

01126
28



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO E INTEGRACION DE UNA RED DE
COMUNICACIONES TIERRA AIRE PARA UNA
AEROLINEA COMERCIAL

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA

PRESENTAN

CARLOS ALBERTO GAYTAN RODRIGUEZ
JOSE ALFREDO HERNANDEZ GALLEGOS
PEDRO LEONARDO MARTINEZ GRANADOS
JESUS MORALES TAMAYO

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICO ELECTRONICO
PRESENTA

ROBERTO ANTONIO LAFONT PERALES



DIRECTOR DE TESIS:

M. EN I. LAURO SANTIAGO CRUZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO D. F.

2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION DISCONTINUA

**TESIS
FALLA
DE
ORIGEN**

A mi madre:

Gracias por la motivación que me has dado día con día, así como tu ejemplo, consejos y sobre todo tu gran amor; siempre han sido y serán primordiales para lograr las metas que me proponga. Las palabras son insuficientes para expresarte mi agradecimiento. Aunque el camino ha sido difícil y largo a través de los años siempre hemos salido adelante compartiendo momentos inolvidables que no se repetirán, pero que me dejan a mí y a cada uno de mis hermanos recuerdos gratos. A través del tiempo me doy cuenta que tu amor, la unión y la estabilidad que nos brindaste son la base esencial de la familia; pues es ahí donde se da el apoyo, la confianza y el impulso para salir adelante y continuar una vida mejor. Con mucho cariño te dedico éstas líneas y espero que haber logrado titularme te llene de felicidad.

A mis hermanos:

Alfredo, el interés de colaborar para un objetivo es digno de agradecimiento; un consejo es un ejemplo a seguir, es por ello que te agradezco tu apoyo moral.

Ernesto, te agradezco la ayuda que me has proporcionado. Tu presencia y tu tiempo formaron parte importante a lo largo de éste proyecto; por tu participación apoyo y entusiasmo gracias.

Gustavo, tu desempeño académico es digno de admirarse. He aprendido que lo que se empieza se debe concluir, gracias por tu apoyo incondicional.

Al M. en C. Rene Molnar de la Parra:

La realización de éste proyecto da culminación a una etapa de mi formación profesional, de la cual tú has sido parte importante. Gracias por brindarme gran parte de tu tiempo compartiendo tus conocimientos conmigo y con ello la satisfacción de cumplir uno de los objetivos en la vida.

Carlos Alberto Gaytán Rodríguez

En agradecimiento a Velia y Alfredo, mis padres, por todo su apoyo y comprensión. En especial por proporcionarme la educación, el medio más valioso para desarrollarse humana y profesionalmente.

A Silvia Xóchitl, mi esposa, por su compañía y la ayuda recibida durante el desarrollo del presente trabajo.

A Horacio y Gamaliel, mis hermanos, por las experiencias compartidas.

A Itzuri, Viviana, Arnold, Eric y Aldo, mis sobrinos, a quienes espero ver superando este paso.

A mis familiares y amigos.

José Alfredo

A mi madre Gloria, que con sus regaños, consejos y cariño me ha enseñado a perseverar en la vida y levantarme de cada caída. A mi padre Pedro, que con su entereza como ser humano me ha enseñado que todos podemos ser mejores en la vida. A ambos, por haber sido fruto de su amor y al lograr esta meta proporcionarles una dicha y emoción maravillosas.

A mis hermanas, Dora Elba, Gloria y Ana Jael, que con su diversidad de ideas y criterios, sus sugerencias y apoyo me han enseñado a escuchar y lograr mejorar cada día. Gracias por su cariño y hermandad.

A mi malogrado hermano Rubén, quién con su forma de ser me enseñó lo respetuoso y honesto que uno debe ser, la entereza y fortaleza que debe uno tener para afrontar las diversas situaciones de la vida. Te recuerdo con mucho cariño y te llevo en mi corazón por siempre.

A mis sobrinos Emanuel y Rubén Gerardo, que con sus preguntas e ideas a veces me ponen en situación difícil pero trato de responder de la mejor manera y, a quienes espero poder apoyar siempre y nunca defraudar.

A mis sobrinos Dan Omar, Yahir Gabriel y Carlos Ramón. Que con sus travesuras me hacen recordar y agradecer mi infancia.

A todos mis familiares, amigos y personas que han estado conmigo en este camino, les agradezco sus comentarios y apoyo sinceros.

A mis cuñados Gabriel y Ramón, por sus apoyos y palabras de aliento, muchas gracias.

A mi pequeñas traviesas y par de diablillos, Miroslava Joscelyn y Karla Andrea, mis hijas, que con su presencia me han dado la maravillosa experiencia de la paternidad y de disfrutar de su alegría por la vida y, a quienes espero que algún día estas palabras las impulsen a superarse y ser unos seres humanos maravillosos. Gracias por sus risas, por sus lagrimas y por su cariño inmenso y sincero.

A mi esposa Rosaura, que ha sabido soportarme y apoyarme en este difícil camino de la vida, te agradezco inmensamente.

A mis compañeros de Tesis, con quienes comparti situaciones difíciles y también agradables, como la culminación de este trabajo, gracias por su amistad y apoyo.

Pedro Leonardo Martínez Granados

QUIERO AGRADECER A MIS PADRES POR EL APOYO INCONDICIONAL QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO, A MIS COMPAÑEROS DE TESIS POR SER PARTE DE ESTE TRABAJO ASI COMO SU COMPRESIÓN, A TODOS Y CADA UNA DE LAS PERSONAS QUE CONOCI A LO LARGO DE MI CARRERA Y QUE FORMARÓN PARTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y SOBRE TODO AL SER SUPREMO POR PERMITIR EL DESARROLLO, APROBACIÓN Y TERMINACIÓN DE ESTE PROYECTO. A TODOS MIL GRACIAS

JESÚS MORALES TAMAYO

Doy mi agradecimiento a:

Mis Padres

Por haberme brindado su amor, todo el apoyo y toda su confianza, por siempre estar conmigo impulsándome a lograr mis metas, por darme sus consejos; por lo que este esfuerzo se los dedico muy especialmente, en primera por deberles la vida y por deberles todos esos años de sacrificio para proporcionarme una buena educación.

Mis Hermanos

Alouette y José Alejandro, por ser una parte de mí, por llevar siempre el espíritu de hermandad entre nosotros y ser mis mejores amigos.

Mis amigos

Por compartir la alegría de vivir, y estar en esos momentos especiales.

Mis Compañeros de Trabajo

En especial a Itzel, Raymundo y Jorge, por darme su apoyo y haber demostrado ser realmente mis grandes amigos.

Mis Compañeros de Tesis

Por compartir parte de su vida para la realización de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que han estado conmigo a lo largo de mi vida.

Roberto A. Lafont Perales

Agradecemos al M. en I. Lauro Santiago Cruz, nuestro asesor, su guía y consejos para el desarrollo de esta tesis.

Nuestro reconocimiento a la Facultad de Ingeniería, donde obtuvimos los conocimientos y experiencias que nos han permitido desarrollarnos profesionalmente.

Y finalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México, institución de la cual estamos orgullosos de pertenecer.

Damos un agradecimiento también a las personas, empresas y organismos que nos apoyaron con la recopilación de información y vivencias de operación de sus actividades y equipos.

Al Lic. Miguel A Solórzano, Gerente de Operaciones de la Línea Aérea AEROMAR, por su apoyo y facilidades para poder tener la visualización y experiencia de sus actividades relacionadas con el desarrollo de nuestra tesis.

Al personal del organismo descentralizado perteneciente a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SENEAM, por su valiosa cooperación en la consulta de fuentes de información y del conocimiento de sus actividades y equipo utilizado para llevarlas a cabo.

Al Ing. Jorge Martínez, Representante de Aeronautical Radio Inc, ARINC en México y Centro América, Warren Osterloth anteriormente empleado de ARINC en Estados Unidos encargado de México y Latino América, y a Oscar Manrique y Carlos Negrete personal de ARINC estados Unidos, por su apoyo incondicional en la obtención de información para el desarrollo del presente trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES E HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES.....	5
1.1. HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES	5
1.1.1. Desarrollo de las comunicaciones	5
1.1.2. Las comunicaciones modernas	7
1.1.3. El futuro de las comunicaciones	8
1.1.4. Las comunicaciones en México	9
1.2. EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES EN LA AVIACIÓN	12
1.2.1. El radar	13
1.2.2. Sistema de posicionamiento global	15
2. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS DE COMUNICACIONES	17
2.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES	17
2.1.1. Señales analógicas y digitales.....	19
2.1.2. Amplificadores y repetidores.....	22
2.1.3. Modem y codec	23
2.1.4. Multiplexores.....	24
2.2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN	25
2.2.1. Par trenzado	25
2.2.2. Cable coaxial	27
2.2.3. Fibra óptica	28
2.2.4. Microondas	29
2.2.5. Satélite	30
2.3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE VOZ	34
2.3.1. Red telefónica pública	34
2.3.2. Servicios dedicados y conmutados.....	35
2.4. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE DATOS	36
2.4.1. Protocolos	38
2.4.2. Tipos de protocolos de comunicación	39
2.4.3. Protección de datos y seguridad en las comunicaciones	41
2.5. REDES Y CLASIFICACIÓN DE LAS REDES.....	45
2.5.1. Clasificación por su tamaño	45
2.5.2. Clasificación por tipo de transferencia	47
2.5.3. Clasificación por el método de acceso al medio.....	48
2.5.4. Modelos de topología	48
2.5.5. Dispositivos de conexión de las redes	51
2.5.6. <i>Switches</i> (Conmutadores)	56
2.6. REDES PÚBLICAS	58
2.6.1. X.25	58
2.6.2. <i>Frame Relay</i>	59

2.6.3. <i>ATM</i>	61
2.6.4. <i>ISDN</i>	63
2.6.5. <i>B-ISDN</i>	63
2.7. REDES PRIVADAS VIRTUALES	64
3. COMUNICACIONES EN LA AVIACIÓN	67
3.1. OPERACIONES AERONÁUTICAS	67
3.1.1. Frecuencias de comunicaciones en operaciones aeronáuticas	68
3.1.2. Descripción de temas aeronáuticos	70
3.1.3. Sistemas de ayuda a la navegación aérea	72
3.1.4. Operaciones de la línea aérea	75
3.2. REQUERIMIENTOS DE FLUJO DE INFORMACIÓN	79
3.2.1. Estacionamiento y rodaje	79
3.2.2. Despegue y alejamiento	80
3.2.3. En ruta	80
3.2.4. Aproximación y aterrizaje	80
3.2.5. Rodaje y estacionamiento	81
3.3. REGULACIONES EN LA AVIACIÓN	82
3.3.1. Regulación jurídica en México	82
3.3.2. Convenio de aviación civil internacional	83
3.3.3. Sistemas de comunicación y ayuda a la navegación aérea	84
3.4. ORGANISMOS REGULADORES Y OPERADORES	91
3.4.1. Organismos nacionales	91
3.4.2. Organismos internacionales	92
4. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES	95
4.1. ANÁLISIS	95
4.1.1. Requerimientos de la aerolínea	96
4.1.2. Entorno en México	102
4.1.3. Tecnologías en comunicaciones para la aviación	110
4.1.4. Costo beneficio	119
4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA <i>ACARS</i>	126
4.2.1. Descripción general	127
4.2.2. Alcances y limitaciones	132
4.3. PROVEEDORES DE TECNOLOGÍAS <i>ACARS</i>	137
4.3.1. Equipos	137
4.3.2. Servicios	139
4.3.3. Mantenimiento	140
4.4. DISEÑO DE LA RED <i>ACARS</i>	140
4.4.1. Descripción estructural	140
4.4.2. Características del enlace <i>VHF</i>	142
4.4.3. Sistemas instalados en la aeronave	167
4.4.4. Red de estaciones terrenas	177
4.4.5. Configuración de las estaciones terrenas	186
4.4.6. Equipos utilizados en la red de estaciones terrenas	190
4.4.7. Estructura de las comunicaciones	195

4.4.8. Formato de los mensajes	197
4.4.9. Aplicación de la aerolínea	201
5. INTEGRACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES	217
5.1. IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN.....	217
5.1.1. Estación del CPCM	221
5.1.2. Implementación de la estación terrena por cableado interno	229
5.1.3. Estaciones terrenas foráneas.....	231
5.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, PUESTA A PUNTO Y LIBERACIÓN. 242	
5.2.1. Pruebas, puesta a punto y liberación del CPCM	242
5.2.2. Pruebas, puesta a punto y liberación de la estación terrena por cableado interno..	243
5.2.3. Pruebas, puesta a punto y liberación en estaciones <i>SCPC</i> y <i>TDMA</i>	243
5.2.4. Pruebas, puesta a punto y liberación de estaciones <i>VSAT</i>	244
5.3. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS.....	246
6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	273
6.1. RESULTADOS	273
6.2. CONCLUSIONES.....	274
BIBLIOGRAFÍA	277
ANEXO A	A-1
ANEXO B... ..	B-1

LISTA DE FIGURAS

1.1. Tasas de crecimiento anual (%) PIB comunicaciones y PIB nacional.....	9
1.2. Número de líneas telefónicas fijas (millones) y densidad por cada 100 habitantes .	10
1.3. Densidad telefónica por cada 100 habitantes (año 2000).....	11
1.4. Telefonía móvil (miles de usuarios).....	12
2.1. Formas de onda de modulación analógica.....	20
2.2. Formas de modulación digital	22
2.3. Codificación analógica-digital.....	24
2.4. Par trenzado <i>UTP</i>	26
2.5. Cable coaxial	27
2.6. Sistema de transmisión por microondas	30
2.7. Sistemas de transmisión por satélite.....	34
2.8. Redes <i>LAN, MAN</i> y <i>WAN</i>	46
2.9. Tipos de transferencia.....	47
2.10. Topología bus.....	48
2.11. Topología de anillo.....	49
2.12. Topología en estrella	49
2.13. Topología en estrella extendida.....	50
2.14. Topología en árbol.....	50
2.15. Topología de malla completa	51
2.16. Topología irregular	51
2.17. Repetidor	52
2.18. Repetidor conectado a dos segmentos <i>Ethernet</i>	52
2.19. Repetidores con <i>buffers</i>	53
2.20. Puente	53
2.21. Ruteador	54
2.22. <i>Hub</i>	55
2.23. Conmutación de circuitos	56
2.24. Conmutación de paquetes.....	57
2.25. Red <i>VPN</i>	64
3.1. Numeración de pistas	70
3.2. Numeración de pistas	71
3.3. Pistas paralelas.....	71
3.4. Estación <i>VOR</i> y radiales	74
3.5. Comunicaciones de voz tierra-aire	76
3.6. Indicación de un <i>transponder</i>	78
3.7. Etapas de interés para análisis de información.....	79
3.8. Documentación <i>ACARS</i>	90
4.1. Características Boeing 757	96
4.2. Características Boeing 727-200.....	96

4.3. Características Fokker-100.....	97
4.4. Características Airbus 320.....	97
4.5. Características Airbus 319.....	98
4.6. Itinerarios nacionales de la aerolínea.....	99
4.7. Itinerarios internacionales de la aerolínea.....	100
4.8. Participación de las exportaciones como porcentaje del PIB (1999).....	104
4.9. Participación por país en las exportaciones de Latinoamérica (1999).....	104
4.10. Millones de pasajeros por año.....	105
4.11. Valor de la actividad turística y participación en el PIB.....	105
4.12. Millones de asientos de salida por aeropuerto.....	106
4.13. Número de operaciones aéreas en el Aeropuerto de la Ciudad de México.....	107
4.14. Resultados financieros de las aerolíneas en 2000 (millones USD).....	108
4.15. Relación entre demoras, capacidad y demanda.....	109
4.16. Diferentes enlaces aire-tierra usados en ACARS.....	111
4.17. Esquema general de la red de comunicaciones ACARS.....	113
4.18. Mensajes procesados por el proveedor de servicios ARINC.....	114
4.19. Cobertura actual VHF para servicios ACARS (ARINC).....	115
4.20. Estaciones terrenas VHF en América (SITA).....	116
4.21. Estaciones terrenas VHF en resto del mundo (SITA).....	117
4.22. Ingresos aerolíneas vs demanda 1940-2000 en EEUU.....	121
4.23. Efecto del tiempo en costos de combustible y costos tripulación/mantenimiento.....	122
4.24. Retrasos mayores a 15 minutos causados por condiciones meteorológicas.....	122
4.25. Intrusiones en ruta en el período 1993-1998 en EEUU.....	123
4.26. Detalle de la estructura de mensajes ACARS.....	130
4.27. Comportamiento del protocolo de acceso al medio CSMA.....	134
4.28. Simulación de comportamiento de la red ACARS.....	135
4.29. Red ACARS.....	141
4.30. Flujo de información en la red ACARS.....	141
4.31. Ancho de banda de la señal.....	145
4.32. Ancho de banda y emisiones.....	146
4.33. Línea de vista.....	148
4.34. Antena VHF de la aeronave.....	150
4.35. Dimensiones de la antena VHF de la aeronave (cm).....	150
4.36. Equipo transmisor – receptor de VHF a bordo del avión.....	151
4.37. Antena de las estaciones terrenas.....	156
4.38. Patrón vertical de radiación en el rango de frecuencias 118-136 MHz.....	157
4.39. Patrón vertical de radiación en el rango de frecuencias 118-136 MHz.....	158
4.40. Radio transmisor / receptor VHF modelo WCS-100.....	159
4.41. Atenuación vs. Frecuencia.....	166
4.42. Conector para el cable RG-213/U.....	167
4.43. Sistema ACARS a bordo del avión.....	168
4.44. Instalación típica del equipo en la aeronave.....	168
4.45. Antena VHF en la aeronave.....	169
4.46. Ubicación de la antena VHF en el Airbus A320-200.....	170
4.47. Ubicación de la antena VHF en el Airbus A319.....	170
4.48. Ubicación de la antena VHF en el Fokker 100.....	171
4.49. Ubicación de la antena VHF en el Boeing 727-200.....	171

4.50. Ubicación de la antena <i>YHF</i> en el <i>Boeing 757-200</i>	172
4.51. <i>MCDUs</i> en un <i>Boeing 757</i>	173
4.52. Consola de mando con <i>MCDUs</i> e impresora.....	174
4.53. <i>MCDU</i> para <i>Airbus A320</i>	175
4.54. Diagrama general de la red.....	177
4.55. Cobertura de las estaciones terrenas.....	182
4.56. Distribución de las estaciones terrenas.....	183
4.57. Configuración general de estaciones terrenas.....	186
4.58. Configuración de estaciones terrenas <i>SCPC</i>	187
4.59. Configuración de estaciones terrenas <i>TDMA</i>	189
4.60. Configuración de estaciones terrenas <i>VSAT</i>	189
4.61. Configuración de estación terrena Ciudad de México.....	190
4.62. Conexión de estaciones terrenas <i>TDMA</i> y <i>SCPC</i>	194
4.63. Conexión de estaciones terrenas <i>SCPC</i> y <i>VSAT</i>	194
4.64. Configuración central de la Ciudad de México.....	196
4.65. Formato estándar de mensaje desde la aeronave.....	197
4.66. Formato de mensaje aire-tierra desde la aeronave.....	198
4.67. Formato estándar de mensaje hacia la aeronave.....	199
4.68. Formato estándar de mensajes hacia la aeronave.....	200
4.69. Aplicaciones del <i>ACARS</i>	201
4.70. <i>MCDU</i> con reporte de inicialización.....	204
4.71. <i>MCDU</i> con reporte <i>ATIS</i>	208
4.72. <i>MCDU</i> con reporte de <i>TODC</i>	209
4.73. Reporte de <i>TODC</i>	210
4.74. <i>MCDU</i> con reporte de despegue, mostrando tiempo de salida estimado.....	211
4.75. <i>MCDU</i> con reporte de desviación.....	214
5.1. <i>Rack</i> para el montaje de equipo.....	220
5.2. Diagrama de interconexión del <i>CPCM</i> y de la estación terrena por cableado interno (México) donde se muestra además la conectividad con el equipo de <i>SENEAM</i>	224
5.3. Distribución de estación <i>CPCM</i>	225
5.4. Ubicación de equipos del <i>CPCM</i>	226
5.5. Distribución de equipos del <i>CPCM</i> y estación terrena por cableado interno.....	227
5.6. Sistema de respaldo <i>DBU CMS700</i>	228
5.7. Red <i>Ethernet 10/100</i> del <i>CPCM</i>	229
5.8. Diagrama de bloques estación terrena en centro México.....	230
5.9. Descripción de cables de conexión en estación conectada por <i>SCPC</i>	233
5.10. Distribución de equipo de estación conectada por <i>SCPC</i>	236
5.11. Identificación de cableado en estación conectada mediante <i>TDMA</i>	237
5.12. Diag. de identificación de cableado de estación terrena configuración <i>VSAT</i>	239
5.13. Disposición de equipo en estación remota <i>VSAT</i>	241
5.14. Panel de configuración y de estado del equipo <i>GSC-101</i>	247
5.15. Puertos de comunicación del <i>GSC-101</i>	248
5.16. Transmisor <i>WT-100</i> (vista frontal).....	248
5.17. Receptor <i>WR-100</i> (vista frontal).....	249
5.18. Puertos de conexión del <i>WT-100</i>	249

5.19. Puertos de conexión del <i>WR-100</i>	250
5.20. Panel de control y pantalla de estado.....	250
5.21. Puertos de conectividad del <i>Omnimode 48/96</i>	251
5.22. Panel de control y pantalla de estado del <i>Omnimux TDM/800</i>	252
5.23. Puertos de conexión del <i>Omnimux TDM/800</i>	253
5.24. Panel frontal del <i>DAP</i>	255
5.25. Puertos de conexión del <i>DAP</i>	256
5.26. Panel frontal del <i>Rala-122</i>	256
5.27. Vista de los puertos de conexión del <i>Rala-122</i>	257
5.28. Panel de control y configuración del <i>CMS-DCU</i> de 4 puertos.....	257
5.29. Panel de control y configuración del <i>CMS-DCU</i> de 8 puertos.....	258
5.30. Puertos de conexión del <i>CMS-DCU</i> de 4 puertos	258
5.31. Puertos de conexión del <i>CMS-DCU</i> de 8 puertos	259
5.32. Controles para el enmascaramiento de puertos	261
5.33. Panel de estado y ajuste del <i>AMM-42</i>	262
5.34. Puertos de conexión del <i>AMM-42</i>	263
5.35. Panel indicador de estado del <i>EDM</i>	265
5.36. Ubicación del banco de <i>switches</i> de configuración.....	266
5.37. Puertos de conexión del <i>EDM</i>	266
5.38. Configuración de los pines del conector del <i>EDM</i>	267
5.39. Interconexión del <i>EDM</i> con un <i>Omnimode 96</i>	267
5.40. Antena omni-direccional <i>PD128</i>	268
5.41. Equipo satelital <i>PES-6000</i>	269
5.42. Indicación de los <i>LED's</i> de operación normal.....	270
5.43. Conectividad del <i>PES-6000</i> en enlace <i>VSAT</i>	270
5.44. Equipo <i>UPS Fortress-1425</i> utilizado en todas las estaciones terrenas.....	271

LISTA DE TABLAS

2.1. Ancho de banda en el mundo digital	19
2.2. Categorías de par trenzado <i>UTP</i>	26
2.3. Bandas de frecuencias asignadas a microondas	29
2.4. Bandas de frecuencias en comunicaciones por satélite	31
2.5. Frecuencias de estaciones <i>uplink</i> y <i>downlink</i>	32
3.1. Frecuencias aeronáuticas	69
3.2. Transmisión numérica	85
3.3. Alfabeto aeronáutico	86
4.1. Costos directos de operación de aeronaves por hora (<i>USD</i>)	121
4.2. Estimación de los costos de inversión de la red de comunicaciones	124
4.3. Estimación de los costos anuales de operación de la red de comunicaciones	125
4.4. Características generales de la tecnología <i>ACARS</i>	127
4.5. Paquete orientado a carácter	128
4.6. Resumen de características de la tecnología <i>ACARS</i>	128
4.7. Distribución recomendada por la aerolínea <i>SAS</i> para mensajes <i>ACARS</i>	136
4.8. Proveedores de servicios <i>CNS/ATM</i>	137
4.9. Distancia de la línea de vista al horizonte en función de la altura de la aeronave	148
4.10. Especificaciones de la antena de <i>VHF Avr-4</i>	151
4.11. Características generales del radio <i>VHF</i> a bordo de la aeronave	152
4.12. Especificaciones del radio <i>VHF</i> a bordo de la aeronave	152
4.13. Especificaciones del receptor transmisor de radio <i>VHF</i> a bordo de la aeronave	153
4.14. Aeronaves con transceptor <i>VHF-900b</i>	153
4.15. Especificaciones de la antena <i>Celwave 128</i>	156
4.16. Características del radio <i>VHF</i> de las estaciones terrenas	159
4.17. Especificaciones del radio receptor <i>VHF</i> de las estaciones terrenas	160
4.18. Especificaciones del radio transmisor <i>VHF</i> de las estaciones terrenas	161
4.19. Pérdidas respecto al <i>VSWR</i>	164
4.20. Características del cable <i>RG-213/U</i>	165
4.21. Aeropuertos designados con sus características	178
4.22. Distribución de las estaciones terrenas por tipo de enlace	185
4.23. Ejemplo de reporte de peso y balance	205
4.24. Ejemplo del mensaje de notificación	206
4.25. Ejemplo de lista de tripulación	206
4.26. Ejemplo de mensaje <i>SIGMET</i>	207
4.27. Mensaje con plan de vuelo	207
4.28. Ejemplo de mensaje <i>ATIS</i>	208
4.29. Tipo de demoras	211
4.30. Tipos de mensajes <i>OOOI</i>	212
4.31. Ejemplo de mensaje <i>ACMS</i>	212
4.32. Ejemplo de mensaje <i>ETA</i>	213

4.33. Ejemplo de mensaje de desviación en ruta.....	214
4.34. Ejemplo de mensaje de transbordos	215
5.1. Equipos y accesorios requeridos en la red de comunicaciones	218
5.2. Consumo de potencia (en VA) por cada equipo instalado en la red.....	219
5.3. Lista de equipos y requerimientos de consumo de potencia por equipo instalado en el CPCM	221
5.4. Direcciones de configuración de equipos <i>Omnimode</i> en el CPCM.....	222
5.5. Direcciones de los equipos <i>CMS DCU</i> de CPCM.....	223
5.6. Códigos y configuraciones de cables empleados en la instalación del CPCM.	223
5.7. Direcciones de los equipos <i>GSC-101</i>	230
5.8. Equipo instalado para estación terrena por cableado interno y su consumo de potencia en VA	230
5.9. Código, configuración y tipo de conector de cables para estación terrena por cableado interno.....	231
5.10. Equipos empleados en instalación de estación terrena <i>SCPC</i> y consumo de potencia en VA	233
5.11. Código, configuración y tipo de conector de cables para estación <i>SCPC</i>	234
5.12. Direcciones de equipos en estaciones <i>SCPC</i>	235
5.13. Equipo empleado en la instalación de las estaciones terrenas <i>TDMA</i>	237
5.14. Código, configuración y tipo de conectores estación <i>TDMA</i>	238
5.15. Direcciones de equipos en estaciones <i>TDMA</i>	238
5.16. Direcciones asignadas a los equipos en estaciones <i>VSAT</i>	240
5.17. Equipo instalado en las estaciones terrenas <i>VSAT</i>	240
5.18. Código, configuración y tipo de conectores estación <i>VSAT</i>	241
5.19. Estado de <i>LEDs</i> indicadores	253
5.20. Menú de configuración <i>del Omnimux TDM/800</i>	254
5.21. Elementos de configuración para la distribución	259
5.22. Configuración (pinout) de conectores de cable de enlace	260
5.23. Señalización de cada terminal del conector en el <i>DCU</i>	260

INTRODUCCIÓN

En la última década se han incrementado sustancialmente las operaciones aéreas. La cantidad de usuarios de estos servicios aumenta cada día, por lo que nuevas rutas, destinos y aerolíneas se van incorporando a la gran red de transportación aérea.

Los sistemas de transporte aéreo están dentro de los que se consideran como de misión crítica, puesto que las vidas de los usuarios se ponen bajo su responsabilidad. Esta situación genera que los sistemas de procesamiento de datos y telecomunicaciones que apoyan las operaciones aéreas requieran mayor funcionalidad para su óptimo desempeño. Afortunadamente, los avances científicos y tecnológicos, en lo que respecta a los sistemas de cómputo y telecomunicaciones, se han desarrollado en una forma acelerada.

Las opciones disponibles de equipos y servicios de telecomunicaciones cada día crecen, e incluso existe una tendencia a la convergencia de servicios. También, se ha incrementado el número de empresas de servicios de telecomunicaciones, así como el rango de los servicios que ofrecen. Y en este punto, también están jugando un papel muy importante los gobiernos, que son los responsables de las regulaciones técnicas y económicas de dichos servicios.

La industria aeronáutica siempre ha sido sector protagonista en la incorporación de los avances tecnológicos. Es decir, debe afrontar estas tomas de decisión de una manera más rápida, pero en un ambiente cada vez más complejo.

En la actualidad, debido a la gran demanda, desarrollo y ventajas que tiene el viajar en avión, ha surgido la necesidad de contar con una red de comunicaciones de voz y datos entre el avión y una estación terrena. Esta red debe ser adicional a la que se tiene con la torre de control. Y su objetivo fundamental es mejorar la seguridad y eficiencia antes, durante y después del vuelo, lo cual implica para los usuarios mayor confiabilidad al volar.

Los sistemas de comunicación utilizados entre los centros de control aéreo y las aeronaves se basan principalmente en la transmisión de voz en una frecuencia (VHF ó HF) determinada. Existe un protocolo de expresión oral, que permite la comunicación adecuada entre las partes que lo requieran.

Introducción

Estos sistemas de comunicación tienen como objetivo principal el control del tráfico aéreo, por lo que no es posible que otra información con un propósito diferente sea comunicada a través de ellos.

Adicionalmente, las aerolíneas comerciales requieren de un intercambio de información con sus respectivas aeronaves, entre otros, en los siguientes aspectos:

- Verificación y disponibilidad de combustible
- Parámetros de operación de los motores y sistemas de la aeronave
- Plan de vuelo
- Análisis de recorrido
- Reportes de posición
- Asignación y coordinación de posiciones de abordaje en aeropuerto
- Reportes meteorológicos

Por lo tanto es necesaria la integración de datos al intercambio de información entre las aerolíneas y sus aeronaves.

En México, como en el mundo, si bien vivimos una etapa de crecimiento muy bajo, casi nulo de las operaciones aéreas, se pronostica un incremento importante de ellas. Esto hará que la infraestructura con que cuenta el país se utilice de manera más cercana a sus niveles máximos de capacidad. Un ejemplo claro de esto es el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Por lo tanto es necesario aprovechar todas las oportunidades que brinda la tecnología, ya sea para aumentar estos niveles de capacidad, o al menos para operarlos a su máxima capacidad y con un alto nivel de seguridad.

En un contexto más general, es importante el desarrollo en México de proyectos de desarrollo de tecnología y su correspondiente integración (a nivel comunicaciones e informática); donde se analicen los medios disponibles y se apliquen en situaciones reales y críticas.

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño, análisis y la integración de una red de comunicaciones que incluya la transmisión de voz y datos para soportar los servicios de navegación aérea de una aerolínea comercial. Esta red permitirá el intercambio de información entre los diferentes elementos de la red de comunicaciones (aeronaves, aerolíneas, centros de control aéreo, centro de procesamiento de información).

El trabajo desarrollado está integrado por los siguientes capítulos:

El primer capítulo es una presentación de los antecedentes e historia de las comunicaciones. Primero desde un punto de vista general, y después en forma específica en el contexto en México, y en las comunicaciones en la aviación.

A continuación, en el segundo capítulo, se describen los principios y conceptos de comunicaciones requeridos para la cabal comprensión de la red en cuestión.

Las comunicaciones en la aviación es el tema desarrollado en el tercer capítulo. Se hace un análisis exhaustivo de los requerimientos en el flujo de información. Y también se hace una consideración a los aspectos de estandarización y regulación involucrados.

En el capítulo cuatro se analizan los elementos tecnológicos disponibles y se diseña la red de comunicaciones necesaria para el cumplimiento del objetivo establecido con anterioridad.

Los requerimientos para la integración de dicha red, considerando su tiempo de implementación y vida útil son descritos en el capítulo cinco.

Finalmente, en el capítulo seis presentamos los resultados y sus respectivas conclusiones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES E HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES

Este primer capítulo reseña los acontecimientos históricos más importantes en el desarrollo de las comunicaciones. Además presentamos un panorama de lo que se espera sea el futuro de esta área tecnológica, abordamos el estado actual de las comunicaciones en México, y describimos el desarrollo de las comunicaciones en la aviación, a través de sus principales avances tecnológicos.

1.1. HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES

1.1.1. Desarrollo de las comunicaciones

La mayor influencia sobre las comunicaciones la tuvo la Segunda Guerra Mundial: en esa época la humanidad ya se encontraba en la frontera de la revolución tecnológica, misma que las actuales generaciones hemos tenido la oportunidad de presenciar desde hace algunos años. Muchos de los sucesos que condujeron a la conclusión de la guerra, con el resultado que todos conocemos, estuvieron relacionados con la disponibilidad de información oportuna o con la interceptación ingeniosa de información del enemigo. Los requerimientos de comunicaciones instantáneas, seguras y privadas de esa época fueron determinantes para que las comunicaciones se desarrollaran a lo que son hoy en día.

En nuestros días, primera década del siglo XXI, es de tal importancia poseer, administrar y transmitir información, que toda la humanidad se ve y se seguirá viendo afectada, influida y posiblemente dominada por quienes tienen, administran y transmiten este recurso, razón por la cual a esta época se le han impuesto los calificativos de "sociedad de la información".

Capítulo 1. Antecedentes e Historia de las Comunicaciones

Uno de los aspectos más abstractos e importantes de la información es que su valor puede disminuir a lo largo del tiempo. Es decir, en un momento determinado a alguien le puede interesar contar con cierta información, pero ese interés puede decrecer o incluso desaparecer algún tiempo después.

En las comunicaciones, la distancia entre fuente y destinatario, puede variar desde pocos centímetros hasta cientos y aun miles de kilómetros. Esto constituye precisamente el problema central de las telecomunicaciones, ya que al haber una fuente que genera información en un punto y un destinatario en otro punto geográfico distante del primero, se trata de saber cuál es la mejor manera de hacer llegar al destinatario la información generada por la fuente, de manera rápida (por la dependencia temporal de la importancia de la información), segura (para garantizar que la información no caiga en manos de alguien que haga mal uso de ella, o a quien simplemente no estaba destinada), y veraz (para garantizar que en el proceso de transmisión no se alteró el contenido de la información). En nuestros días, influidos fuertemente por aspectos de tipo económico, intervienen además otros factores, tales como el costo de hacer llegar la información de la fuente a su destino.

Los fundamentos técnicos del área datan de los dos siglos pasados. Una excepción es el correo, que se inició hace ya algunos siglos y en el cual los principios básicos aún perduran: la información que se ha de transmitir se codifica en palabras, que a su vez son plasmadas en papel (o sus predecesores); se utilizaba posteriormente algo similar a lo que ahora se conoce como un "sobre", el cual era depositado en un buzón (o su equivalente). Todos los sobres depositados en los buzones eran recolectados y transportados a una oficina central en donde se seleccionaba la ruta que habla de seguir cada sobre; para llegar a su destino se pasaba por una etapa de transporte que incluía todos los recursos disponibles en cada época, hasta que finalmente se entregaba al destinatario. Durante un largo periodo en la historia de la humanidad, ésta fue la única forma de comunicación a distancia, desde luego adaptándose a las posibilidades que iban ofreciendo los nuevos adelantos tecnológicos: en lo que se refiere al transporte, del caballo se pasó a los barcos y los ferrocarriles, después a los automóviles y por último a los aviones.

Hoy podemos comunicarnos cotidianamente a través de correos electrónicos, basados en el principio anteriormente descrito, pero con un tiempo total de envío-recepción del orden de decenas de segundos.

La base de los desarrollos tecnológicos en el área de las telecomunicaciones tuvo como base el descubrimiento de muchos fenómenos elementales de la física, tales como la electricidad y el magnetismo. Estos hechos ocurrieron desde fines del siglo XVIII hasta inicios del siglo XX. En 1876, hace más de 125 años, surgió el sistema telefónico. Para los usuarios, salvo en aspectos de cobertura y conectividad, sigue siendo "casi" lo mismo que hace 125 años, es decir, una caja negra (o ahora de colores) con un micrófono y un auricular. El teléfono se fue convirtiendo en el sistema predominante, debido a que existía un abismo enorme en sus características con respecto al sistema postal e incluso al telegráfico, gracias a su velocidad, su confiabilidad, su bidireccionalidad y su privacidad.

Aunque en este momento hay numerosas opciones para resolver el problema central de las telecomunicaciones, los tres servicios originales (teléfono, telegrafo, correos) aún

subsisten y, en mayor o menor medida, siguen teniendo una importancia considerable dentro de las comunicaciones modernas.

Los servicios y sistemas basados en tecnologías modernas que actualmente tiene a su disposición la humanidad cubren una amplia gama que va desde la telefonía hasta la transmisión de datos por medio de redes, donde las computadoras establecen "diálogos" entre sí.

Las dos áreas que en el pasado han influido, pero que recientemente tienden a converger y a confundirse con las telecomunicaciones, son la electrónica y la computación.

La electrónica es piedra angular de las telecomunicaciones, ya que los sistemas modernos están contruidos con componentes electrónicos. Los pioneros en este campo son indudablemente Shockley y Bartee, quienes inventaron la pieza fundamental de la electrónica: el transistor. El transistor, a la postre, se convertiría en elemento indispensable del procesamiento y la transmisión de la información. Este pequeño dispositivo dió también vida a los circuitos integrados, cuya importancia es incuestionable; en la actualidad existen y se usan circuitos integrados, o sea, pastillas de silicio de unos cuantos milímetros cuadrados, que contienen millones de transistores, que, a su vez, en conjunto, realizan millones de operaciones aritméticas o lógicas por segundo.

