarrollan en 1942 en Inglaterra y en 1943 en Suma Estados Unidos en la generación de IFF Mark III que operaba en la banda 157-187 KHz (figura 12-2).

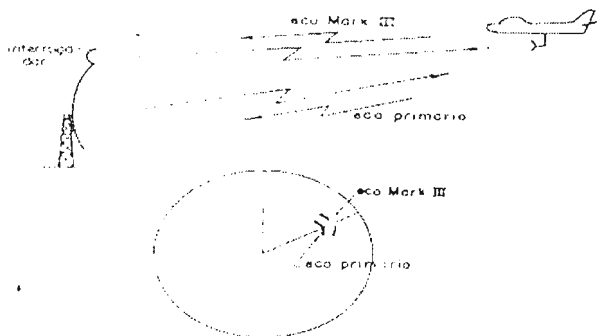


Figura 12-2. Sistema IFF, Mark III.

Al final de 1953 y durante 1944, se creó el proyecto IFF Mark V a través de un consorcio (UNB) que engloba a Estados Unidos, Inglaterra y Canadá.

Se establece una normalización de frecuencia:

- 950 MHz, para interrogación.
- 1150 MHz, para respuesta.

Desaparece la interrogación por impulso único y se permiten tres modos (tipos 1, 2 y 3) dependiendo de la separación de los pulsos transmitidos (3, 5 y 8 microsegundos respectivamente).

La respuesta era un tren de impulso tipo Morse. El proyecto IFF Mark V, acabó con la II Guerra Mundial en 1945.

Entre los años 1950 y 1957, se trabaja en la reordenación de los anteriores trabajos. Se establece como frecuencia de interrogación y respuesta 1030 y 1090 MHz respectivamente. Los modos de trabajo siguen siendo múltiples (de nuevo 1, 2 y 3) y se especifican como el sistema SIFG (Selective Identification Feature) y se genera el sistema Mark X (SIF) donde el índice de generación x corresponde a una originaria X significando "no designado" (figura 12-3).

El sistema IFF Mark X (SIF) está vigente hoy en día en equipos en servicio activo con usos similares. En 1969 se especifica este sistema en la ordenación OTAN, según la norma STANAG 5017.

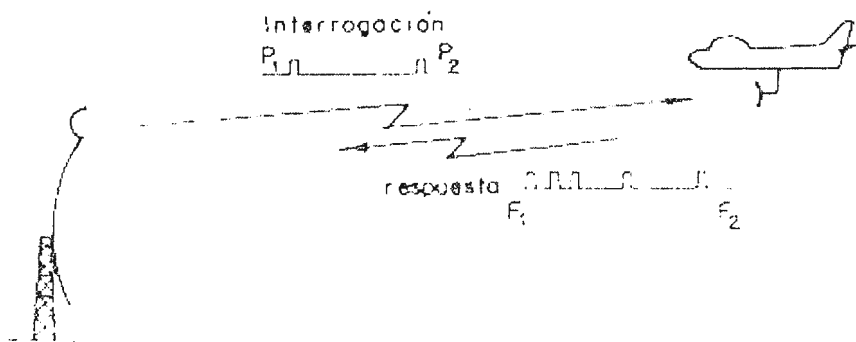


Figura 12-3. Sistema IFF (SIF) Mark X.

Las respuestas enviadas desde el respondedor, son una combinación de pulsos que permiten 32, 4096 y 64 códigos diferentes para los modos 1, 2 y 3 respectivamente.

En 1953 el departamento de defensa de Estados Unidos ofrece el IFF Mark X (SIF) para uso civil como un sistema común para control de tráfico aéreo. Los esfuerzos combinados de organizaciones civiles y militares producen el ATCRBS (Air Traffic Control Radar Beacon System). Al incluir un modo que codifica la altitud del avión se produce, por primera vez, un sistema cuyas entradas permiten dar el control aéreo la posición tridimensional de un avión.

El sistema se implanta en los Estados Unidos en el comienzo de los 60's. En 1967 aparece como obligatorio el uso de los respondedores para los aviones operando en el sistema de control de Tráfico Aéreo por encima de 18,000 pies. El sistema ATCRBS aparece recomendado por la organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en su Anexo 10 de Normas y Métodos de 1962, con la denominación SRR (Secondary Surveillance Radar).

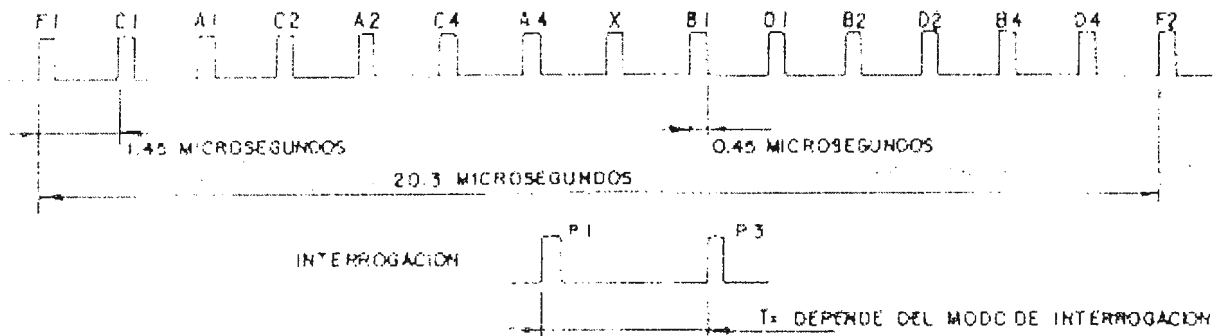
Los sistemas militares posteriores son compatibles con el SSR y dan lugar al IFF Mark X, A (figura 4) y el IF Mark XII que incluye un modo con funcionamiento criptográfico, según se especifica en la norma STANAG 5017, Edición 3 de la OTAN.

Actualmente, los sistemas de radar secundario establece la compatibilidad de uso civil-militar mediante interrogaciones en seis modos 1, 2, 3/A, B, C y D.

El modo se asocia a la separación de los impulsos P1 y P3 correspondiendo, respectivamente a 3, 5, 8, 17, 21, y 25 microsegundos. Un tercer impulso de interrogación, denominado P2' se transmite por una antena con diagrama omnidireccional. Este diagrama supera al direccional (radiando P1 y P3) en todo el espacio salvo aquel correspondiente al lóbulo principal.

El sistema se llama ISLS (Interrogation Side Lobe Supresión), o simplemente SLS y permite que los respondedores no contesten a interrogaciones sobre lóbulos secundarios ya que distinguen, en este caso, la menor amplitud de P1 respecto a P2.

POSICION DE LOS PULSOS DEL RESPUESTA (TRANSPONDER)



MODO	SEPARACION P1, P3 (MICROSEGUNDOS)	PULSOS UTILIZADOS	COMBINACIONES
1	3	A1, A2, A4, B1, B2	32
2	5	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D1, D2, D4	4096
3/A	8	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D1, D2, D4	4096
B	17	FORMATO INGLES	
C	21	A1, A2, A4, B1, B2, B4 C1, C2, C4, D2, D4	CODIGO GRAY 1280
D	25	RESERVADO PARA USO FUTURO	

TRANSPONDER CIVIL	MODO 3/A	B	D	C
TRANSPONDER MILITAR	MODO 3/A	1	2	(C)
		IDENT		ALTURA

Figura 12-4. Interrogaciones y respuestas en modo IFF Mark X, A.

Las respuestas del respondedor, corresponden a la presencia o ausencia de hasta 13 pulsos enmarcados en otra pareja de pulsos (F1 y F2) cuya separación fija de 20,3 microsegundos marca la presencia de una respuesta válida.

El modo de interrogación C, correspondiente a una separación entre pulsos P1 y P3 de 21 microsegundos tiene un uso especial. El respondedor, al recibir de este modo, envía una respuesta donde los 13 pulsos codifican, de forma automática, la altura barométrica del avión.

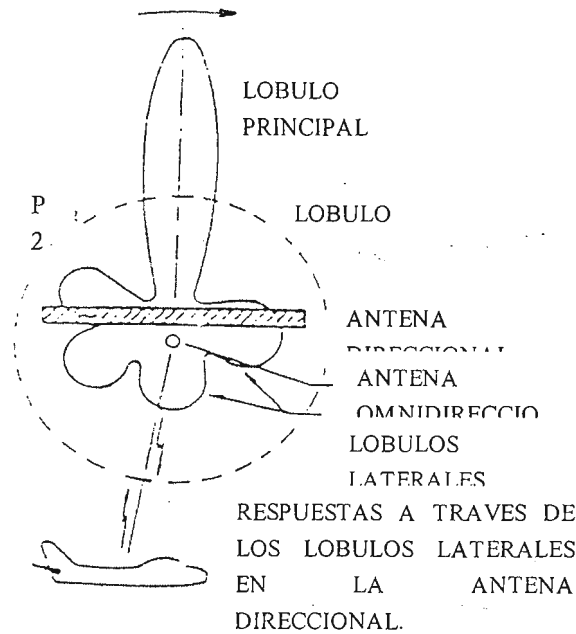


Figura 12-5. Sistema SLS.

El control de Tráfico Aéreo, los interrogadores SSR trabajan intercalando una secuencia de modos disparo a disparo. Un modo es de identificación es de altitud (modo C en ambos usos).

En la figura 12-6, se presente un diagrama de bloques simplificado de un sistema interrogador de Radar Secundario SSR.

En España, los primeros radares para uso exclusivo del control de tránsito aéreo, se instalaron en el año 1972.

Los equipos eran Mark X del tipo AN/TPX 42 fabricados por la Compañía Americana AIL, según requerimientos del Gobierno de los Estados Unidos. La tecnología empleada corresponde a circuitos de estado sólido, lógica TTL y núcleos de memoria de ferrita. El transmisor/receptor esta realizado también en estado sólido a excepción de las válvulas en su etapa de transmisión final.

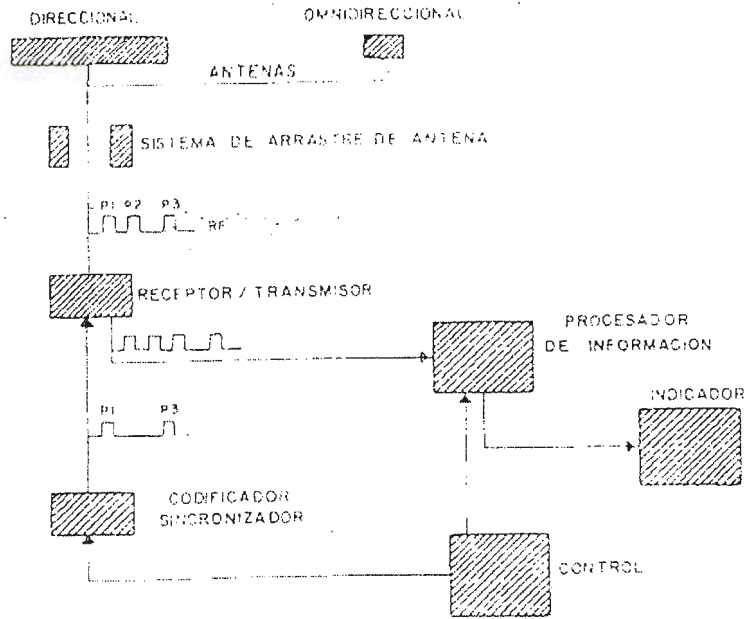


Figura 12-6. Diagrama en bloques de un Sistema Radar Secundario.

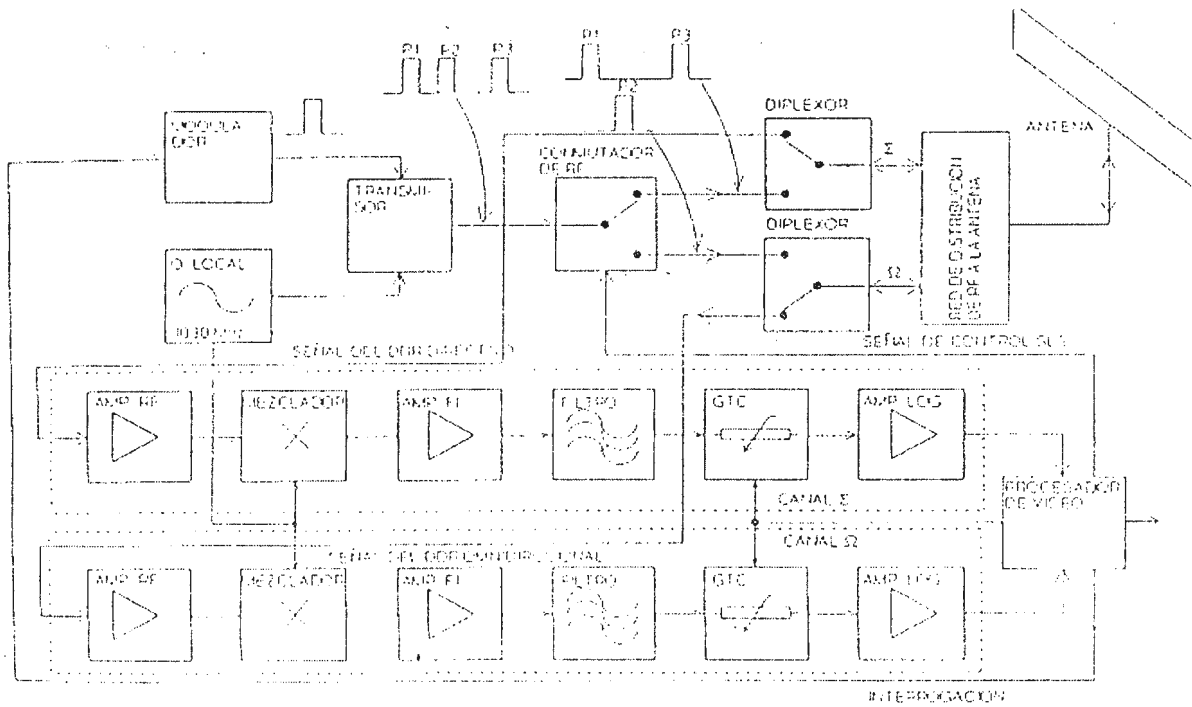


Figura 12-7. Diagrama en bloques del Sistema IRS - 10.

El SSR y la ADS.

Introducción al radar secundario (SSR).

Existen los radares en los que el blanco juega un papel activo en el proceso de detección, capturando la interrogación y devolviéndola con información de respuesta. A este radar se le denomina secundario o SRR (Secondary Surveillance Radar).

Cuando el blanco determina, por sí mismo, su posición y la comunica al centro de control, la función de vigilancia se denomina "Vigilancia Dependiente Automática, ADS".

El hecho de que el blanco sea cooperativo tiene cuatro efectos importantes:

- *No se requieren potencias de pico tan elevadas (es suficiente con potencias de pico del orden del kilovatio).*
- *El receptor no quiere sensibilidades tan grandes (basta con unos -87 dbm).*
- *Puede intercambiarse información entre los equipos de tierra (interrogador) y embarcado (transpondedor o respondedor).*
- *La diferencia entre las frecuencias de portadora de interrogación y de respuesta evita la presencia de las señales provenientes de blancos pasivos indeseados.*

Los dos primeros aspectos anteriores hacen que, desde el punto de vista tecnológico, el SSR no lleve al límite las posibilidades del "estado del arte" mientras que, por añadidura, el tercer aspecto abre la vía para establecer un enlace de datos con fines distintos a la detección, entre el centro de control y el avión. El cuarto aspecto elimina la necesidad de utilizar dispositivos de MTI. La contrapartida de las ventajas anteriores está en la exigencia de que el avión coopere activamente en el proceso, de forma que la no-operación del equipo embarcado supone la no-detección de este blanco. Por ello, este radar sólo es utilizable en escenarios no hostiles, como sucede en ATC.

Funcionamiento del SSR convencional.

El SSR funciona, en cierto modo, como un DME en el que los papeles de interrogador y transpondedor están invertidos. En este caso, véase la figura 12-8, el equipo de tierra, denominado también sensor, produce interrogaciones codificadas por la separación entre pulsos (Ti) tal como se indica en la tabla que se presenta más adelante, utilizando una frecuencia de portadora común para todos los equipos de tierra de $f_0 = 1,030 \text{ MHz.}$, modulada en pulsos de anchura 0.8ms. La separación entre los dos pulsos de interrogación determina el modo o el tipo de información que es requerida al equipo embarcado.

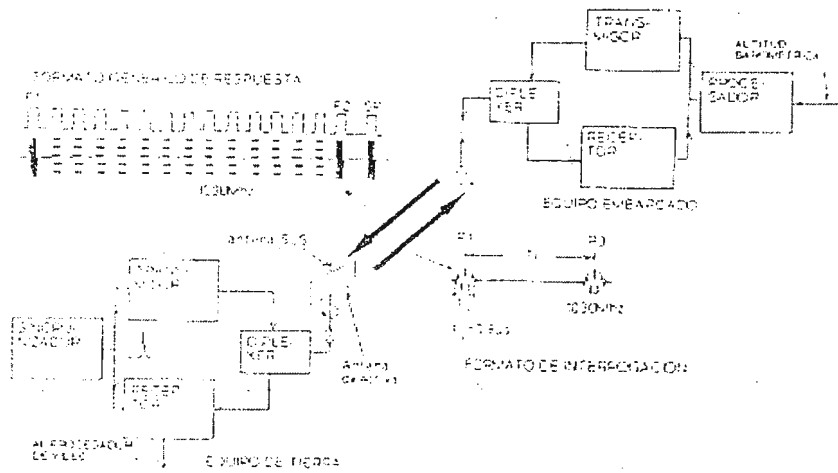


Figura 12-8. Diagrama de bloques general de un sistema SSR.

Los pulsos de interrogación, que utiliza una portadora de 1,030 Mhz, se denominan P1 y P3 y se radian a través de la antena direccional, mientras que un tercer pulso, no mostrado en la figura 12-8, denominado P2, se emite 2ms después que el pulso P1 y se radia de forma omnidireccional para la cancelación de respuestas producidas por lóbulos laterales.

La codificación de las interrogaciones, según sus fines, se resume en la siguiente tabla.

MODO	APLICACIÓN	FUNCIÓN	TIEMPO ENTRE P1 Y P3 (μs)
1	Militar	IFF	3
2	Militar	IFF	5
3/A	Civil/Militar	IDENTIFICACIÓN	8
B	Civil	IDENTIFICACIÓN	17
C	Civil	ALTITUD	21
D	Civil	NO ASIGNADA	25

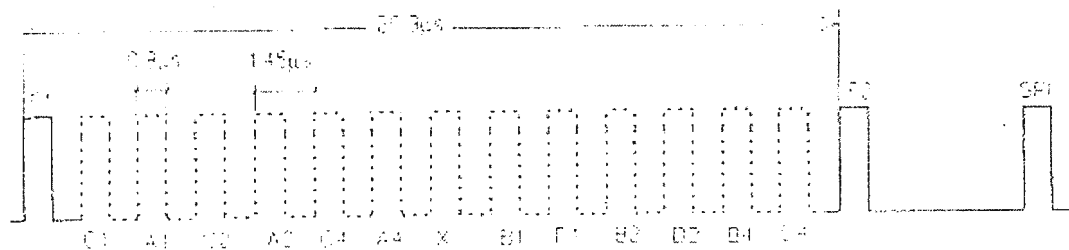
Tabla 12-1. Codificación DE las interrogaciones.

El formato de la respuesta, que utiliza una portadora de 1,090 Mhz, está constituido por:

- 2 pulsos de encuadramiento del mensaje (F1 y F2).
- Hasta 12 pulsos (no pulso = "0", pulso = "1") de información binaria.
- 1 pulso de identificación (SPI).
- La posición central, denominada (X), es siempre un no pulso "0", y fue ideado para futuras aplicaciones del formato de respuesta.

La configuración temporal de éstos se representa en la figura 12-9.

a) Formato general



b) Ejemplo

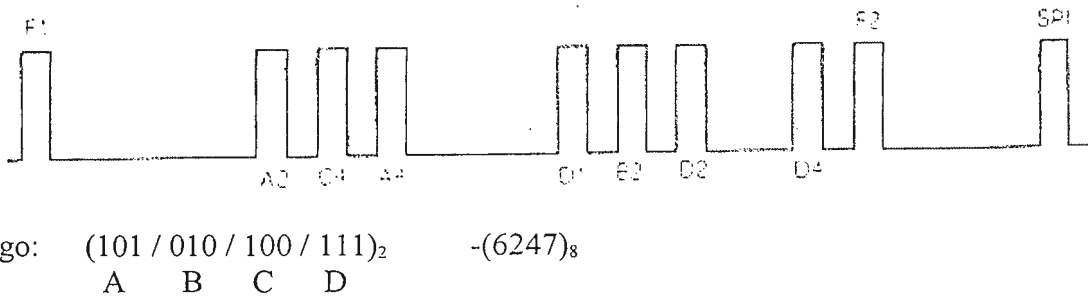


Figura 12-9. Formato de las respuestas del transpondedor del SSR.

Los 12 bits de información correspondientes a los pulsos dentro del encuadrado formado por F1 y F2 pueden adoptar $2^{12} = 4096$ valores distintos.

Normalmente en ATC se emplean los modos de interrogación 3/A y C, esto es, identificación de la aeronave y datos de altitud del avión (en cientos de pies). El valor de las respuestas está codificado en cuatro dígitos ABCD en base octal, al que le corresponde 3 bits, está situado según muestra la figura 12-9.

El orden en que se suceden las interrogaciones codificadas según diferentes modos se denomina "entrelazado" y un ejemplo de entrelazado entre los modos A y C sería 1:1 ó 1:2 (una interrogación en modo A por una en C, ó una interrogación en modo A por 2 en modo C).

En la figura 12-10 se representa un diagrama de bloques de un equipo de tierra correspondiente a un SSR convencional.

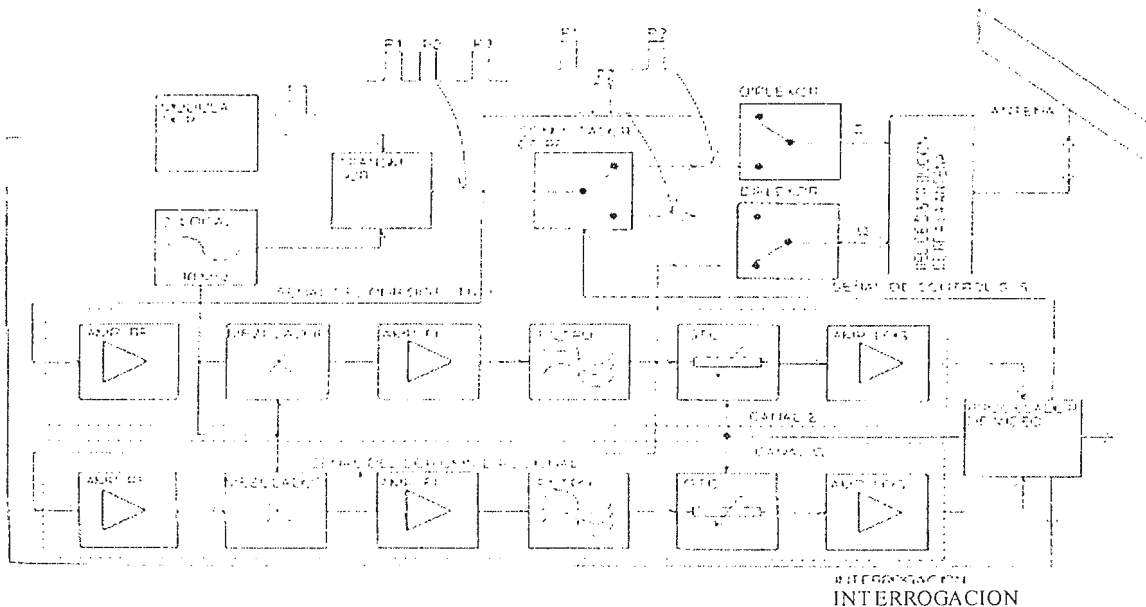


Figura 12-10. Diagrama de bloques de un equipo de tierra SSR.

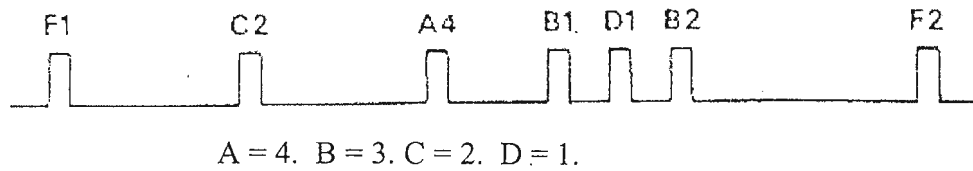


Figura 12-11. Ejemplo de respuesta de modo 3/A indicando un número de identidad 4321.

El principal modo de interrogación es el Modo 3/A, el Modo militar/civil de uso común. Este modo se emplea para la identificación general, con el número de identidad de la aeronave formado por los valores octales de los pulsos de respuesta en el orden A-B-C-D. Mediante acuerdos internacionales, se pueden designar juegos específicos de números de identidad que señale el tipo de vuelo, el origen, o el destino de una aeronave.

Universalmente, se utilizan tres códigos en particular para indicar condiciones de emergencia:

- 7700 Emergencia.
- 7600 Falla de radio.
- 500 Secuestro.

Estos códigos especiales son de gran valor para indicar dificultades especiales al elemento de control en tierra, en circunstancias donde no sea posible que la tripulación de la aeronave se comunique por medio de los canales de voz normalmente. Para señalar emergencias de naves militares se utilizan secuencias de respuestas especiales.

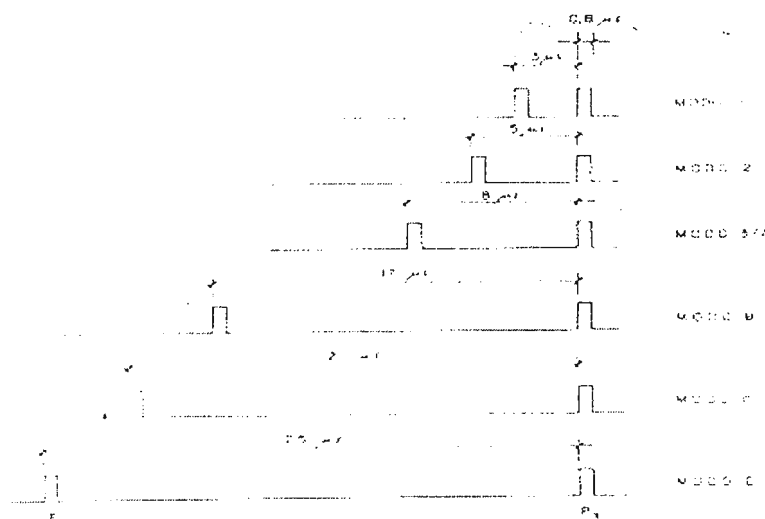


Figura 12-12. Modos de interrogación, separación de los pulsos P1 y P3.