En los años cuarenta, producto de los trabajos J. P. Eckert (1919-), J. W. Mauchly (1907-1980) y J. G. Brainerd, se abrieron a la humanidad las puertas del mundo de la computación: en 1943 se construyó la primera computadora, denominada *ENIAC* (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*, Integradora y Calculadora Numérica Electrónica). En la primera década de este siglo se puede apreciar la trascendencia de ese desarrollo: es difícil concebir o imaginar un sistema medianamente complejo (es decir, que tenga que realizar muchas operaciones matemáticas con cierto grado de automatización) que no tenga circuitos electrónicos, entre los cuales, seguramente, se encuentran microprocesadores.

1.1.2. Las comunicaciones modernas

El resumen de los acontecimientos científicos que ha permitido el desarrollo de las telecomunicaciones es una labor ardua, por lo que únicamente mencionaremos los acontecimientos base en la historia de los sistemas de comunicación.

En 1850, utilizando la tecnología de la época, con la telegrafía era posible transmitir unas cuantas palabras por minuto a través de algunos kilómetros de distancia. En los siguientes 50 años, con técnicas más complejas, y con base en transmisiones de radio que permitía comunicaciones con velocidades de propagación igual a las que se utilizan hoy en día, se logró, en 1870, enviar mensajes a tasas de transmisión del orden de 20 palabras por minuto. En 1901, fue posible transmitir, casi independientemente de la distancia entre transmisor y receptor, hasta cientos de palabras por minuto.

En 1945, los avances que se lograron durante la Segunda Guerra Mundial en el área de las comunicaciones fueron determinantes para su desarrollo. En aquellos años se llevó al

Capítulo 1. Antecedentes e Historia de las Comunicaciones

extremo el ingenio humano, al diseñar sistemas más rápidos, seguros, y privados que los conocidos hasta ese momento. Frecuentemente se implantaban soluciones un tanto empíricas, sin tener aún dominados todos los aspectos científicos que se requerían para ampliar los conocimientos del área. Importaba en especial un aspecto: cómo emplear las comunicaciones para beneficiar los intereses militares que dominaban en aquellos días. Las dos guerras mundiales fueron, pues, acontecimientos que en mayor medida han afectado no únicamente a las telecomunicaciones modernas, sino a la tecnología y la investigación científica en general (un ejemplo de esto es el desarrollo de los aviones). Ambas guerras fueron las responsables de convertir experimentos caseros en trabajos de grupos bien coordinados, patrocinados por gobiernos y corporaciones, buscando colectivamente nuevos desarrollos y aplicaciones novedosas al de técnicas conocidas.

En 1965, el producto de una interesante colaboración multinacional para el uso del espacio fue el lanzamiento y puesta en operación del primer satélite comercial de comunicaciones, el INTELSAT I, conocido también como el “Pájaro madrugador”. El INTELSAT I tenía una capacidad de 240 circuitos telefónicos. Dos años después se integraba un sistema global de comunicaciones vía satélite con la colocación en órbita de dos satélites adicionales de mayor capacidad, los INTELSAT II del Pacífico y del Atlántico, con lo cual se podía establecer comunicación telefónica (cerca de 720 circuitos para voz) entre cualquier ciudad del planeta.

En 1998, el primer cable trasatlántico de fibras ópticas, el sistema TAT-8, fue puesto en operación entre Estados Unidos y Gran Bretaña. Sus propietarios son ATT y un consorcio de 27 compañías y oficinas gubernamentales europeas. Puede transportar simultáneamente 40 000 conversaciones telefónicas, lo cual es más que lo que pueden transportar los otros cables y enlaces satelitales trasatlánticos combinados. Las comunicaciones internacionales vía satélite siguen creciendo con una tasa anual de 10%. El sistema INTELSAT cuenta con 16 satélites en operación; 11 de ellos pueden transmitir entre 12 000 y 15 000 canales de voz y, adicionalmente, dos de televisión.

Actualmente, el ambiente es de crecimiento explosivo de redes que enlazan todo el planeta, computadoras que se comunican a velocidades de millones de bits por segundo, telefonía celular, localización global de personas, redes personales de comunicación, televisión de alta definición, redes telefónicas interconectadas con redes de televisión por cable, realidad virtual, satélites de órbita baja, supercarreteras de información, etcétera.

1.1.3. El futuro de las telecomunicaciones

Cada vez hay una conectividad mayor entre los usuarios de una red de telecomunicaciones y existe también mayor posibilidad de que las diferentes redes sean interconectadas, por lo cual es posible que en un futuro sea suficiente el estar conectado y tener acceso a una sola red para poder disfrutar de todos los servicios que se ofrezcan al público por medio de cualquier otra red. Seguramente no se verá revertido este hecho y la conectividad seguirá aumentando. Las comunicaciones entre personas tienden a hacerse cada día más independientes del lugar donde se encuentran las mismas, con lo cual se nota una tendencia hacia utilizar accesos inalámbricos (y por tanto, móviles o al menos portátiles), con las redes que ofrecen los diferentes servicios.

Las redes de telecomunicaciones tienden a ser redes de "autopistas" de información digital de altas capacidades, y la fuente de información, así como el servicio que se preste, son irrelevantes para la operación de las mismas. Para una red no hay diferencia entre el transporte de datos correspondientes a voz, imágenes, textos, archivos provenientes de una computadora, o provenientes de otros tipos de fuentes. Es posible que cada habitante del planeta llegue a tener un solo número de acceso para todos los servicios que se le ofrezcan a través de la "súper-red".

El término "supercarretera de la información" (SCI) está de moda y últimamente ha sido explotado por sus implicaciones tecnológicas y económicas. Los equipos de transmisión y control de una red de transmisión de datos permitirán la integración de prácticamente cualquier servicio sobre una misma red, sin disminuir la velocidad de transmisión o la calidad del servicio.

1.1.4. Comunicaciones en México

Después de un recorrido sobre los fundamentos e historia de las comunicaciones haremos una descripción de la situación actual y escenarios futuros de las telecomunicaciones en México.

Factores como el nuevo papel de las telecomunicaciones en las sociedades, la globalización económica y la innovación tecnológica han generado una tendencia mundial a la liberalización de los mercados, que en México ha llevado a transformar la estructura del sector, abriéndolo a la inversión privada.

El resultado ha sido, como lo muestra la figura 1.1, que el sector comunicaciones se convirtió en uno de los más dinámicos de la economía nacional.

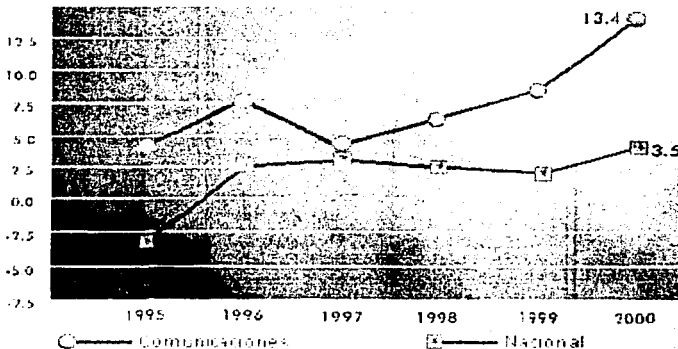


Fig. 1.1. Tasas de crecimiento anual (%) PIB comunicaciones y PIB nacional.

Capítulo 1. Antecedentes e Historia de las Comunicaciones

En telefonía básica se pasó de 5.4 millones de líneas, en diciembre de 1990, a 12.3 millones al finalizar el año 2000 (Fig. 1.2).

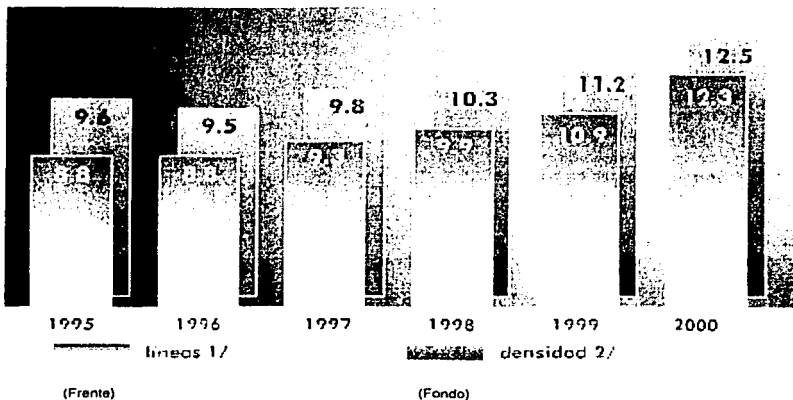


Fig. 1.2. Número de líneas telefónicas fijas (millones) y densidad por cada 100 habitantes.

Con lo anterior, a escala nacional, la teledensidad se incrementó de 6.4 líneas fijas por cada 100 habitantes, en 1990, a 12.5 al finalizar ese periodo.

En cuanto a su distribución geográfica, en las zonas urbanas tuvo una amplia penetración, y escasa en las rurales (Fig. 1.3).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

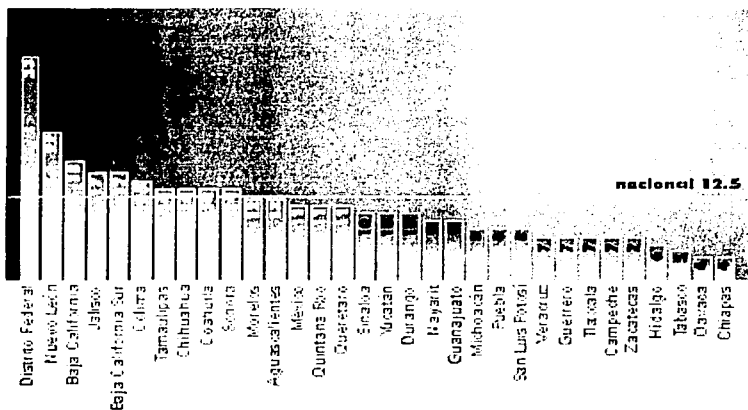


Fig. 1.3. Densidad Telefónica por cada 100 habitantes (Año 2000).

En diciembre de 1998 se puso en órbita el nuevo satélite mexicano, llamado Satmex 5. Se trata de un equipo de tercera generación, con cobertura continental y potencia 10 veces superior a la del Morelos II, al cual sustituyó. Se invirtieron más de 230 millones de dólares, financiados en parte con recursos privados.

En agosto de 2000 se presentó una falla total en el satélite Solidaridad 1, misma que lo dejó fuera de servicio. Satmex inició entonces la contratación de dos satélites de nueva tecnología, de mayor potencia y cobertura, para sustituir al Solidaridad 1 en dos años y prever el reemplazo del Solidaridad 2.

La red de telepuertos de la entidad paraestatal Telecomunicaciones de México (*Telecomm*), se conforma por 20 instalaciones integradas con estaciones terrenas transreceptoras de comunicación vía satélite de cobertura nacional y/o internacional distribuidas en las principales ciudades del país, y por un centro de control en la Ciudad de México; con ello se ofrecen servicios de voz, datos, audio y video a la población.

La prestación del servicio telefónico móvil se inició en 1990. Durante los primeros años, el servicio se expandió a un ritmo moderado, con lo que de 1990 a 1994 pasó de 64 mil a 572 mil usuarios; posteriormente, registró un crecimiento explosivo, para llegar, a finales del 2000, a 14.1 millones de usuarios en 233 ciudades del país (Fig. 1.4). Es decir, creció más de 24 veces entre 1995 y 2000, con lo cual se ha rebasado el número de líneas fijas existentes en el país. A finales del 2001 se han superado los 19 millones de usuarios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

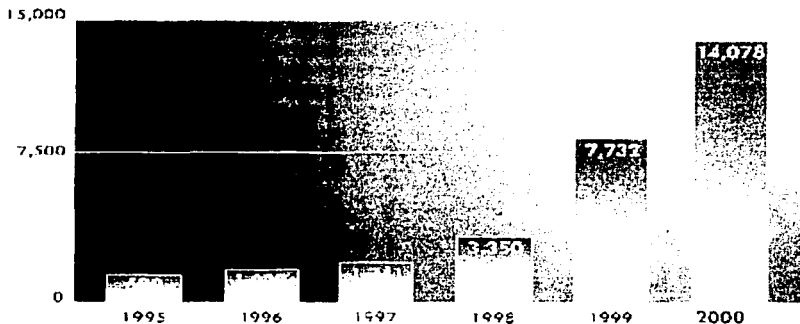


Fig. 1.4. Telefonía Móvil (miles de usuarios).

En el servicio de radiocomunicación especializada de flotillas (*trunking*) el número de usuarios pasó de 2 mil a 268 mil al cierre del 2000.

En lo que se refiere a la radiolocalización móvil, en 1990 se tenían 45 mil usuarios, en tanto que a principios de 1995 su número llegó a 167 mil, y en diciembre de 2000 se alcanzaron los 667 mil.

A finales de 1994 el número de usuarios en Internet era de 39 mil, en 1999 llegaron a 1.8 millones, y en 2000 sumaban más de 2.7 millones, es decir, en seis años se multiplicó casi 70 veces; a la fecha se cuenta con 230 proveedores y 3.7 millones de usuarios, por lo cual es necesario continuar incrementando la oferta, calidad y diversidad de los servicios en línea.

El servicio público de telégrafos se introduce en México hace 150 años, siendo el pionero de las telecomunicaciones, y desde 1917 es un área de interés reservada al Estado. Hoy en día, este sistema se constituye como una unidad de servicios integrada por 1,819 oficinas y agencias distribuidas en todo el país. Estas se encuentran totalmente computarizadas y enlazadas por una red interna de telecomunicaciones.

Las oficinas de la red telegráfica se han ido transformando en centros integrales de comunicación con servicio telefónico y, últimamente, como centros comunitarios digitales con acceso a Internet.

1.2. EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES EN LA AVIACIÓN

La historia de las comunicaciones en la aviación ha tenido un desarrollo sumamente singular. El primer desarrollo importante, el radar, surge más como un arma que utiliza un método de encontrar naves o aeronaves que no desean ser localizadas.

También debemos agregar que el hecho que la aviación sea un medio de transporte donde la preservación de la vida humana es el principal objetivo, ha ocasionado que desde sus inicios, se hayan generado métodos y procedimientos muy rigurosos para su operación, aún sin la existencia de muchas de las herramientas tecnológicas que hoy conocemos.

Esto se acentúa porque los aviones viajan a través de todo el mundo, donde los idiomas y costumbres varían considerablemente. Y la comunicación es el medio para superar estas diferencias.

De alguna manera, sobre todo en lo que respecta a las comunicaciones, los aviones han podido operar incluso sin incorporar los más sofisticados avances tecnológicos. La incorporación de dichos avances, normalmente se hace hasta que han alcanzado un grado importante de madurez. Entonces la aviación no los incorpora tan rápidamente como otros sectores, excepto cuando han sido desarrollados principalmente para su aplicación en dicho sector.

A continuación haremos una breve descripción de los principales sistemas que han sido desarrollados dentro del área de las comunicaciones en la aviación.

1.2.1. El radar

Este adelanto nació gracias a mejores equipos de comunicaciones, y al conocimiento cada vez más amplio de cómo se transmiten las ondas radioeléctricas a través de la atmósfera y de cómo se reflejan en las diferentes capas de la ionosfera. El conocimiento empezó a acumularse en la década de 1920 después de que el radio fuera lanzado comercialmente en la Gran Bretaña, los Estados Unidos y diferentes países europeos.

En 1924 Edward Appleton, físico de Cambridge descubrió la altura de la ionósfera, la capa de partículas cargadas que envuelve a la Tierra. Utilizó un receptor para captar radiotransmisiones enviadas desde una distancia conocida. Algunas de las ondas recibidas llegaban por el camino recto del transmisor al receptor, y algunas lo hacían por una ruta más larga, ya que viajaban hacia la ionósfera y, desde ahí, eran reflejadas hacia el receptor, Appleton se las arregló para que variara la longitud de onda en la que se transmitían las señales, y así, cuando la diferencia de longitud de las dos rutas recorridas era un número entero de longitudes de onda, éstas se combinaban para producir una señal a alto volumen; cuando la diferencia era igual a un número impar de mitades de longitud de onda, las señales tendían a cancelarse mutuamente. Una ecuación simple que utilizaba la longitud de onda media, el pequeño cambio en longitud de onda, y el número de "disminuciones", permitía que la diferencia en longitud de las dos rutas se resolviera con facilidad. Esto daba por resultado la altura del punto de reflejo, o, en otras palabras, la altura de la ionósfera.

En 1932 Appleton registró reflejos de radio en un equipo de rayos catódicos con que él y otros habían estado haciendo experimentos desde mucho tiempo atrás. Antes se habían usado los reflejos para hacer un registro fotográfico con el auxilio de un galvanómetro. Pero ahora se consiguió algo totalmente diferente, ya que las pulsaciones de entrada se utilizaban para afectar la firme línea horizontal en un tubo de rayos catódicos.

Capítulo 1. Antecedentes e Historia de las Comunicaciones

Cada vez que llegaba una pulsación aparecía una pequeña "cresta de eco" en la línea, cresta cuya posición indicaba la distancia hasta la capa reflejante.

En Inglaterra, las Prácticas de Defensa Aérea de 1934 proporcionaron el estímulo necesario para la culminación del desarrollo. En 1935 un bombardero sobrevoló Daventry, pasando en las cercanías de la torre de transmisión de la estación de la *BBC (British Broadcasting Corporation)* del pueblo. Mientras tanto, en tierra, un grupo de científicos observaron cómo una mancha verde en un tubo de rayos catódicos se extendía y se encogía.

En esta primera etapa de desarrollo se tenía apenas proyectado que una serie de torres de radio se instalaran alrededor de la costa para transmitir esferas traslapadas de ondas radioeléctricas. Los aviones que se aproximaran a la costa reflejarían las ondas y estos reflejos serían captados por las estaciones que, por tanto, obtendrían una advertencia adelantada de los bombarderos enemigos. Aún cuando la distancia de los aviones que se aproximaran podía calcularse por la posición de la mancha en la pantalla del radar, en un principio no se podía saber nada más de ella. Pero a lo largo de los siguientes meses se perfeccionó y se refinó el equipo hasta que llegó a mostrar primero la dirección y luego la altura. Finalmente fue posible averiguar, a partir de la mancha verde en la pantalla, si los ecos del radar eran producto de un avión, de unos cuantos, o de muchos; y antes de estallar la guerra los aviones ingleses estaban provistos de un sencillo aparato que permitía a los observadores del radar colocados a lo largo de la costa saber de inmediato si el eco provenía de un amigo o de un enemigo. Todos estos adelantos se incorporaron a las series de estaciones de radar que, al estallar la guerra, rodeaban a Inglaterra. No sólo proporcionaban una advertencia anticipada de los aviones enemigos sino también podía indicar el tamaño de las formaciones individuales.

Las ondas cortas fueron esenciales en el desarrollo del radar. Un radar centimétrico instalado en las rocas de Dover en el verano de 1941 detectó barcos a 45 millas de distancia. Podían verse, sin que importara el clima, grandes navíos alejándose del puerto de Bolonia, que estaba en manos enemigas; y aun los pequeños barcos alemanes E podían descubrirse a más de 17 millas de distancia.

Estos usos del radar en tiempos de guerra prepararon el camino para todos los sistemas de navegación y de aterrizaje a ciegas de la posguerra, sin los cuales habría sido imposible la expansión de las rutas aéreas mundiales a lo largo del último cuarto de siglo. Hoy en día las aplicaciones múltiples del radar permiten a los aviones despegar sin peligro uno tras otro en aeropuertos muy transitados; permiten también a los pilotos verificar su posición en un viaje al otro lado del mundo, y captar aparatos de aterrizaje por radar que los guiarán hacia su pista en el peor de los climas.

El desarrollo del vuelo comercial que ha tenido lugar a lo largo del último cuarto de siglo, y que ha cambiado tan radicalmente los patrones mundiales de viajes de negocios y de turismo, no hubiera sido posible sin la guía del radar, que a su vez fue resultado directo de la frenética necesidad de ganar la guerra en el aire.

1.2.2. Sistema de Posicionamiento Global

El Sistema de Posicionamiento Global (*GPS: Global Positioning System*) es el más significativo adelanto para la navegación aérea en los últimos años. En el pasado las estrellas fueron utilizadas para la navegación. El mundo de hoy requiere mayor exactitud para esta navegación. La nueva constelación de estrellas artificiales proporcionada por el Sistema de Posicionamiento Global cubre este requerimiento.

El *GPS* es una tecnología aeroespacial que utiliza los satélites y estaciones terrestres para determinar la posición de algún elemento en cualquier lugar de la tierra. Cualquier persona con un receptor pequeño puede utilizar el sistema sin costo adicional alguno. El *GPS* ha cambiado drásticamente los métodos de navegación y se ha vuelto rápidamente un elemento común en nuestra vida diaria.

Los sistemas de navegación electrónicos han generado la capacidad de viajar en cualquier situación meteorológica, una gran facilidad de uso, y han aumentado considerablemente la exactitud.

Durante los años 60, el departamento de defensa de los *EEUU* trabajó en varios sistemas de navegación con diferentes aplicaciones. La mayoría de ellos eran incompatibles entre sí. En 1973, se decidió unificar estos sistemas. Para esto se determinó el uso de relojes atómicos en los satélites. Este nuevo sistema se nombró *Navstar Global Positioning System*. Y desde entonces se le conoce simplemente como *GPS*.

El nuevo sistema se componía de tres elementos: las estaciones terrenas que controlan el sistema, una "constelación" de satélites en órbita terrestre, y receptores del lado de los usuarios. El sistema se desarrolló para que los equipos receptores no requirieran relojes atómicos, fueran pequeños y de un costo moderado.

El lanzamiento de los satélites *GPS* inició en 1978. En 1989 se lanzó un nuevo conjunto de satélites de segunda generación ("*Block II*"). Actualmente el sistema está formado por al menos 24 satélites de este último tipo.

Los receptores requieren una vista sin obstrucciones del cielo, por lo que deben usarse en exteriores y no trabajan muy bien en áreas arboladas o en las cercanías de edificios altos. Las operaciones dependen de una referencia de tiempo muy exacta, proporcionada por relojes atómicos. Cada satélite tiene sus propios relojes atómicos.

Cada satélite transmite datos que indican su localización en cada momento. Todos los satélites están sincronizados para transmitir repetidamente estas señales en el mismo instante. Estas señales, que se mueven a la velocidad de la luz, llegan al receptor en diferentes tiempos debido a que se encuentran a diferentes distancias. Entonces la distancia hacia los satélites se determina por el tiempo que requiere para su llegada. El receptor necesita estimar la distancia hacia al menos 4 satélites, y a partir de ello puede calcular su posición en 3 dimensiones.

Capítulo 1. Antecedentes e Historia de las Comunicaciones

La exactitud de la posición depende del tipo de receptor. La mayoría de receptores manuales tienen una exactitud de 10 a 20 metros. Otro tipo de receptores usan un método llamado diferencial para obtener una exactitud mayor. Para esto requieren de un receptor adicional fijo en un lugar cercano. La medición obtenida de este receptor fijo se usa para la corrección de los datos, lo que genera una exactitud en el orden de 1 metro.

En la aviación, estos sistemas ofrecen un complemento confiable y barato a las técnicas de navegación aéreas. Con la ayuda de este sistema se pueden programar rutas directas de vuelo, que significan grandes ahorros en tiempo y combustible.

También se simplifica y mejora el método de guía para que los aviones aterricen de manera segura, especialmente en malas condiciones meteorológicas. También los aviones pueden ser guiados en condiciones de baja visibilidad.

Una vez que hemos visto estos antecedentes, en el siguiente capítulo se presentarán los principios y conceptos de comunicaciones que serán utilizados en los restantes capítulos.

CAPÍTULO 2

PRINCIPIOS Y CONCEPTOS DE COMUNICACIONES

En este capítulo examinaremos varios conceptos y definiciones, los cuales son elementos fundamentales para entender, diseñar e integrar una red de comunicaciones; empezaremos con los elementos mínimos y fundamentales para establecer una comunicación. El concepto de ancho de banda es estudiado para comunicaciones analógicas y digitales con las ventajas y desventajas de cada una; posteriormente se analizan los elementos necesarios en la red para disminuir las atenuaciones (Amplificadores y repetidores), conversión analógico-digital y digital-analógico, para continuar con una descripción de los multiplexores. Continuaremos con los medios de transmisión utilizados en el presente trabajo: par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, microondas y satélite. Con lo anterior se discutirán los sistemas de comunicación de voz y de datos, terminando el capítulo con redes convencionales y de banda ancha.

2.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Telecomunicaciones es la transferencia de información de un transmisor a un receptor a través de cierta distancia. Algún tipo de energía electromagnética se utiliza para representar los datos, usualmente a través de algún medio físico, tal como un alambre de cobre o fibra de vidrio. Un medio inalámbrico, como las ondas de radio o luz infrarroja también se emplean. Además varios dispositivos intermedios intervienen en el curso de la transferencia de información para mantener un nivel adecuado de la señal.

La transferencia de información debe establecerse y mantenerse en niveles aceptables en términos de ciertos criterios tales como velocidad de conexión, velocidad en la transferencia de la información, velocidad de respuesta y finalmente costo. La información puede ser voz, datos, video, imagen o alguna combinación de ellos: en otras palabras multimedia. La información puede transmitirse en su forma original. Alternativamente los datos pueden ser modificados para lograr compatibilidad entre los dispositivos emisor y receptor, y/o con todos los elementos de la red. Por ejemplo voz

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

analógica o vídeo convertido a digital y viceversa. Además, frecuentemente la información puede ser comprimida para obtener una mejor transferencia de la información.

La energía utilizada para transportar los datos puede ser en forma de electricidad, radio-frecuencia o luz. El medio empleado puede ser con alambre de cobre (par trenzado o cable coaxial); el aire (microondas, satélite, celular o infrarrojo); y vidrio o fibra de plástico (cable de fibra óptica).

Se pueden utilizar una amplia variedad de dispositivos intermedios para establecer la conexión y soporte de la transferencia de información, tales como módems, codecs, controladores, multiplexores, puentes, conmutadores, etc.

En comunicaciones el término ancho de banda es básico para la comprensión de un sistema de comunicaciones, y se define como el intervalo de frecuencias que pueden pasar a través de un canal. El ancho de banda en el mundo analógico es medido en Hertz (Hz). El ancho de banda disponible para una señal en particular es la diferencia entre el valor más alto y más bajo de las frecuencias involucradas. Por ejemplo, un canal de voz de 3.3 kHz puede transmitir frecuencias entre 200 Hz y 3,500 Hz, del mismo modo frecuencias entre 7,000 Hz y 10,300 Hz. En las comunicaciones digitales los *bps* (*bits per second*, bits por segundo) es la medida del ancho de banda, refiriéndose al número de *bits* de datos binarios transmitidos por segundo.

Bit y *baud* son dos términos que en la mayoría de las veces se utilizan de manera incorrecta e indistinta, pero existe una diferencia técnica entre ellos. En realidad, el diseñador de la red o el usuario se interesan en los *bps*, porque son los *bits* los que se agrupan en caracteres, los caracteres en palabras y éstas en información.

Un *bit* es una unidad de información, mientras que un *baud* es una unidad de velocidad de señalización que se obtiene a partir del recíproco de la duración (en segundos) del pulso más corto que se utiliza para construir un carácter. La duración de un pulso en el código *Baudot*, que se utiliza en un teletipo de 60 palabras por minuto, es de 0.022 segundos, por tanto, la velocidad de transmisión es $1/0.022 = 45.45$ *baud*. *Baud* y *bps* no son sinónimos, pero la mayoría de personas que trabajan en comunicaciones de datos los utilizan de manera indistinta. La velocidad en *bits* o la velocidad en *baud* coinciden únicamente cuando en el código que se utilizan todos los *bits* tienen la misma longitud, y puesto que esto es cierto en la mayoría de los casos, es posible utilizar estas dos palabras de manera indistinta. En la tecnología de transmisión, un pulso generalmente es igual al estado de un solo *bit*; por ejemplo, el hecho de tener 1,200 *baud* en un circuito generalmente implica una velocidad de transferencia de 1,200 *bps*. En el presente trabajo utilizaremos solamente *bps*.

En el contexto digital el ancho de banda puede dividirse en tres categorías que se muestran en la tabla 2.1.

Categoría	Estándares de E.U.	Estándares europeos
Banda estrecha	Un canal de 64 kbps o menos	-----
Banda media	Entre 1.544 Mbps y 45 Mbps	Entre 2.048 Mbps y 34 Mbps
Banda alta	Mas de 45 Mbps	Mas de 34 Mbps

Tabla 2.1. Ancho de banda en el mundo digital.

Debido a que en el presente trabajo el ancho de banda utilizado pertenece a la categoría de banda estrecha principalmente, se explicará a continuación como se llega a este valor. El estándar de 64 kbps se obtiene bajo las siguientes consideraciones: el ancho de banda de un canal de voz es del orden de 4000 Hz. Esta se digitaliza al doble según el teorema de Nyquist, o sea, a 8000 veces por segundo; cada muestra analógica se digitaliza a una resolución de 8 bits. Puesto que hay 8000 muestras por segundo y en cada muestra se tienen 8 bits, para cada canal de voz se requiere una velocidad de datos de 64 kbps.

2.1.1. Señales analógicas y digitales

Una señal analógica se puede explicar examinando la transmisión de información en su forma natural, tal como el sonido de la voz humana en un alambre de cobre electrificado. La voz humana es una variación conformada por sonidos y silencios en el aire, la cual varía en términos de su volumen o potencia (amplitud), y su tono (frecuencia). Las variaciones en la amplitud y frecuencia causan que la materia física en el aire vibre con mayor o menor intensidad y frecuencia respectivamente. Las variaciones de las ondas en el aire de la voz se pueden comparar con las formas de onda eléctricas de un circuito eléctrico, éstas formas de onda conservan su forma a través del medio de transmisión hasta que llegan al receptor o a una bocina, la cual las regresa a su forma acústica original por medio de variaciones en la presión del aire.

Para la transmisión de video, el proceso es similar, aunque un poco más complicado. En su forma original, el video es una serie de imágenes fijas, cada una siendo ondas de luz reflejadas. Transmitidas en sucesión rápida, la serie de imágenes fijas crean la ilusión de una fluidez de movimiento. Las variaciones análogas en ondas eléctricas o de radio para transmitir imagen de video puede ser desde una videocámara (transmisor) a un monitor (receptor). Específicamente una señal de video tiene un ancho de banda aproximado de 6 MHz, de ellos 4.5 MHz se utilizan para la transmisión de la señal, mientras que el restante es utilizado para guardar la separación con otros canales adyacentes.

La información analógica en su forma original (voz o imagen) puede variar continuamente en términos de amplitud (volumen o brillo) y frecuencia (tono o color). Hasta ahora hemos estado hablando de transmisión de voz y video en su forma original, a esta transmisión se le conoce como transmisión en banda base ya que no hay ninguna modificación en la señal original; en la mayoría de las veces con el objeto de ahorrar ancho de banda la señal es modulada (modificada) de manera que se crea una señal similar a su original. El proceso de modulación coloca la información contenida en una señal de baja frecuencia en una señal de alta frecuencia. A la señal de alta frecuencia se le denomina portadora y a la señal de baja frecuencia moduladora. Si al colocar la información sobre la portadora se ocasiona que su amplitud varíe de acuerdo con la señal moduladora, se designa como Amplitud Modulada (AM), su principal aplicación es en estaciones de radio; alternativamente, la Frecuencia Modulada (FM), modula en frecuencia a una portadora, situando sobre ella la información variando la frecuencia y manteniendo fija su amplitud. La frecuencia modulada se desarrolló originalmente para combatir el ruido molesto asociado con la señal al emplearse amplitud modulada. Entre las aplicaciones de la FM podemos mencionar: estaciones de radio, telefonía celular, banda civil, etc. Además ambas frecuencia y amplitud pueden ser moduladas simultáneamente para crear una señal similar a la original, la cual generalmente varía a través de ambos parámetros. Finalmente la posición de la onda senoidal puede ser manipulada introduciendo una tercera técnica de modulación llamada *PM* (*Phase Modulation*, Modulación por Fase) en la cual se modula el ángulo de la portadora. Los tres tipos de modulación analógica descritos anteriormente se muestran en la figura 2.1.

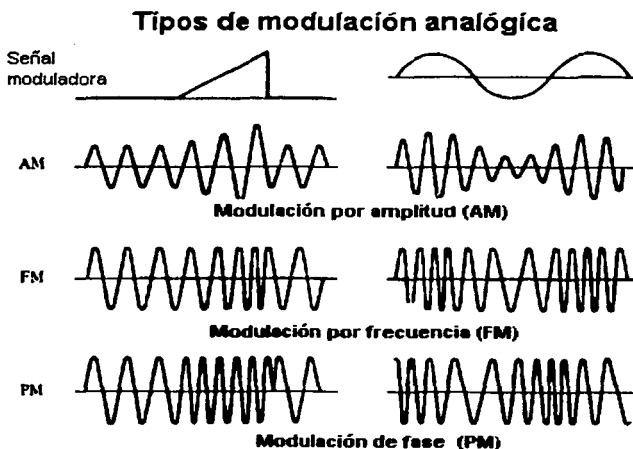


Figura 2.1. Formas de onda de modulación analógica.

Ahora toca el turno de hablar de señales digitales, las cuales son señales discretas de encendido y apagado, en contraste con la forma continua de la señal analógica. En la figura 2.2 se muestran diversas señales moduladas digitalmente, comenzando con la señal unipolar y continuando con la señal bipolar. En dicha figura las señales digitales se representan como señales cuadradas en lugar de la curva continua de las señales analógicas. Obsérvese que cuando en la señal unipolar no hay señal presente, el nivel de voltaje es "0"; en la bipolar los "1" y "0" varían de un voltaje positivo a uno negativo. Dada la introducción masiva de computadoras *PC* (*Personal Computer*, Computadora Personal) al mercado, frecuentemente el transmitir datos involucra, en algún extremo del medio de transmisión, a un equipo *PC* o compatible. El proceso de las computadoras almacena la información en forma binaria, esto es que hay una combinación única de 1s y 0s con un significado específico en el alfabeto de la computadora. Un *bit* (dígito binario) puede ser un "1" o un "0". El receptor monitorea la señal como una portadora con una frecuencia específica y con una duración específica (*bit time*), para determinar el estado de la señal. Más adelante en este mismo capítulo hablaremos de los protocolos de transmisión de datos los cuales emplean diferentes estados físicos de la señal, tales como nivel de voltaje o transitorios de voltaje. Dada la naturaleza discreta de cada *bit* transmitido, la forma del *bit* frecuentemente se relaciona con una onda cuadrada.

Entre los tipos de modulación digital tenemos: *OOK* (*On Off Keying*, Modulación por Encendido y Apagado) en la cual a un "1" digital se le asigna una frecuencia, y al presentarse un "0" digital la señal desaparece; *DPSK* (*Differential Phase Shift Keying*, Modulación por Cambio de Fase Diferencial) en la que ocurre un cambio de fase cada vez que se transmite un "1"; en caso contrario la fase permanece constante; y *FSK* (*Frequency Shift Keying*, Modulación por Cambio de Frecuencia) en esta técnica de modulación cada "0" o "1" se representa por medio de una frecuencia distinta.

Las señales digitales en una red óptica involucran el encendido y apagado de un haz de luz, o una variación discreta en la intensidad de luz de la señal. La transmisión digital en sistemas de radio frecuencia (microondas, celular o satélite) se realiza variando discretamente la amplitud de la señal. Posteriormente en este mismo capítulo se hablará más extensamente de señales digitales, así como de su transmisión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

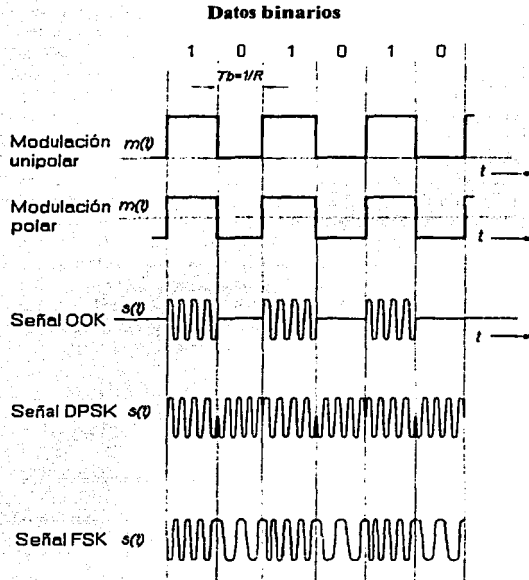


Figura 2.2. Formas de modulación digital.

2.1.2. Amplificadores y repetidores

Las señales que se utilizan en comunicaciones, ya sea que se envíen a través del aire o por cable, sufren de atenuación y/o distorsión, principalmente si la distancia es grande, por lo tanto, es indispensable incluir dispositivos tales como amplificadores y repetidores entre la red de comunicaciones para disminuir este fenómeno. Las redes analógicas utilizan dispositivos llamados amplificadores, mientras que las digitales utilizan repetidores.

Los amplificadores son dispositivos que simplemente aumentan la señal de bajo nivel que reciben, tal como lo hace un amplificador en una televisión o en un radio. Además de la atenuación la señal a enviar acumula ruido al pasar por la red de comunicaciones; el cual se amplifica junto con la señal, este efecto se realiza a través de toda la red de comunicaciones amplificando una gran cantidad de ruido que llega al receptor al final de la transmisión produciendo resultados inaceptables. En una red típica analógica los amplificadores son espaciados aproximadamente cada 6 km, para reducir el

ruido que se amplifica se utilizan en la red de comunicaciones dispositivos llamados filtros.

Los amplificadores en sistemas digitales se reemplazan por repetidores, los cuales regeneran la señal en vez de simplemente amplificarla. En esencia, un repetidor recibe un valor binario (1 o 0) de una señal de entrada débil, con respecto a un nivel propio de voltaje, y la regenera a una señal fuerte del mismo valor sin ruido; este proceso mejora inmensamente la calidad de la señal. Los repetidores son espaciados aproximadamente la misma distancia que los amplificadores.

Actualmente varias redes de comunicaciones siguen siendo analógicas, aunque las redes digitales aumentan significativamente.