Un resumen de los problemas relacionados con las reflexiones se indica en la tabla siguiente.

PROBLEMAS RELATIVOS A EFECTOS MULTISENDA

PROBLEMAS RELATIVOS A EFECTOS MULTISENDA			
DENOMINACIÓN	IDENTIFICACIÓN	MOTIVO	SOLUCIÓN POSIBLE
RING - AROUND	Anillos concentricos en pantalla con video bruto.	Interrogación y recepción por lobulos laterales.	SLS, disminución de potencia, ajuste de curvas stc.
REFLEXIONES POR LOBULOS SECUNDARIOS.	Blancos falsos en posición que corresponde a ninguna aeronave.	Presencia de reflectores en el entorno de la estación.	ISLS, RSLs, materteriales absorbentes, trevosee, FRED, ajuste sectorial de potencia.
REFLEXIONES POR LOBULO PRINCIPAL.	Blancos falsos en el mismo acimut.		

Tabla 12-2. Problemas relativos a los efectos multisenda.

Técnicas de recepción monopulso.

Concepto.

El término "MONOPULSO" se deriva de la capacidad para determinar la dirección de llegada de una señal de radar recibida, usando sólo un pulso de dicha señal.

Para propósito de detección de radar secundario de vigilancia SSR, esto significa que es posible efectuar una determinación de azimuth para cada uno de los pulsos de respuesta del transponder.

Anteriormente, el método común para determinar el azimuth de un blanco de radar secundario consistía en:

Señalar primero la dirección en que se detectaba el inicio de una serie de respuestas, y luego la dirección en que se dejaba de recibir la secuencia. El azimuth del blanco se estimaba como el punto medio entre ambas direcciones.

En un sistema de radar SSR monopulso, la detección de cada pulso de respuesta produce una medición de su dirección de llegada. Por lo tanto: Cada pulso recibido indica la dirección del origen de la señal. El receptor monopulso alimenta a un equipo extractor, el cual determina el azimuth de un blanco a partir de la asociación de múltiples mediciones precisas de dirección.

La diferencia fundamental de la técnica monopulso radica en que las decisiones de extracción ya no se efectúan sobre series de respuesta completas, sino que lleva este proceso a un nivel de análisis de pulsos individuales.

La técnica monopulso ofrece numerosas ventajas sobre los sistemas de "ventana deslizante", tales como:

- Información posicional de aeronaves con una alta precisión (azimuth y rango).
- Menor número de respuesta requeridas para validar un blanco (validación a partir de 2 respuestas).
- Tratamiento efectivo de respuestas en situaciones de sobreposición (Garble) y entrelazado (interleave).
- Alta capacidad de eliminación de respuestas de Fruta (Fruit).

Patrones de recepción.

Un sistema SSR monopulso requiere de la aplicación de dos patrones diferentes para la elaboración de la información direccional de las señales recibidas:

1. Un patrón suma, utilizado para la transmisión de los pulsos de interrogación P1 - P3 y la recepción de los pulsos de respuestas del transponder.
2. Un patrón diferencia, utilizando sólo en la recepción, para propósitos de generación del valor angular de incidencia (a través de técnicas de interferometría).

Aún cuando en un sistema SSR mono pulso se utiliza el patrón de control omnidireccional SLS, el patrón SLS no tiene relación con las técnicas de determinación de azimuth (por lo que no se discute en este capítulo).

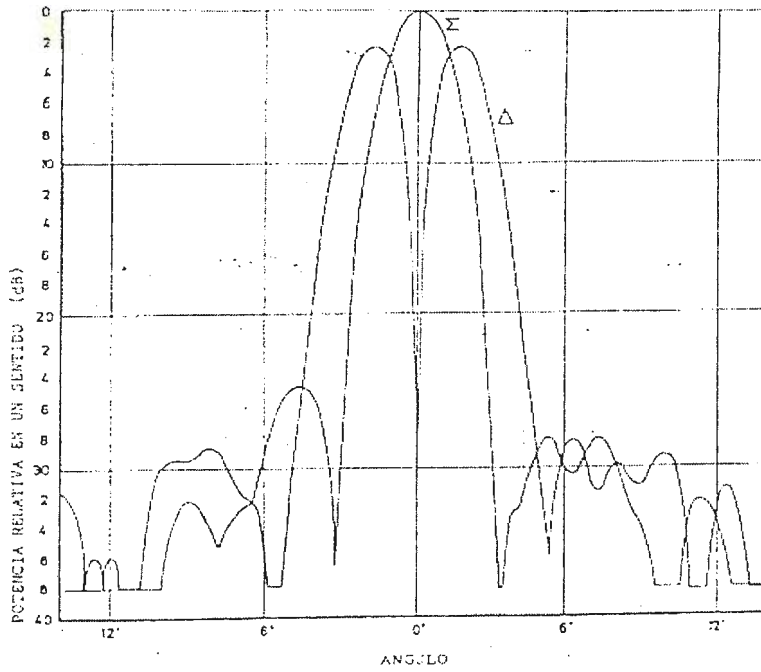


Figura 12-3. Patrones suma y diferencia.

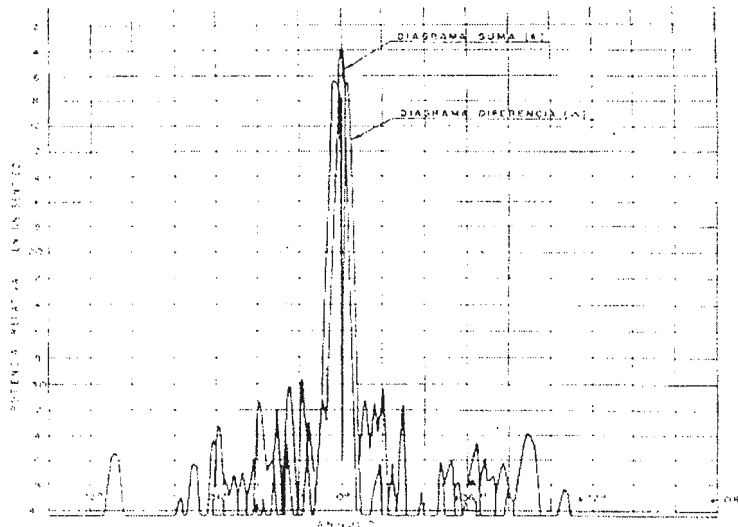


Figura 12-4. Intena LVA. Diagramas horizontales de suma (S) y diferencia (D) a 1.090 MHz.

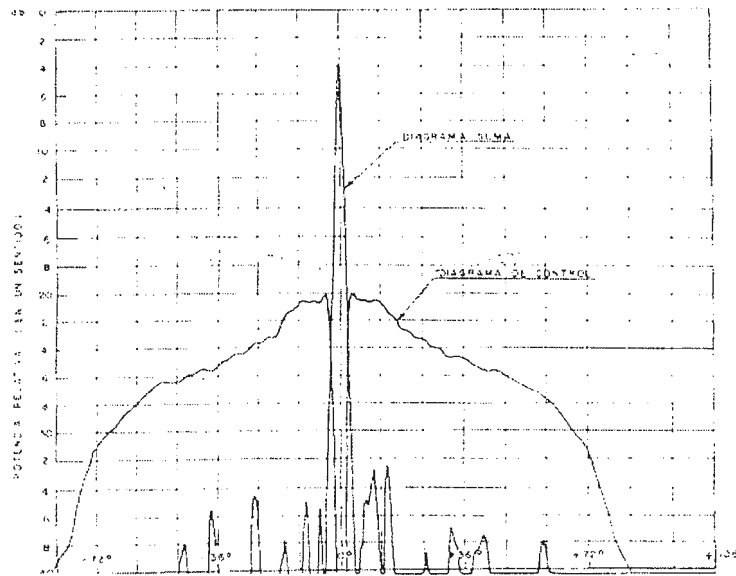


Figura 12-5. Antena LVA. Diagramas horizontales de suma (S) y control (W)

Principios de la detección Monopulso.

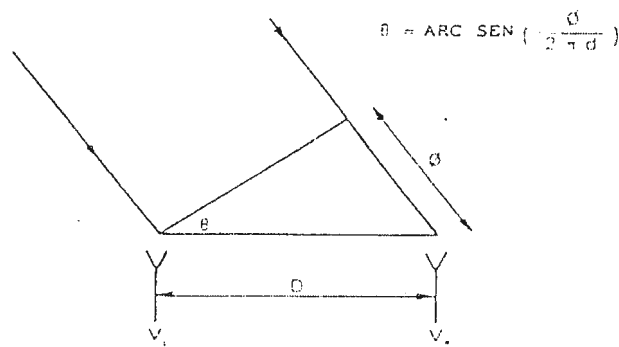


Figura 12-6. Retardo relativo de fase entre dos puntos.

La técnica monopulso aplica principios de interferometría (radiogoniometría). Esto significa que el ángulo de arribo de una señal es determinado por la medición del retardo de fase entre dos puntos separados (los extremos de antena). Las dos señales estarán en fase cuando la dirección de incidencia coincida con el eje central de la antena.

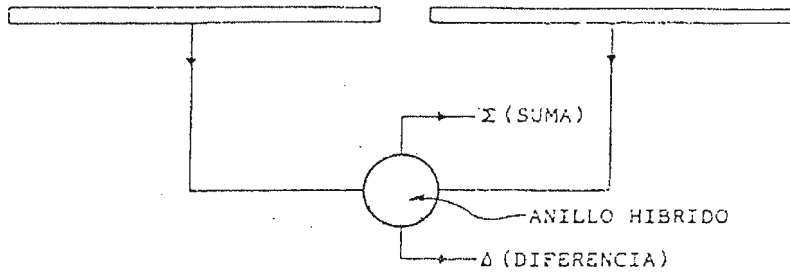
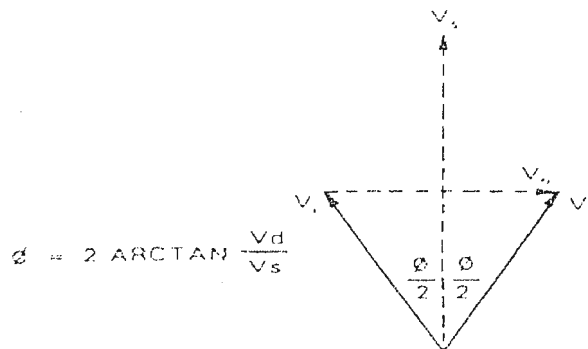


Figura 12-7. Generación de los diagramas suma y diferencia.

Una función importante del SSR es la recepción de los datos de respuesta de una aeronave en una manera que minimice la interferencia causada por respuestas de otras aeronaves. Para esto se requiere del uso de una antena con un lóbulo principal de alta ganancia y de baja presencia de lóbulos laterales. Un sistema monopulso utiliza una antena de este tipo con dos centros de fase para el uso de interferometría.

La figura muestra un sistema de alimentación simplificado para el tipo de antena mencionado. La distribución de amplitud a través de la apertura horizontal está diseñada para producir un estrecho haz de alta ganancia con lóbulos laterales reducidos. Conceptualmente en dos partes iguales y es recombinado en un anillo híbrido (o en dispositivo similar). La salida suma del anillo híbrido produce el haz de alta ganancia original pero la salida diferencia produce una función separada.



$$\phi = 2 \text{ ARCTAN } \frac{V_d}{V_s}$$

Figura 12-8. Diagrama de fase suma - diferencia para un interferómetro.

Las señales de ambas mitades de antena son tomadas por el anillo híbrido para producir el vector suma y el vector diferencia de las dos señales. Cuando la dirección de incidencia de la señal esté alineada con el eje central de la antena (eje óptico), las salidas de ambas mitades de antena estarán en fase y se producirá la máxima señal suma y una señal diferencia igual a cero. Fuera del centro habrá una diferencia finita de fase entre las señales de las dos mitades de antena, de modo que la salida suma es reducida y la salida diferencia es finita.

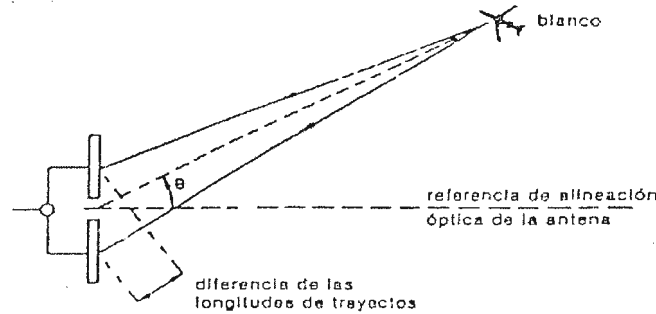


Figura 12-9. Medición Monopulso de ángulo.

Las dos medias - antenas de la figura pueden considerarse en la práctica como dos antenas separadas. En este caso ambas forman un interferómetro, y las señales que reciban desde cualquier ángulo tendrán magnitudes iguales. Sin embargo, las dos señales presentarán entre sí una diferencia relativa de fase que estará determinada por la distancia extra que la señal deba recorrer hasta la antena distante.

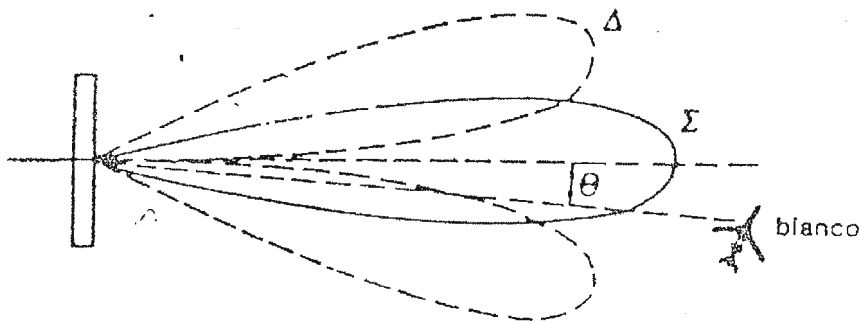


Figura 12-10. Diagramas de suma y diferencia.