2.1.3. Modem y Codec

En la mayoría de las redes locales, las comunicaciones por computadora no es posible sin la asistencia de un dispositivo que efectúa la función básica de convertir los datos de digital a analógico y de analógico a digital. El dispositivo que realiza lo anterior es conocido como modem (modulador-demodulador). Mediante este dispositivo se modulan las señales emitidas y se demodulan las señales recibidas. Los bits son representados por una señal analógica en una red local analógica, y esta señal al llegar al receptor es convertida nuevamente a digital.

El proceso de codificación analógico a digital es necesario para enviar la información analógica a través de un circuito digital. Ciertamente esto ocurre frecuentemente en redes donde los altos volúmenes de voz analógica son digitalizados y enviados a través de un circuito digital; dado que el video es analógico en su forma natural, un proceso similar se realiza para enviarlo a través de un circuito digital. El dispositivo que realiza la codificación analógica a digital se llama *codec* (codificador-decodificador). Este dispositivo codifica una señal de entrada analógica, utilizando un tren de pulsos digitales y la convierte a un formato digital (datos), figura 2.3. Lo anterior lo realiza donde se origina la transmisión; antes de llegar a su destino el proceso se revierte, o sea, se decodifica la información para obtener la señal original. Los *codecs* se utilizan ampliamente para convertir voz y video analógicos a un formato digital, y revertir el proceso en el destino de la transmisión.

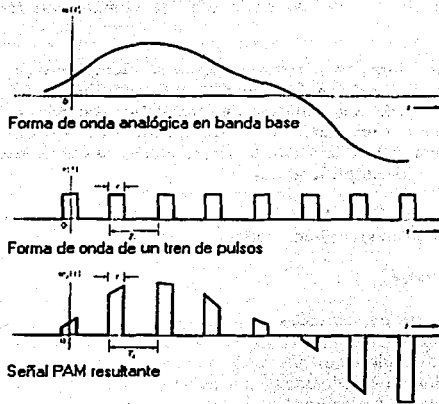


Figura 2.3. Codificación analógica-digital.

2.1.4. Multiplexores

Los multiplexores (MUX) actúan como dispositivos contenedores y concentradores de varios dispositivos entre dos puntos de la red de comunicaciones. La ventaja de los multiplexores es simplemente que permiten a la portadora y a los usuarios finales tomar ventaja de la economía del escalamiento; ya que puede transportar grandes volúmenes de información en múltiples líneas a alta velocidad y a relativamente bajo costo.

Los multiplexores actuales cuentan con circuitos de cuatro alambres, los cuales permiten que múltiples canales deriven a un solo circuito, permitiendo la transmisión simultánea a alta velocidad en ambos sentidos, así múltiples comunicaciones (ya sean unidireccionales o bidireccionales) pueden ser realizadas. El multiplexado se utiliza comúnmente en la mayoría de los medios de transmisión, tales como: par trenzado, cable coaxial, cables de fibra óptica, microondas, satélite, etcétera.

El multiplexado tradicional tiene algunas variedades, presentándolas en orden cronológico de evolución y desarrollo serían: *FDM* (*Frequency División Multiplexing*, Multiplexado por División de Frecuencia), *TDM* (*Time División Multiplexing*, Multiplexado por División de Tiempo) y *STDM* (*Statistical Time División Multiplexing*, Multiplexado por División de Tiempo Estadístico) y el *WDM* (*Wavelength División Multiplexing*, Multiplexado por División de Longitud de Onda), que es un desarrollo reciente y se utiliza en sistemas de cable de fibra óptica.

2.2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

La transmisión de información a través de cierta distancia involucra algún tipo de medio de transmisión. La selección del medio físico de transmisión que se utiliza para transportar la información según la conveniencia puede llegar a ser crítico. En esta sección estudiaremos los medios de transmisión comúnmente utilizados para transmitir voz, datos, video e imagen, ya sea en forma analógica o digital. Dichos medios se dividen en dos categorías: la primera que incluye los medios alámbricos, y la segunda referida a los medios inalámbricos. Los sistemas alámbricos de transmisión utilizan medios físicos tangibles como un alambre de cobre, par trenzado, cable coaxial o fibra óptica; los sistemas de transmisión inalámbricos no usan un conductor como medio físico, en vez de eso utilizan ondas de radio como las microondas. Cada medio de transmisión específico se distingue por propiedades y limitaciones únicas, lo cual decide su aplicación.

2.2.1. Par trenzado

El cable de par trenzado fue de los primeros medios de comunicación que se utilizaron. En la actualidad éstos se dividen en: *UTP (Unshielded Twisted Pair, Par Trenzado sin Blindaje)*, el cual no tiene blindaje alguno para proteger la señal de fuentes externas de interferencia electromagnética, y *STP (Shielded Twisted Pair, Par Trenzado Blindado)*. Siendo el *UTP* la forma más común de alambre de cobre utilizado en las comunicaciones.

Un par trenzado consta de dos conductores de cobre, generalmente se utiliza cable, aunque ocasionalmente se usa alambre en aplicaciones donde los conductores tienen que doblarse constantemente. Cada conductor se separa y aísla con polietileno, polivinilo, resina plástica o teflón; el aislamiento entre ambos conductores permite que no se junten ocasionando un corto circuito y reduce las emisiones electromagnéticas causantes de la atenuación de la señal a través de cierta distancia. Ambos conductores envían y reciben señales, como cada conductor transporta una señal eléctrica similar, el par trenzado es considerado un medio balanceado. Los conductores aislados cada uno por separado son trenzados en intervalos específicos, de ahí el nombre de par trenzado. Dicho proceso de trenzado mejora el desempeño del medio conteniendo el campo electromagnético dentro del par. De este modo la radiación de energía electromagnética disminuye y la señal a través del par trenzado recorre una mayor distancia. Claramente, ésta reducción de energía electromagnética también minimiza el impacto de pares adyacentes en una configuración de cable multipar. Esto es especialmente importante en aplicaciones de altos anchos de banda; ya que si la frecuencia de la señal crece, tiende a perder potencia más rápidamente conforme aumenta la distancia de transmisión. En la figura 2.4 se muestra un par trenzado *UTP* típico.

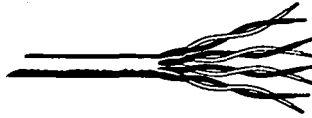


Figura 2.4. Par trenzado UTP.

La capacidad de ancho de banda del par trenzado depende de algunos factores, tales como el tamaño de la red, el espaciamiento de los amplificadores y/o repetidores así como del calibre, que es la medida del grueso del alambre (mientras más grueso es el alambre menos es la resistencia óhmica en él y por lo tanto menos las pérdidas en la amplitud de la señal debido a largas distancias, además que ofrece una gran resistencia física). *AWG* (*American Wire Gauge*) es un estándar de medida del calibre. Los números del calibre no corresponden directamente con el grosor del conductor, en otras palabras, el calibre más grande corresponde al conductor más delgado. El número *AWG* indica el número de veces que el alambre de cobre es rebajado en una máquina especial, ya que cada vez que se rebaja el cable su diámetro se reduce cada vez más. Por ejemplo, un alambre calibre 24 tiene un diámetro de .0201 pulgadas (.511 mm), un peso de 1.22 lbs/ft (1.82 kg/km), una fuerza de tensión máxima de 12.69 lb (5.765 kg) y una resistencia óhmica en corriente directa de 25.7/1000ft (84.2/km). Los calibres empleados en telecomunicaciones varían de calibre 19 a calibre 28, aunque el que más se emplea es el calibre 24. En la tabla 2.2 se mencionan las categorías, calibre, ancho de banda y aplicaciones típicas de par trenzado *UTP*.

Categoría	Calibre	Ancho de banda	Aplicaciones
Cat. 1	Varios	Por debajo de 1 MHz	Voz analógica
Cat. 2	22 a 24	1 MHz	LAN 4 Mbps
Cat. 3	22 a 24	16 MHz	POTS, ISDN, LAN
Cat. 4	Varios	20 MHz	LAN 4/16 Mbps
Cat. 5	Varios	100 MHz	LAN 4/16 Mbps

Tabla 2.2. Categorías de par trenzado UTP.

La categoría 1 se refiere al tradicional cable telefónico, el cual podía transmitir voz pero no datos. La mayoría del cable telefónico anterior al año 1983 era categoría 1. La categoría 2 puede transmitir datos hasta 4 Mbps y consiste de cuatro pares trenzados. La



categoría 3 puede transmitir datos hasta 10 Mbps y consiste de cuatro pares trenzados con nueve vueltas por metro. Las categorías 4 y 5 consisten de cuatro pares trenzados y pueden transmitir hasta 16 y 100 Mbps respectivamente; la categoría 5 incluye algunas mejoras tales como más vueltas por metro y un grado aislante mayor; para mejorar el desempeño de la transmisión de datos. La instalación de la categoría 5 requiere, además, técnicas y equipo más sofisticados. La mayoría de los sistemas telefónicos utilizan algún tipo de *UTP*, de hecho una razón del porque es tan popular se debe a que muchos edificios están precableados para sistemas de telefonía con par trenzado.

El *STP*, difiere del *UTP* en que una malla metálica enrolla a los cables, los cuales pueden estar o no trenzados. Los cables pueden ser blindados individualmente, o una sola malla puede envolver a todos los cables. La malla puede ser fabricada de aluminio, acero o cobre; y debe ser eléctricamente aterrizada. Los *STP* ofrecen un desempeño mayor ya que reduce las interferencias electromagnéticas provenientes de motores eléctricos, de otros cables cercanos y de aparatos de radio. La malla absorbe la energía electromagnética y la dirige a tierra ayudando a que la señal mantenga un nivel adecuado en distancias grandes. Entre las desventajas del *STP* se pueden mencionar que su costo es mayor al del *UTP* por la malla adicional, además de que dicha malla agrega peso al cable, lo que lo hace más difícil de manejar; también el aterrizaje eléctrico de la malla requiere de más tiempo y esfuerzo.

Un par trenzado típico puede soportar un ancho de banda de hasta 250 kHz. La calidad de la señal es siempre importante, especialmente cuando se transmiten datos, el par trenzado es especialmente susceptible a interferencias externas por ejemplo cuando actúan como antenas recibiendo *EMI* (*ElectroMagnetic Interference*, Interferencia Electromagnética) y *RFI* (*Radio Frequency Interference*, Interferencia de Radio Frecuencia) incluyendo motores eléctricos, transmisiones de radio y cajas de luz fluorescente.

2.2.2. Cable coaxial

El cable coaxial es un alambre de cobre muy robusto y blindado. El conductor del centro es más grueso que un par trenzado, el cual está envuelto por otro conductor tipo blindaje disminuyendo las pérdidas en la amplitud de la señal; un aislante de plástico separa a los dos conductores. Todo el cable es protegido por un material dieléctrico como puede ser PVC o teflón. Lo anterior se muestra en la figura 2.5. Los dos conductores comparten un eje común de ahí el término de coaxial.



Figura 2.5. Cable coaxial.

En el cable coaxial el conductor central lleva la señal portadora y el conductor externo generalmente es utilizado para tierra y se mantiene a un nivel de 0 volts. Por lo tanto el cable coaxial se describe como un medio eléctrico desbalanceado. El calibre de un

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

cable coaxial es mayor al de un par trenzado, esto incrementa el ancho de banda disponible (señales de alta frecuencia) y la distancia de transmisión (menor resistencia óhmica); aunque incrementa el costo por utilizar una cantidad mayor de cobre. La capacidad de ancho de banda del cable coaxial depende de algunos factores como el calibre del conductor central, el tamaño de la red y el espaciamiento de los amplificadores y otros dispositivos intermedios. Dado que el ancho de banda disponible es muy significativo, el cable coaxial es utilizado en aplicaciones de alta capacidad de información, tales como datos y transmisión de imágenes. En aplicaciones de señales de canales de televisión por cable (*CATV*) el ancho de banda disponible es de 500 hasta 750 MHz. La atenuación de las señales transmitidas en el cable coaxial es mínima debido al blindaje el cual debe ser aterrizado apropiadamente. En redes de comunicaciones el cable coaxial se utiliza para conectar dispositivos mediante conectores *BNC* (*Bayonet Nut Connector*, Conector Tipo Bayoneta). Los tipos más utilizados son el RG-58 y el RG-8 en aplicaciones Ethernet; ambos tipos tienen una impedancia de 50 ohms. En cuanto a la distancia el cable coaxial no tiene las limitaciones del par trenzado, debido a que el conductor central es más grueso y con menos resistencia para la señal portadora; los amplificadores y otros dispositivos intermedios deben utilizarse para extender las transmisiones a alta frecuencia a través de distancias significativas. Al contrario del par trenzado, la adquisición, despliegue e instalación de cable coaxial tiene un costo alto debido al volumen y masa del cable coaxial, así como por los requerimientos para el aterrizaje del blindaje; sin embargo, en aplicaciones de transmisiones de alta capacidad de datos, el desempeño del cable coaxial desplaza el costo. Una de las aplicaciones más utilizadas del cable coaxial es para señales de televisión por cable (*CATV*) ya que puede transmitir hasta 40 canales en un ancho de banda de 330 MHz y hasta 116 canales en un ancho de banda de 750 MHz.

2.2.3. Fibra óptica

La fibra óptica es lo más nuevo en tecnología de transmisión de datos, voz e imágenes por una línea continua. En vez de transportar las señales de telecomunicación en la forma eléctrica tradicional, en esta tecnología se utilizan series de pulsos de luz a alta velocidad en los que se transporta la información codificada dentro de hilos de vidrio del espesor de un cabello, llamadas fibras ópticas. Al final del recorrido, los pulsos que se reciben se reconvierten, mediante electrónica de estado sólido, en señales eléctricas para que se puedan procesar en las microcomputadoras, terminales y macrocomputadoras principales ordinarias. La tecnología de fibras ópticas es un revolucionario despegue respecto de los medios tradicionales de transporte de mensajes, constituidos por hilos de cobre y señales de radio por microondas. Una de las ventajas principales de la fibra óptica es su gran ancho de banda (frecuentemente excede los 2 Gbps) con el cual se pueden transportar grandes cantidades de información; es esta capacidad la que las hace un medio ideal para la transmisión simultánea de señales de voz, datos y video.

Como ya se dijo, las fibras ópticas en que se transportan los pulsos de luz se fabrican con hilos de plástico o vidrio del espesor de un cabello. Sin embargo, el plástico ya está en desuso porque del vidrio se puede obtener un producto mucho más puro, con el que es posible transmitir la señal una distancia mayor antes de que se necesite un repetidor para incrementar la intensidad de la señal. Con un nuevo tipo de vidrio aún más puro,

llamado vidrio de haluro, el cual se fabrica con torio, lantano y lutecio; la luz puede viajar más lejos antes de que se atenúe lo suficiente para requerir un repetidor.

Los transmisores ópticos convierten la energía eléctrica proveniente de la computadora o terminal en pulsos luminosos que se acoplan en la fibra óptica y se transmiten por ella. Las fuentes de luz que se utilizan comúnmente son el *LED (Light Emitting Diode, Diodo Emisor de Luz)* e *ILD (Injection Laser Diode, Diodo Láser de Inyección)*. Los diodos láser se utilizan para grandes distancias, son más costosos que los *LED* y su vida útil generalmente es menor en un factor de 10.

Entre las ventajas que ofrece la fibra óptica se pueden mencionar: tamaño y peso pequeños, puesto que no es conductor está libre de interferencia electromagnética; entre las desventajas destacan que su resistencia a la tensión no es tan grande como la de algunos otros cables, por ejemplo el coaxial; y que su costo es relativamente alto aunque se compensa por el inmenso ancho de banda que ofrece.

2.2.4. Microondas

Las microondas son señales que operan en las frecuencias del orden de los GigaHertz (GHz), en la tabla 2.3 se presentan las bandas de microondas que se utilizan. La longitud de onda de este tipo de señales está en el rango de los milímetros. Esta longitud de onda tan corta da el término de microondas. Como las señales de alta frecuencia son especialmente susceptibles a la atenuación deben ser amplificadas (señales análogas) o repetidas (señales digitales) frecuentemente; por lo tanto si una distancia considerable separa las antenas de origen y llegada de las microondas deben instalarse antenas intermedias con la intención de mejorar la señal.

Bandas de frecuencia	Máxima separación entre antenas	Análogo/digital
4-6 GHz	32-48 km	Análogo
10-12 GHz	16-24 km	Digital
18-23 GHz	8-11 km	Digital

Tabla 2.3. Bandas de frecuencias asignadas a microondas.

Para maximizar la señal de alta frecuencia y por consiguiente aumentar la distancia de transmisión, las microondas se enfocan, tal como un foco de una lámpara se centra para un mejor alumbrado; la antena transmisora de microondas es centrada en una cavidad cóncava, un plato metálico reflectivo se utiliza para enfocar las microondas para un máximo efecto en la antena. Similarmente, la antena receptora también se centra en un

plato metálico cóncavo, el cual sirve para recibir la máxima cantidad de información y llevarla al receptor. Cada antena debe estar en la línea de vista de la siguiente antena, ya que las ondas de radio de alta frecuencia no atraviesan objetos sólidos tales como edificios, montañas o aviones; debido a la curvatura de la tierra y los problemas obvios de transmitir a través de ella, las microondas están limitadas a una distancia de 80 kilómetros, figura 2.6. Las interferencias que reciben las microondas son generalmente debidas al medio ambiente: smog, polvo y lluvia. El ancho de banda de las microondas es desde los 4 hasta los 23 GHz y algunas bandas de frecuencia están protegidas por autoridades regulatorias en la mayoría de los países y regiones; además la instalación de la antena y el nivel de potencia de transmisión están también regulados. Las antenas generalmente se instalan en edificios o torres especialmente diseñadas para colocar el plato generalmente en forma de parábola; mientras más grande sea el plato parabólico mejor será el desempeño de la antena. Tubos huecos conocidos como guías de onda sirven para enviar las microondas entre el equipo electrónico de receptor/transmisor y la antena. Para obtener un excelente funcionamiento de las microondas las obstrucciones físicas deben evitarse a toda costa, incluso las construcciones más pequeñas pueden afectar el desempeño de las microondas. La adquisición, despliegue e instalación de una red de microondas pueden ser altos, del orden de las decenas de miles de pesos, sin embargo si se comparan con los costos de los sistemas cableados, ésta tendería favorablemente a las microondas. La aplicación principal de las microondas es para enviar datos y voz a grandes distancias a alta velocidad.

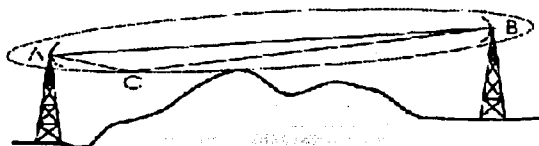


Figura 2.6. Sistema de transmisión por microondas.

2.2.5. Satélite

La transmisión por satélite es muy simple, se trata de un sistema de transmisión por microondas utilizando una estación en el espacio; los satélites han enviado voz, datos y video alrededor de la tierra y a las regiones más remotas del mundo. Algunas aplicaciones como GPS no sería posible sin los satélites.

El sistema de comunicaciones por satélite involucra el uso de una estación transmisora, la cual se enlaza con un satélite ubicado en una órbita geoestacionaria, tal órbita está a 36,000 kilómetros aproximadamente sobre el Ecuador, a esa altitud y en una órbita ecuatorial el satélite se mantiene en sincronización con el movimiento de la tierra, manteniéndose como un punto fijo sobre la misma, tanto en latitud como longitud. Por tal motivo, a nivel terrestre se utilizan antenas fijas que apuntan hacia el satélite; el cual recibe

y retransmite la información proveniente de las estaciones terrenas. A este tipo de satélites se les llama *GEO* (*Geosynchronous Earth Orbiting*, *Orbita Geosíncrona Terrestre*), aunque también son conocidos como *FSSs* (*Fixed Satellite Systems*, *Sistemas de Satélites Fijos*).

La popularidad de las comunicaciones por satélite ha propiciado regulaciones internacionales para manejar y distribuir frecuencias, así como el número de órbitas disponibles para el posicionamiento del satélite. Como en el caso de las microondas terrestres, existe un número de bandas de frecuencias asignadas a los sistemas satelitales, las cuales están entre los MHz y GHz, ver tabla 2.4. Debido al área de cobertura del satélite las frecuencias deben ser distribuidas a nivel nacional, regional e internacional. Actualmente 192 *GEOs* están en operación.

Rango de frecuencias	Designación de banda	Satélite
136-137 a 148 MHz	VHF	NOAA y LEO
400 MHz	UHF	Orbcomm
1610-1625.5 MHz	Banda-L	LEO's
2483.5-2500 MHz	Banda-L	LEO's
2310-2360 MHz	Banda-S	Radio, defensa civil
3700-4200 MHz	Banda-C	Galaxy, satcom
5925-6425 MHz	Banda-C	Telstar, intelsat
4-6 GHz	Banda-C	Intelsat, comsat
11.7-12.2 GHz	Banda-Ku	Globalstar
14-14.5 GHz	Banda-Ku	Globalstar
20-30 GHz	Banda-Ka	ACTS

Tabla 2.4. Bandas de frecuencias en comunicaciones por satélite.

Aunque las altas frecuencias son susceptibles a la atenuación en la atmósfera, éstas se pueden propagar distancias infinitas en el vacío del espacio sin pérdidas de señal; sin embargo la atenuación puede ser problemática dentro de pocas millas en la atmósfera, en

las regiones de *uplink* (Enlace Ascendente) y *downlink* (Enlace Descendente). Dichas regiones generalmente utilizan diferentes frecuencias de transmisión para evitar la interferencia entre señales entrantes y salientes.

La amplia cobertura de un sistema de comunicaciones por satélite permite que una señal sea radiada sobre una amplia área. Por lo tanto, cualquier número (teóricamente un número infinito) de antenas terrestres pueden recibir la señal, más o menos simultáneamente. De esta manera los satélites se utilizan como una red punto-multipunto a través de una sola estación *uplink* y múltiples estaciones *downlink*. En la tabla 2.5 se da un ejemplo de frecuencias utilizadas en estaciones *uplink* y *downlink*.

Designación de banda	Rango de frecuencias	Aplicaciones
Banda-C	6 GHz / 4 GHz	Videokonferencia, voz y TV
Banda-Ku	14 GHz / 11-12 GHz	TV, DBS / DSS
Banda-Ka	30 GHz / 20 GHz	telefonía celular

Tabla 2.5. Frecuencias de estaciones *uplink* y *downlink*.

Los sistemas de comunicaciones por satélite consisten de una antena con su respectivo plato parabólico, el cual sirve para recibir la señal de la antena transmisora o enviarla hacia otra antena; los platos varían en tamaño dependiendo de los niveles de potencia y bandas de frecuencia. Los platos generalmente se instalan en un tripode o algún tipo de brazo el cual se ancla en el suelo, las guías de onda son el vehículo por donde viajan las señales de la antena de y hacia los dispositivos electrónicos de transmisión y recepción. La antena terrestre maneja sólo una banda de frecuencia, la cual puede ser: Banda C, banda Ku o banda Ka. Un satélite híbrido puede manejar varias bandas de frecuencia para diferentes aplicaciones, tales como radio, TV, radiolocalización, voz y datos. Si la banda de frecuencia es muy alta el plato de la antena tiende a ser pequeño, por ejemplo los platos para señales de TV DBS (*Direct Broadcast Satellite*, Servicio de Transmisión de Señales de Televisión) en banda Ku tienden a ser muy pequeños, mientras que los platos en banda C son más grandes (como un punto de referencia el plato del INTELSAT I en 1968 medía 30 metros de diámetro).

Los satélites son propiamente repetidores de señales y se clasifican por la órbita en que están ubicados en: *GEO*, situado a 36,000 km de altura; *MEO* (*Medium Earth Orbit*, Satélite de Media Órbita) situado a una altura aproximada de 10,000 km; y *LEO* (*Low Earth Orbit*, Satélite de Baja Órbita) situado a una altura entre 700 y 1400 km. Los elementos que conducen las comunicaciones se llaman *transponders*, éstos reciben la señal proveniente de una estación terrena mediante un enlace *uplink*, la amplifican y la

retransmiten a las estaciones terrenas mediante un enlace *downlink*. Los satélites contemporáneos, tal como el Intelsat VI, comúnmente maneja hasta 46 *transponders*.

Las terminales de muy pequeña apertura (*VSATs*, *Very Small Aperture Terminals*) forman parte de un sistema de comunicación satelital y conforman la estación terrena con platos de muy poco diámetro o apertura, operando en las bandas C y Ku. Las *VSATs* son digitales y diseñadas principalmente para enviar datos de un punto a multipunto mediante redes privadas enormes.

Típicamente un satélite es capaz de manejar un ancho de banda total de 500 MHz para transmisión y 500 MHz para recepción; sin embargo, con el fin de facilitar la operación del satélite y procesar por separado las señales recibidas, dicho ancho de banda es subdividido en varios canales, que por lo general tienen un ancho de banda de 36 MHz o 72 MHz. Es importante notar que entre cada uno de los canales se tienen bandas de guarda con el objeto de evitar interferencia con los canales adyacentes. Como en la mayoría de los sistemas de transmisión, las bandas de alta frecuencia ofrecen un gran ancho de banda, la banda C es la más limitada mientras que la banda K es la de mayor ancho de banda de las bandas de frecuencia comerciales para satélite. Como referencia el Intelsat I podía ordenar sólo 240 circuitos de voz mientras que el Intelsat VI 120,000 circuitos de voz y 3 canales de TV con un ancho de banda total de 3.46 GHz.

Las transmisiones por satélite son susceptibles a interferencias del medio ambiente, particularmente en frecuencias por encima de 20 GHz. La interferencia electromagnética es la que más afecta a las transmisiones por satélite. La distancia a la que se puede transmitir información por satélite no es considerada limitada, ya que la señal atraviesa el vacío del espacio; cada señal viaja aproximadamente 36,000 kilómetros en cada dirección. Estaciones terrenas más grandes y potencia adicional se requieren para llegar a regiones alejadas del Ecuador, por ejemplo: Nueva Zelanda y Sudáfrica. La adquisición, despliegue e instalación de un sistema de comunicación por satélite es extremadamente alto (200 millones de dólares); sin embargo, un gran número de usuarios pueden compartir el satélite. El costo correspondiente a dicho sistema de comunicaciones incluye el costo mismo del satélite, el soporte técnico que ofrece el proveedor (*Hughes Communications Inc, AT&T SkyNet*) así como la adquisición de la antena terrestre; comparando la transmisión por satélite con los sistemas por cable o sistemas de microondas terrestres, la comparación favorece al primero. Normas internacionales regulan las comunicaciones por satélite, así como el lugar de instalación de las antenas. En Estados Unidos las redes satelitales están ampliamente disponibles. Finalmente, las aplicaciones del satélite son numerosas, y se incrementan rápidamente, además de transmitir voz, datos, programas de radio y televisión a los lugares más lejanos y reconditos; también se utiliza para navegación marítima, videoconferencias, manejo de inventarios y control, aplicaciones más recientes incluyen navegación aérea, *GPS*, *ATMS* (*Advanced Traffic Management Systems*, Sistemas Avanzados de Administración de Tráfico), *DBS* para TV, *ISDN* (*Integrated Services Digital Network*, Red Digital de Servicios Integrados), para voz y datos, así como acceso a Internet. En la figura 2.7 se muestra un sistema de transmisión por satélite.

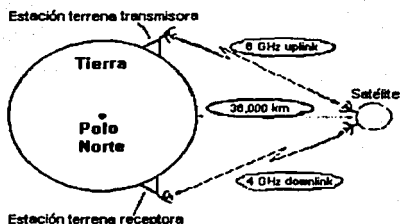


Figura 2.7. Sistema de transmisión por satélite.

2.3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE VOZ

2.3.1. Red telefónica pública

Inicialmente las redes de telefonía pública fueron diseñadas para transportar voz solamente, ya que los sistemas para comunicar datos, imagen y video no existieron hasta muchos años después. Las características del tráfico de voz eran y siguen siendo bien conocidas y fácilmente entendidas. Específicamente las llamadas de voz eran ocasionales, cortas, bidireccionales, continuas y analógicas.

Cada tipo de red puede ser descrita en términos del número de características clave que definen su aplicación. La *PSTN* (*Public Switched Telephone Network*, Red Telefónica Pública) se caracteriza como una red para comunicaciones de voz, primariamente con una base de circuitos conmutados, con completa interconexión entre redes individuales. La red es analógica en el nivel de malla local y digital en su nivel principal, utilizando un medio de transmisión alámbrico.

La red original fue diseñada para transportar comunicaciones de voz solamente, la actual *PSTN* puede transportar datos e imagen. El *fax* es un ejemplo excelente de tráfico de imagen a través de la *PSTN*; además equipo especial de video-conferencia e interfaces de varios tipos ayudan a la comunicación de video. El Internet viaja a través de la red telefónica pública.

La red original era analógica, actualmente las naciones industrializadas han optado por cambiar su red a digital, esto tiene las ventajas de incrementar el ancho de banda y reducir la atenuación. Paulatinamente se fueron conectando entre sí las redes locales y de larga distancia, para tener la posibilidad de poder comunicarse a cualquier lugar del mundo.

Las redes tradicionales son alámbricas (par trenzado y fibra óptica), aunque la tecnología inalámbrica también se utiliza; las redes alámbricas tienen mejor desempeño en cuanto al ancho de banda y atenuación, en particular la fibra óptica es notable en esos aspectos; además de que no son tan susceptibles a interferencias del medio ambiente.

Aunque las redes alámbricas son más costosas de instalar y configurar, aún así son más ventajosas que las inalámbricas.

Un espectro limitado de frecuencias, interferencia electromagnética y una variedad de otras limitaciones, son las desventajas de las redes inalámbricas. Por lo tanto generalmente se evitan en la arquitectura de las *PSTNs*, sin embargo las microondas son utilizadas en muchas redes. Las comunicaciones inalámbricas (por satélite) también son utilizadas para ciertas comunicaciones internacionales, para tener acceso a islas o lugares remotos. Las ventajas de las comunicaciones inalámbricas incluyen la rapidez y el bajo costo de instalación.

Para conectar un teléfono a cualquier otro teléfono en el mundo se requiere de un *NPA (Numbering Plan Administration, Plan de Administración de Numeración)*. La convención *NPA* actual especifica un máximo de 15 dígitos; cuando se marca un número telefónico el usuario instruye a la red para establecer una conexión entre dos direcciones físicas basadas en una dirección lógica, la cual es una serie de números seguidos de un patrón específico.

Para la transmisión de los datos en una red de comunicaciones es necesario contar con líneas telefónicas, las cuales pueden ser conmutadas, dedicadas o virtuales, dependiendo de los requerimientos y la aplicación; generalmente el costo determina la selección.

2.3.2. Servicios dedicados y conmutados

Los servicios dedicados, en el sentido tradicional, son circuitos con líneas de transporte arrendadas, que son dedicadas a un uso específico y por un usuario específico. Los servicios dedicados ofrecen al usuario la ventaja de un alto grado de disponibilidad, así como niveles específicos de capacidad y calidad. Nuevamente, pueden ser analógicas o digitales, de un solo canal o multicanal, pueden comunicar voz y datos. Los servicios telefónicos locales ofrecen servicios dedicados. Entre las aplicaciones de los servicios dedicados se encuentran las comunicaciones intensivas entre lugares físicos bien definidos, lo anterior es para disminuir los costos de la red. Los servicios dedicados utilizan las facilidades de transmisión de la *PSTN*, rara vez los usuarios utilizan otro sistema de comunicación y cuando lo hacen utilizan microondas privadas. En servicios dedicados el circuito de conmutación se desvía para que no pase por el equipo de conmutación, así se tiene un circuito mucho más limpio, con menos ruido y distorsión y menos retransmisión de mensajes a causa de los errores. Los servicios dedicados son circuitos a cuatro hilos.

Las líneas conmutadas están conectadas en una red a través de dispositivos conmutadores intermedios situados en una oficina central, las líneas conmutadas son compartidas por múltiples usuarios tal como se hace para el sistema telefónico ordinario; esto implica que no se puede completar la llamada si el otro teléfono o circuito está ocupado. Las líneas conmutadas son circuitos a dos hilos.

Las líneas virtuales son circuitos lógicos en vez de físicos. La conectividad de circuitos virtuales se logra a través de circuitos físicos multicanal de alta capacidad como la

fibra óptica. Los circuitos virtuales se establecen en redes basadas en tablas de rutas de *software*. Los circuitos virtuales pueden ser de dos tipos: *PVC (Permanent Virtual Circuit, Circuito Virtual Permanente)* y *SVC (Switched Virtual Circuit, Circuito Virtual Conmutado)*. En cualquiera de los dos casos un circuito virtual provee conectividad tal como si fuera un circuito físico, o sea, que puede soportar un gran número de circuitos lógicos (*buffers, switches* y dispositivos de control).

2.4. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE DATOS

Los elementos en un sistema de comunicación de datos a grandes rasgos se pueden dividir en *DTE (Data Terminal Equipment, Equipo Terminal de Datos)*, *DCE (Data Communications Equipment, Equipo de Comunicación de Datos)*, y el canal de transmisión. Los *DTE* son los equipos fuente y destino de los datos. Entre estos equipos en el medio de la computación se pueden mencionar los Servidores, Microcomputadores y Terminales. Los *DCE* son los equipos de conversión entre el *DTE* y el canal de transmisión, es decir, los equipos a través de los cuales conectamos los *DTE* a las líneas de comunicación, un claro ejemplo de un *DCE* es un modem.

Para poder llevar a cabo la comunicación de datos son necesarios varios elementos, los cuales se distinguen por la función que realizan, los cuales son: generación de la señal, uso del sistema de transmisión, implementación de una interfaz, sincronización, gestión del intercambio, detección y corrección de errores, control de flujo, entre otras.

Generación de la señal

Se genera la señal por un *DTE*, la cual puede contener la información que desea ser transmitida. Una señal puede ser en el ámbito del tiempo, continua o discreta. Se puede caracterizar por ser periódica o no periódica. Las señales periódicas se identifican por tener una repetición en un intervalo de tiempo fijo que es conocido como período. Las señales generalmente se caracterizan por la amplitud, la frecuencia y la fase, este tipo de señales se consideran como señales analógicas. Prácticamente las señales están compuestas por varias frecuencias, las cuales son múltiplos de una frecuencia dada conocida como fundamental. En el caso de las señales binarias o de onda cuadrada, éstas se conforman por ondas senoidales que contienen múltiplos de una frecuencia fundamental y se conocen como señales digitales.

Uso del sistema de transmisión

Para cuantificar una señal analógica ésta se considera con valores continuos y una señal digital se considera con valores discretos. Los datos en una señal analógica se pueden representar por una señal electromagnética con el mismo espectro que los datos. La transmisión analógica es una forma de transmitir con una señal continua diferentes tipos de datos, ya sean analógicos o digitales. Sin embargo, presenta el inconveniente de que la señal se debilita conforme se está incrementando la distancia entre los *DTEs*, por lo que es necesaria amplificar la señal para obtener mejores resultados en la transmisión.

Los datos en una señal digital se representan por una serie de pulsos que son los valores binarios de la señal. En la práctica han tenido buena aceptación esta forma de transmitir los datos, ya que la tecnología digital ha mejorado considerablemente, al mismo tiempo de que al utilizar repetidores en vez de amplificadores, como en la transmisión analógica, no se acumula el ruido y otras distorsiones. También se pueden mencionar que tiene como ventaja que se pueden encriptar los datos, por lo que se incrementa la seguridad en la transmisión, y también se pueden integrar fácilmente servicios analógicos como la voz, tratada digitalmente, con servicios digitales, como los datos.

Implementación de una interfaz

Una interfaz es una conexión entre uno o más dispositivos que permite su comunicación. Generalmente los equipos de cómputo y las terminales no están capacitados para transmitir y recibir datos de una red a distancia, por lo que existen dispositivos encargados de la conexión y es donde los *DCE* se utilizan. Cuando los dispositivos *DTE* y los *DCE* están en comunicación están intercambiando tanto información como datos de control. Para poder establecer comunicación entre dos *DTEs* es necesario que sus respectivos *DCE* utilicen los mismos protocolos para que se puedan entender.

Sincronización

En las comunicaciones existen dos tipos la transmisión asíncrona y la síncrona. La transmisión asíncrona consiste en que cada byte de datos incluye señales de arranque y parada, al principio y al final, esto con la función de avisar al receptor que está llegando un dato y para darle tiempo al receptor para realizar las funciones de sincronismo antes de que llegue el segundo byte. La Transmisión síncrona es la que utiliza canales separados de reloj que administra la recepción y la transmisión de los datos. Al principio de cada transmisión se emplean señales preliminares, son bytes de sincronización y banderas, cuya principal función es alertar al receptor de la llegada de datos.

Gestión del intercambio

Para la gestión de la comunicación se establece lo que son los protocolos de comunicación. En la actualidad se cuenta con muchos protocolos de comunicación y son utilizados cotidianamente en una conexión. Posteriormente en éste capítulo serán explicados los protocolos más comunes.

Detección y corrección de errores

Cuanto mayor es la cantidad de datos que se transmite, mayor es la probabilidad de que contenga algún error, por lo que se añade un código para detectar errores. Este código debe ser conocido e interpretado tanto por el emisor como el receptor. Para tener un control de errores se trata de detectar y corregir errores aparecidos en las transmisiones. Puede haber dos tipos de errores, las tramas perdidas donde una trama enviada no llega a su destino y las tramas dañadas donde llega una trama con algunos bits erróneos.

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

Hay varias técnicas para corregir estos errores, donde figuran la detección de errores: las confirmaciones positivas, donde el receptor devuelve una confirmación de cada trama recibida correctamente; la retransmisión después de la expiración de un intervalo de tiempo, si el emisor no recibe confirmación del receptor, reenvía otra vez la trama; y la confirmación negativa y retransmisión donde el receptor sólo confirma las tramas recibidas erróneamente, y el emisor las reenvía.

Control de flujo

Es una técnica para que el emisor no sobrecargue al receptor al enviarle más datos de los que pueda procesar. El receptor tiene un *buffer* de una cierta capacidad para ir guardando los datos recibidos y tras procesarlos, enviarlos a capas superiores. El Control de flujo mediante *parada y espera* consiste en que el emisor envía una trama y al ser recibida por el receptor, éste (el receptor) confirma al emisor (enviándole un mensaje de confirmación) la recepción de la trama. Este mensaje recibido por el emisor es el que le indica que puede enviar otra trama al receptor. De esta forma, cuando el receptor esté colapsado (el *buffer* a punto de llenarse), no tiene más que dejar de confirmar una trama y entonces el emisor esperará hasta que el receptor decida enviarle el mensaje de confirmación (una vez que tenga espacio en el *buffer*).

Este sistema es el más eficaz para que no haya errores y es el más utilizado cuando se permiten tramas muy grandes, pero es normal que el emisor parta las tramas en más pequeñas para evitar que al ser una trama de larga duración, es más probable que se produzca algún error en la transmisión. También, en redes *LAN* no se suele permitir que un emisor acapare la línea durante mucho tiempo (para poder transmitir una trama grande).

2.4.1. Protocolos

Un protocolo es el conjunto de normas para comunicarse dos o más entidades (objetos que se intercambian información). Los elementos que definen un protocolo son la Sintaxis, es decir, el formato, codificación y niveles de señal de datos; la Semántica, es decir, la información de control y la gestión de errores y la Temporización, es decir, la coordinación entre la velocidad y orden secuencial de las señales.

Las características más importantes de un protocolo son: forma, estructura, simetría y normalización.

La forma o protocolo puede ser directo o indirecto. Los enlaces punto a punto son directos, pero los enlaces entre dos entidades en diferentes redes son indirectos, ya que intervienen elementos intermedios.

De estructura puede ser monolítico o estructurado. El monolítico es aquel en que el emisor tiene el control en una sola capa de todo el proceso de transferencia. En protocolos estructurados hay varias capas que se coordinan y que dividen la tarea de comunicación.

De simetría puede ser simétrico o asimétrico. Los simétricos son aquellos en que las dos entidades que se comunican son semejantes en cuanto a poderse entender, tanto

emisores como consumidores de información. Un protocolo es asimétrico si una de las entidades tiene funciones diferentes de la otra (por ejemplo en clientes y servidores).

De normalización puede ser normalizado o no normalizado. Los no normalizados son aquellos creados específicamente para un caso concreto y que no va a ser necesario conectarlos con agentes externos. En la actualidad, para poder intercomunicar muchas entidades es necesaria una normalización, por lo que existen también los protocolos normalizados.

2.4.2. Tipos de protocolos de comunicación

En la actualidad se cuenta con muchos protocolos de comunicación comerciales, los más importantes y/o comerciales hoy día son: *FTP, HTTP, IPX/SPX, NFS, POP3, SCP, TCP/IP.*

FTP

El protocolo *FTP (File Transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Archivos)* es el que se encarga de compartir archivos entre computadoras (programas y/o datos), el uso remoto de las computadoras, y transferir datos de una forma segura y óptima por computadora. *FTP* mas que para ser usado por un usuario directamente es para que los programas lo usen entre ellos para comunicarse.

HTTP

El protocolo *HTTP (Hyper Text Transfer Protocol, Protocolo para la transferencia de hipertextos)* se usa para la transferencia de hipertextos, es para todos los sistemas de información distribuidos que tengan la necesidad de mostrar la información y pasarla por una comunicación normal haciendo uso de las ligas de este lenguaje. La primera versión de este lenguaje (*HTTP 0.9*) se uso desde 1990. El Protocolo fue implementado inicialmente para WWW en 1991 como una iniciativa de software y se denominó *HTTP 0.9*. El protocolo completo fue definido en 1992 e implementado en marzo de 1993.

IPX/SPX

El protocolo *IPX/SPX (Internetwork Packet Exchange/Sequence Packet Exchange, Red de Intercambio de Paquetes/ Secuencia de Intercambio de Paquetes)* es usado y registrado por la compañía mundial de redes *Novell*. Este protocolo ha demostrado sobradamente su valía en redes de área local, es rápido, fácil de configurar y requiere pocas atenciones. Es el protocolo que Microsoft recomienda para redes de área local basadas en *DOS, Windows 3.x, Windows 95 y Windows NT.*

El principal inconveniente que presenta para redes medianas y grandes es que no se puede enrutar o sea que no puede pasar de una subred a otra si entre ambas hay un ruteador. Otro inconveniente que presenta en redes con un cierto número de equipos es que puede llegar a saturar la red con los *broadcast* que lanzan los equipos para anunciarse en la red.

NFS

NFS (Network File System, Sistema de Archivos de RED) es un sistema distribuido para archivos, éste es para las redes heterogéneas, con este protocolo el usuario sólo ve un directorio cuando está dentro de la red, claro que tiene ramas dentro pero no puede ver más arriba del nivel en el que se entra.

POP3

POP3 (Post Office Protocol version 3, Protocolo de Oficina de Correos versión 3) es netamente un protocolo para la administración de correo en Internet. El Protocolo *POP3* está destinado a permitir que una estación de trabajo acceda dinámicamente a un *maildrop* en un servidor de forma útil y eficiente. Esto significa que el protocolo *POP3* se usa para permitir a una estación de trabajo recobrar correo que el servidor tiene almacenado.

SCP

SCP (Simple Communication Protocol, Protocolo Simple de Comunicación) es un protocolo que deja al servidor y al cliente tener múltiples conversaciones sobre una *TCP* normal, esto como es evidente declara que el protocolo *SCP* necesita montarse sobre el *TCP*. El servicio principal de este protocolo es el control del diálogo entre el servidor y el cliente, administrando sus conversaciones y agilizarlas en un alto porcentaje, este protocolo permite a servidor y cliente establecer una sesión virtual sobre la normal.

TCP/IP

El *TCP/IP (Transfer Communication Protocol / Internet Protocol, Protocolo de Transferencia de Comunicación / Protocolo de Internet)* es un conjunto de protocolos de comunicación, es decir de convenciones particulares, creadas para permitir la colaboración y la partición de recursos entre más ordenadores conectados entre sí en la que está definida como red o *network*. Internet es en absoluto la más grande entre todas las redes existentes, debido a que logra conectar entre sí ordenadores personales y redes de menor amplitud en todo el mundo. Sobre Internet, de hecho, se puede encontrar en conexión los ordenadores de instituciones del gobierno, militares, universidades y empresas privadas. Lo que permite a máquinas tan distintas por hardware y por prestaciones, comunicar entre sí de manera casi transparente. El *TCP/IP* constituye un tipo de 'lenguaje universal' comprendido y utilizado por todas las máquinas que cooperan en Internet.

El nombre más apropiado para indicar este conjunto de protocolos, es *Internet protocol suite*, es decir colección de protocolos de Internet. El *TCP* y el *IP* son dos protocolos que pertenecen a esta colección. Puesto que éstos son también los protocolos más conocidos, ha entrado en el uso común llamar *TCP/IP* a toda la familia, aunque en algunas ocasiones una generalización parecida pueda resultar un error. Como quiera que se llame, el *TCP/IP* representa una familia de protocolos, proveen a la gestión de las funciones de bajo nivel, que son necesarias para la mayoría de las aplicaciones. El *TCP* y el *IP* pertenecen a los protocolos de bajo nivel. Sobre esta base, se desarrollan otros protocolos que gestionan funciones particulares, como la transferencia de ficheros, el envío del correo

electrónico, la conexión remota, el control de los usuarios que se han conectado a la red en un momento específico, compartir impresoras y de programas aplicativos, y algo más.

Todo esto está generalmente simplificado en un modelo cliente/servidor, en el cual el servidor se identifica con el ordenador que proporciona un servicio específico, a través de la red, y en el cual el término cliente se identifica con el ordenador que explota este servicio, aunque con la palabra cliente se incluya también aquellos programas que uno utiliza para tener acceso a estos mismos servicios (por ejemplo *Internet Explorer* y *Netscape* son dos clientes típicos para tener acceso a las páginas del *WWW*).

El *TCP/IP* es un conjunto de protocolos a capas. En particular, el *TCP* se preocupa de 'empaquetar' bien todos los datos que le son suministrados por los protocolos de nivel superior; es posible que los subdivida en más partes si resultasen demasiado largos para un solo envío en red; asimismo, recuerda lo que ha sido enviado, se acuerda de volver a enviarlo en el caso en que se hubiera perdido y controla que todo se realice de forma transparente para el usuario.

Ya que este tipo de operaciones es de uso general y es necesario tanto para enviar correo como para enviar archivos u otras cosas, se ha pensado en hacer un protocolo propio, que pueda ser utilizado por muchos otros. Es precisamente por este motivo por lo que se define como protocolo de bajo nivel. El *TCP*, sin embargo, no es el protocolo de nivel más bajo desde el momento en que éste utiliza el *IP* para realizar determinadas acciones. De hecho, a pesar de que el *TCP* sea muy utilizado, existen protocolos que prefieren no usarlo y que para funcionar sólo necesitan las funciones que puede ofrecer el *IP*.

2.4.3. Protección de datos y seguridad en las comunicaciones

El desarrollo de la sociedad de la información, con el aumento incesante de las comunicaciones, tanto en volumen como en diversidad, conlleva la necesidad de asegurar la identidad de los usuarios en los accesos locales y remotos a los datos. La importancia y valor de estos datos manejados motiva a superar los sistemas de seguridad existentes, lo que obliga a los usuarios a instalar nuevos sistemas cada vez más potentes y fiables. Estas necesidades de autenticación y seguridad, unidas a las ya existentes anteriormente en materia de seguridad de accesos físicos, han determinado un interés creciente por los sistemas electrónicos de identificación y autenticación.

Para integrar la seguridad se puede dividir la protección en dos sectores, para datos y para comunicaciones.

Protección de datos

En la Protección de datos se tienen diferentes medios como son: autenticación, los *Firewall*, y el uso de *Proxy*.

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

Autenticación

La autenticación es la comprobación de la identidad de una persona o de un objeto. Hay diversos sistemas que pueden servir para la autenticación de servidores, de mensajes y de remitentes y destinatarios de mensajes. Sin embargo las claves privadas suelen estar alojadas en máquinas clientes y cualquiera que tenga acceso a estas máquinas puede utilizar las claves que tenga instaladas y suplantar la identidad de su legítimo usuario. La autenticación mediante contraseña es el sistema más común ya que viene incorporado en los sistemas operativos modernos de todos los ordenadores. Los ordenadores que estén preparados para la autenticación mediante dispositivo sólo reconocerán al usuario mientras mantenga introducida una "llave", normalmente una tarjeta con chip. Hay sistemas de generación de claves asimétricas que introducen la clave privada en el chip de una tarjeta inteligente.

Firewall (Cortafuegos)

Los *Firewall* son sistemas de seguridad que consisten en establecer una barrera física. En informática, un *Firewall* es cualquier sistema utilizado para separar una máquina o una subred del resto de la red para protegerla de intrusiones externas que puedan suponer una amenaza a la seguridad. La zona protegida se llama "perímetro de seguridad" y la protección se realiza separándola de una zona externa, no protegida, llamada zona de riesgo. Evidentemente la forma de aislamiento más efectiva para cualquier política de seguridad consiste en el aislamiento físico, es decir, no tener conectada la máquina o la subred a otros equipos o a Internet. Pero de lo que se trata es, precisamente, de proteger datos archivados que tienen que estar disponibles para ser transportados.

Se llama *host* bastión (también se denominan *gates*) al sistema que actúa como intermediario. Es el punto de contacto de los usuarios de la red interna de una organización con otro tipo de redes. El *host* bastión filtra tráfico de entrada y salida, y también esconde la configuración de la red hacia fuera. Esta máquina debe estar especialmente asegurada, pero en principio es vulnerable a ataques por estar abierta a Internet. Se llama "filtrado de paquetes" la acción de denegar o permitir el flujo de información entre la red interna, protegida con el *Firewall*, y el resto de Internet. Este filtrado se hace de acuerdo a unas normas predefinidas. El filtrado también se conoce como *screening*, y a los dispositivos que lo implementan se les denomina *chokes*; el *choke* puede ser la máquina bastión o un elemento diferente.

En casi todos los *Firewall* existen al menos un *choke* y una máquina bastión, aunque también puede ser considerado *Firewall* a un simple *router* que filtre paquetes. Los *Firewall* son cada vez más necesarios en las redes, pero todos los expertos recomiendan que la seguridad no se limite a su uso. Deben por tanto ser considerados un "complemento" importante, una pieza necesaria pero no suficiente de los sistemas de seguridad. Cualquier *Firewall*, desde el más simple al más avanzado, presenta dos gravísimos problemas de seguridad. Por un lado, centralizan todas las medidas en un único sistema, de forma que si éste se ve comprometido, y el resto de la red no está lo suficientemente protegida, el atacante consigue amenazar a toda la subred simplemente poniendo en jaque a una máquina. El segundo problema es la falsa sensación de seguridad que un *Firewall*

proporciona, generalmente un administrador que no disponga de un *Firewall* va a preocuparse de la integridad de todas y cada una de sus máquinas, pero en el momento en que instala el *Firewall* y lo configura asume que toda su red es segura, por lo que se suele descuidar enormemente la seguridad de los equipos de la red interna. Un *Firewall* evidentemente no protege contra ataques que no pasan por él: esto incluye todo tipo de ataques internos dentro del perímetro de seguridad, pero también otros factores que a priori no deberían suponer un problema. El típico ejemplo de estos últimos son los usuarios que instalan sin permiso, sin conocimiento del administrador de la red, y muchas veces sin pensar en sus consecuencias, un simple *modem* en sus PCs o estaciones de trabajo; esto, tan habitual en muchas organizaciones, supone la violación y la ruptura total del perímetro de seguridad, ya que posibilita accesos a la red no controlados por el *Firewall*.

Proxy

Un *proxy* es un programa que permite o niega el acceso a una aplicación determinada entre dos redes. Los clientes *proxy* se comunican sólo con los servidores *proxy*, que autorizan las peticiones y las envían a los servidores reales, o las deniegan y las devuelven a quien las solicitó.

Protección de comunicaciones

A parte de la protección de los datos también es necesario contar con la protección de las comunicaciones, esto por la necesidad de contar con la privacidad adecuada de los datos en un medio de comunicación, entre los métodos se pueden mencionar las criptografías simétrica y la asimétrica.

Criptografía Simétrica

Existen sistemas básicos en la criptografía simétrica: sustitución, permutación y confusión intercalada. Todos estos sistemas se llaman de clave simétrica, ya que será la misma clave la que se utilizará para la codificación y para la decodificación. En otras palabras, a diferencia de la criptografía asimétrica, en todos estos casos la persona que es capaz de descifrar un mensaje es capaz también de cifrarlo. A pesar de que los sistemas modernos de criptografía asimétrica son mucho más seguros, los tradicionales se siguen utilizando como parte del proceso de codificación.

Sustitución: Es el sistema más básico. La clave consiste en una tabla de equivalencias de caracteres, es decir se envía el mensaje transformado de acuerdo a la equivalencia establecida y el receptor se encarga de traducirla de acuerdo a la misma equivalencia.

Permutación: Consiste en alterar el orden de las letras siguiendo una regla determinada. Normalmente se utiliza una tabla de tamaño determinado en la que se inserta el texto original que es transformado mediante la sustitución de las columnas por las filas.

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

Confusión intercalada: Para dificultar aún más el proceso, se puede aplicar al texto original una serie de sustituciones y permutaciones sucesivas. Los protocolos de encriptación modernos utilizan también en alguna fase claves simétricas mixtas.

Criptografía de Clave Asimétrica

La criptografía asimétrica permite identificar al emisor y al receptor del mensaje. Para identificar el mensaje propiamente dicho se utilizan las llamadas funciones resumen (*hash*). El resultado de aplicar una función resumen a un texto es un número grande, el número resumen, que tiene la característica de que todos los números generados con un mismo método tienen el mismo tamaño sea cual sea el texto utilizado como base. Dado un texto base, es fácil y rápido (para un ordenador) calcular su número resumen, donde es imposible reconstruir el texto base a partir del número resumen, y resulta imposible que dos textos base diferentes tengan el mismo número resumen. Hay muchos algoritmos de este tipo. Uno de los más conocidos es *SHA* (*Secure Hash Standard*, función resumen de seguridad estándar) que se utiliza habitualmente para firmas digitales.

La criptografía asimétrica utiliza dos claves complementarias llamadas clave privada y clave pública. Lo que está codificado con una clave privada necesita su correspondiente clave pública para ser descodificado. Y viceversa, lo codificado con una clave pública sólo puede ser descodificado con su clave privada. Las claves privadas deben ser conocidas únicamente por su propietario, mientras que la correspondiente clave pública puede ser dada a conocer abiertamente.

La criptografía asimétrica está basada en la utilización de números primos muy grandes. Si multiplicamos entre sí dos números primos muy grandes, el resultado obtenido no puede descomponerse eficazmente, es decir, utilizando los métodos aritméticos más avanzados en los ordenadores más avanzados sería necesario utilizar durante miles de millones de años tantos ordenadores como átomos existen en el universo. El proceso será más seguro cuanto mayor sea el tamaño de los números primos utilizados. Los protocolos modernos de encriptación tales como *SET* (*Secure Electronic Transaction*, Transacción Electrónica Segura) utiliza claves generadas con números primos de un tamaño tal que los hace completamente inexpugnables. El problema de las claves asimétricas es que cuando el texto a tratar es largo el proceso de codificación es muy lento. Los protocolos modernos codifican el texto base con una clave simétrica tipo *DES* (*Data Encryption Standard*, Encriptación Estándar de Datos) que utiliza las claves asimétricas para la comunicación de la clave simétrica utilizada. Cuando un texto se codifica mediante una clave simétrica y se envía esta clave codificada con la clave pública del receptor, el resultado se llama "sobre digital".

Firmas Digitales: la comunicación electrónica permite un sistema de firma mucho más segura. Las firmas digitales consisten en una función resumen del texto codificado con clave privada. Este sistema garantiza a la vez la identidad y que el texto no ha sido modificado ni en una sola coma.

Certificados Electrónicos: un certificado electrónico es la acreditación por una entidad de que una clave pública se corresponde realmente a la identificación del usuario. El certificado va firmado digitalmente por la entidad que lo emite.

2.5. REDES Y CLASIFICACIÓN DE LAS REDES

Existen muchas definiciones, según los diferentes tipos de autores, para denominar una red, sin embargo, se puede describir como una serie de dispositivos autónomos conectados entre sí. Una red es un conjunto de medios para proporcionar servicios de telecomunicación entre cierto número de ubicaciones. La ubicación ya sea fija o móvil es conocida como punto de terminación de red. Así pues, se puede ver una red como algo abstracto que ofrece un determinado servicio en puntos de terminación de red. La clasificación de las redes se puede hacer mediante diferentes criterios, como son por su tamaño, tecnología de transmisión o por su tipo de transferencia.

2.5.1. Clasificación por su tamaño

Las redes por su tamaño se pueden clasificar en 5 tipos principales: *LAN*, *MAN*, *WAN*, *Internet* y Redes Inalámbricas.

LAN

La red *LAN* (*Local Area Network*, Red de Área Local) es una serie de ordenadores cuya extensión es del orden de entre 10 metros a 1 kilómetro. Son redes pequeñas, habituales en oficinas, colegios y empresas pequeñas, que generalmente usan la tecnología de *broadcast*, es decir, aquella en que a un sólo cable se conectan todas las máquinas. Las velocidades de transmisión típicas de *LAN* las que van de 10 a 100 Mbps y para las *LAN* de banda ancha entre 100 y 400 Mbps

MAN

Las redes *MAN* (*Metropolitan Area Network*, Red de Área Metropolitana) son de tamaño superior a una *LAN*, (Fig. 2.8), soliendo abarcar el tamaño de una ciudad. Es típica de empresas y organizaciones que poseen distintas oficinas repartidas en una área metropolitana, por lo que en su tamaño máximo comprenden un área de unos 10 kilómetros.

La principal razón para distinguir las *MAN* como una categoría especial es que se ha adoptado un estándar para ellas, y éste se llama *DQDB* (*Distributed Queue Dual Bus*, Bus Dual de Cola Distribuida). El *DQDB* consiste en dos buses (cables) unidireccionales, a los cuales están conectadas todas las computadoras. Cada bus tiene una cabeza terminal (*head-end*), que es un dispositivo que inicia la actividad de transmisión. El tráfico destinado a una computadora situada a la derecha del emisor usa el bus superior, el tráfico hacia la izquierda usa el bus inferior. Un aspecto clave de las *MAN* es que hay un medio de difusión al cuál se conectan todas las computadoras. Esto simplifica mucho el diseño comparado con otros tipos de redes. Las velocidades de transmisión típicas de una *MAN* van de 34 a 150 Mbps.

WAN

La red *WAN* (*Wide Area Network*, Red de Área Amplia) es de tamaño superior a una *MAN* (Figura 2.8), y consiste en una colección de servidores o de redes *LAN* conectados por una subred. Esta subred está formada por una serie de líneas de transmisión interconectadas por medio de ruteadores, aparatos de red encargados de dirigir los paquetes hacia la *LAN* o servidor adecuado, enviándose éstos de un ruteador a otro. Su tamaño puede oscilar entre 100 y 1,000 kilómetros. Las velocidades de transmisión típicas de *WAN* van de 64 kbps a 2 Mbps.

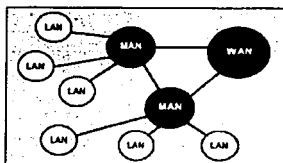


Figura 2.8. Redes LAN, MAN Y WAN.

Internet

Es una red de redes, vinculadas mediante *gateways* (puertas de enlace). Un *gateway* es un computador especial que puede traducir información entre sistemas con formato de datos diferentes. Su tamaño puede ser desde 10,000 kilómetros en adelante, y su ejemplo más claro es Internet, la red de redes mundial. Las velocidades de transmisión típicas de Internet van de 30 kbps a 2 Mbps.

Redes inalámbricas

A diferencia de las anteriores es una red cuyos medios físicos no son cables de ningún tipo. Están basadas en la transmisión de datos mediante ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.

La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigado. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos. En realidad esta tecnología está todavía en desarrollo y se deben de resolver varios obstáculos técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica. Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps,

las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 a 100 Mbps, como se mencionó anteriormente. Los sistemas de Cable de Fibra Óptica logran velocidades aún mayores, y pensando futuristamente se espera que las redes inalámbricas alcancen velocidades de solo 10 Mbps.

Se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una "Red Híbrida" y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y el operador se pueda desplazar con facilidad dentro de un almacén o una oficina. Existen dos amplias categorías de redes inalámbricas: de larga y de corta distancia.

Las de larga distancia son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos; sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 kbps.

Las de corta distancia son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí, con velocidades del orden de 280 kbps hasta los 2 Mbps.

2.5.2. Clasificación por tipo de transferencia

También se puede clasificar las redes atendiendo al tipo de transferencia de datos que soportan. En este sentido se puede clasificar las redes en redes de transmisión *Simplex*, *Half-Duplex*, *Full-Duplex*. Las Redes de transmisión *Simplex* son aquellas en las que los datos sólo pueden viajar en un sentido. Las redes *Half-Duplex* son aquellas en las que los datos pueden viajar en ambos sentidos, pero sólo en uno de ellos en un momento dado, es decir, sólo puede haber transferencia en un sentido a la vez. Y las redes *Full-Duplex* son aquellas en las que los datos pueden viajar en ambos sentidos a la vez. En la figura 2.9 se puede ver gráficamente los tipos de transferencia.

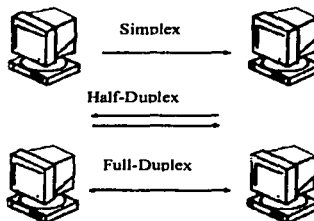


Figura 2.9. Tipos de transferencia.

2.5.3. Clasificación por el método de acceso al medio

En las redes es necesario definir una estrategia para saber cuando una máquina puede empezar a transmitir para evitar que dos o más estaciones comiencen a transmitir a la vez (colisiones). Existen dos métodos principales: *CSMA* y *Token*.

CSMA

CSMA (Carrier Sense Multiple Access, Acceso Múltiple Sensible a la Portadora) se basa en que cada estación monitoriza o "escucha" el medio para determinar si éste se encuentra disponible para que la estación pueda enviar su mensaje, o por el contrario, hay algún otro nodo utilizándolo, en cuyo caso espera a que quede libre.

Token

El método *token* (testigo) asegura que todos los nodos van a poder emplear el medio para transmitir en algún momento. Ese momento será cuando el nodo en cuestión reciba un paquete de datos especial denominado testigo. Aquel nodo que se encuentre en posesión del testigo podrá transmitir y recibir información, y una vez haya terminado, volverá a dejar libre el testigo y lo enviará a la próxima estación.

2.5.4. Modelos de topología

Las principales modelos de topología son: bus, anillo, anillo doble, estrella, estrella extendida, árbol, malla completa, híbridas e irregulares.

Topología de bus

La topología de bus tiene todos sus nodos conectados directamente a un enlace y no tiene ninguna otra conexión entre nodos (Fig. 2.10). Físicamente cada *host* (servidor de archivos) está conectado a un cable común, por lo que se pueden comunicar directamente, aunque la ruptura del cable hace que los *hosts* queden desconectados. La topología de bus permite que todos los dispositivos de la red puedan ver todas las señales de todos los demás dispositivos, lo que puede ser ventajoso si desea que todos los dispositivos obtengan esta información. Sin embargo, puede representar una desventaja ya que es común que se produzcan problemas de tráfico y colisiones, que se pueden solucionar segmentando la red en varias partes. Es la topología más común en pequeñas *LAN*, con *hub* o conmutador final en uno de los extremos.

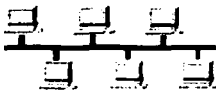


Figura 2.10. Topología bus.



Topología de anillo

Una topología de anillo se compone de un solo anillo cerrado formado por nodos y enlaces, en el que cada nodo está conectado solamente con los dos nodos adyacentes (Fig.2.11). Los dispositivos se conectan directamente entre sí por medio de cables en lo que se denomina una cadena margarita. Para que la información pueda circular, cada estación debe transferir la información a la estación adyacente.

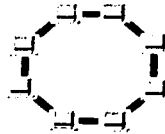


Figura 2.11. Topología de anillo.

Topología de anillo doble

Una topología en anillo doble consta de dos anillos concéntricos, donde cada *host* de la red está conectado a ambos anillos, aunque los dos anillos no están conectados directamente entre sí. Es análoga a la topología de anillo, con la diferencia de que, para incrementar la confiabilidad y flexibilidad de la red, hay un segundo anillo redundante que conecta los mismos dispositivos. La topología de anillo doble actúa como si fueran dos anillos independientes, de los cuales se usa solamente uno por vez.

Topología en estrella

La topología en estrella tiene un nodo central desde el que se irradian todos los enlaces hacia los demás nodos (Fig. 2.12). Por el nodo central, generalmente ocupado por un *hub*, pasa toda la información que circula por la red. La ventaja principal es que permite que todos los nodos se comuniquen entre sí de manera conveniente. La desventaja principal es que si el nodo central falla toda la red se desconecta.

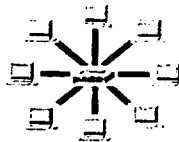


Figura 2.12. Topología en estrella.

Topología en estrella extendida

La topología en estrella extendida es igual a la topología en estrella, con la diferencia de que cada nodo que se conecta con el nodo central también es el centro de otra estrella (Fig. 2.13). Generalmente el nodo central está ocupado por un *hub* o un *conmutador*, y los nodos secundarios por *hubs*. La ventaja de esto es que el cableado es más corto y limita la cantidad de dispositivos que se deben interconectar con cualquier nodo central. La topología en estrella extendida es sumamente jerárquica, y busca que la información se mantenga local. Esta es la forma de conexión utilizada actualmente por el sistema telefónico.

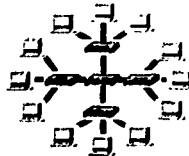


Figura 2.13. Topología en estrella extendida.

Topología en árbol

La topología en árbol es similar a la topología en estrella extendida, salvo en que no tiene un nodo central (Fig. 2.14). En cambio, un nodo de enlace troncal, generalmente ocupado por un *hub* o *switch*, desde el que se ramifican los demás nodos. El enlace troncal es un cable con varias capas de ramificaciones, y el flujo de información es jerárquico. Conectado en el otro extremo al enlace troncal generalmente se encuentra un *host* servidor.

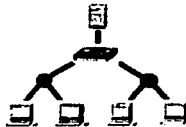


Figura 2.14. Topología en árbol.

Topología en malla completa

En una topología de malla completa, cada nodo se enlaza directamente con los demás nodos (Fig. 2.15). Las ventajas son que, como todo se conecta físicamente a los demás nodos, creando una conexión redundante, si algún enlace deja de funcionar la información puede circular a través de cualquier cantidad de enlaces hasta llegar a destino. Además, esta topología permite que la información circule por varias rutas a través de la red. La desventaja física principal es que sólo funciona con una pequeña cantidad de nodos,

ya que de lo contrario la cantidad de medios necesarios para los enlaces, y la cantidad de conexiones con los enlaces se torna abrumadora.

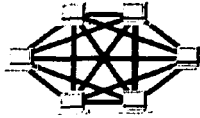


Figura 2.15. Topología de malla completa.

Topologías híbridas

Son las más frecuentes y se derivan de la unión de topologías "puras": estrella-estrella, bus-estrella, etc.

Topología irregular

En este tipo de topología no existe un patrón obvio de enlaces y nodos. El cableado no sigue un modelo determinado; de los nodos salen cantidades variables de cables (Fig.2.16). Las redes que se encuentran en las primeras etapas de construcción, o se encuentran mal planificadas, a menudo se conectan de esta manera.

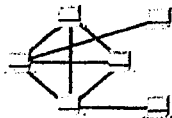


Figura 2.16. Topología irregular.

2.5.5. Dispositivos de conexión de las redes

Los dispositivos de conexión de las redes son aquellos que van a proporcionar el servicio de enlace entre los elementos, teniendo una función específica, entre estos equipos se puede mencionar a los repetidores, puentes, ruteadores, *gateways*, *hubs* entre otros.

Repetidores

Los repetidores son equipos que reciben una señal con cierto nivel de atenuación y distorsión, la regeneran y la regresan a la línea de transmisión (Fig. 2.17). Se utilizan para resolver los problemas cuando hay longitudes grandes de los segmentos de red (su función es extender una red *Ethernet* más allá de un segmento). No obstante, hay que tener en

cuenta que, al retransmitir todas las señales de un segmento a otro, también retransmitirán las colisiones. Estos equipos sólo aíslan entre los segmentos los problemas eléctricos que pudieran existir en algunos de ellos.



Figura 2.17. Repetidor.

Los repetidores permiten extender la longitud de la red más allá de los 500 m de un ramal. Como se ve en la figura 2.18, el repetidor tiene dos puertas que conectan dos segmentos *Ethernet* por medio de *transceivers* (instalando diferentes *transceivers* es posible interconectar dos segmentos de diferentes medios físicos).

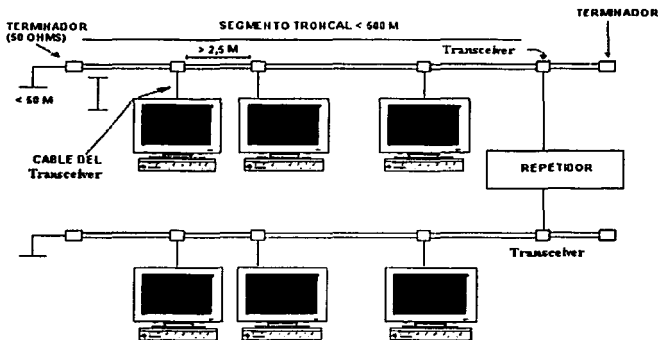


Figura 2.18. Repetidor conectado a dos segmentos Ethernet.

Con un repetidor modular se puede centralizar y estructurar todo el cableado de un edificio, con diferentes medios, adecuados según el entorno y las conexiones al exterior.

Usando los repetidores con *buffers* se establece la unión de dos redes por una línea serie mediante una pareja de repetidores (fig 2.19).

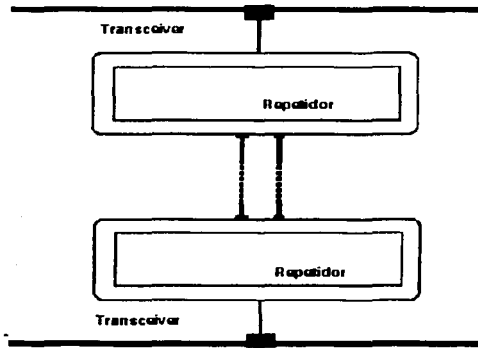


Figura 2.19. Repetidores con buffers.

Bridges (Puentes)

Estos equipos se utilizan para interconectar segmentos de red (amplía una red que ha llegado a su máximo, ya sea por distancia o por el número de equipos) y se utilizan cuando el tráfico no es excesivamente alto en las redes, pero interesa aislar las colisiones que se produzcan en los segmentos interconectados entre sí (Fig 2.20). Los puentes trabajan con direcciones físicas, por lo que filtra tráfico de un segmento a otro. Esto lo hace escuchando los paquetes que pasan por la red y va configurando una tabla de direcciones físicas de equipos que tiene a un lado y otro (generalmente tienen una tabla dinámica), de tal forma que cuando escucha en un segmento un paquete de información que va dirigido a ese mismo segmento no lo pasa al otro, y viceversa.

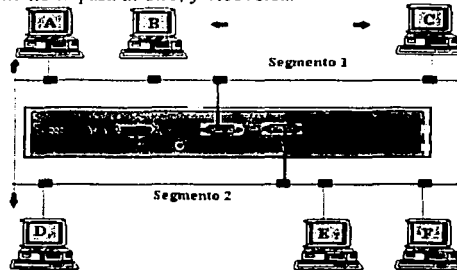


Figura 2.20. Puente.

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE QUISQUAMAYO

No filtra los *broadcasts*, que son paquetes genéricos que lanzan los equipos a la red para que algún otro les responda, aunque puede impedir el paso de determinados tipos de *broadcast*. Esto es típico para solicitar las cargas de software, por ejemplo. Por tanto, al interconectar segmentos de red con puentes, se puede tener problemas de tormentas de *broadcasts*, de saturación del puente por sobrecarga de tráfico, etc. El número máximo de puentes en cascada es de siete; no pueden existir bucles o lazos activos, es decir, si hay caminos redundantes para ir de un equipo a otro, sólo uno de ellos debe estar activo, mientras que el redundante debe ser de respaldo.

Las posibles colisiones no se transmiten de un lado a otro de la red. El puente sólo deja pasar los datos que van a un equipo que él conoce. El puente generalmente tiene una tabla dinámica, aíslan las colisiones, pero no filtran protocolos. El puente aísla las colisiones. La primera vez que llega un paquete al puente lo transmitirá, pero aprende (ya que, si el paquete no lo toma nadie, significa que no está). El peligro de los puentes es cuando hay exceso de *broadcast* y se colapsa la red. A esto se le llama tormenta de *broadcast*, y se produce porque un equipo está pidiendo ayuda.

Router (Ruteadores)

Un *Router* es un aparato que transfiere los paquetes analizándolos al nivel del protocolo. Estos equipos pueden filtrar protocolos y direcciones a la vez. Los equipos de la red saben que existe un ruteador y le envían los paquetes directamente a él cuando se trate de equipos en otro segmento (Fig. 2.21). Además los ruteadores pueden interconectar redes distintas entre sí; eligen el mejor camino para enviar la información, balancean tráfico entre líneas, etc.

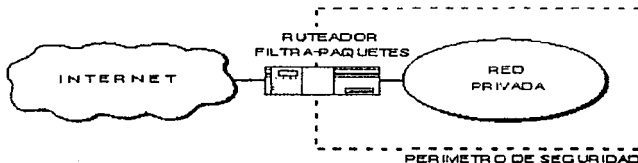


Figura 2.21. Ruteador.

El ruteador trabaja con tablas de encaminamiento o enrutado con la información que generan los protocolos, deciden si hay que enviar un paquete o no, deciden cual es la mejor ruta para enviar un paquete o no, deciden cual es la mejor ruta para enviar la información de un equipo a otro, pueden contener filtros a distintos niveles, etc. Poseen una entrada con múltiples conexiones a segmentos remotos, garantizan la fiabilidad de los datos y permiten un mayor control del tráfico de la red. Su método de funcionamiento es el encapsulado de paquetes. Para interconectar un nuevo segmento a la red, sólo hace falta instalar un ruteador que proporcionará los enlaces con todos los elementos conectados.

Gateways

También llamados traductores de protocolos, son equipos que se encargan, como su nombre indica, a servir de intermediario entre los distintos protocolos de comunicaciones para facilitar la interconexión de equipos distintos entre sí.

Su forma de funcionar es que tienen duplicada la información correspondiente a un protocolo y, paralelamente, la del otro protocolo. Reciben los datos encapsulados de un protocolo, los van desencapsulando hasta el nivel más alto, para posteriormente ir encapsulando los datos en el otro protocolo desde el nivel más alto al nivel más bajo, y vuelven a dejar la información en la red, pero ya traducida. Los *gateways* también pueden interconectar redes entre sí.

Hubs (Concentradores)

Es un dispositivo que interconecta varios *host* dentro de una red. Es el dispositivo de interconexión más simple que existe. Tiene como característica centralizar todas las conexiones de una red, es decir un dispositivo con muchos puertos de entrada y salida (Fig. 2.22). No tiene ninguna función aparte de centralizar conexiones. Se suelen utilizar para implementar topologías en estrella física, pero funcionando como un anillo o como un bus lógico.

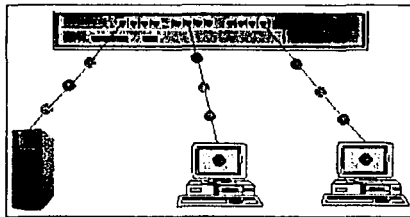


Figura 2.22. Hub.