La medición de la relación entre las salidas de la recepción suma y la recepción diferencia indica la dirección del ángulo de llegada de la señal.

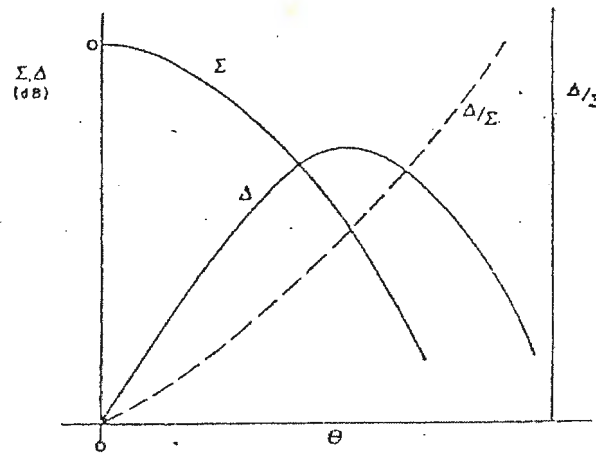


Figura 12-11. Ángulo de referencia con respecto al eje óptico (OBA),
Como función de la razón entre: la amplitud de señal diferencia y la amplitud de la señal suma.

- Σ = Suma
 Δ = Diferencia
 θ = OBA (pff boresight angle)

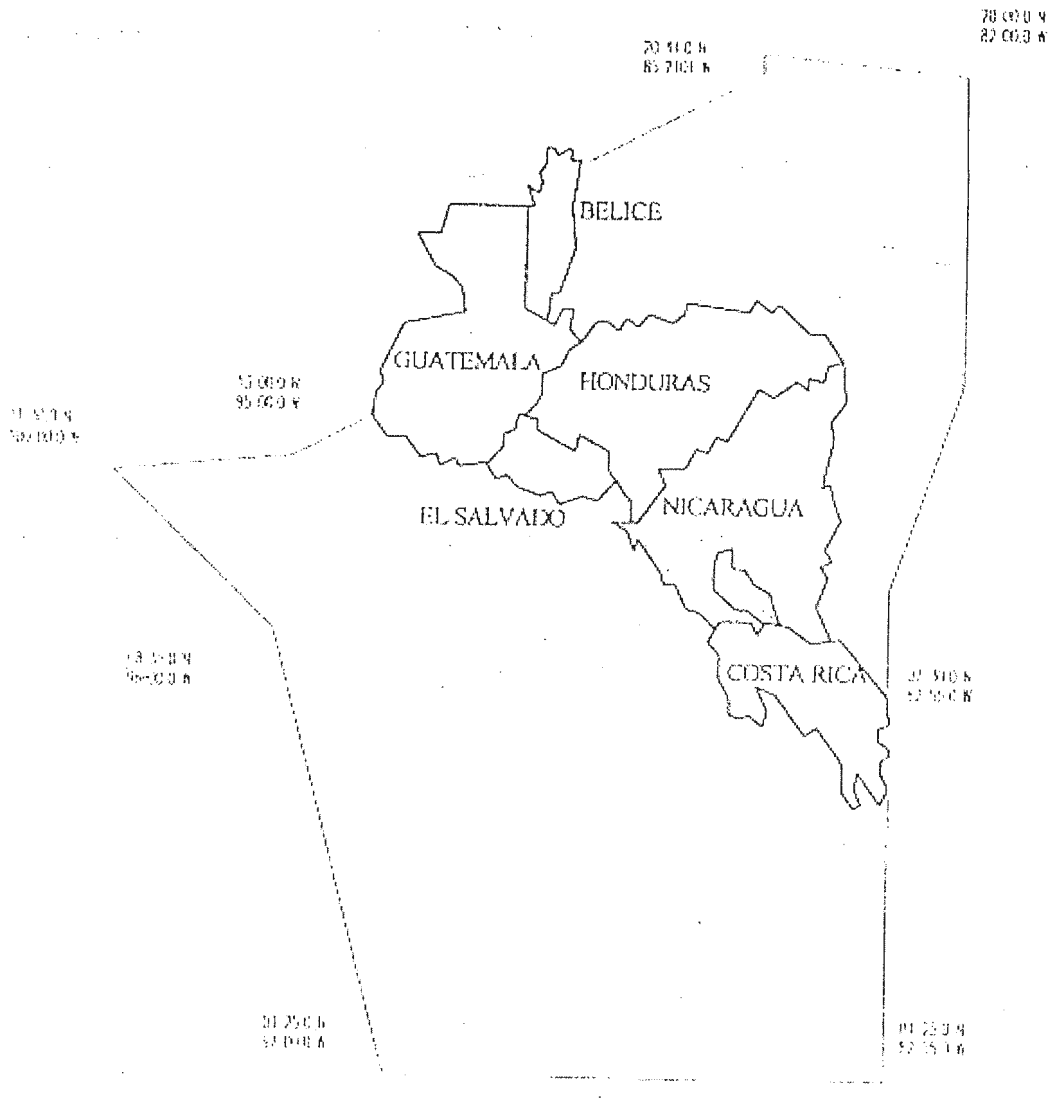


Figura 12-12. Diagrama general de bloques de un radar SSR de Monopulso.

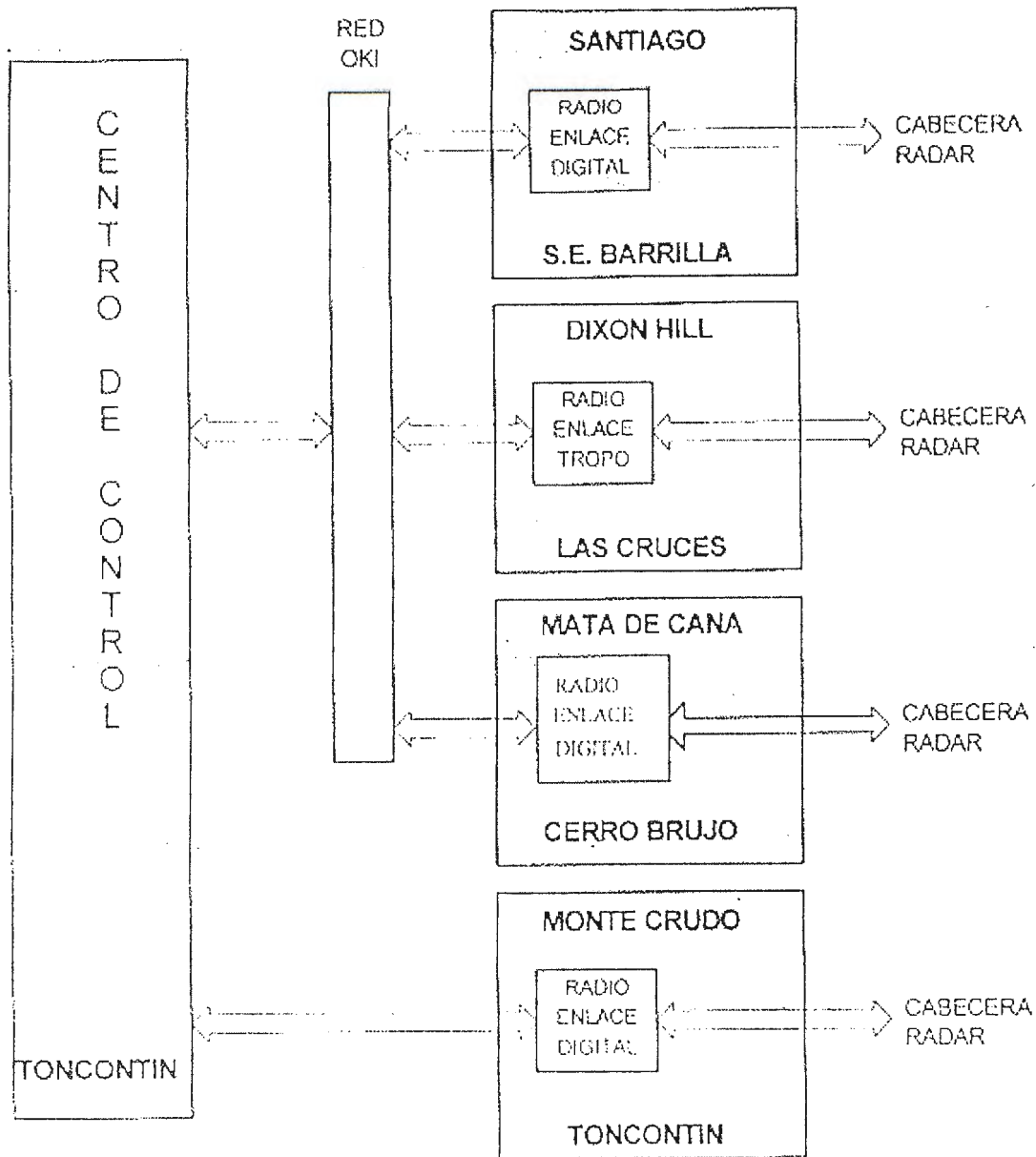


Figura 12-13. Diagrama de conexión del centro CENAMER

Sistema de adquisición de datos radar (SADR).

El SADR consiste en seis equipos de radar secundario de vigilancia monopulso (RSVM), con sus respectivos sistemas de procesamiento de datos monorradar, antenas y torres de antena.

Estos radares estarán emplazados en Honduras (2), Guatemala (2), Costa Rica (1) y Nicaragua (1).

Con estos radares se prevé prestar cobertura a prácticamente toda la zona continental, gran parte de la zona oceánica norte y parte de la zona oceánica sur de la región de información de vuelo (FIR).

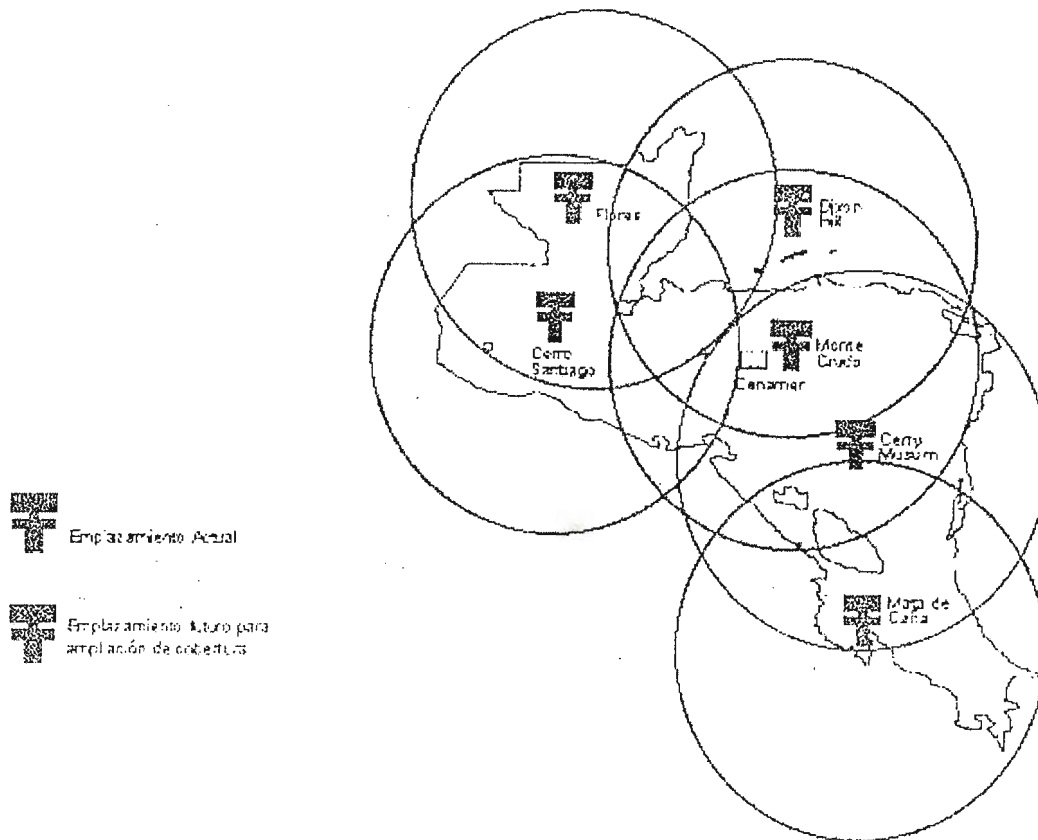


Figura 12-14. Configuración y cobertura cabeceras radar proyecto Euromaya.

Vigilancia dependiente automática ADS.

Antecedentes.

Una aeronave despegue, el cielo está cubierto, en su ascenso hasta el nivel de crucer, atraviesa las trayectorias de otras que sobrevuelan la zona a casi mil kilómetros por hora; simultáneamente, y a través de todas ellas, cinco aeronaves más descienden... Todo esto no sería posible sin correr un alto riesgo de colisión, si no existiese el Control de Tránsito Aéreo (ATC), que, observando la posición de todas las aeronaves bajo su responsabilidad, da a éstas las instrucciones necesarias al objeto de garantizar la seguridad, fluidez y eficiencia de las operaciones de tránsito aéreo.