Hay dos tipos de *hubs*: los *hubs* activos, que permiten conectar nodos a distancias de hasta 600 metros aproximadamente, suelen tener entre 8 y 12 puertos y realizan funciones de amplificación y repetición de la señal, los más complejos además realizan estadísticas; y los *hubs* pasivos, que son simples armados de conexiones permiten conectar nodos a distancias de hasta 30 metros. Generalmente también suelen tener entre 8 y 12 puertos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.5.6. Switches (Conmutadores)

Cuando los datos hay que enviarlos a largas distancias (e incluso a no tan largas), generalmente deben pasar por varios nodos intermedios. Estos nodos son los encargados de encauzar los datos para que lleguen a su destino. En redes de comunicación conmutadas los datos que entren en la red, provenientes de alguna de las estaciones, son conmutados de nodo en nodo hasta que lleguen a su destino.

Hay nodos sólo conectados a otros nodos y su única misión es conmutar los datos internamente a la red. También hay nodos conectados a estaciones y a otros nodos, por lo que deben de añadir a su función como nodo, la aceptación y emisión de datos de las estaciones que se conectan. Los enlaces entre nodos están multiplexados en el tiempo o por división de frecuencias. Generalmente hay más de un camino entre dos estaciones, para así poder desviar los datos por el camino menos colapsado. Para redes de área amplia, generalmente se utilizan otras técnicas de conmutación: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

Conmutación de Circuitos

Para cada conexión entre dos estaciones los nodos intermedios dedican un canal lógico a dicha conexión. Para establecer el contacto y el paso de la información de estación a estación a través de los nodos intermedios, se requiere del establecimiento del circuito, es decir, que el emisor solicita a un cierto nodo el establecimiento de conexión hacia una estación receptora. Este nodo es el encargado de dedicar uno de sus canales lógicos a la estación emisora (suele existir de antemano). Este nodo es el encargado de encontrar los nodos intermedios para llegar a la estación receptora, y para ello tiene en cuenta ciertos criterios de encaminamiento, costo, etc. También se requiere la transferencia de datos es decir una vez establecido el circuito exclusivo para esta transmisión (cada nodo reserva un canal para esta transmisión), la estación transmite desde el emisor hasta el receptor conmutando sin demoras de nodo en nodo (ya que estos nodos tienen reservado un canal lógico para ella). Se requiere de la desconexión del circuito una vez terminada la transferencia, el emisor o el receptor indican a su nodo más inmediato que ha finalizado la conexión, y este nodo informa al siguiente de este hecho y luego libera el canal dedicado. Así de nodo en nodo hasta que todos han liberado este canal dedicado (Fig. 2.23).

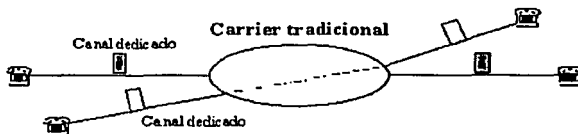


Figura 2.23. Conmutación de circuitos.

Debido a que cada nodo conmutador debe saber organizar el tráfico y las conmutaciones, éstos deben tener la suficiente "inteligencia" como para realizar su labor eficientemente. La conmutación de circuitos suele ser bastante ineficiente ya que los canales están reservados aunque no circulen datos a través de ellos. Para tráfico de voz, en que suelen circular datos (voz) continuamente, puede ser un método bastante eficaz ya que el único retardo es el establecimiento de la conexión, y luego no hay retardos de nodo en nodo (al estar ya establecido el canal y no tener que procesar ningún nodo ninguna información).

La conmutación de circuitos, a pesar de sus deficiencias, es el sistema más utilizado para conectar sistemas informáticos entre sí a largas distancias, debido a la profusión e interconexión que existe (debido al auge del teléfono) y a que una vez establecido el circuito, la red se comporta como si fuera una conexión directa entre las dos estaciones, ahorrando bastante lógica de control. Cada nodo de conmutación de circuitos consta básicamente de un conmutador digital, circuito que tiene una serie de conexiones al exterior (cada una es un canal) y una lógica de puertas interna que conecta unos canales con otros cuando se requieren estas conexiones. Por lo que dos canales conectados por el conmutador es como si estuvieran unidos sin interrupción. El conmutador posee la lógica de control suficiente para conectar y desconectar canales conforme sea necesario. Estos conmutadores deben permitir conexión *full-duplex* (típica en telefonía).

Conmutación de Paquetes

Debido al auge de las transmisiones de datos, la conmutación de circuitos es un sistema muy ineficiente ya que mantiene las líneas mucho tiempo ocupadas aun cuando no hay información circulando por ellas. Además, la conmutación de circuitos requiere que los dos sistemas conectados trabajen a la misma velocidad, cosa que no suele ocurrir hoy en día debido a la gran variedad de sistemas que se comunican. En conmutación de paquetes, los datos se transmiten en paquetes cortos. Para transmitir grupos de datos más grandes, el emisor parte estos grupos en paquetes más pequeños y les adiciona una serie de bits de control. En cada nodo, el paquete se recibe, se almacena durante un cierto tiempo y se transmite hacia el emisor o hacia un nodo intermedio (Fig. 2.24).



Figura 2.24. Conmutación de paquetes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Técnicas en la Conmutación de Paquetes

Cuando un emisor necesita enviar un grupo de datos mayor que el tamaño fijado para un paquete, éste los parte en paquetes y los envía uno a uno al receptor. Hay dos técnicas básicas para el envío de estos paquetes: Datagramas y Circuitos Virtuales.

Técnica de Datagramas

En esta técnica cada paquete se trata de forma independiente, es decir, el emisor enumera cada paquete, le añade información de control (por ejemplo número de paquete, nombre, dirección de destino, etc.) y lo envía hacia su destino. Puede ocurrir que por haber tomado caminos diferentes, un paquete con número por ejemplo 6 llegue a su destino antes que el número 5. También puede ocurrir que se pierda el paquete número 4. Todo esto no lo sabe ni puede controlar el emisor, por lo que tiene que ser el receptor el encargado de ordenar los paquetes y saber los que se han perdido (para su posible reclamación al emisor), y para esto debe tener el software necesario.

Técnica de Circuitos Virtuales

En esta técnica antes de enviar los paquetes de datos el emisor envía un paquete de control que es de Petición de Llamada, este paquete se encarga de establecer un camino lógico de nodo en nodo por donde irán uno a uno todos los paquetes de datos. De esta forma se establece un camino virtual para todo el grupo de paquetes. Este camino virtual será numerado o nombrado inicialmente en el emisor y será el paquete inicial de Petición de Llamada el encargado de ir informando a cada uno de los nodos por los que pase de que más adelante irán llegando los paquetes de datos con ese nombre o número. De esta forma, el encaminamiento sólo se hace una vez (para la Petición de Llamada). El sistema es similar a la conmutación de circuitos, pero se permite a cada nodo mantener multitud de circuitos virtuales a la vez.

2.6. REDES PÚBLICAS

Las redes públicas son los recursos de telecomunicación de área extensa pertenecientes a las operadoras y ofrecidos a los usuarios a través de una suscripción a través de compañías de servicios de comunicación local, de servicios de comunicación a larga distancia o de proveedores de servicios de valor agregado. Como ejemplo se pueden mencionar a las X.25, ISDN, B - ISDN, Frame Relay y ATM.

2.6.1. X.25

X.25 (*Packet Switching*, Conmutación de Paquetes) es un conjunto de protocolos usados para establecer la conexión entre el equipo terminal de datos DTE y el equipo de terminación de circuito de datos DTE de una red de conmutación de paquetes. X.25 trabaja sobre servicios basados en circuitos virtuales (VC). Un circuito virtual o canal lógico es aquel en el cual el usuario percibe la existencia de un circuito físico dedicado exclusivamente al ordenador o equipo que maneja, cuando en realidad ese circuito físico "dedicado" lo comparten muchos usuarios. Mediante diversas técnicas de multiplexado

estadístico, se entrelazan paquetes de distintos usuarios dentro de un mismo canal. Las prestaciones del canal son lo bastante buenas como para que el usuario no advierta ninguna degradación en la calidad del servicio, esta ventaja es muy útil en el tráfico de voz, sin embargo, no lo es tanto para el manejo de audio y video, ya que presenta cierta degradación. Para identificar las conexiones en la red de los distintos *DTE*, en *X.25* se emplean Números de Canal Lógico (*LCN*). Pueden asignarse hasta 4095 canales lógicos y sesiones de usuario a un mismo canal físico.

La norma *X.25* es el estándar para redes de paquetes recomendado por CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía), el cual emitió el primer borrador en 1974. En la actualidad *X.25* es la norma de interfaz orientada al usuario de mayor difusión en las redes de paquetes de gran cobertura, aunque no es precisamente la más rápida.

Funcionamiento del *X.25*

Para que las redes de paquetes y las estaciones de usuario se puedan interconectar se necesitan unos mecanismos de control, siendo el más importante desde el punto de vista de la red, el control de flujo, que sirve para evitar la congestión de la red. También el *DTE* ha de controlar el flujo que le llega desde la red. Además deben existir procedimientos de control de errores que garanticen la recepción correcta de todo el tráfico. *X.25* proporciona estas funciones de control de flujo y de errores.

Las redes utilizan *X.25* para establecer los procedimientos mediante los cuales dos *DTE* que trabajan en modo paquete se comunican a través de la red. Este estándar pretende proporcionar procedimientos comunes de establecimiento de sesión e intercambio de datos entre un *DTE* y una red de paquetes *DCE*. Entre estos procedimientos se encuentran funciones como las siguientes: identificación de paquetes procedentes de ordenadores y terminales concretos, asentimiento de paquetes, rechazo de paquetes, recuperación de errores y control de flujo. Además *X.25* proporciona algunas facilidades muy útiles, como por ejemplo en la facturación a estaciones *DTE* distintas de la que genera el tráfico.

El estándar *X.25* no incluye algoritmos de encaminamiento, pero conviene resaltar que aunque las interfaces *DTE/DCE* de ambos extremos de la red son independientes uno de otro, *X.25* interviene desde un extremo hasta el otro, ya que el tráfico seleccionado se encamina desde el principio hasta el final. A pesar de ello, el estándar recomendado es asimétrico ya que sólo se define un lado de la interfaz con la red (*DTE/DCE*).

2.6.2. *Frame Relay*

Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida de tramas, basada en estándares internacionales, que puede utilizarse a un protocolo de transporte y como un protocolo de acceso en redes públicas o privadas. *Frame Relay* permite la transmisión de datos a altas velocidades basada en protocolos de conmutación de paquetes. En *Frame Relay* los datos son divididos en paquetes de longitud variable, los cuales incluyen información de direccionamiento. Los paquetes son entregados a la Red *Frame Relay*, la cual los transporta hasta su destino específico sobre una conexión virtual asignada. *Frame*

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

Relay permite compartir varias conexiones virtuales a través de una misma interfaz física, con lo cual es posible conectar múltiples localidades remotas entre sí, sin necesidad de equipo adicional ni costosos enlaces dedicados punto a punto. Solamente es necesaria una conexión física entre cada localidad remota y la Red *Frame Relay*.

La tecnología *Frame Relay* se beneficia de las ventajas estadísticas de la conmutación de paquetes y hace uso eficiente del ancho de banda. Posee un mecanismo dinámico para proveer mayor capacidad de transmisión cuando así lo requiera el usuario, sin necesidad de haber comprado ancho de banda adicional. Estas múltiples ventajas hacen de *Frame Relay* la tecnología ideal para las necesidades de comunicaciones de datos y voz por sus bajos costos de operación, altas velocidades de transmisión y utilización eficiente del ancho de banda. Es aproximadamente análoga a una versión reducida de X.25, con una interfaz conmutada por paquetes de velocidad variable entre 56 kbps y 45 Mbps. Como X.25, "*Frame Relay*" multiplexa estadísticamente paquetes o tramas hacia destinos diferentes con una sola interfaz. Está orientada a la conexión, lo que significa que, para proceder, un circuito virtual debe estar configurado para comunicaciones. Esto se hace típicamente mediante un enlace de señalización en banda o en el mismo canal (aunque la señalización fuera de banda a través de, por ejemplo, un canal D de *ISDN*, está incluida en los estándares).

Contrario a lo que se especulaba, el objetivo de *Frame Relay* no es reemplazar a X.25, sino dirigirse a las necesidades de ciertas aplicaciones para las cuales X.25 no es efectivo. El principal objetivo de *Frame Relay* es la interconexión de redes LAN. El *Frame Relay* es una tecnología de corto plazo, ya que la tecnología del futuro será sin duda el *ATM*, tanto con servicios permanentes como conmutados, a través de los denominados circuitos y trayectos virtuales.

Frame Relay ofrece ventajas significativas para interconectar *Mainframes*, habitualmente realizada por líneas arrendadas. Un computador central (*Host*) a menudo se comunica durante la noche con un sitio de apoyo, a través de largas ráfagas intermitentes de tráfico para las cuales una conexión permanente es desperdiciada, pero *Frame Relay* es la indicada. *Frame Relay* es un protocolo estandarizado de acceso a la capa de enlace de datos orientado a conexión que puede verse como una versión peso pluma del X.25. Las interfaces *Frame Relay* que proporcionan servicios de interconexión a LANs soportan una trama máxima de 1600 octetos. Garantiza que las tramas llegan libres de error y en el orden correcto, pero no informa sobre tramas perdidas ni trata de recuperar tramas erróneas.

La convergencia de la informática y las telecomunicaciones está siendo una realidad desde hace tiempo. Las nuevas aplicaciones hacen uso exhaustivo de gráficos y necesitan comunicaciones de alta velocidad con otros ordenadores conectados a su misma red LAN, e incluso a redes LAN geográficamente dispersas. *Frame Relay* surgió para satisfacer estos requisitos. Ahora, el mercado demanda un mayor ahorro en los costes de comunicaciones mediante la integración de tráfico de voz y datos. *Frame Relay* ha evolucionado, proporcionando la integración en una línea única de los distintos tipos de tráfico de datos y voz y su transporte por una única red, que responde a las necesidades de alta velocidad y bajo retardo, soporte eficiente para tráfico a ráfagas, flexibilidad, eficiencia, buena

relación costo-prestaciones, transporte integrado de distintos protocolos de voz y datos, conectividad, simplicidad en la gestión e interfaces estándares.

2.6.3. ATM

El *ATM (Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono)* es una tecnología de conmutación de paquetes que usa pequeñas celdas de tamaño fijo. En 1988, el CCITT designó a *ATM* como el mecanismo de transporte planeado para el uso de futuros servicios de banda ancha. *ATM* es asíncrono porque las celdas son transmitidas a través de una red sin tener que ocupar fragmentos específicos de tiempo en alineación de paquete.

ATM es una tecnología de conmutación basada en unidades de datos de un tamaño fijo de 53 bytes llamadas celdas. Los tipos de información son segmentados en campos de pequeños bloques de 48 bytes, los cinco restantes corresponden a un *header* usado por la red para mover las celdas. Una vez establecida la conexión, las celdas de *ATM* incluyen información que permite identificar la conexión a la cual pertenecen. En una red *ATM* las comunicaciones se establecen a través de un conjunto de dispositivos intermedios llamados conmutadores.

Transmisiones de diferentes tipos, incluyendo video, voz y datos pueden ser mezcladas en una transmisión *ATM*, que puede tener rangos de 155 Mbps a 2.5 Gbps. Esta velocidad puede ser dirigida a un usuario, grupo de trabajo o una red entera, porque *ATM* no reserva posiciones específicas en una celda para tipos específicos de información. Su ancho de banda puede ser optimizado identificando el ancho de banda bajo demanda.

Conmutar las celdas de tamaño fijo significa incorporar algoritmos en circuitos integrados eliminando retrasos causados por software. Una ventaja de *ATM* es que es escalable.

Existen dos interfaces especificadas que son la *UNI (User-Network Interface, Interfaz Red-Usuarios)* y la *NNI (Network-Network Interface, Interfaz Red-Red)*. La *UNI* liga un dispositivo de usuario a un conmutador público o privado y la *NNI* describe una conexión entre dos conmutadores. Un enlace entre dos puntos empieza cuando se transmite una solicitud a través de la *UNI* a la red. Un dispositivo responsable de señalización pasa la señal a través de la red a su destino. Si el sistema indica que se acepta la conexión, un circuito virtual es establecido a través de la red *ATM* entre los dos puntos.

Ambas *UNI* contienen mapas para que las celdas puedan ser ruteadas correctamente. Cada celda contiene campos, un *VPI (Virtual Path Identifier, Identificador de Ruta Virtual)* y un *VCI (Virtual Circuit Identifier, Identificador de Circuito Virtual)* que indican estos mapeos. El uso de celdas para transmitir datos no significa que los protocolos de hoy no sean usados. *ATM* es totalmente transparente a protocolo. La carga de cada celda es pasada por el conmutador sin ser "leída" a nivel binario. *ATM* usa el concepto de control de error y flujo de "fin a fin" en contraste a la red convencional de paquete conmutado que usa un control de error y flujo interno. Esto es que la red en sí no checa la carga de datos para errores y lo deja al dispositivo terminal final.

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

El componente básico de una red *ATM* es un conmutador electrónico especialmente diseñado para transmitir datos a muy alta velocidad. Un conmutador típico soporta la conexión de entre 16 y 32 nodos. Para permitir la comunicación de datos a alta velocidad la conexión entre los nodos y el conmutador se realizan por medio de un par de hilos de fibra óptica. Aunque un conmutador *ATM* tiene una capacidad limitada, múltiples conmutadores pueden interconectarse entre sí para formar una gran red. En particular, para conectar nodos que se encuentran en dos sitios diferentes es necesario contar con un conmutador en cada uno de ellos y ambos a su vez deben estar conectados entre sí.

Las conexiones entre nodos *ATM* se realizan basándose en dos interfaces diferentes; como se mencionó, la *UNI* se emplea para vincular a un nodo final con un conmutador y la *NNI* define la comunicación entre dos conmutadores. Los diseñadores piensan en *UNI* como la interfaz para conectar equipos del cliente a la red del proveedor y a *NNI* como una interfaz para conectar redes de diferentes proveedores.

ATM se ha originado por la necesidad de un estándar mundial que permita el intercambio de información, sin tener en cuenta el tipo de información transmitida. Con *ATM* la meta es obtener un estándar internacional. *ATM* es una tecnología que va creciendo y es controlada por un consenso internacional no por la simple vista o estrategia de un vendedor.

Desde siempre, se han usado métodos separados para la transmisión de información entre los usuarios de una red de área local (*LAN*) y los de una red de gran tamaño (*WAN*). Esta situación traía una serie de problemas a los usuarios de *LAN* que querían conectarse a redes de área metropolitana, nacional y finalmente mundial. *ATM* es un método de comunicación que se puede implantar tanto en *LAN*'s como en *WAN*'s. Con el tiempo, *ATM* intentará que las diferencias existentes entre *LAN* y *WAN* vayan desapareciendo.

Actualmente se usan redes independientes para transportar voz, datos e imágenes de video, debido a que necesitan un ancho de banda diferente. Por ejemplo, el tráfico de datos tiende a ser "algo que estalla", es decir, no necesita comunicar por un periodo extenso de tiempo sino transmitir grandes cantidades de información tan rápido como sea posible. Voz y video, por otra parte, tienden a necesitar un tráfico más uniforme siendo muy importante cuando y en el orden en que llega la información. Con *ATM* las redes separadas no serán necesarias. *ATM* es un estándar para comunicaciones que está creciendo rápidamente debido a que es capaz de transmitir a una velocidad de varios Megabits hasta llegar a Gigabits.

La tecnología *ATM* provee los beneficios de que en única red da cabida a todo tipo de tráfico (voz, datos y video). *ATM* mejora la eficiencia y manejabilidad de la red. Capacita nuevas aplicaciones, debido a su alta velocidad y a la integración de los tipos de tráfico, *ATM* capacita la creación y la expansión de nuevas aplicaciones como la multimedia. Es compatible, porque *ATM* no está basado en un tipo específico de transporte físico, es compatible con las actuales redes físicas que han sido desplegadas. *ATM* puede ser implementado sobre par trenzado, cable coaxial y fibra óptica. Simplifica el control de la red. *ATM* está evolucionando hacia una tecnología estándar para todo tipo de comunicaciones. Esta uniformidad intenta simplificar el control de la red usando la misma

tecnología para todos los niveles de la red. Tiene largo periodo de vida de la arquitectura ya que los sistemas de información y las industrias de telecomunicaciones se están centrando y están estandarizado el *ATM*. *ATM* ha sido diseñado desde el comienzo para ser flexible en distancias geográficas, número de usuarios, acceso y ancho de banda.

2.6.4. *ISDN*

ISDN (Integrated Services Digital Network, Red Digital de Servicios Integrados) es una red digital pública de voz y datos integrados que puede enviar información 50 veces más rápido que un modem a 2,400 bits por segundo. Lo hace de forma digital, creando dos canales de transmisión de 64 kbps que pueden transmitir voz o datos, y un canal de transmisión de 16 kbps que transmite paquetes de datos de información o de control.

Cada circuito de *ISDN* incluye tres canales, dos canales de soporte o B, para transmitir datos o voz y un canal de datos o D, para transmitir señales o paquetes de datos.

No hay distinción entre voz o datos en los canales B, el *ISDN* los trata a ambos como un flujo de bits. Las ventajas más sobresalientes que tiene *ISDN* con respecto a las conexiones por modem conocidas son la velocidad y confiabilidad de la conexión. Usando *ISDN* se pueden lograr conexiones a más de 64 kbps, lo cual significa un aumento de más del 50% sobre la velocidad de las conexiones típicas que se tienen con los modems actuales. Hay equipos *ISDN* en el mercado para todas las necesidades, equipos para el hogar en los cuales se conecta un sólo micro y el teléfono, equipos para la pequeña oficina, donde se utiliza una misma conexión *ISDN* para comunicar varias estaciones de trabajo a una red remota, hasta llegar a equipos que soportan gran cantidad de tráfico y numerosos esquemas de enrutamiento orientados a las grandes corporaciones.

2.6.5. *B-ISDN*

B-ISDN (Broadband - Integrated Services Digital Networks, Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) provee un circuito virtual digital para transferir paquetes de tamaños fijos (celdas) con una velocidad de 155 Mbps. Está basado en *ATM* y en la tecnología de conmutación de paquetes. *B-ISDN* es una combinación de la conmutación de circuito y de paquetes. El servicio es orientado a la conexión pero es implementado con conmutación de paquetes.

B-ISDN fue un segundo intento para establecer un nuevo concepto de redes integradas que pudieran transportar múltiples tipos de información a través de una infraestructura sencilla. A diferencia de su predecesor *ISDN*, esta nueva red se basaría en el Modo de Transmisión Asíncrono *ATM*, el cual propone la transmisión de información en paquetes pequeños de tamaño fijo denominados celdas.

Características de *B-ISDN*

La velocidad de transferencia de *B-ISDN* en un enlace de comunicaciones es la más alta de *Narrowband ISDN (N-ISDN)*. En otras palabras, esto es sobre las velocidades de 1.544 y 2.048 Mbits/s de las velocidades primarias de *ISDN*. Esto no significa que *B-ISDN*

no utilice las velocidades bajas, pero el término banda ancha (*Broadband*) implica altas velocidades de transferencia. Sin embargo *B-ISDN* soporta también bajas velocidades.

B-ISDN continua usando el modelo de *ISDN*. Por eso las entidades funcionales, puntos de referencia, son utilizados en todas las especificaciones de *B-ISDN*, pero son añadidas con una "B" para connotar Banda Ancha (*Broadband*). *B-ISDN* continúa utilizando algunos de los protocolos de *ISDN* (con algunas modificaciones) como que está modificado en *B-ISDN* para hacer conexiones requerida en una red *ATM*.

B-ISDN expande en capas el modelo de *ISDN* y planea acomodar completamente capacidad de multiservicio. Las bases técnicas de *B-ISDN* son *ATM* y *SDH/SONET* (*Synchronous Digital Hierarchy / Synchronous Optical Network*, Jerarquía Síncrona Digital / Red Síncrona Óptica), ellos actúan como los servicio portadores para las aplicaciones que soportan. El abastecimiento de conexiones se realiza en circuitos virtuales, el ancho de banda puede ser establecido en bases simétricas o asimétricas y es suministrado en parámetros *ATM* ejecutados, tales como velocidades pico de celdas, variación retardada de celdas.

2.7. REDES PRIVADAS VIRTUALES

Las redes *VPN* (*Virtual Private Network*, Redes Privadas Virtuales) utilizan un túnel o conducto dedicado de un sitio a otro (fig. 2.25). Las *VPN* son una alternativa útil para usar líneas alquiladas que conecten sucursales o para hacer negocios con clientes habituales. Los datos se encryptan y se envían a través de la conexión, protegiendo la información y el *password*. La tecnología de *VPN* proporciona un medio para usar el canal público de Internet como una canal apropiado para comunicar los datos privados. Con la tecnología de encriptación y encapsulamiento una *VPN* básica crea un pasillo privado.

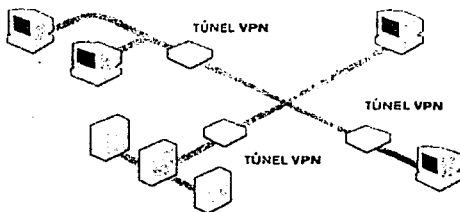


Figura 2.25. Red VPN.

Instalando *VPNs* se consigue reducir las responsabilidades de gestión de una red local. Una red privada virtual es una red donde todos los usuarios parecen estar en el mismo segmento de *LAN*, pero en realidad están a varias redes (generalmente públicas) de

distancia. Para lograr esta funcionalidad, la tecnología de redes seguras, privadas y virtuales, debe completar tres tareas: primero, deben poder pasar paquetes *IP* a través de un túnel en la red pública, de manera que dos segmentos de *LAN* remotos no parezcan estar separados por una red pública; segundo, la solución debe agregar encriptación, tal que el tráfico que cruce por la red pública no pueda ser espiado, interceptado, leído o modificado y finalmente, la solución tiene que ser capaz de autenticar positivamente cualquier extremo del enlace de comunicación, de manera que un adversario no pueda acceder a los recursos del sistema.

Las redes privadas virtuales pueden ser relativamente nuevas, pero la tecnología de túneles está basada en estándares preestablecidos. La tecnología de túneles (*Tunneling*) es un modo de transferir datos entre 2 redes similares sobre una red intermedia. También se llama "encapsulado" a la tecnología de túneles que encierra un tipo de paquete de datos dentro del paquete de otro protocolo, que en este caso sería *TCP/IP*. La tecnología de túneles *VPN* añade otra dimensión al proceso de túneles antes nombrado "encapsulado", ya que los paquetes están encriptados de forma que los datos son ilegibles para los extraños.

Los paquetes encapsulados viajan a través de Internet hasta que alcanzan su destino, entonces, los paquetes se separan y vuelven a su formato original. La tecnología de autenticación se emplea para asegurar que el cliente tiene autorización para contactar con el servidor. Los proveedores de varias *firewall* incluyen redes privadas virtuales como una característica segura en sus productos.

Las redes privadas virtuales surgen como una alternativa a los servicios de comunicaciones tradicionales de red amplia (*WAN*) de enlaces dedicados. Frente a este tipo de comunicaciones presentan múltiples ventajas y beneficios para los usuarios: son de bajo costo, reduce el costo del servicio de comunicación o del ancho de banda de transporte, y el costo de la infraestructura de comunicaciones y de operación. Son flexibles ya que la arquitectura de las *IP VPN* es independiente del medio de acceso o mecanismo de comunicación, pudiéndose optar por múltiples tecnologías o proveedores de servicio. Esto permite que la red de comunicación se adapte a los requerimientos de los negocios, pudiéndose optar por el medio de acceso más adecuado. Por ejemplo, si se trata de una oficina chica remota se puede utilizar acceso discado, *ISDN*, *xDSL* o cable modem, eligiendo el más conveniente en costo / beneficio.

Tienen bajo tiempo de implementación, el tiempo de implementación de un "*backbone*" de *WAN* para una empresa es muy alto, frente a la implementación de una red privada virtual sobre un "*backbone*" ya existente de un proveedor de servicio. Más aún, la flexibilidad de esta arquitectura permite la implementación de nuevos servicios de manera muy rápida, respondiendo a los requerimientos de tiempo de los negocios de la empresa.

Son escalables ya que en cuanto a la escalabilidad geográfica, el desarrollo masivo de redes como la Internet permite que la empresa tenga puntos de presencia de su red en lugares donde antes era imposible. Por otro lado la independencia respecto a la tecnología de acceso permite la escalabilidad del ancho de banda de la red, de acuerdo a los requerimientos del negocio de la empresa. Incluso la escalabilidad de la red no incide en la

Capítulo 2. Principios y Conceptos de Comunicaciones

operatoria y gestión de ésta, dado que la infraestructura de la *WAN* es responsabilidad del proveedor de servicios.

Tipos de redes privadas virtuales

Las redes privadas virtuales se dividen en 3 categorías distintas, dependiendo del servicio de conectividad que brindan: *VPN* de acceso, de *Intranet* y de *Extranet*.

Las *VPN* de Acceso proveen acceso remoto a la *intranet* o *extranet* corporativa a través de una infraestructura pública, manteniendo las mismas políticas (seguridad, calidad de servicio, etc.) que en la red privada. La *VPN* de Acceso permite el uso de múltiples tecnologías como *ISDN*, *xDSL*, cable, o simplemente *IP* para la conexión segura de usuarios móviles, *telecommuters* o sucursales remotas a los recursos.

Las *VPN* de *Intranet* vinculan la oficina remota o sucursal a la red a través de una red pública, mediante enlace dedicado al Proveedor de Servicio. La *VPN* goza de las mismas cualidades que la red privada: seguridad, calidad de servicio, disponibilidad, etc.

Las *VPN* de *Extranet* permiten la conexión de clientes, proveedores, distribuidores o demás comunidades de interés a la *intranet* corporativa a través de una red pública.

Tecnología de las redes privadas virtuales

La arquitectura de las *VPN* se debe basar en elementos esenciales de la tecnología para proteger la privacidad, mantener la calidad y confiabilidad y asegurar la operación de la red. Un elemento es la seguridad donde existe el uso de túneles, encriptación de datos, autenticación de usuarios y paquetes, control de acceso. La calidad de servicio es otro elemento donde existe el uso de colas, manejo de congestión de red, prioridades de tráfico, clasificación de paquetes. Y finalmente la gestión donde se encuentra la implementación y mantenimiento de las políticas de seguridad y calidad de servicio a lo largo de toda la *VPN*.

Una vez analizados los principios y conceptos de las comunicaciones que van a ser utilizados en el desarrollo de la tesis, se analizarán los requerimientos y se mencionarán las tecnologías y los elementos a utilizar en el diseño de la red de comunicaciones.

CAPÍTULO 3

COMUNICACIONES EN LA AVIACIÓN

Habiendo repasado los principios y conceptos básicos en comunicaciones en el capítulo anterior, ahora nos enfocaremos a presentar su aplicación y uso en la industria de la aviación.

En este capítulo veremos los requerimientos que se presentan en materia de comunicaciones en las operaciones aéreas y que son el fundamento para el presente trabajo. Se verán las diferentes etapas de un vuelo, desde su posición en la sala de abordar del aeropuerto origen, hasta su estacionamiento en la sala de desembarco en el aeropuerto destino y especificando los requerimientos de información necesarios en cada una de ellas.

Se presentará el marco jurídico que se tiene tanto en materia de comunicaciones como de aviación, el cual determina la normatividad para las áreas de nuestro interés, además de los organismos tanto nacionales e internacionales que se encargan de verificar su total cumplimiento. A partir de estas regulaciones, se mencionarán los estándares que deben cubrir los equipos y sistemas de comunicaciones para poder operar dentro de dicho marco jurídico.

3.1. OPERACIONES AERONÁUTICAS

La aviación es una actividad económica muy importante en un país y el nuestro no es la excepción, además de ser una industria de misión crítica como ya se mencionó. Hay muchas actividades alrededor de cada operación aérea para que ésta sea completada con éxito. Una de ellas, las comunicaciones, juega un papel muy importante, ya que sin ellas sería, hoy en día, prácticamente imposible operar una aeronave comercial.

Por principio de cuentas, las comunicaciones para el control y monitoreo de aeronaves puede resultar extraño y confuso para alguien que no está familiarizado con esta actividad, por ejemplo, la terminología usada por pilotos, controladores de tráfico aéreo y personal de tierra de las aerolíneas. Con un poco de paciencia y conocimientos básicos, se logrará tener un entendimiento más claro de esta actividad.

3.1.1. Frecuencias de comunicaciones en operaciones aeronáuticas

La banda de *VHF* (*Very High Frequency*, Muy Alta Frecuencia) para comunicaciones aéreas, se ubica entre los 108.000 MHz y 136.975 MHz. Este espectro de frecuencias puede ser dividido en dos rangos, uno inferior y otro superior. El rango inferior, determinado entre 108.000 MHz y 118.000 MHz, es usado primordialmente para las ayudas a la navegación aérea, tales como, el *ILS* (*Instrument Landing System*, Sistema de Aterrizaje por Instrumentos), *DME* (*Distance Measuring Equipment*, Equipo de Medición de Distancia) y el *VOR* (*Very High Frequency Omni Range*, Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia). El rango inferior ofrece muy poco tráfico de información en el modo de comunicaciones de voz, de cualquier manera, provee información para alguien que tenga conocimientos de código Morse. El rango superior de esta banda, entre 118.000 MHz y 136.975 MHz, es donde se presenta la mayor cantidad de comunicaciones de voz. Las comunicaciones en la banda de *VHF* son transmitidas en *AM* (*Amplitude Modulation*, Amplitud Modulada). Las frecuencias dentro del rango aeronáutico están espaciadas en incrementos de 25 kHz, por lo que se localizarán en 118.000 MHz, 118.025 MHz, 118.050 MHz, etc.

La banda de *UHF* (*Ultra High Frequency*, Ultra Alta Frecuencia) está localizada entre 225.000 MHz y 400.000 MHz y es usada principalmente para tráfico aéreo militar. Muchos receptores comerciales disponibles no son capaces de sintonizar este rango de frecuencias y, de alguna manera, esto ofrece una forma de seguridad.

Las frecuencias que se estén monitoreando determinarán la naturaleza del tráfico que se escuchará. Como se mencionó anteriormente, las frecuencias en el rango inferior de la banda aeronáutica son más utilizadas por equipo de navegación y de transmisión de señales en código Morse. Si se selecciona una frecuencia en el rango superior, repentinamente el receptor se llena de conversaciones entre pilotos y controladores de tráfico aéreo, pilotos y los despachadores de vuelo de su compañía, estaciones de servicio aeronáutico y, de emisión *ATIS* (*Automatic Terminal Information Service*, Servicio de Información Automatizado). Dependiendo de nuestra ubicación geográfica, es posible oír aeronaves bajo el control de otro centro en otro estado, o para aquellos que viven en las fronteras con otro país. Las frecuencias dentro de la banda aeronáutica están designadas de acuerdo a su uso. La tabla 3.1 nos presenta las frecuencias de asignación y los usos que tienen, lo que nos permitirá tener una idea de donde está el tráfico de nuestro interés.

Rango de Frecuencias:	Uso de las Comunicaciones:
108.000 - 117.975 MHz	Ayudas para la Navegación Aérea
118.000 - 121.400 MHz	Torres de Control
121.500 MHz	Frecuencia de VHF internacionales
121.600 - 122.900 MHz	Control de Tierra y Aeropuerto
122.700 - 123.900 MHz	Frecuencias UNICOM(Aeropuertos no controlados - sin torre de control)
123.450 MHz	Comunicaciones Aire-Aire / Pilotos
124.000 - 128.800 MHz	Llegadas y Salidas
128.825 - 132.000 MHz	Operaciones y Despacho Líneas Aéreas
132.000 - 135.975 MHz	Centro de Control del Área (En Ruta)
136.000 - 136.975 MHz	Compartida Centro de Tráfico Aéreo/Ops. Compañía /Datos

Tabla 3.1. Tabla de frecuencias aeronáuticas.

Mientras se realizan muchos esfuerzos para mantener esta disposición de frecuencias, estaciones transmisoras vecinas quizás se interfieran entre ellas y otras sean asignadas con frecuencias fuera de esta tabla de designación.

No hay reglas para determinar que parte del día tiene el mayor tráfico de comunicaciones, de cualquier manera cada aeropuerto tiene sus periodos de horas pico de éste tráfico pero, generalmente se puede presumir que los periodos más ocupados son entre las 7am y 10am y de 4pm a 8pm. Los radio receptores quizás estén muy silenciosos ya avanzada la noche, aunque monitoreando las frecuencias del Centro de Control de Área, se puede oír el tráfico (de comunicaciones) de una aeronave que haya despegado de un aeropuerto distante y que este sobrevolando la localidad en ruta hacia su destino.

Para monitorear las comunicaciones aéreas se debe tener un receptor, muchas veces conocido como *scanner* (dispositivo explorador), que sea capaz de sintonizarse en las frecuencias de 108.000 MHz a 136.975 MHz. Dependiendo de este equipo y la antena, se puede tener una buena recepción de tráfico aéreo de voz. Generalmente si uno vive dentro de los 40 kilómetros alrededor de un aeropuerto, también será posible oír comunicaciones en tierra, de cualquier manera, obstrucciones geográficas como cerros o edificios muy altos pueden afectar nuestra recepción. Debido a que, como ya sabemos, las señales de *VHF* y *UHF* se reciben en línea de vista, las señales desde una aeronave tienden a ser muy claras por lo que, una buena filosofía para el desempeño de una antena es "entre más alta mejor". Un par de otros recursos útiles que se deben tener para monitorear comunicaciones aéreas, serán cartas de aviación y un plano básico del aeropuerto local. Con esas cartas aeronáuticas estaremos listos para describir el curso del avión que se está monitoreando. De igual manera, un mapa del aeropuerto local, nos permitirá "ver" y seguir la ruta que el avión está tomando entre las pistas de despegue y aterrizaje y, las áreas de desembarco.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

3.1.2. Descripción de temas aeronáuticos

Se conocerán algunas tópicos que permiten tener un entendimiento mayor de cómo son las operaciones en la actividad aeronáutica y sus características propias, como son: la denominación de pistas e información del viento dominante en el área.

Pistas de despegue/aterrizaje y de rodaje

Las pistas principales (de despegue y aterrizaje) se numeran de acuerdo a los dígitos de su dirección magnética, la cual está con referencia respecto del Norte magnético, redondeada a la decena más cercana y quitando el último cero. La dirección Norte se entiende como 360 grados y no 000 grados, así que una pista con esta orientación se numeraría 36 (tres seis). Por ejemplo, una pista orientada en una dirección comprendida entre 355 grados y 004 grados recibe la numeración 36 (tres seis), como podemos ver en la figura 3.1.

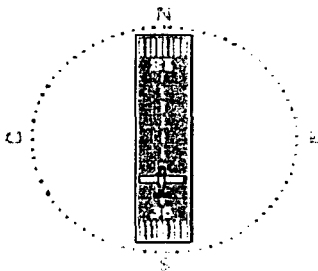


Figura 3.1. Numeración de pistas.

Las pistas son como las carreteras de doble sentido, es decir, en una misma pista se puede despegar y/o aterrizar en un sentido o en el contrario, ello dependerá de la dirección del viento en ese momento. Por esta razón, cada pista tiene dos cabeceras, dos finales, dos orientaciones y dos numeraciones, cada una opuesta 180 grados a la otra. Por ejemplo: una pista orientada en la dirección magnética 186 grados se numerará 19 (uno nueve) en ese sentido y 01 (cero uno) en el opuesto cuya dirección magnética será 006 grados. Esto se muestra en la figura 3.2, donde tenemos a las pistas 36 (tres seis) y 18 (uno ocho) que de acuerdo a lo que se ha mencionado anteriormente son la misma pista pero, en relación a la posición de la aeronave en ella es el número que tendrá en ese momento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

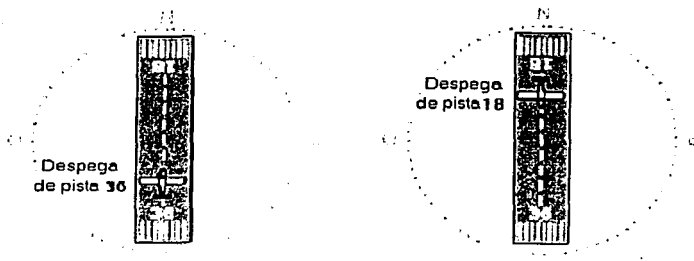


Figura 3.2. Numeración de pistas.

Si un aeropuerto tiene pistas paralelas, todas tienen la misma numeración y se distinguen con una letra adicional: L(Left) situada a la izquierda, C(Center) la del centro si hubiera y R(Right) la de la derecha, lo cual se muestra en la figura 3.3.

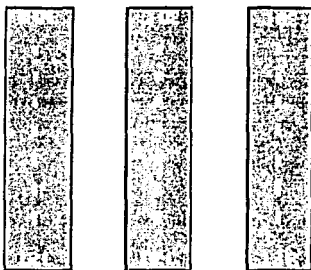


Figura 3.3. Pistas paralelas.

Así, de lo anterior, tenemos que el AICM (Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México), debido a que cuenta con dos pistas para despegue y aterrizaje, están numeradas en un sentido como 24L y 24R y, en el sentido contrario, como la 05R y la 05L respectivamente. Ello debido a que cuando las aeronaves aterrizan por el lago de Texcoco, ocupan las pista 24R/L y cuando lo hacen sobrevolando el centro de la Ciudad de México se les asigna las pistas 05L/R respectivamente.

Las pistas de rodaje suelen identificarse por letras (A, B, C, etc.) seguida de un número (1,2,3, etc.). Estas son pistas adicionales a las principales, a las que cruzan, y que son utilizadas para llevar al avión de la posición de abordaje en el edificio terminal hacia la cabecera de la pista que va a usar de acuerdo a las indicaciones de la torre de control para

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

despegar o cuando una aeronave aterriza las ocupa para ir de las pistas principales a su posición de desembarco asignada por la torre de control en el edificio terminal.

Cuando la torre informa sobre el viento presente en el aeropuerto, además de la intensidad (velocidad en nudos por hora) del mismo facilita su dirección en grados de orientación magnética para ayudar al piloto a orientarse de por donde llega el viento a la pista. No hay ninguna razón para confundirse con la dirección del viento; cuando en la información meteorológica se dice que hay viento del Norte, asumimos automáticamente que el viento procede del Norte. En aviación es lo mismo, la dirección del viento identifica el origen del mismo.

En la aviación también se requiere tener identificadas a las aeronaves para ello, existen virtualmente miles de claves usadas por la aviación general, comercial y militar, para ese fin. Dependiendo del país, tipo y naturaleza de la actividad en que se usa la aeronave, le corresponderá una clave única.

3.1.3. Sistemas de ayuda a la navegación aérea

En las actividades aeronáuticas se tienen varias herramientas de apoyo para la navegación aérea, lo que redundará en una mayor seguridad de las operaciones. Entre estas ayudas se encuentra el control de tráfico aéreo.

Control de tráfico aéreo

El control aéreo es la gestión de las aeronaves que circulan por las rutas aéreas civiles, desde el momento del despegue hasta el aterrizaje en su aeropuerto destino. Se aplican diferentes normas de funcionamiento para los pilotos, según vuelen bajo normas de *VFR* (*Visual Flight Rules*, Reglas de Vuelo Visual) o bajo normas *IFR* (*Instrument Flight Rules*, Reglas de Vuelo por Instrumentos).

Los instrumentos de navegación mínimos requeridos para *VFR* incluyen un indicador de velocidad aerodinámica, un altímetro y un indicador de dirección magnética. Las condiciones mínimas de vuelo en el espacio aéreo controlado por radar en áreas de transición requieren una altura máxima de las nubes de 215 m sobre el nivel del suelo y 1.6 km de visibilidad. Otros requerimientos del *VFR* en cuanto a visibilidad y distancia de las nubes varían con la altitud y la forma del espacio aéreo cualquiera, controlado o sin controlar. El vuelo de *VFR* se permite en todos los espacios aéreos, pero las áreas de control por terminal precisan de un apropiado control de tráfico aéreo (radar). Las áreas de tráfico del aeropuerto abarcan un radio de 8 km y se pueden extender más allá del control de los despegues y aterrizajes en función de los instrumentos de control. Las zonas de control alrededor de los aeropuertos no tienen límite en su espacio aéreo superior. Las comunicaciones de radio con la torre son necesarias durante el aterrizaje y el despegue.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Funcionamiento y equipo para el control del tráfico aéreo

En los principales aeropuertos, el control del tráfico aéreo empieza a partir del controlador de tierra en la torre de control, que dirige a los aviones comerciales desde la rampa de estacionamiento, a lo largo de la pista de rodaje, hasta la pista de despegue. El controlador de tierra debe considerar otros aviones y toda una serie de vehículos de servicio, como los de equipajes o los de carga y mantenimiento, necesarios para el funcionamiento del aeropuerto. Se trabaja día y noche, en todo momento, hasta en días de visibilidad reducida que precisan de un radar especial para ayudar al controlador de tierra. Durante el despegue, un controlador situado en la torre da las ordenes, confirma el permiso del vuelo asignado e informa sobre la velocidad y dirección del viento, el estado del tiempo y otros datos necesarios para partir. Otro controlador transmite datos adicionales cuando la aeronave pasa al *ARTC (Air Route Traffic Control, Control de Tráfico de la Ruta Aérea)*, cuyo personal queda en comunicación con la aeronave desde un centro *ARTC* al siguiente, hasta que la torre de control de tráfico aéreo en destino asume el control.

El sistema *ARTC* de radar y equipo computarizado representan un gran avance en el control de tráfico aéreo, pues libera a los controladores de la acumulación e interpretación de grandes cantidades de información rutinaria, lo que les permite más tiempo para valorar los datos relevantes en momentos de decisiones clave. En la sala de control, el controlador lleva unos auriculares y un micrófono para comunicarse por radio con el avión y otros controladores. Los mismos aviones están representados como un bloque de datos en las pantallas del radar frente al controlador. El bloque de datos incluye un símbolo para cada avión, compuesto por un signo de identificación, la velocidad y la altitud de este. Ciertos equipos de radar pueden mostrar cierta información adicional en relación con un vuelo concreto. Todos los vuelos se mantienen a distintas alturas y distancias específicas entre sí. Los planes de vuelo se introducen en los equipos computarizados y son actualizados según avanza el avión. Los controladores de tráfico aéreo observan estas asignaciones mostradas cuidadosamente para evitar las colisiones en el aire. Se están desarrollando sistemas de radar más sofisticados para prevenir colisiones entre aviones. Cuando los aviones se aproximan al aeropuerto y comienzan a descender para el aterrizaje, son posibles las congestiones en el tráfico aéreo. En este caso, las nuevas llegadas son desviadas a un área de seguridad reservada en el aire, a unos 50 km o más de distancia alejados del aeropuerto. Los aviones en espera de aterrizaje en esta área trazan repetidos círculos en torno a una baliza (indicador), manteniendo una distancia vertical de 305 m entre los aviones. Cada vez que está disponible una pista de aterrizaje, se asigna el avión situado más próximo a tierra, permitiendo a los otros descender en espiral a la siguiente posición.

Ayuda a la navegación

La navegación entre los aeropuertos depende cada vez más de las balizas del terreno y del equipo electrónico y computarizado instalado en el avión. El sistema básico de navegación electrónica instalado en tierra más usado es el *VOR (Very High Frequency Omni Range, Radio Faro Omnidireccional de muy Alta Frecuencia)*. Este método se basa en los transmisores instalados en tierra, los cuales emiten señales hacia el receptor *VOR*. Como ya se mencionó, el sistema *VOR* opera en la banda de *VHF*, en las frecuencias de los 108.000 MHz hasta los 117.950 MHz, y como la recepción de las señales en *VHF* son a línea de vista, la aeronave debe tener una altitud mínima de 1000 pies sobre el nivel del

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

terreno. En su operación, el *VOR* proporciona desde sus transmisores en tierra dos señales al mismo tiempo, una señal es constante en todas direcciones, como una referencia de fase; la otra señal es una señal variable en fase y está rotando de manera circular completando los 360 grados como el haz de un faro. Ambas señales están en fase cuando la señal variable pasa por el punto marcado de los 360 grados (orientado con el norte magnético, o 0 grados) y tienen un desfase de 180 grados cuando la señal rotatoria pasa por el punto de los 180 grados. El equipo en el avión recibe ambas señales, entonces el receptor calculará la diferencia entre las dos señales e interpreta el resultado como un radial desde la estación hacia el avión. Las dos señales generadas por el transmisor del *VOR* genera 360 líneas haciendo la analogía con las de una rueda de bicicleta, cada línea del *VOR* es llamada radial, como se muestra en la figura 3.4. Las estaciones *VOR*, que no siempre están localizadas en el aeropuerto, operan en frecuencias por lo general libres de ruido atmosférico y proporcionan una precisión ausente en equipos anteriormente utilizados. A bordo del avión, un indicador muestra el curso magnético que el piloto debe seguir en vuelo para aproximarse o alejarse de la estación *VOR*. La mayoría de las estaciones *VOR* también tienen *DME*, equipo descrito anteriormente, que proporciona al piloto las distancias hacia y desde las *VOR*. Estas estaciones *VOR/DME* ofrecen un servicio excelente para los aviones privados y para las aeronaves comerciales en todo el mundo.

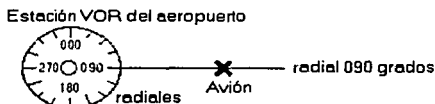


Figura 3.4. Estación *VOR* y radiales.

En las rutas intercontinentales, el sistema electrónico denominado *Omega* utiliza una red de ocho estaciones de transmisión global que emiten potentes señales de largo alcance. Una terminal o computadora a bordo del avión recibe las señales, analiza su forma y calcula la posición de cualquier otro aparato. Un método diferente de ayuda a la navegación es el *INS* (*Inertial Navigation System*, Sistema de Navegación Inercial), no requiere estaciones en tierra ni ondas de radio que podrían sufrir distorsiones o interrupciones, ya que se encuentra instalado a bordo del avión. El *INS* utiliza una plataforma inercial estabilizada giroscópicamente, alineada con el Norte verdadero. Los acelerómetros asociados con el sistema pueden determinar la dirección y velocidad del avión, mientras un indicador computarizado muestra los datos correspondientes a la velocidad del viento, su dirección y otros datos de interés. Estos sistemas, cuando se combinan con un piloto automático, permiten a los grandes aviones volar por sí mismos en las rutas aéreas a través del planeta. Muchas líneas aéreas también llevan en sus aviones un radar especial para detectar las condiciones de las tormentas en ruta. Los equipos militares usan *VOR*, *Omega* u otros sistemas, que incluyen un radar más perfeccionado.

Para las maniobras de aterrizaje, los pilotos usan el *ILS* (*Instrument Landing System*, Sistema de Aterrizaje por Instrumentos), similar a las señales del *VOR*. Los instrumentos de cabina indican las desviaciones a cualquier lado del localizador de onda que dirige directamente a la pista, mientras que la información orientada desde la onda de pendiente

de planeo indica si el avión está demasiado alto o demasiado bajo en la aproximación, que puede comenzar desde unos 13 a 16 km desde el aeropuerto. El sistema *ILS*, sujeto a las "irregularidades del terreno" y a distorsiones ocasionales, comenzó a ser reemplazado por un *MLS* (*Microwave Landing System*, Sistema de Aterrizaje por Microondas) a principio de la década de los ochentas. El equipamiento *MLS* es más preciso, permite múltiples curvas de aproximaciones (a diferencia de la rigidez de la aproximación lineal del *ILS*) sobre un área de acceso más amplia para acomodar más aviones y es más barato. Ciertos sistemas *ILS* pueden acomodarse totalmente al aterrizaje automático, que permite movimientos con niebla densa. En otros lugares, los controladores de tráfico aéreo usan los sistemas de radar especial para dirigir un aterrizaje por radio debido a las malas condiciones climatológicas.

El *ATIS* es otra radioayuda, la cual es proporcionada por la torre de control y consiste en un mensaje grabado que ofrece a los pilotos información actualizada de las condiciones meteorológicas del aeropuerto en cuestión. Esas grabaciones proporcionan información tal como los vientos presentes, parámetros de altímetro, pistas activas, condiciones de riesgo en el aeropuerto o alguna otra información pertinente del aeropuerto relativa a la seguridad del vuelo. Cada mensaje es actualizado normalmente cada hora, sin embargo, en tiempos de rápido cambio de condiciones climatológicas la grabación será actualizada con la frecuencia necesaria. Cada grabación hecha, está identificada por una letra fonética la cual cambia con cada actualización de la emisión. Los pilotos son exigidos a que revisen el mensaje más actualizado del *ATIS* antes de hacer su contacto inicial con el *ATC* (*Air Traffic Control*, Control de Tráfico Aéreo).

3.1.4. Operaciones de la línea aérea

Mucha de la información logística requerida por la tripulación de la aeronave, para realizar sus tareas, es recibida en la fase de recopilación de información previa al vuelo, la cual es dirigida por el personal de operaciones de la línea aérea a la cual pertenece el avión. No obstante, es posible que se presenten situaciones o complicaciones, por ello es necesario que la tripulación del vuelo y los encargados de operaciones de la línea aérea puedan ser capaces de comunicarse entre sí, en cualquier momento. Esto se realiza mediante el uso de comunicaciones de voz a través de una banda de *VHF* que emplea la aerolínea, como se describe en la figura 3.5. Mucho del tráfico en estas frecuencias puede verse muy rutinario, como correcciones a los tiempos de llegada y salida, confirmación de los arreglos hechos para los pasajeros que requieran servicios especiales, o algún problema técnico. Durante situaciones de mal tiempo, esas frecuencias pueden ser vitales en situaciones de congestiónamiento aéreo. Un ejemplo quizás incluya detalles de que planes se han hecho para redireccionar un vuelo a un aeropuerto alternativo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

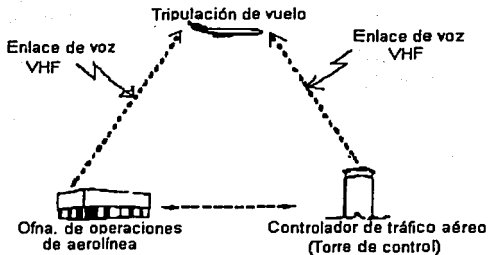


Figura 3.5. Comunicaciones de voz tierra-aire.

Anteriormente se describió un sistema basado en comunicaciones de voz en la banda de VHF, a continuación se mencionará el ACARS (*Aircraft Communications Addressing and Reporting System*, Sistema de Reporteo y Direccionamiento de Comunicaciones Aéreas), el cual es un sistema de enlace digital de datos y que está reemplazando rápidamente a las comunicaciones de voz realizadas por las oficinas de operaciones de las aerolíneas. Uno de los verdaderos beneficios de ACARS es la disponibilidad que tienen las tripulaciones de vuelo y el personal de tierra para estar en contacto, aunque no estén dentro del rango de cobertura de uno y otro. La vasta red de transmisores ACARS envían y reciben mensajes en un proceso práctico y confiable. Las nuevas aeronaves son equipadas con sensores que automáticamente envían información específica, por ejemplo activando los interruptores para retraer las ruedas del tren de aterrizaje el sistema automáticamente transmitirá un mensaje de salida (despegue) o activando el freno de alto total envía el mensaje de "en puerta".

Centro de almacenamiento de rutas

Todas las aeronaves volando mediante IFR requieren un plan de vuelo, el cual es introducido a las computadoras del sistema ATC, donde los controladores trabajan las posiciones para las autorizaciones de salida, y son responsables de emitir y/o verificar el plan de vuelo con el piloto a fin de confirmar la ruta. La ruta debe permitir suficiente espacio entre el cruce de aeronaves para prevenir conflictos. Si un conflicto es detectado, se emite una corrección, lo cual quizás altere el plan de vuelo original. Algunas veces, en lugar de hacer una corrección, un vuelo quizás sea retenido en la puerta de abordaje permitiendo que el plan de vuelo original se mantenga activo, esto es comúnmente conocido como una "retención en sala". Como un ejemplo, si alguno de los centros de destino están experimentando congestión de tráfico, las aeronaves destinadas para los aeropuertos dentro de esas áreas quizás requieran retardar su salida.

El sistema conocido como Centro de Almacenamiento de Rutas fue desarrollado con la intención de permitir a los controladores emitir una autorización de plan de vuelo, sin tener que leer el plan de vuelo completo, los cuales en ciertos casos pueden ser muy largos.

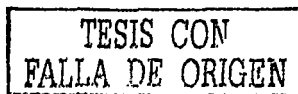
La torre de control es casi considerada el corazón de un aeropuerto, y realmente así es. Construido en todas las formas y tamaños, las torres de control usualmente están localizadas en áreas que le dan a los controladores la mejor ubicación sobre todo el terreno. Ningún avión podrá aterrizar o despegar sin permiso de la torre de control. Toda aeronave que esté operando dentro del área denominada Zona de Control del Aeropuerto también recibirá instrucciones desde la torre de control. Los movimientos de las aeronaves tanto en tierra como en la zona de control del aeropuerto, quedan a cargo de dos categorías separadas de control: el control entre los edificios terminales y las pistas, es responsabilidad de los controladores de tierra y, las aeronaves preparadas para despegar o aterrizar, son manejadas por los controladores de torre.

Todas las comunicaciones que se escuchan en las frecuencias de control de tierra están sintonizadas por los vehículos de servicio o de emergencias del aeropuerto que estén transitando por las pistas o áreas de aproximación. La principal responsabilidad de los controladores de tierra es dirigir a las aeronaves con seguridad hacia y desde las salas de abordaje o áreas de estacionamiento. Los controladores de tierra toman una posición en la torre de control para coordinar mucho mejor los movimientos de las aeronaves con los controladores de aeropuerto, quienes emiten las autorizaciones para aterrizaje o despegue. Los pilotos tienen la obligación de contactar al control de tierra para instrucciones de rodaje, una vez que la pista activa esté libre o antes de la salida de la sala o las zonas de estacionamiento. Las aeronaves que están siendo dirigidas hacia o desde los hangares también reciben instrucciones de los controladores de tierra. El operador del remolcador es el responsable de obtener, en este caso, sus autorizaciones de movimientos. Todos los vehículos de servicio y de emergencia tienen obligación de contactar al control de tierra para informar de sus movimientos, antes de entrar a pistas activas o de rodaje.

Los aeropuertos grandes, que manejan mayores volúmenes de tráfico aéreo, han dividido la responsabilidad del control de tierra. Aeronaves que están en la proximidad de el edificio terminal, conocidas como "rampa" o "plataforma", están bajo la guía del control de plataforma. Desde este punto, los controladores son responsables de la seguridad y tranquilo flujo de movimientos de las aeronaves entre las pistas de rodaje y el edificio terminal. Los movimientos de los aviones son coordinados con controladores de tierra hasta en casos en que el edificio de control, quizás, esté ubicado en otra parte diferente de la torre de control.

Los controladores de llegadas son los responsables de separar y secuenciar la aproximación y aterrizaje de los aviones. Durante el segmento final de la aproximación, a los pilotos se les dan unas direcciones de radar, más comúnmente llamados vectores. Esos vectores ayudan para establecer a un vuelo en cierta etapa de su aproximación. Mientras se vuela en aproximación, existen varios instrumentos de navegación y radiofaros usados para ayudar en la guía de una aeronave hacia la pista de aterrizaje. Existen aeropuertos que tal vez proporcionan una variedad de ayudas electrónicas tales como el *VOR*, *ILS* o *DME* para la aproximación de un avión.

Localizado en la unidad de control de la terminal, el control de salida es responsable del avión, después de despegar hasta dejarlo en manos del Centro de Control de Área. Los controladores de salida envían varias instrucciones a las tripulaciones en su transición entre el área de control de terminal y su ubicación en su ruta asignada. Para modernizar la etapa



Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

de salida, numerosos sistemas y procedimientos son usados, los cuales incluyen salidas estándar por instrumentos y la tirilla de progreso de vuelo. Antes de salir de la sala, una tirilla de progreso de vuelo es preparada para cada vuelo por *IFR*, estas tirillas proporcionan la información de la ruta que es necesaria para que los controladores realicen las correcciones pertinentes una vez que la aeronave esté en vuelo. La salida estándar por instrumentos son un conjunto de procedimientos publicados que una aeronave debe acatar inmediatamente después del despegue. Debido a las condiciones del terreno en el área o a restricciones de abatimiento de ruido, esos procedimientos detallan restricciones de vueltas o de velocidad y altitud que los pilotos deben cumplir.

El sistema de *transponders* (dispositivos electrónico de identificación satelital) es usado para proporcionar una identificación positiva de cualquier aeronave en la pantalla del radar de los controladores de tráfico aéreo. El *transponder* de la aeronave consiste en un control, un receptor/transmisor y una pequeña antena en forma de L montada en la parte inferior del avión. El equipo en tierra consta de un transmisor/receptor y de una antena rotatoria direccional que usualmente está montada en la parte superior de la antena de radar. Sin un *transponder*, el radar sólo puede captar la distancia del avión y el rumbo, de esta manera, una aeronave equipada con un *transponder* está habilitada para transmitir una señal que proporciona su propia identificación y altitud, lo cual asegura un control positivo. Cada vuelo tiene asignado código de *transponder* de cuatro números por el *ATC*, el cual los pilotos configuran en el *transponder* de la aeronave. Esos mismos números están igualados con las computadoras en el Centro de Control de Tráfico Aéreo, la unidad ubicada en tierra puede ahora enviar una señal especial de interrogación, la cual es recibida por la unidad en vuelo. El *transponder* de la aeronave recibe esta señal y responde con una señal que es procesada por la unidad en tierra para desplegar información tal como, distancia, dirección y altitud, lo que podemos ver en la figura 3.6.

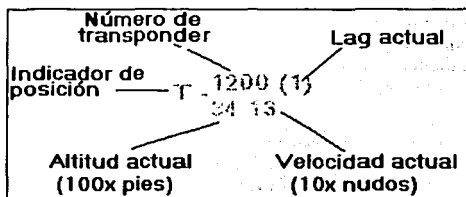


Figura 3.6. Indicación de un transponder.

Habiendo tenido ya un conocimiento general de las operaciones aéreas, para poder entender este sector de la actividad económica de un país, ahora nos enfocaremos con mayor detenimiento a las áreas que son de nuestro interés analizar, debido a los requerimientos de información tanto por parte de la tripulación de la aeronave como del

personal de tierra, ya sean controladores aéreos o personal de operaciones de las líneas a las que pertenecen los aviones.

Para ello presentaremos las diferentes etapas que se presentan en una operación de vuelo, desde la salida del aeropuerto de origen hasta la llegada al aeropuerto de destino, y todos los requerimientos de información presentes en cada etapa.

3.2. REQUERIMIENTOS DE FLUJO DE INFORMACIÓN

Las diferentes etapas en las que se subdivide la operación de un vuelo son como se indica en la figura 3.7, estacionamiento y rodaje, despegue y alejamiento, en ruta, aproximación y aterrizaje y, rodaje y estacionamiento.

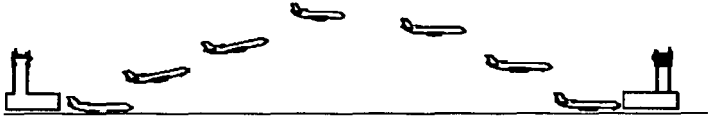


Figura 3.7. Etapas de interés para análisis de información.

3.2.1. Estacionamiento y rodaje

Esta etapa corresponde al período en que la aeronave está estacionada en una sala (posición), donde se está haciendo abordar a los pasajeros, cargando combustible, equipaje, artículos de carga, aprovisionamiento de alimentos, etc. Y posterior a este proceso, después de haber obtenido la autorización del Centro de Control Aéreo, salir de esta posición y circular por la pista de rodaje en camino a su posición de despegue.

En esta etapa se le solicita al piloto reunir información antes del vuelo e introducir un plan de vuelo. Esta recopilación de información debe consistir en la última o más actualizada información de lo siguiente:

- Pruebas de comunicaciones
- Solicitudes de PDC (Pre Departure Clearance, Autorización de Pre Salida)
- Solicitudes de información ATIS
- Información meteorológica del aeropuerto origen y en ruta
- Tipo de vuelo planeado (VFR o IFR)
- Matrícula de la aeronave
- Nombre del piloto
- Tipo de aeronave
- Aeropuerto de salida
- Ruta del vuelo
- Localidad de destino



ESTA TESIS
DE LA

- Altitud
- Tiempo estimado de salida
- Tiempo estimado en ruta
- Requerimiento de combustible
- Peso y balance (equipaje, carga y pasajeros –incluida la tripulación)
- Informe de irregularidades
- Demora de salida

3.2.2. Despegue y alejamiento

Esta etapa comprende cuando la aeronave se encuentra en la pista de despegue y en el proceso de acelerar las turbinas para hacer su despegue y alejamiento del área del aeropuerto, la información que se requiere tener en esta etapa es:

- Demora en despegue
- Reportes de *off** (tren de aterrizaje retraído, alerones normalizados, etc.)
- Información de combustible
- Rendimiento de motores
- Plan de vuelo
- Actualización de información meteorológica

* Las señales *on* y *off* se refieren a mecanismos activados o desactivados del avión, por ejemplo, el tren de aterrizaje, si está desplegado se considera una indicación *on* y si está retraído se considera una señal *off*, así de esta manera para los diferentes elementos sensados.

3.2.3. En ruta

Como su nombre lo indica, esta etapa es en la que el avión ya se encuentra en su altitud de crucero (altitud en la que realiza un desplazamiento horizontal y durante la mayor parte del vuelo) y enfilado a su destino. La información que se requiere en esta etapa es:

- Combustible remanente
- Condiciones meteorológicas en ruta
- Posición, altitud, velocidad
- Actualización de plan de vuelo
- Condiciones meteorológicas en destino
- Tráfico aéreo
- Rendimiento de turbinas
- Demora en ruta
- Actualización de *ETA* (*Estimated Time Arrival*, tiempo estimado de arribo)
- Autorizaciones de ruta

3.2.4. Aproximación y Aterrizaje

Esta etapa comprende cuando la aeronave entra a la zona de operación del Centro de Control Aéreo del aeropuerto destino, lo cual significa el comienzo de la aproximación al mismo y su posterior aterrizaje. En esta etapa la información que se solicita es la siguiente:

- Condiciones meteorológicas en destino
- Aprovisionamiento
- Información de irregularidades
- Solicitudes y asignación de sala de desembarco
- Requerimientos especiales
- Información de motores
- Información de mantenimiento
- Solicitud de información ATIS
- Salas de conexión
- Información de pasajeros y tripulación del siguiente vuelo
- Activación de mecanismos

3.2.5. Rodaje y estacionamiento

En esta etapa el avión, después de su aterrizaje, inicia el proceso de salir de la pista activa (de aterrizaje) y pasar a las pistas de rodaje, después de lo cual pasará a la posición asignada en las salas de desembarco. Aquí la información que se requiere tener es:

- Información de combustible
- Contacto con posición de desembarco
- Información de tripulación
- Reporte de errores en información
- Retardo en asignación de sala
- Resumen de información de vuelo

De acuerdo a las etapas anteriormente descritas, en las que se presentan los requerimientos de información, se ve que mucha de esta información puede ser recabada de manera automática y aun más, tener información de más variables de la aeronave que permitan su total monitoreo en cada etapa de vuelo. Debido a ello, se presenta la necesidad de diseñar e integrar una red de comunicaciones que permita tener esta información tan necesaria para el perfecto control de la aeronave, así como para reducir los costos de operación de las aerolíneas comerciales.

Un aspecto muy importante a considerar en las comunicaciones en la aviación es el marco normativo que las rige en nuestro país, así como de la actividad aeronáutica en general.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3. REGULACIONES EN LA AVIACIÓN

Cada vez es mayor la necesidad de la sociedad de viajar por avión, esto es algo que para muchos ya pertenece a la vida cotidiana. Por lo que la regulación de la operación del ambiente de aviación es esencial para garantizar seguridad tanto de la aeronave como la de los usuarios. Esto se rige bajo normas y reglas establecidas por organismos reguladores internacionales y nacionales, cada país tiene su propia normatividad y debe ser cumplida por todas las aeronaves que se encuentren transitando dentro de su territorio, así como el cumplimiento de las reglas internacionales establecidas. Día con día la preocupación de ofrecer un mejor servicio, brindando una gran confiabilidad a los usuarios para viajar, es primordial y da lugar a nuevas y mejores normas para poder llevar a cabo una regulación más óptima y permitir con esto que cada aerolínea tenga equipo surcando los cielos, manteniendo siempre el privilegio de poder ingresar con la puerta fronteriza abierta a cada una de las naciones donde opera, brindando y manteniendo la confiabilidad que toda persona requiere para viajar. A continuación presentaremos la normatividad que regula la operación aérea en nuestro país.

3.3.1. Regulación jurídica en la aviación en México

Para iniciar el estudio de este apartado, nos remitimos al artículo 42 de la constitución política de nuestro país, fracción VI, en la que señala que el territorio nacional comprende, el espacio situado y determinado con la extensión y modalidades que establezca el propio derecho internacional y que es parte de la federación el espacio situado sobre territorio nacional. Sin necesidad de un análisis exhaustivo, encontramos que el texto de nuestra carta magna, es muy claro al declarar el espacio aéreo para actividades de aviación civil y militar como propiedad de la nación, pero dentro de las limitantes y con los derechos y obligaciones que le sean inherentes por los convenios y tratados internacionales.

En este aspecto se incita a promover que la legislación y regulación en materia aeronáutica se mantenga actualizada, mediante una consulta permanente con los agentes y sectores involucrados y que, a la vez, otorgue certidumbre jurídica en todos y cada uno de los aspectos de la actividad, con reglas claras y transparentes, que permitan una actuación, por parte de la autoridad, de manera objetiva y no discrecional garantizando que el control de las empresas operadoras de transporte sea óptimo, mediante el convenio de aviación civil.

Adicionalmente a lo establecido en nuestra constitución, la legislación en México relativa a la aviación y las comunicaciones necesarias para su operación incluye a las siguientes leyes, reglamentos y normas:

Ley Federal de Telecomunicaciones.

Ley de Aeropuertos.

Ley de Aviación Civil.

Reglamento de Comunicación Vía Satélite

Reglamento de la Ley de Aviación Civil.

Reglamento de la Ley de Aeropuertos.

Reglamento de las Escuelas Técnicas Aeronáuticas

Reglamento de Operaciones de Aeronaves Civiles.

Reglamento del Registro Aeronáutico Mexicano

Norma Oficial para Empresas Aéreas y Aeronaves

3.3.2. Convenio de Aviación Civil Internacional

El Convenio de Aviación Civil Internacional fue firmado en 1947 en la ciudad de Chicago, desarrollado para regular únicamente las aeronaves civiles y no de estado, teniendo como objetivo primordial el desarrollo futuro de la aviación civil internacional, para contribuir poderosamente a crear y a preservar la amistad y el entendimiento entre las naciones y los pueblos del mundo, evitando discrepancias entre las naciones y los pueblos y promoviendo entre ellas la cooperación para la paz del mundo. Las naciones participantes llegan a acuerdos con ciertos principios y arreglos, a fin de que la aviación civil internacional pueda desarrollarse de manera segura, ordenada y de que los servicios internacionales de transporte aéreo puedan establecerse y realizarse de modo sano. Como referencia de la normatividad aérea, en el presente trabajo presentaremos aspectos importantes de la misma, considerando la navegación aérea, el transporte aéreo y las consideraciones más importantes de la *ICAO (International Civil Aircraft Organization, Organización de Aviación Civil Internacional (OACI))*.

Dentro de dicho convenio, las naciones participantes en la navegación aérea reconocen que toda nación tiene soberanía plena y exclusiva en el espacio aéreo situado sobre su territorio, considerando como territorio las áreas terrestres y las aguas territoriales adyacentes a ellas, que se encuentren bajo la soberanía, dominio, protección o mandato de dicha nación. Para la navegación en el espacio aéreo será obligatorio utilizar los servicios de tránsito aéreo, radioayudas, meteorología, telecomunicaciones e información aeronáuticas, así como de despacho e información de vuelos, que preste la dependencia encargada o en su caso, las personas facultadas. En el caso de México por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) a través del organismo SENEAM (Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano).

Ninguna aeronave podrá ingresar a otra nación que no sea la suya sin haber obtenido autorización para ello. Cada nación conviene en que todas las aeronaves de las demás naciones participantes, que no se utilicen en servicios internacionales regulares, tendrán derecho a penetrar sobre su territorio o sobrevolarlo sin escalas, o si se requirieran escalas serán realizadas con fines no comerciales sin necesidad de obtener permiso previo. Cada nación se compromete, en la medida en que lo juzgue factible, a proveer en su territorio aeropuertos, servicios de radio, servicios meteorológicos, instalaciones, así como servicios enfocados a la navegación aérea a fin de facilitarla cumpliendo y adoptando las normas y métodos recomendados o establecidos, aplicando los sistemas normalizados sobre

Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

procedimientos de comunicaciones, códigos, señales, iluminación y demás métodos y reglas de operación que se recomienden o establezcan oportunamente.

Las aeronaves, cuando se encuentren en o sobre el territorio de otras naciones, solamente pueden llevar a bordo radio transmisores, si las autoridades competentes de la nación en la que se encuentra matriculada han expedido una licencia para instalar y utilizar dichos aparatos. Cada nación se compromete a suministrar, a petición de cualquier otra o de la *OACI*, información relativa a la matrícula y propiedad de cualquier aeronave matriculada en dicha nación, las aeronaves civiles tienen la nacionalidad del país en donde están matriculadas. En el caso de México, las marcas de nacionalidad para aeronaves mexicanas civiles serán: las siglas *XA*, para las de servicio público de transporte aéreo; *XB* para las de servicios privados y *XC*, para las aeronaves de estado distintas de las militares.

En el ámbito del transporte aéreo cada nación se compromete a que sus líneas aéreas internacionales comuniquen informes sobre tráfico, estadísticas de costos y estados financieros que muestren, entre otras cosas, todos los ingresos y las fuentes de su procedencia. Si una nación lo solicita, la *OACI* puede convenir en proveer de personal, mantener y administrar en su totalidad o en parte las instalaciones y servicios de radio y meteorología requeridos en su territorio, para el funcionamiento seguro, regular, eficaz y económico de los servicios aéreos internacionales apoyándose en los sistemas de comunicación.

A continuación presentaremos algunos de los puntos más importantes relativos a los sistemas de comunicación y ayuda a la navegación aérea en la aviación.

3.3.3. Sistemas de comunicación y ayuda a la navegación aérea

Los sistemas de comunicación utilizados en la aviación se dividen en sistemas de transmisión de voz y datos. Veremos más adelante también que, por razones prácticas, existen servicios de transmisión de datos montados en la estructura que inicialmente sólo estaba definida para la transmisión de voz.

Sistemas de transmisión de voz

Los sistemas de transmisión de voz han sido, desde los comienzos de la aviación, el medio más utilizado (el único hasta hace algunos años) para el control de tráfico aéreo. Presentamos algunas de sus características con el fin de evidenciar sus alcances y limitaciones.

Entre las normas que deben seguir las estaciones de control de tráfico aéreo está la obligación de prolongar sus horas normales de servicio cuando exista sobrecarga de tráfico. Antes de cerrar, cada estación participará su intención a todas las demás estaciones con que esté en comunicación directa, confirmando que no es necesaria la prolongación del servicio. Cuando una estación esté funcionando regularmente en una red común (estaciones conectadas a una red de comunicación), deberá notificar su intención de cerrar a la estación de control responsable de la red. Luego continuará escuchando durante dos minutos, en espera de recibir alguna llamada, si en dicho período no recibe ninguna llamada podrá

terminar el servicio. Toda estación prolongará su horario normal de trabajo para prestar apoyo al servicio cuando alguna estación no pueda cubrirlo.