El sistema más conocido que permite al controlador de tránsito aéreo visualizar la posición de las aeronaves bajo su responsabilidad, es el radar. El radar genera una señal electromagnética que es transmitida al espacio por una antena direccional giratoria, impacta en la aeronave que encuentra a su paso, y regresa de vuelta a la mencionada antena. Al medirse el tiempo que tarda la señal en ir y venir, y el ángulo de la antena con respecto al norte geográfico, se determina la posición de la aeronave con una gran precisión. El llamado Radar Secundario de Vigilancia (SSR), permite a la aeronave incluir en la señal reflejada información en cuanto a altitud, determinada por el altímetro barométrico de a bordo, y un código de identificación propio que permita distinguirla del resto de las demás (Selectivo).

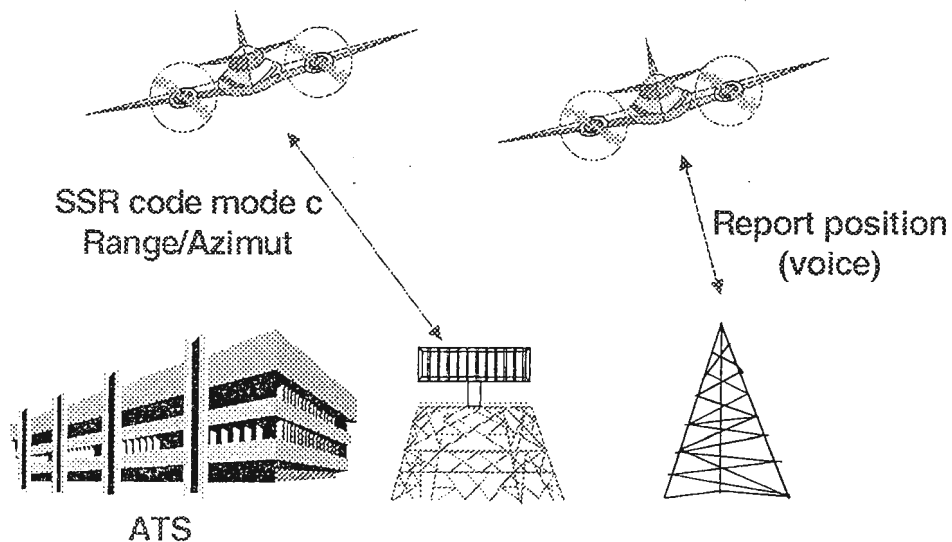


Figura 12-15. El radar no puede estar en zonas oceánicas.

El radar sin embargo, no puede ser instalado en áreas oceánicas, e incluso, en las continentales puede presentar importantes limitaciones, aunque algunas de ellas pueden minimizarse o superarse mediante la utilización de algoritmos de tracking mono y multi-radar. Por ser éste un sistema de propagación en línea de visión, la orografía del terreno puede dar lugar a zonas de sombra o ciegas, donde la aeronave no puede ser detectada.

Además y debido a la curvatura de la tierra, su alcance está limitado a unas doscientas millas náuticas, al quedar la aeronave por debajo del horizonte a partir de esa distancia. Sobre su vertical, existe también una zona ciega –cono de silencio- donde las aeronaves tampoco pueden ser detectadas.

Hay otras zonas de la tierra de muy difícil acceso, como las selváticas, donde las instalaciones del radar presenta serias dificultades y donde, a veces, el desmesurado crecimiento de la vegetación puede incluso llegar a cegar a éste. En otras zonas, como las remotas o las de muy baja densidad de tránsito aéreo, la instalación de este sistema de vigilancia resulta antieconómica.

El comité FANS, definió un nuevo sistema de vigilancia al que denominó “Vigilancia Dependiente Automática”, o ADS (Automatic Dependent Surveillance). La ADS, es una función para uso de los servicios de tránsito aéreo (ATS), en la cual una aeronave transmite automáticamente, por enlace de datos, aquellos extraídos de su sistema de navegación de a bordo. Por lo tanto, la precisión dependerá de la precisión del sistema de navegación de a bordo con que la aeronave determina su posición, y de la frecuencia con que ésta se obtiene.

Como mínimo, los datos incluyen la identificación de la aeronave y su posición en tres dimensiones; aunque pueden facilitarse otros datos, según sea el caso. Los datos son presentados al controlador de tránsito aéreo de forma similar a la realizada para los datos radar. Además, está previsto que los informes ADS se transmitan automáticamente (sin la intervención del piloto), ya sea a intervalos definidos, establecidos por el sistema ATC de tierra, o cuando éste lo solicite específicamente.

Limitaciones del Radar.

Transmisión en línea de visión:

- Zonas ciegas.
- Cono de silencio.
- Falta de cobertura a baja altitud.

- Ocultación de la antena en maniobras.
- Alcance limitado

Giro mecánico de la antena:

- Ineficacia de exploración.
- Imposibilidad de establecimiento de prioridades en el orden de interrogación.
- Imposibilidad de adecuar el intervalo de interrogación a las necesidades de ATC para cada aeronave.

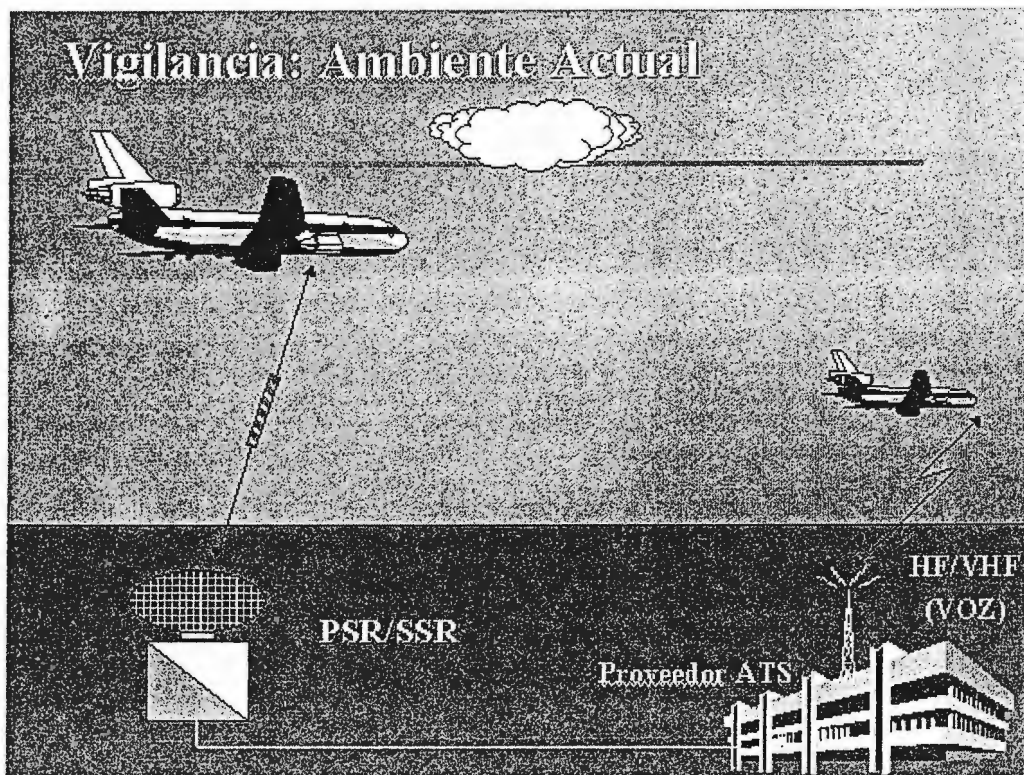


Figura 12-16. Elementos actuales de la vigilancia.

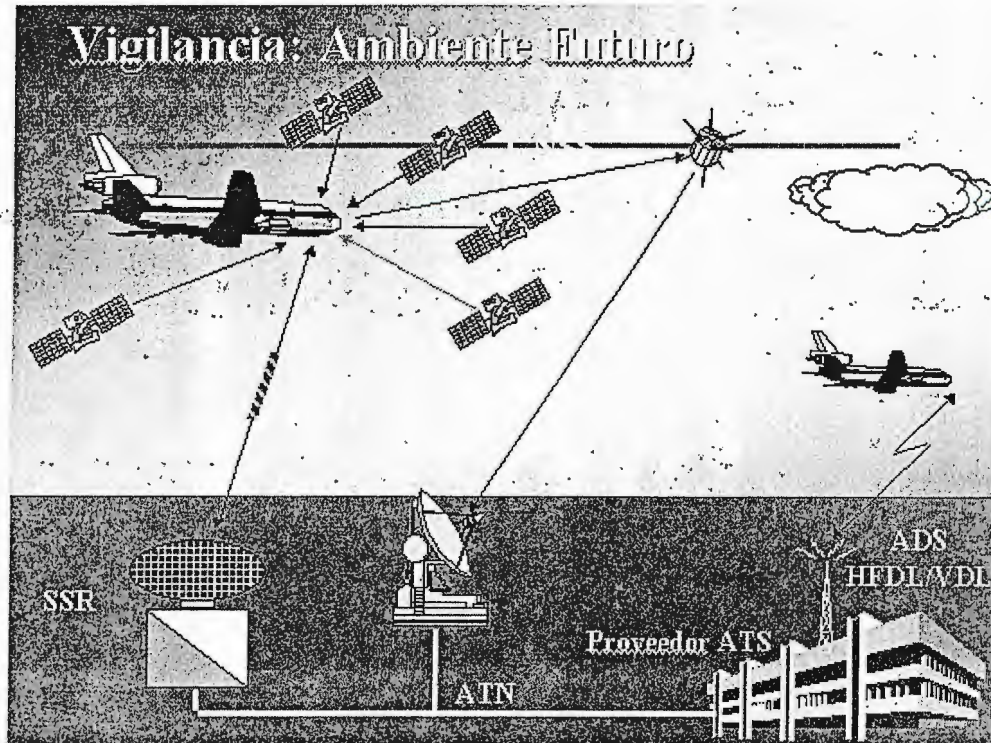


Figura 28. Elementos actuales de la vigilancia.

Integración ADS-SSR.

Una idea nueva de integrar datos SSR y ADS, con el propósito de mejorar la función de vigilancia, incrementar el nivel de disponibilidad de ésta y controlar la integridad del sistema de navegación utilizado por la aeronave.

Una de las características del futuro sistema ATS es que mediante la continua aplicación de separaciones más próximas a la mínima, se podrá incrementar la densidad potencial de tráfico en el espacio aéreo. La frecuente operación de aeronaves a distancias muy próximas entre sí, requerirá incrementar la disponibilidad de datos de posición y actitud muy precisos.

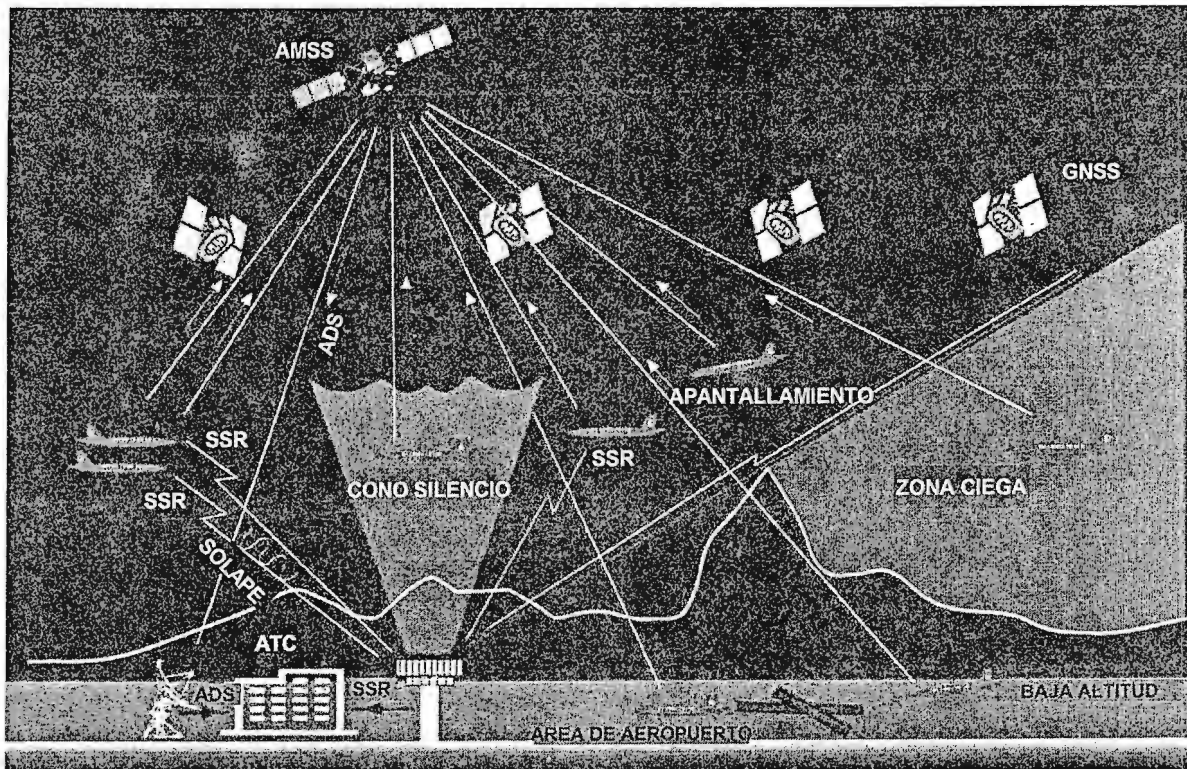


Figura 12-17. Elementos futuros de la vigilancia.