Cada estación sólo aceptará la transmisión de mensajes relativos a urgencia, seguridad del vuelo, meteorológicos, regularidad del vuelo, servicios de información aeronáutica e información aeronáutica administrativa. Quedando bajo responsabilidad de la estación determinar si algún mensaje es aceptable para transmisión. Una vez que el mensaje se considere aceptable, se transmitirá, retransmitirá y entregará de conformidad, sin discriminación o demora indebida. Los mensajes se cancelarán solamente por la estación cuando la cancelación se autorice por el remitente, los mensajes (incluso las aeronotificaciones) sin ninguna dirección concreta, que contengan información meteorológica o de tránsito aéreo, recibidos de una aeronave en vuelo, se enviarán sin demora a la oficina meteorológica correspondiente al punto en que se reciban. Todo tipo de mensaje será enviado mediante caracteres establecidos. Todas las estaciones terrenas para servicio aeronáutico usarán el tiempo universal coordinado, de tal manera que la medianoche se designará como las 24:00 hrs., para indicar fin de día, y las 00:00 hrs. para principio, los grupos de fecha hora contarán de seis cifras, de las cuales las dos primeras representarán el día del mes y las cuatro últimas la hora y minutos.

Todos los números que se utilicen en la transmisión de información sobre altitud, altura de las nubes, visibilidad y alcance visual en la pista, constituidos únicamente por centenas redondas o millares redondos, se transmitirán pronunciando todos y cada uno de los dígitos correspondientes a las centenas o a los millares, y a continuación la palabra cientos o mil, según sea el caso. Cuando el número sea una combinación de millares y centenas redondos, se transmitirán pronunciando todos y cada uno de los dígitos correspondientes a los millares y a continuación la palabra mil, y seguidamente el dígito de las centenas y la palabra cientos, en el caso de palabras se utilizará el alfabeto de deletreo. Las tablas 3.2 y 3.3 muestran ejemplos de transmisión de números y el alfabeto aeronáutico de deletreo, en esta tabla van subrayadas las sílabas en que debe ponerse el énfasis al pronunciar.

Altitud	800 3 400 12 000	transmite como	ocho cientos tres mil cuatro cientos uno dos mil
Altura de nubes	2 200 4 300	transmite como	dos mil dos cientos cuatro mil tres cientos
Visibilidad	1 000 700	transmite como	visibilidad uno mil visibilidad siete cientos
Alcance visual en pista	600 1 700	transmite como	RVR seis cientos RVR uno mil siete cientos

Tabla 3.2. Transmisión numérica.

Capítulo 3: Comunicaciones en la Aviación

Letra	Palabra	pronunciación aproximada
A	Alfa	<u>AL</u> FA
B	Bravo	<u>BRA</u> VO
C	Charlie	<u>CHAR</u> LI (en Méx. Coca)
D	Delta	<u>DEL</u> TA
E	Echo	<u>E</u> CO
F	Foxtrot	<u>FOX</u> TROT
G	Golf	GOLF
H	Hotel	<u>O</u>
I	India	<u>IN</u> DIA
J	Juliette	<u>TSHU</u> LIET (en Méx. Julieta)
K	Kilo	<u>KI</u> LO
L	Lima	<u>LI</u> MA
M	Mike	MAIK (en Méx. Metro)
N	November	<u>NO</u> <u>VEM</u> BER (en Méx. Néctar)
O	Oscar	<u>OS</u> CAR
P	Papá	PA <u>PA</u>
Q	Québec	<u>QUE</u> BEC
R	Romeo	<u>RO</u> ME O
S	Sierra	SI <u>E</u> RRA
T	Tango	<u>TAN</u> GO
U	Uniform	<u>IU</u> NI FORM (en Méx. Unión)
V	Víctor	<u>VÍC</u> TOR
W	Whiskey	<u>UIS</u> QUI
X	X-ray	<u>EX</u> REY (en Méx. Extra)
Y	Yankee	<u>IAN</u> QUI
Z	Zulú	<u>TSU</u> LU

Tabla 3.3. Alfabeto aeronáutico.

Sistemas de transmisión de datos

Respecto a los sistemas de transmisión de datos en la aviación, el tema principal del presente documento, presentaremos solamente las normas y estándares más importantes para la comunicación en la aviación.

Como complemento al Convenio de aviación civil mencionado anteriormente, fueron publicados sus respectivos anexos. Estos documentos son la base para la operación y desarrollo de las tecnologías en la aviación. Hacemos una lista de los relacionados con el presente trabajo.

Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen I (Radioayudas para la navegación).

Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen II (Procedimientos de comunicaciones, incluso los que tienen categoría de procedimientos de ayuda para la navegación aérea).

Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen III (Parte 1 - Sistemas de comunicaciones de datos digitales; Parte 2 - Sistemas de comunicaciones orales).

Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen IV (Sistema de radar de vigilancia y sistema anticolidión).

Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen V (Utilización del espectro de radiofrecuencias aeronáuticas).

A nivel internacional, en el área de telecomunicaciones en general, los documentos base son publicados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Estos documentos son una referencia para los organismos reguladores de las telecomunicaciones en cada país, y a su vez para los proveedores y usuarios de equipos y servicios en las telecomunicaciones.

Un caso muy particular es el de los servicios *ACARS*. No existen documentos *OACI* al respecto, puesto que esta tecnología fue desarrollada por el *AEEC (Airlines Electronic Engineering Committee: Comité de Ingeniería Electrónica de las Aerolíneas)*, el cual es operado y financiado por *ARINC (Aeronautical Radio, Inc)*, una compañía dedicada a las comunicaciones en la aviación, cuyo capital principal proviene de varias aerolíneas, y de la cual presentaremos mayor información en el siguiente capítulo.

Esta tecnología se montó sobre el enlace de voz *VHF* existente y se desarrolló de tal forma que no interfiriera con él. Inicialmente se pensó que el uso de los servicios del *ACARS* iba a ser provisional y no tan ampliamente difundido. Pero la realidad rebasó dichas expectativas, como lo veremos en el capítulo 4.

Por lo tanto, en principio la tecnología *ACARS* debe cumplir con las normatividades y especificaciones relativas a los enlaces de voz *VHF*. Y también con lo correspondiente a los enlaces *HF* y vía satélite, cuando aplique.

Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

En razón de que *ACARS* es una tecnología aplicada en la aviación, antes de su implementación debieron de desarrollarse la mayor parte de los documentos enumerados a continuación.

El principal estándar aplicable a *ACARS* es el *Air/Ground Character-Oriented Protocol Specification: Arinc Specification 618-5* (Especificación del Protocolo Orientado a Caracter Aire/Tierra), del cual se derivan y/o están relacionados los siguientes:

ARINC Specification 619, Airborne Equipment Protocols for Avionic End Systems. (Protocolos para equipos en la aeronave para sistemas electrónicos de aplicación).

ARINC Specification 600, Air Transport Avionics Equipment Interfaces (Interfaces de equipo electrónico en aeronaves del transporte aéreo).

ARINC Specification 620, Data Link Ground System Standard and Interface Specification (DGSS/IS) (Especificación de la interfaz y del estándar del sistema terrestre de enlace de datos).

ARINC Characteristic 716, Airborne VHF Communications Transceiver (Transceptor de comunicaciones VHF en la aeronave).

ARINC Characteristic 724, Mark 2 Aircraft Communications Addressing and Reporting System (ACARS). (Especificaciones del ACARS).

ARINC Characteristic 724B, Aircraft Communications Addressing and Reporting System (ACARS) (Especificaciones del ACARS).

ARINC Characteristic 741, Aviation Satellite Communications System (Sistema comunicaciones vía satélite en la aviación).

PART 1 Aircraft Installation Provisions (Consideraciones de instalación en la aeronave).

PART 2 System Design and Equipment Functional Description (Diseño del sistema y descripción funcional del equipo).

ARINC Characteristic 758, Communication Management Unit (CMU) Mark 2 (Unidad de Administración de Comunicaciones).

ARINC Characteristic 761, Second Generation Aviation Satellite Communication System, Aircraft Installation Provisions (Segunda generación del sistema de comunicaciones vía satélite en la aviación, Consideraciones de instalación en la aeronave).

Proceedings of the IRE, January 1961, "Cyclic Codes for Error Detection". (Códigos cíclicos para detección de errores).

Code of Federal Regulations (USA) (Código de regulaciones federales).

ATN SARPs "Aeronautical Telecommunication Network (ATN) Standard and Recommended Practices (SARPs) Sub-Volume 5 Internet Communications Service Version

2.2", 16 January 1998. (Estándar para la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas y prácticas recomendadas Subvolumen 5 Servicios de Comunicaciones Internet versión 2.2).

ISO/IEC 3309: 1976(E) "Data communications – High level data link control procedures - Frame structure". (Comunicaciones de datos – Control de enlace de datos de alto nivel – Estructura de bloques).

ISO/IEC 4335: 1993(E) "Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - High-level data link control procedures (HDLC) - Elements of procedures". (Tecnología de información – Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas – Procedimientos de control de enlaces de datos de alto nivel – Elementos de procesos).

ISO/IEC 7809: 1993 "Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - High-level data link control (HDLC) procedures - Classes of procedures. (Tecnología de información – Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas – Procedimientos de control de enlaces de datos de alto nivel – Clases de procesos).

ISO/IEC 8885: 1993 "Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - High level data link control (HDLC) procedures - General XID frame information field content and format." (Tecnología de información – Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas – Procedimientos de control de enlaces de datos de alto nivel – Contenido y formato del campo de información por cuadro XID general).

ISO/IEC 8208: 1995(E) "Information technology - Data communications - X.25 Packet layer Protocol for Data Terminal Equipment". (Tecnología de información – Comunicaciones de datos – Protocolo X.25 de la capa de paquetes para el equipo terminal de datos).

ISO/IEC 9755: 1990(E) "Information technology - Protocol identification in the network layer". (Identificación del protocolo de tecnología de información en la capa de red).

La forma en que se relacionan los principales documentos de la tecnología ACARS puede observarse en la fig. 3.8.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

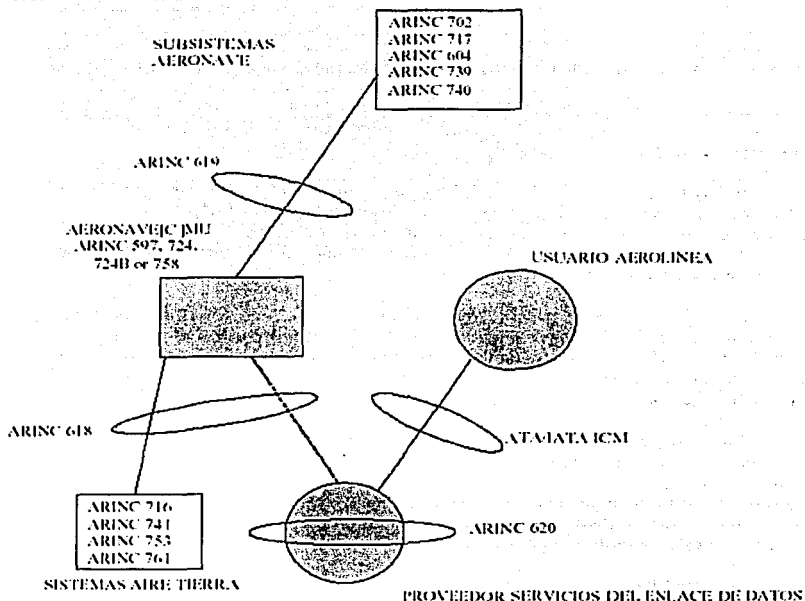


Fig. 3.8. Documentación ACARS.

Como se puede observar, a través de los numerosos documentos que deben considerarse, el diseño e implementación de una red de comunicaciones en la aviación es una labor muy extensa.

A lo largo del capítulo 4 se presentarán las características y especificaciones más importantes, para el tema del presente trabajo, de los documentos anteriormente enumerados.

Radioayudas a la navegación

La radionavegación aérea se encuentra regida bajo los siguientes lineamientos:

Los servicios de radioayuda aeronáutica abarcan todos los tipos y sistemas utilizados en el servicio aeronáutico internacional. Toda ayuda aeronáutica de radioayuda que no esté funcionando continuamente, se pondrá en funcionamiento, de ser posible al recibirse la petición de una aeronave, de cualquier servicio terrestre de control, o de un representante autorizado de una empresa explotadora de aeronaves, de tal manera que se reciba sin demora la información esencial relativa a aquellos cambios en la categoría

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

operacional de las ayudas no visuales, como son la meteorología y tráfico y las necesarias para las instrucciones previas al vuelo.

Las estaciones de radioayuda funcionarán individualmente o en grupos bajo la dirección de una estación principal, aquellas que funcionen individualmente, únicamente podrán determinar la dirección de una aeronave respecto a ella, proporcionando la marcación geográfica de la aeronave, el rumbo que debe seguir sin viento y la marcación magnética de la misma (radar).

Cuando las estaciones trabajen en grupo, las marcaciones tomadas por cada estación deberán enviarse sin demora a la estación que tenga bajo su control la red de estaciones, la cual debe proporcionar la posición con relación a un punto de referencia o en la latitud y longitud correctas, la marcación verdadera de la estación, tomando como punto de referencia la misma estación u otro punto específico, y su rumbo magnético sin viento mediante radar. La comunicación entre estaciones se realizara mediante las normas vistas anteriormente.

Todas las regulaciones anteriormente vistas están regidas por organismos que se encargan de que toda la reglamentación se lleve a cabo por parte de los países que tienen que ver con la aviación y que tengan acuerdos firmados internacionalmente.

3.4. ORGANISMOS REGULADORES Y OPERADORES

Dentro del mundo de la aviación nos encontramos con sectores encargados de llevar a cabo la regulación y cumplimiento de todas las normas que se tienen establecidas, en este aspecto, existen organismos nacionales e internacionales; en el primer caso se encuentran regidos bajo las ordenes del gobierno federal y poderes ejecutivo y legislativo de nuestro país, los cuales tienen la responsabilidad de llevar a cabo una rigida supervisión en diferentes sectores, como son: sector agropecuario, sector ferroviario, sector de transporte terrestre, marítimo y aéreo, así como la regulación de todos los medios de comunicación existentes. Presentamos a continuación los organismos nacionales y posteriormente los internacionales que se encuentran manejando la operación aérea

3.4.1. Organismos nacionales

SCT

La SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), es la secretaria de estado del gobierno federal que está encargada de conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país. La SCT regula, inspecciona y vigila los servicios públicos de correos, transporte, telégrafos y sus servicios diversos; además de conducir la administración de los servicios federales de comunicaciones eléctricas y electrónicas y su enlace con los servicios similares públicos, regula los servicios privados de teléfonos, telégrafos y servicios inalámbricos, así como el servicio público de procesamiento remoto de datos.

La SCT otorga concesiones y permisos para establecer y operar servicios aéreos en el territorio nacional, fomenta, regula y vigila su funcionamiento y operación, así como

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3. Comunicaciones en la Aviación

negocia convenios para la prestación de servicios aéreos internacionales; vela por la regulación y vigilancia de la administración de los aeropuertos nacionales, concediendo permisos para la construcción de aeropuertos particulares y vigilar su operación; y la operación de los servicios de control de tránsito, así como de información y seguridad de la navegación aérea.

COFETEL

La COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones), es un órgano administrativo desconcentrado de la SCT con autonomía técnica y operativa, el cual tiene las atribuciones que se confiere el decreto de creación y el reglamento interior con el objeto de regular y promover el desarrollo eficiente en las telecomunicaciones.

SENEAM

SENEAM, organismo encargado de operar los Servicios a la Navegación en el país garantizando la seguridad de las aeronaves que transitan en el espacio aéreo nacional, desde que despegan de un aeropuerto hasta que aterrizan en su destino final coordinando su transferencia a otros centros de control, nacionales e internacionales. Depende de la SCT. Entre otras cosas se encarga del control del tráfico aéreo, meteorología, despacho e información de vuelos, comunicaciones aeronáuticas y radioayudas a la navegación.

DGAC

La DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil), es una dependencia de la SCT y se encarga de los asuntos de rectoría y vigilancia de la aviación civil, en materia de vías de comunicación, inspección y vigilancia, concesión, modificación, rescisión y explotación de permisos y concesiones, así como las infracciones y sanciones. La DGAC tiene como parte de su estructura los organismos encargados de personal técnico aeronáutico, otorgamiento de licencias, incidentes serios y accidentes.

3.4.2. Organismos internacionales

OACI

La OACI es un organismo internacional perteneciente a las Naciones Unidas, el cual desarrolla estándares internacionales de seguridad, eficiencia y regulación para las aeronaves. Esta organización tiene como finalidad verificar que se cumplan las regulaciones necesarias para mantener la eficiencia, seguridad de los servicios de transporte aéreo así como la cooperación en los campos de aviación civil. Tiene dispositivos que cumplen los estándares internacionales relacionados a las operaciones de los aviones, proporcionando datos necesarios para su operación. Coordina las radiocomunicaciones del servicio móvil aeronáutico en relación con las operaciones aeronáuticas internacionales, México es miembro de este organismo desde sus inicios; tuvo su origen en 1944 durante la Convención en la ciudad de Chicago Illinois, para regular el desarrollo seguro y ordenado del transporte aéreo en el mundo mediante la implementación de normas sobre tránsito aéreo internacional, métodos y procedimientos recomendados por los miembros del consejo

de la organización o por las comisiones o comités especializados que se formaron. Tiene su sede en la ciudad de Montreal, Canadá, y sus anexos se publican en Español, Francés, Inglés y Ruso.

IATA

De sus siglas en inglés *IATA* (*International Association Transport Aerial*, Asociación Internacional de Transporte Aéreo), es una institución mundial de la aviación civil, constituida por la mayoría de las líneas aéreas, con la mención de que la mayoría de las empresas aéreas que no tienen membresía adoptan las regulaciones que publica la *IATA*. Este organismo publica libros, resoluciones, acuerdos, catálogos y similares que surgen de las conferencias (juntas oficiales para discusiones y acuerdos), imparte cursos y desarrolla materiales de soporte para capacitación, como son: manuales, disketes, audiocasetes, videocasetes, películas y programas de capacitación. Realiza juntas, conferencias, seminarios técnicos y resoluciones con *ICAO*, con líneas aéreas, organismos gubernamentales y representantes de agencias de viajes.

Las áreas que cubre la *IATA* son: viajes, servicios a los pasajeros, servicios de carga aérea, contenedores, acuerdos con los gobiernos de interés para líneas aéreas, manejo completo de artículos peligrosos para transporte por vía aérea, manejo de animales vivos, estadísticas y asuntos técnicos (seguridad, aeropuertos, aviación).

ECAC

La *ECAC* (*European Civil Aviation Conference*, Conferencia Europea de Aviación Civil), es una organización intergubernamental fundada en 1955 por iniciativa del consejo de Europa y apoyo activo de la secretaría de la *ICAO*. La *ECAC* tiene por objetivos el desarrollo ordenado y seguro de la aviación civil europea, armonizando las políticas de transporte aéreo en materia económica y técnica. Adopta y desarrolla medidas comunes para la solución de problemas de saturación y control del espacio aéreo.

CANSO

La *CANSO* (*Civil Air Navigation Services Organization*, Organización Civil de Servicio a la Navegación Aérea) es un organismo creado a finales de 1997, tiene como objetivo la defensa de las organizaciones proveedoras de servicios de navegación aérea, así como la mejora en cuanto a seguridad, eficacia y eficiencia de dichos servicios. Sus principios básicos son el apoyo a la industria, productos y servicios, enfoque al cliente, representación y reconocimiento.

En este capítulo vimos los requerimientos y regulaciones necesarios para el análisis e integración de la red de comunicación en la aviación. En el siguiente capítulo veremos la integración de la red.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES

En este capítulo realizamos el análisis y diseño de la red de comunicaciones. Primero determinaremos los requerimientos de la aerolínea. Después, a partir del entorno tecnológico y económico en México, el análisis de las tecnologías disponibles, y su respectivo costo- beneficio, efectuaremos la selección tecnológica que cumple, de la mejor manera, con los objetivos del presente trabajo. A continuación presentamos un panorama de los fabricantes de equipo y proveedores de servicio involucrados en dicha tecnología, así como la tecnología seleccionada. Finalmente detallamos el diseño técnico de la red de comunicaciones.

4.1. ANÁLISIS

En esta etapa es muy importante considerar las diversas tecnologías existentes en el área de comunicaciones para la aviación. Cada una de ellas tiene, a lo largo del tiempo, un nivel distinto de maduración e introducción en las aerolíneas comerciales. Los proyectos en esta área deben evaluarse en un contexto de largo plazo en el tiempo.


No menos importante es la evaluación del contexto tecnológico y económico existente en México. La mayor parte de la literatura en el área tecnológica, sobre todo la referente a sus desarrollos más recientes, considera entornos de países con un nivel de desarrollo más avanzado que el de México.

El objetivo principal en esta etapa es conciliar ambos aspectos: nivel de desarrollo tecnológico en el mundo y su aplicación en un entorno como el de México.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

4.1.1. Requerimientos de la Aerolínea

La flota actual de la aerolínea es de 58 aeronaves, divididos de la siguiente manera: 8 Boeing 757, 11 Boeing 727-200, 12 Fokker-100, 23 Airbus 320, y 4 Airbus 319. Las características principales de cada una de estas aeronaves se presentan en las figuras 4.1 a 4.5.

CAPACIDAD 12 asientos en Clase Ejecutiva 171 en Clase Turista. Mediano alcance.		FABRICANTE Boeing Commercial Airplane Co.
		TRIPULACIÓN 2 pilotos y 6 sobrecargos.
ALCANCE 5,930 kms / 3,680 millas.	BOEING 757-200	VELOCIDAD 850 kms/hr / 530 mph.

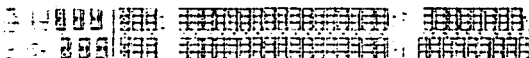



Fig. 4.1. Características Boeing 757.

CAPACIDAD 12 asientos en Clase Ejecutiva 138 en Clase Turista. Corto-mediano alcance.		FABRICANTE Boeing Commercial Airplane Co.
		TRIPULACIÓN 3 pilotos y 5 sobrecargos.
ALCANCE 3,950 kms / 2,450 millas.	BOEING 727-200	VELOCIDAD 850 kms/hr / 530 mph.

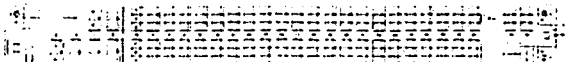
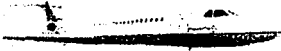


Fig. 4.2. Características Boeing 727-200.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPACIDAD 8 asientos en Clase Ejecutiva 93 en Clase Turista.	 <p style="text-align: center;">FOKKER 100</p>	FABRICANTE Fokker Aircraft B.V.
ALCANCE 2,430 kms / 1,510 millas.		TRIPULACIÓN 2 pilotos y 4 sobrecargos.
		VELOCIDAD 790 kms/hr/490 mph.

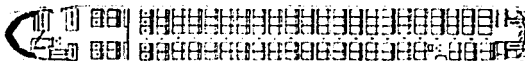


Fig. 4.3. Características Fokker-100.

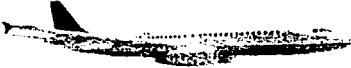
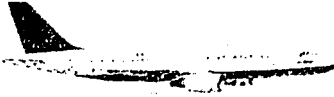
CAPACIDAD 12 asientos en Clase Ejecutiva 138 en Clase Turista.	 <p style="text-align: center;">AIRBUS A320-200</p>	FABRICANTE Airbus Industrie
ALCANCE 5,280 kms / 3,280 millas.		TRIPULACIÓN 2 pilotos y 5 sobrecargos.
		VELOCIDAD 830 kms/hr/520 mph.



Fig. 4.4. Características Airbus 320.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

CAPACIDAD 12 asientos en Clase Ejecutiva 108 en Clase Turista. Corto-mediano alcance.	 AIRBUS A319	FABRICANTE Airbus Industrie
ALCANCE 4,023.36 kms / 2,500 millas		TRIPULACIÓN 2 pilotos 4 sobrecargos
		VELOCIDAD 735kms/hr. / 459 mph

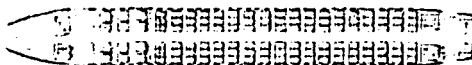


Fig. 4.5. Características Airbus 319.

La edad promedio de esta flota es actualmente de 10 años. La aerolínea tiene planeado la sustitución de los 11 aviones Boeing 727-200 durante el año 2003. Esto disminuirá la edad promedio de la flota a menos de 8 años.

Con la flota aérea actual se atienden más de 300 operaciones diarias para un total de más de 8.2 millones de pasajeros al año.

Se atienden 53 destinos en 10 países (2 destinos en Canadá, 3 en Centroamérica, 29 en México, 4 en Sudamérica, 1 en el Caribe, y 11 en los Estados Unidos).

El principal aeropuerto utilizado por la aerolínea es el de la Ciudad de México.

En la fig. 4.6 se muestran los itinerarios nacionales de la aerolínea. En la fig. 4.7 lo correspondiente a los internacionales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

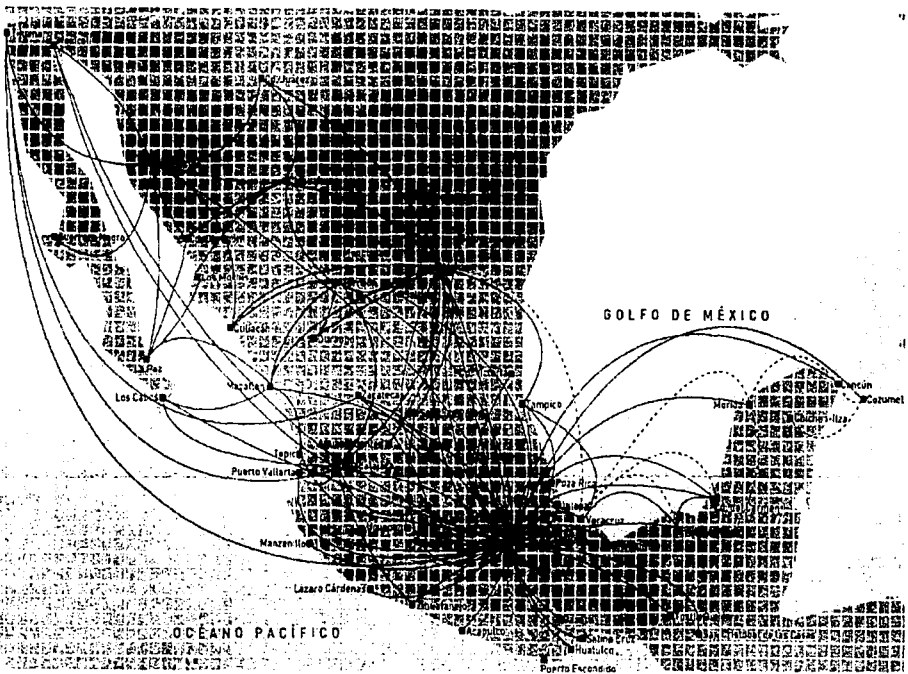


Fig. 4.6. Itinerarios Nacionales de la Aerolínea.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las aplicaciones que la aerolínea utilizará, y por las cuales es necesaria la instalación de la red de comunicaciones, son:

En la etapa de estacionamiento y rodaje:

- Pruebas de comunicaciones.
- Información meteorológica del aeropuerto origen y en ruta.
- Tipo de vuelo planeado.
- Tiempo estimado de salida.
- Tiempo estimado en ruta.
- Requerimiento de combustible.
- Peso y balance (equipaje, carga y pasajeros –incluida la tripulación).
- Informe de irregularidades.
- Demora de salida.

En la etapa de despegue y alejamiento:

- Demora en despegue.
- Reportes de *off* (tren de aterrizaje retraído, alerones normalizados, etc.).
- Información de combustible.
- Rendimiento de motores.
- Actualización de información meteorológica.

En la etapa en ruta:

- Combustible remanente.
- Condiciones meteorológicas en ruta.
- Posición, altitud, velocidad.
- Condiciones meteorológicas en destino.
- Rendimiento de turbinas.
- Demora en ruta.
- Actualización de *ETA* (*Estimated Time Arrival*, Tiempo Estimado de Arribo).

En la etapa de aproximación y aterrizaje:

- Condiciones meteorológicas en destino.
- Aprovisionamiento.
- Información de irregularidades.
- Requerimientos especiales.
- Información de motores.
- Información de mantenimiento.
- Salas de conexión.
- Información de pasajeros y tripulación del siguiente vuelo.
- Activación de mecanismos.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

En la etapa de rodaje y estacionamiento:

- Información de combustible.
- Contacto con posición de desembarco.
- Información de tripulación.
- Reporte de errores en información.
- Retardo en asignación de sala.
- Resumen de información de vuelo.

Es importante destacar que excepto los reportes meteorológicos, la mayor parte de estas aplicaciones son internas de la aerolínea.

En el capítulo 3 se enumeraron otras, pero algunas de ellas dependen de que la autoridad de control aéreo nacional (o de los países a donde se vuela) disponga de los correspondientes servicios.

Algunos servicios, como el control de tráfico aéreo, en México se realizan exclusivamente a través de comunicaciones de voz.

Las aplicaciones que requiere la aerolínea obligan a la implementación de una red de comunicaciones de datos.

Estas aplicaciones no son del tipo de misión crítica, ya que la vida de los pasajeros y tripulación no depende de ellas. Parte de la información de estos sistemas se obtiene también a través de las comunicaciones de voz que existe entre las aeronaves y las autoridades civiles de control de tráfico aéreo.

4.1.2. Entorno en México

La mayor parte de la literatura que se ha utilizado para la realización del presente trabajo tiene como origen los países más desarrollados tecnológicamente (Estados Unidos y los países europeos). Por lo que se tendrá especial cuidado en trasladar las conclusiones al contexto en México, sin un previo y riguroso análisis.

En México, específicamente en la Ciudad de México, el Aeropuerto Internacional opera en un nivel cercano al máximo de su capacidad.

Para tener una idea más clara del marco referencial donde desarrollaremos nuestro trabajo, a continuación presentaremos los entornos tecnológico y económico que existen en nuestro país en lo que respecta a la aviación y sus comunicaciones.

En México, de acuerdo a la información disponible, las 2 aerolíneas más grandes del país utilizan alguna tecnología de intercambio de información de datos.

Los proveedores de servicios de la red de comunicaciones en la aviación proporcionan en México solamente algunas de las tecnologías existentes y utilizadas en el

mundo. Las tecnologías de comunicaciones en la aviación más recientes todavía no se han aplicado, y la programación de su incorporación es a mediano y largo plazo.

A nivel de las redes de comunicaciones terrestres, existen los medios de integrar cualquiera de las tecnologías de comunicaciones aplicadas en la aviación. Pero, igual que en el resto del mundo, las limitantes las tenemos en el segmento aire-tierra.

En los diversos estudios que se han desarrollado para detectar la situación tecnológica actual en la aviación, y como el uso de tecnologías más avanzadas puede ayudar a superar las ineficiencias operativas existentes, un punto que debe considerarse cuidadosamente es que si bien dichas ineficiencias son comunes a todo el mundo, el impacto que tienen es diferente en cada país e incluso en cada zona geográfica. Las condiciones geográficas, la demanda de tráfico aéreo, la infraestructura de los aeropuertos (tanto física como tecnológica), y el equipamiento tecnológico de las aeronaves de las aerolíneas comerciales son los parámetros que marcan las diferencias.

Pasando ahora al aspecto económico, de acuerdo al estudio de la IATA, "*La contribución del transporte aéreo en la economía de América Latina*", si las economías de México, Estados Unidos, y del mundo en general, revierten los procesos de estancamiento y / o retroceso, el tráfico aéreo en México tendrá un avance significativo. Existen estudios que indican que Latinoamérica es una de las áreas que ha tenido y seguirá teniendo un mayor crecimiento relativo al respecto; entre 1994 y 2000 esta tasa de crecimiento fue de 7.6 % anual. Y dentro de la región latinoamericana, México es uno de los actores principales en cuanto al intercambio comercial internacional, y en consecuencia también en el tráfico aéreo, esta aseveración se sustenta en los datos proporcionados en las gráficas de las figuras 4.8 y 4.9 (Los datos de las figuras 4.8 a 4.14 fueron tomados del estudio recién mencionado).

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

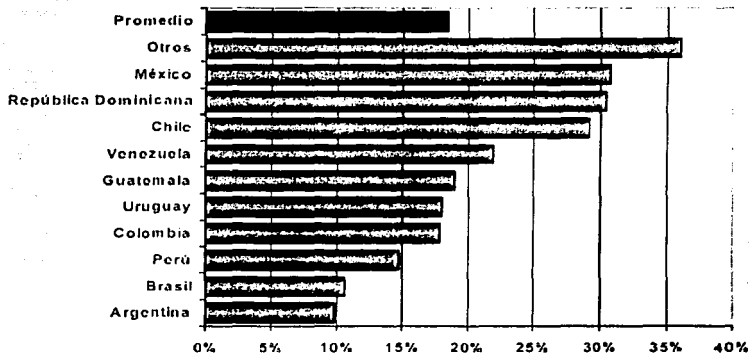


Fig. 4.8. Participación de las exportaciones como porcentaje del Producto Interno Bruto (1999).

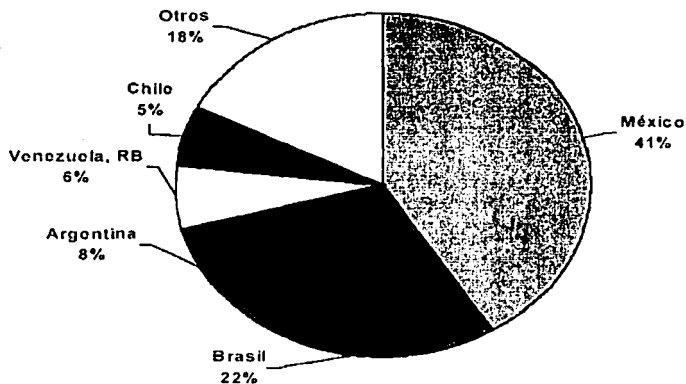


Fig. 4.9. Participación por país en las exportaciones de Latinoamérica (1999).

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Adicionalmente, en México el turismo ha aumentado su participación dentro del total del Producto Interno Bruto, lo que lo coloca como uno de los países líderes en la región latinoamericana (ver figs. 4.10 y 4.11)

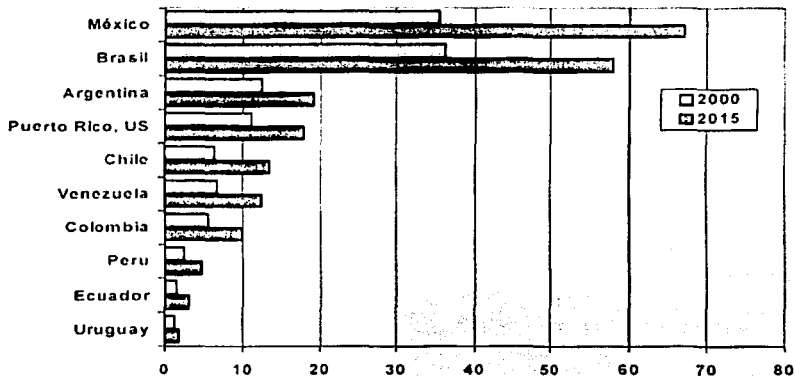


Fig.4.10. Millones de pasajeros por año.

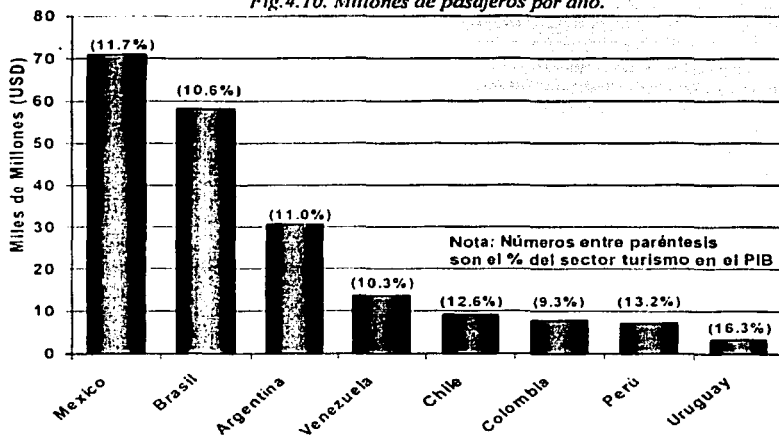


Fig. 4.11. Valor de la actividad turística y participación en el PIB.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este escenario tendría como consecuencia un nivel de operaciones aéreas mayor. El Aeropuerto de la Ciudad de México sería uno de los más sensibles a ello. (ver fig. 4.12 y 4.13).

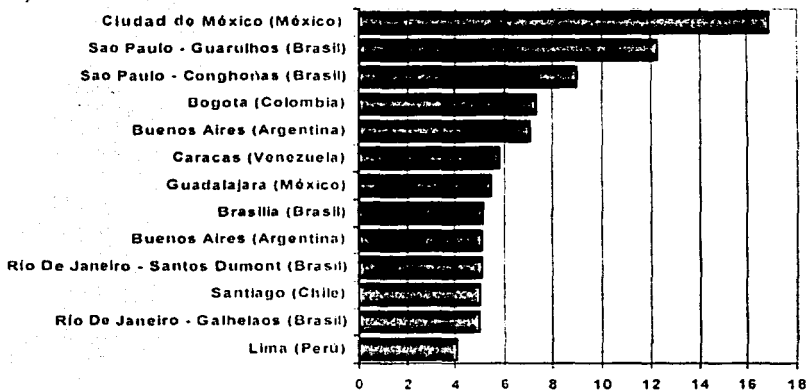


Fig. 4.12. Millones de asientos de salida por aeropuerto.

En la fig. 4.12 podemos observar que la ciudad de México es la segunda ciudad en América Latina en cuanto al número de operaciones aéreas. La ciudad de Sao Paulo, con dos aeropuertos, es la primera en ese aspecto.

No obstante, al existir solo un aeropuerto en la Ciudad de México y concentrar éste todas las operaciones aéreas, se convierte en el aeropuerto con mayor tráfico aéreo en Latinoamérica.

Al respecto, también podemos observar que la Ciudad de México es la única, entre las primeras 4 ciudades latinoamericanas con mayor tráfico aéreo, que cuenta con solo un aeropuerto, Sao Paulo, Río de Janeiro y Buenos Aires tienen operando 2 aeropuertos.