La integración de datos SSR con datos ADS aportaría las siguientes mejoras a la función de vigilancia:

- Permitiría al sistema ATC obtener automáticamente ciertos datos de a bordo tales como rumbo, derrota, velocidad etc., que mejorarían el seguimiento en tierra de las aeronaves especialmente en las maniobras, garantizando así que el nivel requerido de seguridad se mantendría cuando se aplicasen separaciones mínimas más reducidas.
- La codificación de los datos de altitud en incrementos de 8 pies, y la disponibilidad de la velocidad vertical, tal como suministra la ADS, mejorarían la capacidad del ATC para supervisar y hacer predicciones precisas de las trayectorias de las aeronaves en el plano vertical, aumentando la eficacia de la detección de conflictos a corto plazo (STCA) al reducir significativamente el número de falsas alarmas.
- Cuando se utilice el enlace de datos vía satélite para la transmisión de los datos ADS, permitirá al sistema de tierra adquirir datos de vigilancia en áreas de baja altitud, y en otras, donde el radar, debido a sus limitaciones por propagación en línea de visión, es ciego; las pérdidas de datos de posición de la aeronave serán más críticas en áreas de alta densidad de tránsito, donde se aplicarán separaciones muy reducidas.

- Cuando la aeronave utilice como sistema de navegación uno de alta precisión como, por ejemplo, el GPS, la integración de la ADS con el SSR en un mismo algoritmo de seguimiento podrá mejorar considerablemente la precisión del mismo.
- Permitiría al algoritmo de seguimiento tracking utilizar datos ADS en lugar de datos radar cuando las respuestas SSR se solapen y se produzca garbling (el garbling es un problema muy serio que, además, puede requerir de la intervención tanto del controlador como del piloto, al objeto de poder establecer la identificación correcta de la aeronave).
- Permitiría que el régimen de renovación de los datos de vigilancia, actualmente condicionado por la velocidad de giro de la antena mecánica radar, pudiese adaptarse selectivamente a cada aeronave en base a las necesidades instantáneas del ATC, simplemente mediante la modificación del régimen de interrogación ADS; este régimen podría ser controlado automáticamente por el mismo algoritmo de seguimiento (incrementando el régimen cuando la aeronave maniobra, o cuando se empiecen a producir pérdidas de datos radar y, por tanto, el factor de calidad de éstos disminuye, etc.), y por la función STCA (cuando se inicie un proceso de alerta de conflicto, etc.).
- Permitiría establecer prioridades en el orden de interrogación de las aeronaves, siempre que el enlace de datos utilizado para soportar la función ADS no sea el del radar Modo S con antena de barrido mecánico, sino un enlace omnidireccional.
- Permitiría minimizar el número de radares SSR necesarios para suministrar cobertura monoradar, al rellenar con ADS las pequeñas zonas no cubiertas por ellos.
- Permitiría al algoritmo de seguimiento utilizar datos de posición ADS cuando las aeronaves tengan problemas temporales con sus transpondedores SSR o se produzca el apantallamiento de sus antenas de a bordo durante maniobras.
- Permitiría al sistema ATC obtener automáticamente el indicativo de las aeronaves, superando así los problemas actuales relacionados con la correlación código-indicativo.
- Permitiría al algoritmo de seguimiento adaptar el grado de redundancia de la vigilancia para cada aeronave a las necesidades del ATC en cada instante, y así, proporcionar redundancia con una buena relación coste beneficio.
- Permitiría a un algoritmo de seguimiento de pistas específicamente diseñado para tal propósito controlar la función ADS y adaptarla en tiempo real (contenido de los mensajes ADS y su periodicidad) a sus necesidades para cada aeronave. Esto permitiría minimizar el número de transacciones ADS necesarias para mantener una precisión determinada.

Incremento del nivel de disponibilidad.

Las reducciones en la separación mínima y la aplicación de ciertos tipos de control táctico, requieren de la función de vigilancia un alto grado de disponibilidad (redundancia), ya que los fallos del sistema radar serán mucho más críticos.

Al objeto de suministrar el nivel de disponibilidad de vigilancia requerido, deberá mantenerse el nivel adecuado de redundancia mediante la utilización de sistemas lo más diversificados posibles, ya que la diversidad en cuanto a tipo de sistema minimiza riesgos. La utilización de ambos, SSR y ADS, aporta esta diversidad.

También, el grado de redundancia y duplicación en el suministro de la función de vigilancia, deberá mantenerse en un mínimo consecuente con la eficacia operacional y la seguridad. La ADS satélite permite que el grado de redundancia de la vigilancia pueda adaptarse para cada aeronave en base a las necesidades del ATC en cada instante y, así suministrar redundancia con una relación coste/beneficio muy buena.

Control de la Integridad de la Navegación.

Controlar la integridad del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) utilizado por las aeronaves es de vital importancia, especialmente en áreas de alta densidad de tránsito, donde es necesario aplicar separaciones muy reducidas, y donde, por tanto, las desviaciones consecuencia de un error de navegación podrían constituir un riesgo de colisión en muy corto espacio de tiempo.

La comparación cruzada de los datos de posición ADS de cada aeronave (derivados de sus sistemas de navegación) con sus datos de posición determinados por el sistema de vigilancia radar ATC de tierra, permitiría al sistema de tierra detectar errores de navegación, de modo que tanto el controlador de tránsito aéreo como el piloto, pudieran evitar que estos errores aumentasen en tal proporción que pudieran constituir un riesgo de colisión.

Una de las ventajas de este método es que no solamente se pueden detectar errores debidos al mal funcionamiento del segmento espacial del GNSS, sino también los debidos al equipo de a bordo. Por supuesto, se pueden detectar errores debidos al mal funcionamiento de cualquier otro sistema de navegación (VOR, DME, INS, etc.) que esté siendo utilizado por la aeronave.

Otra ventaja de este método es el que el intervalo de control (intervalo entre comparaciones cruzadas) puede ser selectivamente adaptado para cada aeronave en base a su posición relativa en un instante, determinado con respecto a otra posible aeronave conflictiva, o con respecto al terreno, o en base a la fase del vuelo, simplemente modificando su régimen de interrogación ADS. Algunas aeronaves no necesitarían ser verificadas con tanta frecuencia.

Bajo ciertas circunstancias, y en áreas donde la integridad del sistema de vigilancia SSR no pueda ser controlado por métodos convencionales, como, por ejemplo, en áreas oceánicas próximas a la costa, la comparación cruzada de datos SSR con datos ADS puede también permitir el controlar la integridad del sistema SSR

Estación de control ADS-SSR (ECA).

A finales del año 1996 Aena acometió la tarea de realizar una estación de control ADS aprovechando la experiencia en ADS y del estudio realizado de la integración ADS-SSR. La estación ECA, cuyas siglas corresponden a Estación de Control ADS-SSR. Los objetivos generales del proyecto son:

- Implantar y evaluar la filosofía, algoritmos, funciones, etc., que se describen en el estudio de Integración ADS-SSR.
- Evaluar la ADS, la integración ADS-SSR, las comunicaciones de enlaces controlador/piloto CPDLC, y otras aplicaciones del enlace de datos, en un entorno ATC automatizado, utilizando tanto datos reales como simulados.
- Desarrollar y evaluar procedimientos operacionales y requisitos para la ADS, para la integración ADS-SSR, para las CPDLC, y para otras aplicaciones del enlace de datos.
- Experimentar y evaluar la generación y transmisión automática de mensajes de CPDLC y de otros mensajes del enlace de datos.
- Participar en pruebas ADS y CPDLC con tráfico real utilizando enlaces de datos SATCOM (pruebas ADS Europe y FANS-1/A) y VHF.
- Familiarizar a los controladores aéreos y técnicos con las nuevas aplicaciones CNS/ATM.
- Validar y refinar las actuales especificaciones de ECA con objeto de evolucionar hacia un sistema operacional fiable, totalmente probado y validado que más tarde se integre en el sistema SACTA.

La arquitectura ECA.

Los principales bloques lógicos del sistema son los siguientes:

1. **Procesador de comunicaciones (COM):** Trata con las interfaces externas (encaminador ATN de pruebas, interface X-25, etc.), con el simulador de datos ADS-SSR, con la unidad de cinta magnética utilizada para grabación y reproducción, y con el reloj GPS.

2. **Procesador de datos de vigilancia (PDV):** Es el encargado del proceso de datos ADS y SSR, de la alerta de conflictos a corto plazo STCA, y de otras funciones relacionadas con la vigilancia.
3. **Procesador de plan de vuelo (PPV):** Es el encargado de todas las funciones relacionadas con el plan de vuelo tales como la creación, modificación y cancelación de planes de vuelo. Toma planes de vuelo ya procesados del sistema SACTA a través de la interface GIPV.
4. **Conversor automático de datos (ADC):** Pre-procesa datos radar procedentes de cuatro estaciones SSR del FIR Madrid. Estos datos son posteriormente procesados por el procesador de datos de vigilancia.
5. **Terminal de supervisión (TSV):** Se encarga de toda la supervisión del sistema ECA.
6. **Reloj GPS:** Se trata de un receptor GPS junto con un procesador de hora y frecuencia. Es utilizado principalmente para marcar la hora de recepción en los mensajes ADS, de manera que el procesador de datos de vigilancia pueda seguidamente determinar la demora de tránsito de los mensajes ADS recibidos.
7. **Encaminador ATN de pruebas (TAR):** Es necesario para poder conectarse con aeronaves ADS Europe a través de la red ATN de pruebas. La red ATN de pruebas conecta con las estaciones terrenas de tierra (GES) en Goonhilly, Aussaguel, etc., las cuales a su vez conectan con los satélites INMARSAT.
8. **Interface X-25:** Utilizada para conectar con el sistema SACTA vía el interface GIPV al objeto de recibir planes de vuelo ya procesados, conectar con la red SITA para recibir datos ADS e intercambiar mensajes CPDLC de/con aeronaves equipadas con FANS-1/A, intercambiar información con Eurocontrol, enlazar directamente con Goonhilly o Aussaguel sin necesidad de utilizar la red ATN de pruebas y conectar con futuras estaciones de VDL para intercambio de mensajes ADS y CPDLC.
9. **Terminal de Presentación de Tráfico (TPT):** Es una estación de trabajo donde se presentan las posiciones de las aeronaves mediante símbolos y etiquetas adecuadas. Se utilizan diferentes símbolos para diferenciar los diferentes tipos de plots (ADS, SSR, ADS+SSR, extrapolación, etc.). La etiqueta, además de la información típica (indicativo de vuelo, nivel de vuelo autorizado, nivel de vuelo actual, etc.), contendrá: precisión/incertidumbre de la posición presentada, precisión requerida, número de radares que utiliza el tracking, tipo de contrato/s ADS si existe, periodicidad de la actualización ADS, tiempo transcurrido desde la recepción de los últimos datos de posición ADS y/o SSR.

La mayoría de la información mencionada, se utilizará únicamente para evaluar las performances de los algoritmos de tracking durante las pruebas y evaluaciones y se desactivaran cuando el sistema entre en operación.

Existirán tabulares para: alerta de conflictos a corto plazo (STCA) basada tanto en datos ADS como SSR, alerta de control de integridad de la navegación (NIM), que se manifiesta cuando los datos de posición ADS y SSR de una misma aeronave no coinciden, alerta de errores de navegación inducidos por el piloto, que se manifiesta cuando "los siguientes puntos de notificación recibidos mediante un mensaje ADS" no coinciden con el plan de vuelo correspondiente y presentación de mensajes CPDLC.

Será posible el seleccionar para presentación de tráfico cualquiera de las siguientes áreas de cobertura: FIR Madrid (incluyendo Sevilla), FIR Barcelona, FIR Canarias, área Mediterránea, área Europea y el área de cobertura del satélite de INMARSAT Región Oceánica Atlántico Este (AOR-E).

10. Terminal de Presentación de Mensajes (TPM): Es una estación de trabajo que se utiliza principalmente para gestión de contratos ADS y para funciones de gestión de plan de vuelo.

11. Terminal de Enlace de Datos (TED): Es una estación de trabajo que se utiliza principalmente para el intercambio de mensajes CPDLC y para algunas funciones básicas de control de la ADS.

12. Impresoras: Existen dos impresoras, una de color de alta resolución que se utiliza para imprimir cualquier imagen que se esté presentando en el Terminal de Presentación de Tráfico, Terminal de Presentación de Mensajes o en el Terminal de Enlace de Datos y una impresora normal que se utiliza para imprimir los mensajes del sistema.

Principales funciones de ECA.

Las funciones principales de ECA son las siguientes:

Tracking ADS.

Un algoritmo de tracking (seguimiento de pista) ADS adaptable en tiempo real. La característica más destacable de éste es su capacidad de adaptar en tiempo real los contratos ADS-C (normativa ARINC-745) establecidos con las aeronaves a una determinada precisión previamente definida por el supervisor del sistema (mediante mosaico) para parte o totalidad del espacio aéreo, o para una/s aeronave/s en particular.

También se desarrolla un algoritmo de tracking ADS no-adaptable capaz de procesar tanto datos de tipo ADS-C como ADS-B, y un algoritmo adaptable de integración ADS-C con ADS-B.

El tracking ADS soportado por enlace de datos SATCOM se implanta dentro de toda el área cubierta por el satélite de INMARSAT AOR-E. El tracking ADS soportado por el enlace de datos VHF (VDL) se implanta en las áreas a cubrir con futuras estaciones VDL.

Tracking ADS-SSR.

Un algoritmo de tracking adaptable en tiempo real que integra en una pista común, datos ADS (ADS-C y ADS-B) y datos SSR (procedentes de hasta un máximo de cuatro radares).

La característica más destacable de este algoritmo de integración es su capacidad de adaptar los contratos ADS-C (normativa ARINC-745) a una determinada precisión y disponibilidad/ redundancia previamente definida por el supervisor del sistema (mediante mosaico) para parte o totalidad del espacio aéreo, o para una/s aeronave/s en particular. Esto es muy efectivo en cuanto a costes se refiere, ya que la ADS-C sólo se activará cuando realmente sea necesaria para cumplir los requisitos de precisión y disponibilidad/ redundancia establecidos por el supervisor.

El tracking ADS-SSR se implanta en el FIR Madrid, donde los datos ADS (recibidos vía enlace de datos VHF y SATCOM) se integran con datos SSR procedentes de cuatro estaciones radar.

Alerta de conflictos acorto plazo basada en tracking ADS y/o ADS-SSR.

Se ha desarrollado una alerta de conflictos a corto plazo (STCA) basada en tracking ADS y/o ADS-SSR. El mismo módulo STCA será capaz de adaptar en tiempo real los contratos ADS-C a sus propios requisitos. La alerta de conflictos a corto plazo basada en ADS está implantada en todo el espacio aéreo responsabilidad de España. La alerta de conflictos basada en la integración de ADS con SSR está implantada en el FIR Madrid. Esto mejorará la STCA clásica al reducir significativamente el número de falsas alertas.

Control de la Integridad de la Navegación (NIM).

Se ha desarrollado una función que hace una comparación cruzada entre datos de posición ADS (extraídos del sistema de navegación de la aeronave: GPS, VOR, etc.) y datos de posición SSR correspondientes a la misma aeronave, permitiendo al ATC detectar errores en el sistema de navegación utilizado por la aeronave y por tanto, controlar su integridad. El tiempo entre comparaciones cruzadas será establecido por el ATC. Esta función está implantada en el FIR Madrid.

Detección de errores de navegación inducidos por el piloto.

La disponibilidad de los dos siguientes puntos de notificación, tal como proporciona la ADS-C, permitirá al sistema de tierra ATC, hacer una comparación cruzada entre estos datos con el plan de vuelo almacenados en Procesador de Plan de Vuelo (PPV), pudiendo detectar así la posible introducción de puntos de notificación incorrectos antes de que una situación peligrosa pueda producirse. El tiempo entre comparaciones cruzadas será establecido por el ATC. Esta función está implantada en el FIR Madrid.

Actualización automática de plan de vuelo por el tracking ADS y tracking ADS-SSR.

Esta función está implantada en FIR Madrid. El periodo de actualización podrá ser adaptado por el ATC.

Activación inicial de la ADS por el plan de vuelo y tracking SSR.

Cuando una aeronave esté próxima a entrar en el espacio aéreo español, el Procesador de Plan de vuelo (PPV) desencadena la activación de un contrato ADS inicial. Una vez que una pista (ADS o ADS-SSR) se haya iniciado, la misma pista (tracking) tomará el control, adaptando el contrato ADS-C a sus propias necesidades.

En espacios aéreos cubiertos por radar, la activación de la ADS podrá ser desencadenada directamente por el tracking SSR o tracking ADS-SSR.

Gestión centralizada de contratos ADS.

Esta capacidad que se implanta en ECA, cambia y cancela contratos ADS-C teniendo en cuenta las necesidades (peticiones) de los diferentes módulos del sistema (trackings, STCA, NIM, PPV, Supervisor, etc.). Esto permite minimizar el número de transacciones ADS al evitar el que se establezcan contratos superpuestos o redundantes con las aeronaves.

Intercambio de mensajes controlador-piloto por enlace de datos (CPDLC).

El intercambio de mensajes controlador /piloto por enlace de datos es soportado tanto por enlace de datos SATCOM como por VHF dentro de las áreas de cobertura de cada uno de ellos.

Interrogación de bases de datos MET-AIS por enlace de datos.

Esta capacidad esta implementada tanto por enlace de datos SATCOM como por VHF.

CONCLUSIONES

Conclusiones.

- El proyecto brinda apoyo teórico a personal técnico que labora en el área de mantenimiento de la infraestructura del servicio de navegación aérea.
- La investigación involucra información técnica y operativa, sin embargo se hace mayor referencia a la parte técnica, ya que es ésta la que brinda soporte a las necesidades operativas de los ATC.
- El proyecto es una recopilación final sobre las tecnologías CNS/ATM, información que será válida hasta por lo menos el año 2010, según la Organización de Aviación Civil Internacional.
- Los nuevos sistemas de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia permitirán que las limitaciones que presentan los actuales equipos sean solventadas, obteniendo de esta manera un mejoramiento en los servicios relacionados con la aviación civil.
- Se espera que la Navegación por satélite aporte beneficios para la seguridad, al disminuir los peligros relacionados con la incertidumbre en cuanto a la posición y al proporcionarse una guía mas precisa. En algunos casos esta tecnología servirá también para aumentar la flexibilidad y eficacia de las operaciones de vuelo reduciéndose el costo de proporcionar los servicios y ampliar la capacidad de la aviación de prestar servicios al publico.
- Algunas de las ayudas de base terrestre que actualmente se utilizan para aproximaciones que no son de precisión, si se comparan con el GNSS, proporcionan una guía relativamente vaga a los pilotos y, en algunos casos, las decisiones tomadas a ultima hora en cuanto a intentar el aterrizaje llevan a una velocidad de vuelo y a una velocidad vertical de descenso excesivas. Estos factores aumentan la probabilidad de accidentes. Proporcionando una guía mas exacta y la distancia al punto de aproximación frustrada, el GNSS servirá para que aumenten los márgenes de seguridad durante las aproximaciones que no son de precisión.
- El sistema de Navegación satelital satisfecerá los requisitos de exactitud en las fases previstas del vuelo, según lo definido mediante la performance de la Navegación requerida (RNP), o mediante los requisitos actuales del espacio Aéreo.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.

1. Organización de Aviación Civil Internacional, Plan mundial de Navegación Aérea para los sistemas CNS /ATM, 2000.
 2. Organización de Aviación Civil Internacional, Plan nacional para los sistemas CNS/ATM, circular 278-AN/164.
 3. Organización de Aviación Civil Internacional, Manual de Aplicaciones de Enlace de Datos para servicios de tránsito Aéreo, 1999, documento 9694-AN/955.
 4. Anguel Cobarsi Ortin, Sistemas de Navegación, Editorial McGraw-Hill, 1998.
 5. Organización de Aviación Civil Internacional, Aspectos económicos de los servicios de Navegación aérea por satélite, Circular 257-AN/06, 1995.
 6. SatNav, GNSS Training Seminar, 2000.
 7. Organización de Aviación Civil Internacional, FANS information services, 1998.
 8. Organización de Aviación Civil Internacional, Manual de Enlace de datos de alta frecuencia HF DL, 2000, documento 9741.
 9. Organización de Aviación Civil Internacional, Conferencia mundial sobre la implantación de los sistemas CNS/ATM, Documento 9718, 1998.
 10. Organización de Aviación Civil Internacional, Informe sobre los aspectos financieros de organización y Gestión del suministro y explotación de sistemas mundiales de Navegación por satélite GNSS, documento 9660, 1996.
 11. Organización de Aviación Civil Internacional, Directrices para la Introducción y uso operacional del sistema mundial de Navegación por satélite GNSS, Circular 267-AN/159, 1996.
-

12. Organización de Aviación Civil Internacional, Manual sobre sistemas de Radar secundario de vigilancia SSR, documento 9684-AN/951, 1998.
 13. Organización de Aviación Civil Internacional, Manual relativo a los servicios específicos en Modo S, documento 9688-AN/952, 1997.
 14. Organización de Aviación Civil Internacional, Anexo 10 al convenio sobre aviación civil internacional, Telecomunicaciones Aeronáuticas, 1985.
 15. Organización de Aviación Civil Internacional, Primera Reunión del subgrupo de Gestión de tránsito Aéreo / Comunicaciones, Navegación y Vigilancia, 2001
 16. Organización de Aviación Civil Internacional, Informe de coordinación sobre los ensayos de aumentación GNSS del Proyecto RLA/00/009, 2001.
-

ANEXOS

ACRÓNIMOS

AAC	Aeronautical Administrative Communication. Comunicación Aeronáutica Administrativa.
AAGDI	Automated Air/Ground Data Interchange. Intercambio de Datos Automatizados Aire/Tierra.
AAIM	Autonomous Aircraft Integrity Management. Vigilancia Autónoma de la Integridad de la Aeronave.
AAS	Advanced Automated System. Sistema Automatizado de Tecnología Avanzada.
ABAS	Aircraft-Based Augmentation. Sistema de Aumentación Basado en Aeronave.
ACARS	Aircraft Communication Addressing and Reporting System. Sistema Arinc de Notificación y Direccionamiento de Comunicaciones.
ACAS	Airborne Collision Avoidance System. Sistema Anticolisión de abordó.
ACC	Area Control Center. Centro de Control de Área.
ADI	Aggregate Demand Indicators. Indicadores de Demanda Total.
ADLP	Automatic Data Link Processor. Procesador de Enlace de Datos Automático.
ADS	Automatic Dependent Surveillance. Vigilancia Dependiente Automática.
ADSB	Automatic Dependent Surveillance-Broadcasting. Vigilancia Dependiente Automática-Broadcasting.
ADSP	Automatic Dependent Surveillance Panel. Grupo de Expertos sobre la Vigilancia Dependiente Automática.
AEEC	Airlines Electronic Engineering Committee. Comité de Ingeniería Electrónica de las Líneas Aéreas.
AERA	Automated-Enroute ATC. ATC Automatizado en Ruta.
AES	Aircraft Earth Station. Estación Terrena de Abordo.

AFS	Aeronautical Fixed Service. Servicio Fijo Aeronáutico.
AFTN	Aeronautical Fixedtelecommunication Network. Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas.
A/G	Air/Ground Communications. Comunicaciones Aire/Tierra.
AIC	Aeronautical Information Circular. Circular de Información Aeronáutica.
AIDC	ATS Interfacilities Data Communications. Comunicación de Datos entre Dependientes ATS.
AMCP	Aeronautical Mobile Communications. Grupo de Expertos sobre Comunicaciones Móviles Aeronáuticas.
AMS(R)S	Aeronautical Mobile-Satellite (R) Service. Servicio Móvil Aeronáutico por Satelite (R).
AMSS	Aeronautical Mobile-Satellite Service. Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite.
AMSSP	Aeronautical Mobile-Satellite Service Panel. Grupo de Expertos sobre el Servicio Móvil Aeronáutico.
ANS	Air Navegation Services. Servicios de Navegación Aérea.
AOC	Aeronautical Operational Control. Control de las Operaciones Aeronáuticas.
APANPIRG	Asia/Pacific Planning and Implementation Regional Group. Grupo Regional de Planificación e Implantación Asia/Pacífico.
APC	Aeronautical Passanger Communications. Comunicaciones Aeronáuticas de Pasajeros.
APIRG	AFI Planning and Implementation Regional. Grupo Regional de Planificación e Implementación AFI.
APP	Approach Control Office. Oficina de Control de Aproximación.
APR	Automatic Position Recording. Notificación Automática de Posición.

ARINC	Aeronautical Radio Inc. Radio Aeronáutico Inc.
ASDE	Airport Surface Detection Equipment. Equipo de Detección de Superficie de Aeropuerto.
ASECNA	Agency for the Security of Aerial Navigation in Africa and Madagascar. Agencia para la Seguridad de la Navegación Aérea para África y Madagascar.
ASM	Airspace Management. Gestión del Espacio Aéreo.
A-SMGCS	(Advanced) Surface Movement Guidance and Control System. Sistema de Control de Guía de Movimiento en Superficie (Avanzado).
ASPP	Aeronautical Fixed Service (AFS) Systems Planning for Data Interchange Panel. Grupo de Expertos sobre Planificación de los Sistemas del Servicio Fijo Aeronáutico para el Intercambio de Datos.
ASR	Airport Surveillance Radar. Radar de Vigilancia de Aeropuerto.
ATAR	Automatic Air Reporting Study Group. Grupo de Estudio sobre Aeronotificación Automática.
ATCO	Air Traffic Controller. Controlador de Tránsito Aéreo.
ATIR	Air Traffic Incident Report. Reporte de Incidente de Tránsito Aéreo.
ATFM	Air Traffic Flow Management. Gestión de Afluencia de Tránsito Aéreo.
ATM	Air Traffic Management. Gestión del Tránsito Aéreo.
ATN	Aeronautical Telecommunication Network. Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas.
ATS	Air Traffic Services. Servicios de Tránsito Aéreo.
ATSC	Air Traffic Services Communications. Comunicaciones de los Servicios de Tránsito Aéreo.
CAA	Civil Aviation Authority. Autoridad de Aviación Civil.

CAMR-92	World Administrative Radiocommunications Conference – 1992. Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones de 1992.
CASITAF	CNS/ATM System Implementation Task Force. Grupo de Tarea para la Implementación de los Sistemas CNS/ATM.
CATC3	Civil Aviation Training Centers. Centros de Instrucción de Aviación Civil.
CBA	Cost/Benefit analysis. Análisis de Costo/Beneficio.
CCIR	International Radio Consultative Committee. Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.
CDTI	Cockpit Display of Traffic Information. Visualización en Cabina de la Información de Tránsito.
CEAC	Civil European Aviation Commission. Comisión Europea de Aviación Civil.
CFMU	Centralized Flow Management Unit. Unidad de Gestión de Afluencia Centralizada.
CIDIN	Common ICAO Data Interchange Network. Red OACI Comunicaciones de Intercambio de Datos.
CMU	Communications Management Unit. Dependencia de Gestión de las Comunicaciones.
CNS	Communications, Navigations and Surveillance. Comunicaciones, Navegación y Vigilancia.
COM/MET/OPS	Communications/Meteorology/Operations. Comunicaciones/Meteorología/Operaciones.
CPDLC	Controller/Pilot Data Link Communications. Comunicaciones de Enlace de Datos Controlador/Piloto.
CVR	Cockpit Voice Recorder. Grabadora de Voz de Cabina.
DCPC	Direct Controller/Pilot Communication. Comunicación Directa Entre Piloto/Controlador.
DGNSS	Differential GNSS. GNSS Diferencial.

DLS	Data Link Service. Servicio de Enlace de Datos.
DME	Distance Measuring Equipment. Equipo Radiotelemétrico.
DOTS	Dynamic Ocean Track System (FAA). Sistema de Pista Dinámica.
DSC	Direct Speech Circuit. Circuito Directo Oral ATS.
DSP	Departure Sequencing Program. Programa de Secuencia de Despegue.
EANPG	European Air Navigation Planning Group. Grupo de Planificación de Navegación Aérea de Europa.
EASIE	Enhanced ATM and Mode S Implementation in Europe. Programa de Implantación de la ATM/Mejorada y del Modo S en Europa.
EATCHIP	European ATC Harmonization and Integration Program. Programa de Armonización e Integración ATC Europeo.
E-GPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System. Sistema Mejorado de Alerta de Proximidad a Tierra.
EFIS	Electronic Flight Instrument Display (Glass Cockpit). Exhibición de Instrumentos Electrónicos de Vuelos (C cabina de Vidrio).
EGNOS	European Geostationary Navigation Object Service. Servicio Complementario de Navegación Geoestacionario Europeo.
ESA	European Space Agency. Agencia Espacial Europea.
EUROCONTROL	European Organization for the Safety of Air Navigation. Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea.
EURATN	European ATN. ATN Europea.
EURET	European ATN. ATN Europea.
FAA	Federal Aviation Administration. Administración Federal de Aviación.

FANS	Special Committee on Future Air Navigation Systems. Comité Especial sobre Sistemas de Navegación Aérea del Futuro.
FANS (Fase II)	Special Committee for the monitoring and co-ordinations of development and transmission planning for the future air navigations system. Comité especial para la supervisión y coordinación del desarrollo del sistema de navegación aérea del futuro y del planeamiento de la transición.
FASID	Facilities and Services Implementation Document. Documento de Implantación de Facilidades y Servicios.
FDAU	Flight Data Acquisition Unit. Unidad de Adquisición de Datos de Vuelos.
FDE	Fault Detection and Exclusion. Detección y Aislamiento de Fallas.
FDI	Fault Detection and Isolation. Detección y Aislamiento de Fallas.
FDPS	Flight Data Processing System. Sistema de Procesamiento de Datos de Vuelo.
FDR	Flight Data Recorder. Grabadora de Datos de Vuelo.
FIC	Flight Information Center. Centro de Información de Vuelo.
FIS	Flight Information Service. Servicio de Información de Vuelo.
FMC	Flight Management Computer. Computadora de Gestión de Vuelo.
FMCS	Flight Management Computer System. Sistema de Computadora de Gestión de Vuelo.
FMS	Flight Management System. Sistema de Gestión de Vuelo.
GADS	Generic Aircraft Display System. Sistema de Exhibición Genérico de Aeronaves.
GAIT	Ground-Based Augmentation and Integrity Technique. Técnica de Ampliación e Integridad con base en Tierra.
GBAS	Ground-Based Augmentation System. Sistema de Aumentación con Base a Tierra.

GPP	Gross Domestic Product. Producto Bruto Interno.
GEO	Geostationary Earth Orbit. Satélite Geoestacionario.
GES	Ground Earth Station. Estación Terrena de Tierra.
G/G	Ground/Ground Communication. Comunicación Tierra/Tierra.
GIC	GNSS Integrity Channel. Canal de Seguridad GNSS.
GLONASS	Global Navigation Satellite System (Russian Federation). Sistema Mundial de Navegación por Satélite (Federación de Rusia).
GMS	Ground Monitoring Station. Estación Terrestre de Monitoreo.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Sistema Mundial de Navegación por Satélite.
GPS	Global Positioning System. Sistema Mundial de Determinación de la Posición (Estados Unidos).
GPWS	Ground Proximity Warning System. Sistema de Alerta de Proximidad a Tierra.
GREPECAS	CAR/SAM Regional Planning and Implementation Group. Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM.
HF	High Frequencies. Altas Frecuencias.
HMI	Human-Machine Interface. Interfase Hombre-Máquina.
HRPTSE	Trainig Study Groups. Entrenamiento de Grupos de Estudios.
HUD	Head-up Display. Visualización Frontal.
I+D	Investigati6n and Development. Investigaci6n y Desarrollo.

IATA	International Air Transport Association. Asociación del Transporte Aéreo Internacional.
ICAAIA	International Co-ordinating Council of Aerospace Industries Associations. Consejo Coordinador Internacional de Asociaciones de Industrias Aeroespaciales.
ICO	Intermediate Circular Orbit. Orbita Circular Intermedia.
IDPyD	Investigation, Development, Trials and Demonstrations. Investigación, Desarrollo, Pruebas y Demostraciones.
IFR	Instrument Flight Rules. Reglas de Vuelo por Instrumentos.
ILS	Instrument Landing System. Sistemas de Aterrizaje por Instrumentos.
IMC	Instrument Meteorological Conditions. Condiciones Meteorológicas de Vuelo por Instrumento.
INS	Inertial Navigation System. Sistema de Navegación Inercial.
IRS	Inertial Reference System. Sistema de Referencia Inercial.
ISO	International Standardized Organization. Organización Internacional de Normalización.
LAAS	Local Area Augmentation System. Sistema de Aumentación de Área Local.
LADGPS	Local Area Differential – GPS. Área Local Diferencial – GPS.
LEO	Low Earth Orbit. Orbita Terrena Baja.
MASPSA	Minimum Aircraft System Performance Specifications Aircraft. Especificaciones Mínimas de Performance del Sistema de Aeronave.
MCDU	Multifunction Control Display Unit. Unidad de Presentación Visual de Control de Funciones Múltiples.
MCS	Master Control Station. Estación de Control Base.

MET	Meteorological Service for Navigation. Servicio de Meteorología Aeronáutica.
MIDANPIRG	Middle East Air Navigation Planning and Implementation Regional Group. Grupo de Planificación e Implementación de Navegación Aérea del Medio Oriente.
MILS	Microwave Landing System. Sistema de Aterrizaje por Microondas.
MMI	Man/Machine Landing System. Interfaz Hombre/Máquina.
MMR	Multi-Mode Receptor. Receptor Multi-Modo.
MNPS	Minimum Navigation Performance Specification. Especificación de Performance Mínima de Navegación.
MNT	Mach Number Technique. Técnica Número Mach.
MOPS	Minimum Operational Performance Standards. Normas de Performance Mínima Operacional (ADS).
MSAW	Minimum Safety Altitude Warning. Aviso de Altitud Mínima de Seguridad.
MSSR	Monopulse Secondary Surveillance Radar. Radar Secundario de Vigilancia Monopulso.
MU	Management Unit. Unidad de Gestión.
MWO	Meteorological Watch Office. Oficina de Vigilancia Meteorológica.
NADIN	National System Airways Data Interchange Network. Red de Intercambio de Datos de las Aerovías Nacionales.
NAT SPG	North Atlantic System Planning Group. Grupo sobre Planeamiento de Sistemas Atlántico Septentrional.
NAV	Navigation. Navegación.
NDB	Non-Directional Beacon. Radiofaro No Direccional.

NOPAC	North Pacific. Pacífico Norte.
NOTAM	Notice to Airman. Aviso para los Pilotos.
NSC	Network Service Center. Centro de Servicios de la Red.
OAC	Oceanic Area Control Center. Centro de Control de Área Oceánico.
OACI	International Civil Aviation Organization. Organización de Aviación Civil Internacional.
OCP	Obstacle Clearance Panel. Grupo de Expertos sobre Franqueamiento de Obstáculos.
OCS	Oceanic Control System. Sistema de Control Oceánico.
OLDI	On line Data Interchange. Intercambio de Datos de Línea.
OPAS	Operational Assistance. Asistencia Operativa.
OSI	Open Systems Interconnection. Interconexión de Sistemas Abiertos.
PANS-OPS	Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations. Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea - Operación de Aeronaves.
PANS-RAC	Procedures for Air Navigation Services - Rules of the Air and Air Traffic Services. Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea - Operación de Aeronaves.
PAR	Precision Approach Radar. Radar de Aproximación de Precisión.
PDC	Predeparture Clearance. Permiso Previo de Salida.
PET	Pacific Engineering Trials. Ensayos de Ingeniería en el Pacífico.
PHARE	Programme for Harmonized ATM Reserch in Eurocontrol. Programa de Investigación sobre la Organización Armónica del Transito Aéreo en Eurocontrol.

PIRGS	Planification and Implementation Regional Groups. Grupos Regionales de Planificación e Implantación.
PNUD	United Nations Development Programme. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
PRS	Primary Surveillance Radar. Radar de Vigilancia Primario.
QOS	Quality - of - Service. Calidad de Servicio.
RA	Resolution Advice (ACAS). Aviso de Resolucion (ACAS).
RAFC	Regional Aérea Forester Center. Centro Regional de Pronostico de Área.
RAIM	Receiver Autonomous Integrity monitoring. Vigilancia Autónoma de la Integridad en el Receptor.
RAS	Regional Augmentation System. Sistema de Aumentación Regional.
RCAG	Remote- Controlled Air/Ground System. Sistema a Control Remoto Aire/Tierra.
RCC	Rescue Coordination Center. Centro Coordinador de Rescate.
RCP	Required Communication Performance. Performance Requerida de Comunicación.
RDPS	Radar Data Processing System. Sistema de Procesamiento de Datos por Radar.
RFP	Request for Proposal. Solicitud de Propuesta.
RGCSF	Review of the General Concept of Separation Panel. Grupo de Expertos sobre el Examen del Concepto General de Separación.
RNAV	Area Navegation. Navegación de Área.
RNAV ROUTE	Area Navegation Route. Ruta de Navegación de Área.

RNP	Required Navigation Performance. Performance Requerida de Navegación.
RNPC	Required Navigation Performance Capacity. Capacidad de la Performance Requerida de Navegación.
RSP	Required System Performance. Performance Requerida de Vigilancia.
RTA	Required Time of Arrival. Hora de Llegada Requerida.
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics. Requerimientos y Conceptos Técnicos para la Aviación.
RTSP	Required Total System Performance. Performance Total Requerida del Sistema.
RVSM	Reduced Vertical Separation Minima. Separación Vertical Mínima Reducida.
SA	Selective Availability. Disponibilidad Selectiva.
SAR	Search and Rescue. Búsqueda y Salvamento.
SARPS	Standars and Recomendated Practices. Normas y Métodos Recomendados.
SATCOM	Satellite Communication. Comunicaciones por Satélite.
SBAS	Satellite-Based Augmentation System. Sistema de Aumentación de Base Satelital.
SICASP	Secondary Surveillance Radar Improvement and Collision Avoidance System Panel. Grupo de Expertos sobre Mejoras del Radar Secundario de Vigilancia y Sist. Anticolisión.
SID	Estándar Instrument Departure. Salida Normalizada por Instrumentos.
SMA	Surface Movement Advisor. Asesor de Movimiento de Superficie.
SMAS	Satellite Mobile Aeronautical Service. Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite.

SMAS (R)	Satellite Mobile Aeronautical Service (R). Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite (R).
SMGCS	Surface Movement Guidance and Control System. Sistema de Guía y Control de Movimiento de Superficie.
SPS	Standardized Positioning System. Servicio Normalizado de Determinación de la Posición.
SSR	Secondary Surveillance Radar. Radar Secundario de Vigilancia.
TBD	To be Determined. A Ser Determinado.
TC	Tunnel Concept. Concepto de Túnel.
TCAS	Traffic Collision Avoidance System. Sistema de Evasión de Colisión de Tránsito.
TDMA	Time Division Multiple Access. Acceso Múltiple por División del Tiempo.
TMA	Terminal Managment Area. Área de Control Terminal.
TNAV	Time of Navigation (RNAV). Tiempo de Navegación (RNAV).
TWDL	Two Way Data Link. Enlace de Datos de dos Vías.
TWP	Technical Work Programme. Programa Técnico.
UAV	Uniform Annual Values. Valores Anuales Uniformes.
UIT	International Telecommunications Union. Unión de Telecomunicaciones.
UTC	Universal Time Coordinated. Tiempo Universal Coordinado.
VC	Virtual Circuit. Circuito Virtual.

VCCS	Voice Communication Control System. Sistema de Control de Comunicación de Voz.
VDEV	Vertical Derivation. Desviación Vertical.
VDL	VHF Data Link. Enlace de Datos VHF.
VDR	VHF Data Radio. Radio de Datos VHF.
VFR	Visual Flight Rules. Reglas de Vuelo Visual.
VHF	Very High Frequencies. Muy Altas Frecuencias (Ondas Métricas).
VMC	Visual Meteorologicals Conditions. Condiciones Meteorológicas de Vuelo Visual.
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range. Radiofaro Omnidireccional VHF.
VSM	Vertical Separation Minimum. Mínima Separación Vertical.
WAAS	Wide Area Augmentation System. Sistema de Aumentación de Área Amplia.
WADGPS	Wide Area Differential – GPS. Área Diferencial Amplia – GPS.
WAFC	World Area Forecast Center. Centro Mundial de Pronósticos de Área.
WAFS	World Area Forecast System. Sistema Mundial de Pronósticos de Área.
WGS-84	1984 World Geodetic System. Sistema Geodésico Mundial – 1984.
WRC	World Radiocommunications Conferences. Conferencias Mundiales de Telecomunicaciones.