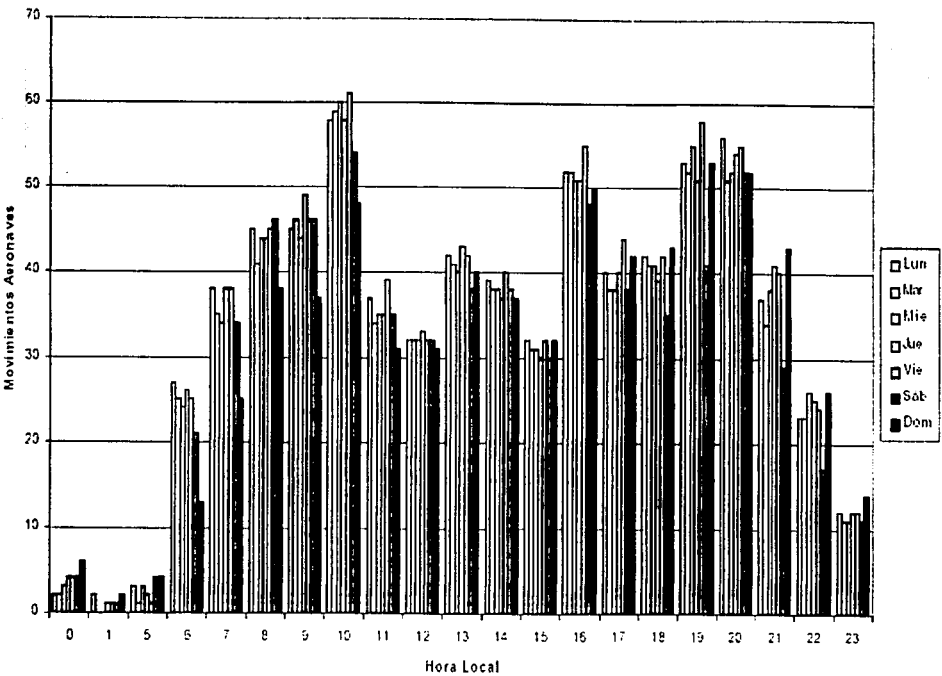


Fig. 4.13. Número de operaciones aéreas en el Aeropuerto de la Ciudad de México.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El Aeropuerto de la Ciudad de México es el más grande en Latinoamérica, manejando en promedio 736 operaciones en un día hábil. De éstas, el 75% son vuelos domésticos. La hora pico son las 10:00 horas con 61 movimientos.

Las dos principales aerolíneas en México son controladas mayoritariamente por el gobierno. Desde hace más de 5 años existe la intención de vender dicha participación a la iniciativa privada.

En los años 2000 y 2001 se analizó la realización de dicha venta, pero diversos factores, como el retroceso económico del país y el atentado en Estados Unidos de septiembre del 2001, han generado condiciones poco propicias para llevarla a cabo.

Y como otras ventas realizadas por el gobierno, no existe una lógica económica en ello. En la fig. 4.14 podemos ver que Aeroméxico y Mexicana se encuentran entre las 5 mejores aerolíneas latinoamericanas en cuanto a situación financiera, ya que durante el año 2000 lograron obtener ganancias.

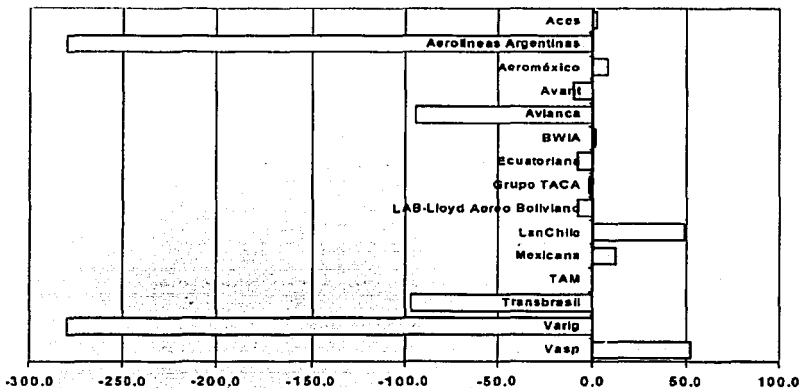


Fig. 4.14. Resultados financieros de las aerolíneas en 2000 (millones USD).

Diversos estudios indican que la introducción de las nuevas tecnologías pueden mejorar los procesos en el transporte aéreo, e incluso aumentar su capacidad de operación. Este podría ser el detonador de la introducción de las tecnologías más avanzadas de comunicaciones en la aviación en México.

La Fig. 4.15 muestra la relación entre demoras, capacidad y demanda. Este modelo es totalmente aplicable a un aeropuerto como el de la Ciudad de México, que está operando muy cerca del máximo de su capacidad.

La situación actual puede asociarse a la "Capacidad 1", por lo tanto la demanda casi alcanza a esta última, y entonces las demoras se incrementan exponencialmente.

Entonces, la introducción de alguna nueva tecnología, como la automatización de la secuencia de llegadas o de un Sistema de Monitoreo que permita disminuir la distancia entre rutas, permitiría llegar a la "Capacidad 2", lo que permitiría disminuir la demora y/o aumentar el volumen de operaciones (itinerario).

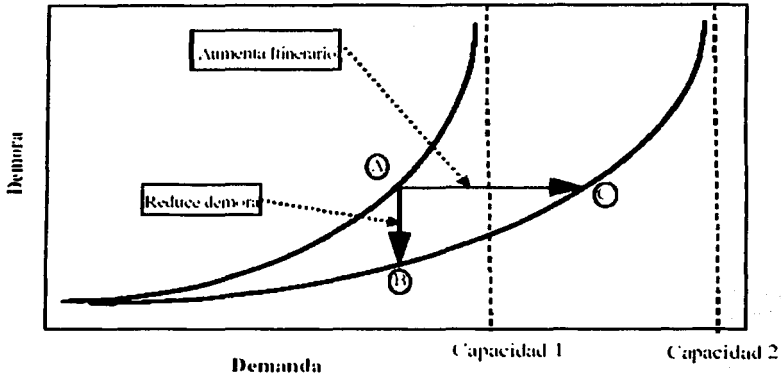


Fig. 4.15. Relación entre demoras, capacidad y demanda.

En el caso mexicano la globalización es otro gran catalizador. A menos que las aerolíneas mexicanas decidan ceder totalmente el intercambio aéreo comercial a las aerolíneas extranjeras (en especial de los Estados Unidos), tendrán que aumentar sus rutas internacionales. Y para ello, tendrán que cumplir con los requerimientos tecnológicos tanto de los países a donde volarán como sobre los cuales volarán.

Un ejemplo muy claro de esta situación ha sido el aumento unilateral de requerimientos que han impuesto los Estados Unidos a todos los vuelos que salen y entran a su territorio, a partir de los atentados de septiembre del 2001.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo, a los pronósticos, gran parte del aumento de flujo aéreo comercial en nuestro país se dará con los *EEUU*, Europa y Asia. Es decir con economías más desarrolladas y, por lo tanto, con tecnologías más avanzadas.

Lo tratado en los párrafos anteriores nos presenta otro punto muy importante: la participación de diversos sectores económicos en la introducción de las nuevas redes de comunicación aéreas.

Por un lado tenemos al gobierno mexicano que es el responsable total del control del tráfico aéreo. También es, como lo establecimos anteriormente, el accionista mayoritario de las 2 principales aerolíneas mexicanas. En cuanto a la operación de la infraestructura aeroportuaria existe un esquema mixto. El estado mexicano es quien por ley posee la infraestructura física y regula su operación, pero en este último nivel, la operación, ha concesionado buena parte de ella a la iniciativa privada a través de licitaciones públicas. Y la restante infraestructura, es administrada directamente por un organismo estatal.

En el sector comunicaciones, el estado mexicano está pasando de un esquema donde regulaba y operaba totalmente, a un esquema donde buscará solo conservar la actividad reguladora.

En el sector privado encontramos a las empresas que realizan parte de la operación aeroportuaria. También están las restantes aerolíneas comerciales. Las empresas de construcción e ingeniería que participan en el diseño y construcción de la infraestructura aeroportuaria y de comunicaciones impulsada por el gobierno y el mismo sector privado.

La mayor parte de la infraestructura de comunicaciones del país es controlada por empresas de participación privada. Los proveedores de equipos y servicios del sector pertenecen totalmente al sector privado.

Y dentro de este sector privado, existe participación tanto nacional como extranjera. Solo en pocos casos, la ley establece que la participación extranjera sea minoritaria.

Por lo tanto, la toma de decisiones para la introducción de las nuevas redes de comunicación aérea son complejas. Pero de acuerdo al presente análisis, debería corresponder al gobierno mexicano un papel muy activo en su pronta introducción.

4.1.3. Tecnologías en Comunicaciones para la Aviación

Haremos una descripción de las tecnologías de comunicaciones de datos existentes actualmente.

ACARS

La principal tecnología de comunicaciones de datos operando actualmente es la de *ACARS*, la cual es un sistema de enlace de datos digitales que permite el envío de mensajes de texto entre los diferentes elementos conectados al sistema: la aeronave, los sistemas de

la aerolínea y los sistemas de control y monitoreo, tanto de las autoridades de aviación civil como de los aeropuertos. Esta comunicación se logra a través de una red de comunicación de datos que integra todos estos elementos.

En el mundo existen varios proveedores de servicios *ACARS* que cubren el sistema terrestre de comunicaciones de datos y, en algunos casos, también los enlaces aire-tierra. Este servicio se proporciona principalmente a las aerolíneas comerciales. Hay 3 principales, cuyo origen y servicio se concentran en: Europa *SITA (Société Internationale Télécommunications Aeronautiques)*, Norteamérica *ARINC* y Asia *AVICOM (AVICOM JAPAN Co., Ltd.)*. La cobertura de estas 3 empresas en muchos casos se traslapa.

La mayor parte de los enlaces aire-tierra se hace vía *VHF* a través de estaciones terrenas con una cobertura radial limitada.

El sistema, cuando es necesario, se complementa con enlaces *HF* y/o vía satélite, como se ilustra en la Fig. 4.16 La cobertura vía satélite es necesaria en las áreas oceánicas, mientras que los enlaces *HF* se utilizan en zonas, como las polares, donde no existe cobertura *VHF* o satelital.

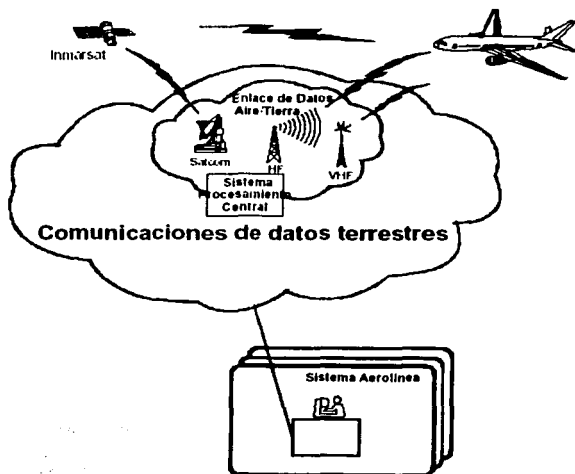


Fig. 4.16. Diferentes enlaces aire-tierra usados en ACARS.

En la figura 4.17 se muestran los diferentes elementos y sistemas que interactúan en un red ACARS. En ella podemos observar que varios sistemas se interconectan entre sí: Sistema PDC/ATIS (PreDeparture Clearance / Airport Traffic Information System, Autorización Pre Salida / Sistema de Información de Tráfico en el Aeropuerto), el Sistema CAA (Civil Aviation Authority, Autoridad de Aviación Civil), el sistema CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication, Comunicación de Enlace de Datos Controlador Piloto) y el ADS (Automatic Dependant Surveillance, Vigilancia/Monitoreo Dependiente Automática). Estos sistemas son operados por las autoridades de control de tráfico aéreo. La disponibilidad de cada uno de estos sistemas varía de país a país.

El Sistema NMDPS (Network Management Data Processing System, Sistema de Procesamiento de Datos y Administración de la Red) es proporcionado por el proveedor de servicios (ARINC, SITA, AVICOM, u organismo estatal) y se encarga de procesar y administrar la red intermedia entre los elementos. El enlace con el avión se hace a través de las estaciones terrenas (algunas veces también controladas por el mismo proveedor de servicios) a través de un enlace VHF.

En la figura también observamos los servidores centrales (*host*) de las líneas aéreas. Por lo tanto es una muestra de cómo diversas entidades o compañías interactúan en la misma red de comunicaciones.

Detallando más esta situación, tenemos que los aviones son elementos de las líneas aéreas. Estas líneas aéreas en algunos países son propiedad parcial o total del gobierno. En la mayoría, la iniciativa privada es el principal accionista.

La comunicación tierra-aire vía VHF, HF y/o satélite es proporcionada por las autoridades estatales y/o privadas de control de tráfico aéreo y/o por las compañías privadas de servicios de comunicaciones en la aviación mencionadas anteriormente (cuya composición accionaria está en manos de las mismas aerolíneas, los aeropuertos, proveedores de aviones y equipos, etc.).

En la red de comunicaciones y procesamiento terrestre también intervienen las líneas aéreas, las entidades de control de tráfico aéreo y los proveedores de servicios de comunicaciones en la aviación.

Finalmente, en la parte de los sistemas de aplicación, tenemos por un lado a los controladores de tráfico aéreo y por el otro a las aerolíneas.

El límite entre la participación de cada entidad o compañía varía en cada país. Hay países donde la mayor parte de la red es propiedad estatal, mientras que en otros como Canadá y Gran Bretaña, incluso el servicio de Control de Tráfico Aéreo está concesionado a una compañía privada.

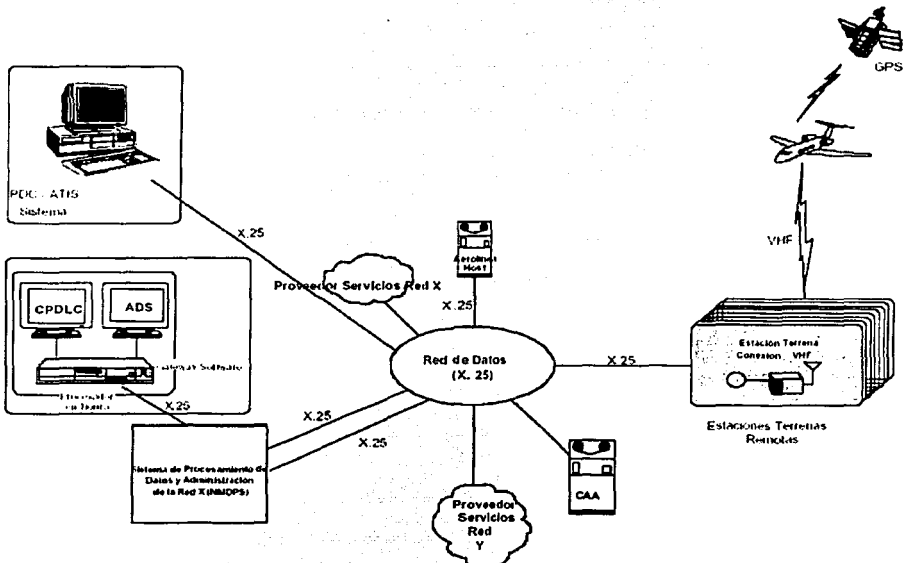


Fig. 4.17. Esquema General de la Red de Comunicaciones ACARS.

La tecnología *ACARS* se ha utilizado por más de 2 décadas, y desde 1985 es el principal medio de intercambio de mensajes de datos entre los elementos de la red. Actualmente la mayoría de las principales aerolíneas lo utiliza en la mayor parte de sus aeronaves.

La tendencia actual es que los mensajes de datos *ACARS* están reemplazando a las comunicaciones de voz, sobre todo en aplicaciones relativas a la aerolínea *AOC* (*Airline Operations Control: Control de Operaciones de la Aerolínea*) como las actualizaciones de arribo, condiciones meteorológicas, instrucciones de manejo de pasajeros y equipaje, etc.

Como prueba de esta tendencia, la Fig. 4.18 ilustra la evolución de la cantidad de mensajes de datos *ACARS* comparándola con la cantidad de mensajes tradicionales de voz procesados por uno de los proveedores de servicios *ACARS* (en este caso *ARINC*). En la gráfica podemos observar el gran aumento en el uso de los mensajes *ACARS*, y por ende la marcada disminución de los mensajes de voz.

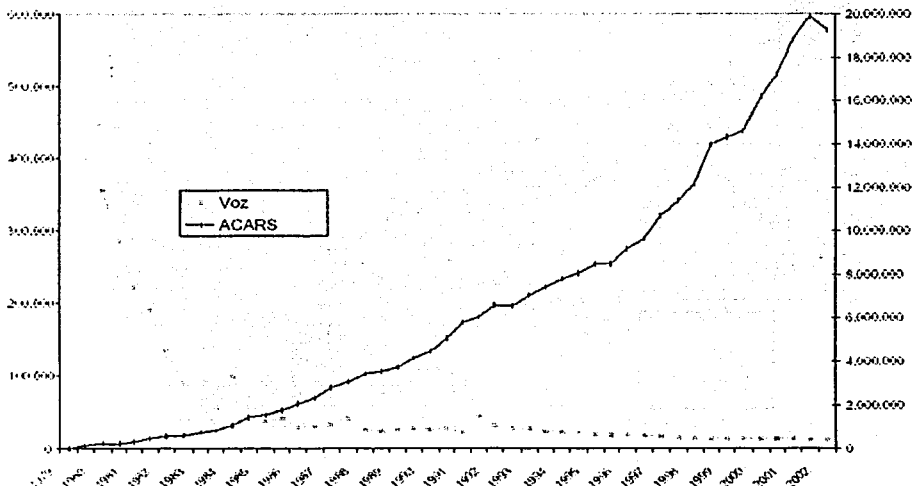


Fig. 4.18. Mensajes procesados por el proveedor de servicios ARINC.

Este incremento de operaciones de mensajes *ACARS* ha sido posible a la mayor cobertura en área geográfica de los proveedores de servicios de comunicaciones en la aviación.

La figura 4.19 ilustra la cobertura actual del sistema de *ACARS*, a través de enlaces *VHF* de *ARINC*, el proveedor de servicios predominante en la región americana.

Esta cobertura, como se mencionó anteriormente, se traslapa y a veces se complementa con los otros 2 proveedores en el mundo (*SITA* y *AVICOM*), y en algunos casos con las autoridades estatales de algunos países.

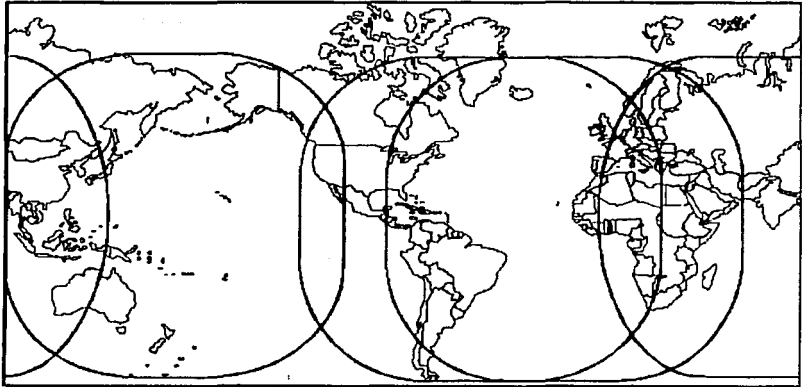


Fig. 4.19. Cobertura actual VHF para servicios ACARS (ARINC).

En las figuras 4.20 y 4.21, se ilustran los puntos donde tiene estaciones terrenas el proveedor *SITA*. Esta red está conformada por más de 675 estaciones terrestres en 164 países. En México ha instalado 13, en EEUU 117, y en Canadá 35.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig. 4.20. Estaciones terrenas VHF en América (SITA).



Fig. 4.21. Estaciones terrenas VHF en resto del mundo (SITA).

Otras tecnologías

Existen en desarrollo e implementación otras tecnologías para las comunicaciones en la aviación. Por no ser tecnologías que actualmente tengan un uso generalizado, sólo las mencionaremos de manera muy general.

La tecnología *VDL* (*VHF Digital Link*, Enlace Digital *VHF*) surge debido a que el enlace actual *VHF*, que proporciona los servicios de comunicación *ACARS*, no soportará el alto volumen de tráfico en el largo plazo. Además tampoco cubre los requisitos de la futura *ATN* (*Aeronautical Telecommunications Network*, Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas) debido a que no utiliza protocolos en los niveles de Enlace y Subred que proporcionan la confiabilidad en la transferencia de datos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La primera variante del *VDL* llamada *VDL* Modo 2 tendrá una tasa de transferencia de datos de 31.5 kbps, que es 13 veces más rápida que el *VHF ACARS*. Este ancho de banda es necesario para proporcionar la creciente carga de tráfico de datos en los alrededores de las terminales aéreas. En los últimos años ha iniciado el desarrollo de nuevas aplicaciones de enlace de datos como *CTAS* (*Center Terminal Radar Approach Control Facility Automation System*, Sistema Automático de Terminal Central de Control de Aproximación por Radar) y *FIS* (*Flight Information Systems*, Sistemas de Información de Vuelo).

Una nueva generación de la tecnología *VDL* también se encuentra en período de estandarización y desarrollo. Se llama *TDMA* (*Time División Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Tiempo) *VDL* ó *VDL* Modo 3 por el tipo de multiplexado utilizado. La velocidad de transferencia máxima es la misma que el *VDL* Modo 2, pero la capacidad es 4 veces más grande debido a la capacidad de transmitir voz y datos en el mismo bloque. En el capítulo 6 se explicará con mayor profundidad el por qué de esta capacidad.

Otra variante del *TDMA VDL* está surgiendo como un desarrollo en Europa: *TDMA* Autoorganizado (*Self-Organizing TDMA*) o *VDL* Modo 4. Este medio de transmisión es más que una solución de comunicaciones, ya que es un mecanismo que puede proporcionar reportes *ADS-B* (*Automatic Dependant Surveillance-Broadcast*, Vigilancia/Monitoreo-Transmisión Dependiente Automática), correcciones *DGPS* (*Differential Global Positioning System*, Sistema Diferencial de Posicionamiento Global), *ATIS*, actualizaciones del estado del tiempo, y *CDTI* (*Cockpit Display of Traffic Information*, Pantalla en Cabina de Información de Tráfico). El equipo requerido en la aeronave es una combinación de un receptor/emisor *VHF*, un receptor *DGNSS* (*Differential Global Navigation Satellite System*, Sistema Diferencial Satelital de Navegación Global), y un procesador de comunicaciones *STDMA* de propósito específico.

La tecnología de red *ATN* será un elemento indispensable para la transición hacia el método vuelo libre. Este método de arquitectura aeronáutica propone que gran parte de la responsabilidad de las decisiones de las rutas aéreas reside en el mismo piloto, a veces negociando con algún Centro de Control de Tráfico Aéreo. Para esto debe contar con sistemas e instrumentación avanzados que le permitan tomar las decisiones adecuadas en cada momento. Esto permitiría una mayor eficiencia en las trayectorias, lo que redundaría en ahorros de tiempo y combustible. Actualmente existe una rigidez total que obliga a cada aeronave a seguir un plan de vuelo predeterminado, y que no considera las condiciones en tiempo real de posición de otras aeronaves, clima, operaciones en el aeropuerto, etc.

La técnica vuelo libre requerirá una rápida y confiable comunicación entre la aeronave y el sistema de control de tráfico aéreo. Las transferencias de datos tienen que ocurrir en tiempo real para asegurar un acceso instantáneo en caso de situaciones de conflicto. Además, está previsto un aumento significativo del tráfico en el enlace de datos debido al incremento de aeronaves equipadas con enlace de datos y al aumento de las aplicaciones *CNS/ATM* (*Communications, Navigation, and Surveillance / Air Traffic Management*, Comunicaciones, Navegación y Monitoreo / Gestión del Tráfico Aéreo).

Una vez descritas las tecnologías, existentes y en desarrollo, de las comunicaciones en la aviación, nos enfocaremos en definir los costos y beneficios de implementar la red de comunicaciones aire-tierra para la aerolínea.

4.1.4. Costo Beneficio

Los estudios que se han desarrollado al respecto, reconocen que existen varios factores que influyen y definen la introducción de las nuevas tecnologías de comunicaciones en la aviación. Y estos factores tienen componentes políticos, personales, tecnológicos y económicos. Pero entre ellos, el componente económico es el que marca el ritmo de los cambios.

Ya se mencionó también en el capítulo 3, que las aerolíneas quieren asegurar que han obtenido el máximo beneficio a partir del equipo que tienen actualmente instalado.

En adición a lo anterior, si una ineficiencia puede ser resuelta con una tecnología no tan sofisticada, de menor riesgo y/o menor costo, entonces será considerada antes de las implementaciones de mayor costo y riesgo.

Sin un costo beneficio razonable, ninguno de los participantes de la red de comunicaciones en la aviación invertirá. En México, una buena parte de la inversión la tendría que hacer el gobierno, puesto que como hemos analizado anteriormente participa en varios de los subsectores del transporte aéreo. Y la realidad política y económica de nuestro país, nos indica que será difícil que el gobierno federal consiga hacer mucho al respecto. Ni siquiera ha podido definir el proyecto para el nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México.

Los demás participantes, proveedores de equipos y servicios para las comunicaciones en la aviación serían los primeros beneficiados en la introducción de las nuevas tecnologías, por lo tanto son algunos de los principales promotores al respecto.

A continuación enumeraremos algunos costos asociados a la implementación de las tecnologías de comunicación en la aviación.

El costo de los proveedores privados de servicios *ACARS* depende del tamaño del mensaje, medio de transmisión (*VHF* ó Comunicaciones Vía Satélite), proveedor del servicio y, algunas veces, de la localización geográfica.

En general, las aerolíneas pagan a los proveedores de servicios *ACARS VHF* en *EEUU* una cantidad fija por mes entre 200 a 500 *USD* (*United States Dollars*, Dólares de los Estados Unidos), dependiendo del número de aviones que utilizan el servicio. Adicionalmente existe un cargo adicional determinado por la cantidad de información enviada. Este cargo oscila entre 0.12 a 0.15 *USD* por cada 100 caracteres enviados. No hay cargo por el mensaje de confirmación que se envía automáticamente por cada mensaje. Estos precios son independientes de la distancia.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Los costos del servicio de comunicaciones vía satélite en *EEUU* (también para la aplicación *ACARS*) están entre el rango de 0.35 a 0.50 *USD* por kilobit. El costo promedio por mensaje es de 0.50 *USD*. En este caso no hay un cargo fijo, y se basa en una estructura "pago por transmisión". Cualquier información enviada es cobrada, independientemente de las confirmaciones de usuario o de la red.

El costo del enlace *HF* tiene un valor intermedio entre el enlace *VHF* y el de comunicaciones vía satélite. Por esto el enlace *VHF* es la primera opción en el área terminal, superficie del aeropuerto y a lo largo de la ruta donde exista cobertura. E incluso en países donde no exista cobertura total, una buena opción es desarrollar la red a través de enlaces *VHF*.

Además en países como México, es importante desarrollar una red propia de comunicaciones para la aviación que no tenga que depender de compañías privadas extranjeras.

Por esta última razón, buscamos y localizamos algunos estudios sobre la implementación de este tipo de redes.

El costo estimado de una estación terrena para servicios *ACARS*, incluyendo el radio transmisor/receptor digital y la antena oscila entre 15,000 y 20,000 *USD*. La renta mensual que se debe pagar al *SENEAM* es de 13,400 pesos. El mantenimiento anual de la estación terrena es de aproximadamente el 10% de su valor (entre 1,500 y 2,000 *USD*).

Respecto a los equipos de la aeronave el costo está en el rango de 30,000 a 35,000 *USD*. En los últimos años, este costo está incluido en algunos de las nuevas aeronaves comerciales (a pedido de la aerolínea). Es importante aclarar que en el caso de la introducción de estos equipos en las aeronaves existentes, las aerolíneas tienen que considerar también el costo oportunidad de tener la unidad fuera de servicio, sin generar ingresos durante el tiempo de dicha intervención. Este costo, puede llegar a ser más alto que el del equipo mismo.

Para tener un punto de referencia, y poder ubicar los costos anteriores, se presentan algunos datos de costos de operación en la aviación.

En la fig. 4.22 se muestra la evolución de los precios de los vuelos en *EEUU* en el período de 1940 a 2000 (extremos izquierdo y derecho de la curva).

La demanda aumentó más de 30 veces (de 19.1 a 598.9 millones de pasajeros por año).

El costo promedio por boleto aéreo disminuyó 72% en dicho período. Para dicha evaluación se toma como referencia el año 1982 con el valor relativo de 10. Entonces en 1940, el costo promedio de un boleto de avión era de 2.8 veces el del año 1982. En el año 2000, el mismo ingreso equivale a solo el 80% de la misma referencia (1982).

Con base en estos datos se observa la tendencia en el tiempo a la disminución del costo del transporte aéreo, y al aumento de la demanda.

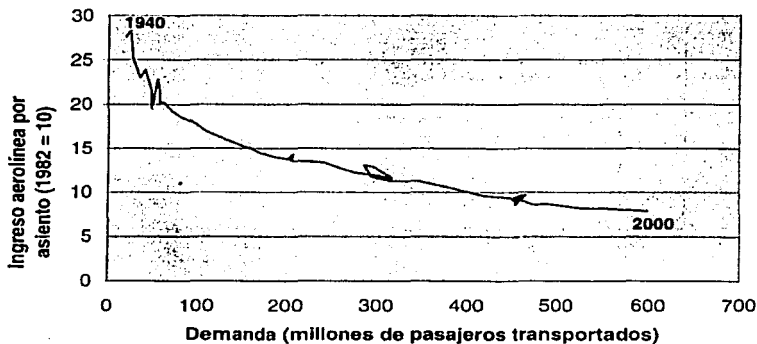


Figura 4.22. Ingresos aerolíneas vs demanda 1940 - 2000 en EEUU.

En la tabla 4.1 presentamos los costos por hora de operación (en USD) de algunos tipos de aeronaves.

TIPO	TRIPULACION	MANTENIMIENTO	COMBUSTIBLE VUELO	COMBUSTIBLE TAXI
B747	1087.58	949.53	2235.68	745.23
B767	671.29	509.59	963.14	321.05
F100	401.98	200.99	469.27	156.42
ATR72	115.14	156.17	108.04	36.01

Tabla 4.1. Costos directos de operación de aeronaves por hora (USD).

Estos costos no se obtienen buscando los mínimos tiempos de vuelo o mínimos gastos de combustible, sino la optimización de ambos.

Como regla general, mientras más lento viaje un avión, menos combustible consumirá, pero aumentarán los costos de tripulación y mantenimiento. La fig. 4.23 nos muestra esa relación, y como se puede encontrar el punto óptimo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

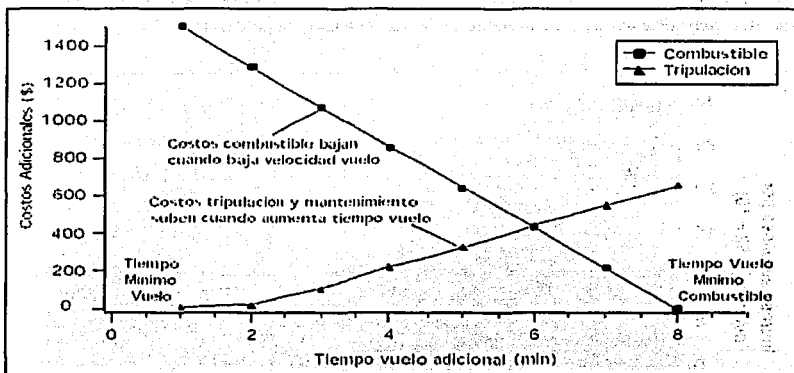


Fig. 4.23. Efecto del tiempo en costos de combustible y costos tripulación / mantenimiento (USD).

Y podemos correlacionar los datos anteriores, con los retrasos generados por mal tiempo en EEUU (fig. 4.24).

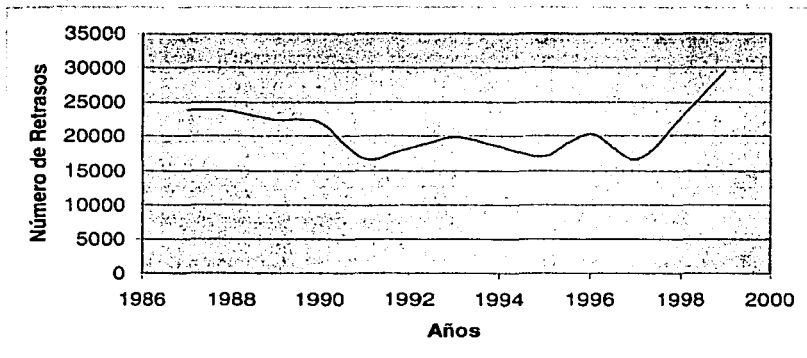


Fig. 4.24. Retrasos mayores a 15 minutos causados por condiciones meteorológicas.

Todos estos datos nos dan la clara idea de que la optimización de costos es el elemento económico más importante para las aerolíneas comerciales.

Finalmente, hablando de transporte aéreo, no es posible dejar a un lado el factor de seguridad humano, que en principio debería sobreponerse a todos los aspectos económicos antes mencionados, en la implementación de una red de comunicaciones más eficiente y segura.

Dentro de la aviación existen algunos estándares de seguridad, que buscan que cada aeronave puede llegar de su origen a su destino sin sufrir alguna colisión con otra. Para esto se determinan rutas, alturas, distancias mínimas entre aeronaves, etc.

Sólo como ejemplo, presentamos un dato muy significativo, que es el número de intrusiones de ruta ocurridas en EEUU durante un año en relación al número de vuelos totales (Ver Fig. 4.25)

Puede observarse que mientras en los años estudiados el número de vuelos aumentó en aproximadamente un 15%, el número de intrusiones aumentó a más del 100%.

Es decir los niveles de seguridad disminuyeron drásticamente. Este solo hecho debería justificar cualquier inversión en tecnologías que permitan aumentar dichos niveles significativamente.

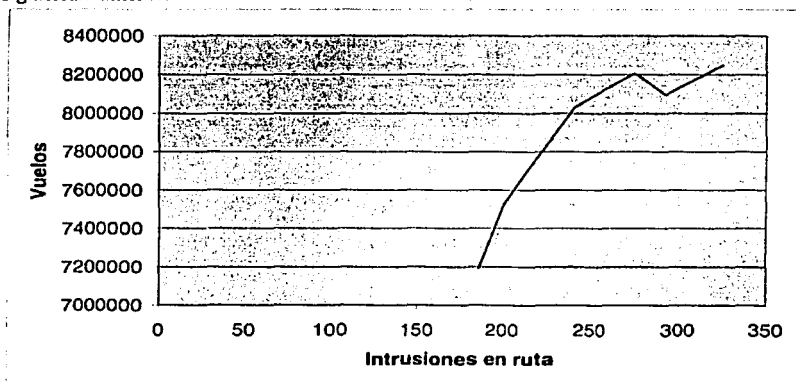


Fig. 4.25. Intrusiones en ruta en el período 1993-1998 en EEUU.

Finalmente, es importante determinar el monto de inversión requerido por la aerolínea y compararlo con sus resultados financieros.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Los ingresos de la aerolínea en el año 2000 fueron de aproximadamente 1,100 millones de dólares y las ganancias fueron del orden de 20 millones de dólares.

Durante el año 2001 la compañía operó con pérdidas, debido a la desaceleración económica del país y a los atentados terroristas de septiembre en los EEUU.

En contraste con las cifras anteriores, el monto de la inversión necesaria para la realización del proyecto de la red de comunicaciones es, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Se requerirán 46 instalaciones en aviones usados que actualmente opera la aerolínea. Por lo tanto se adiciona el costo de tener sin operación la aeronave durante el tiempo de instalación de los equipos en ella. Este costo es equivalente al costo mismo del equipo.

En los 12 aviones nuevos, el costo del equipo y su correspondiente instalación están incluidos en el valor de venta del avión. Por lo tanto no se repercute en el presente proyecto, ya que es parte del programa de ampliación y renovación de aeronaves de la aerolínea.

De acuerdo al análisis preliminar se requerirán 19 estaciones terrenas.

La estimación de los costos de inversión de la implantación de la red de comunicaciones en México se presenta en la tabla 4.2.

		Costo Unitario USD	Total USD
19	Estaciones Terrenas	20,000	380,000
12	Equipos Avión (Nuevos)	0	0
46	Equipos Avión (Actuales)	30,000	1,380,000
46	Paro Instalación Avión	30,000	1,380,000
	Total		3,140,000

Tabla 4.2. Estimación de los costos de inversión de la red de comunicaciones.

Las consideraciones asumidas para el cálculo de los costos anuales de operación de la red de comunicaciones son:

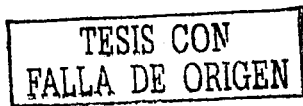
La aerolínea opera en promedio 20 aviones en vuelos internacionales, por lo tanto es necesario el pago de la renta de servicios a un proveedor de servicios ACARS en el extranjero.

Se estiman 1,000 mensajes mensuales por avión (El promedio por avión es de 2,000 mensajes, y se considera que solo la mitad de los mensajes se cursará a través del proveedor de servicios ACARS).

Entonces el total anual de mensajes es $1,000 \times 12 \times 20 = 240,000$.

El mantenimiento anual de la estación terrena se estima en el 10 % de su valor ($0.1 \times 20,000 = 2,000$ USD).

Se considera el costo de 18 enlaces satelitales, ya que la estación terrena de la Ciudad de México se cableará directamente.



El mantenimiento anual del equipo del avión se estima en 15 % de su valor, debido a que su instalación, operación y mantenimiento son más complejos. ($0.15 \times 30,000 = 4,500 \text{ USD}$).

La operación de la red de comunicaciones se realizará por el personal actual del departamento de telecomunicaciones de la aerolínea.

Por lo tanto, la estimación de los costos anuales de operación de la red de comunicaciones se muestra en la tabla 4.3.

		Costo Unitario USD	Total USD
20	Renta Anual ACARS	4,800	96,000
240,000	Mensajes ACARS	0.10	24,000
18	Servicios Enlace Dedicado Satélite	20,000	360,000
19	Mantenimiento Estaciones Terrenas	2,000	38,000
58	Mantenimiento Equipo Avión	4,500	261,000
	Total		769,000

Tabla 4.3. Estimación de los costos anuales de operación de la red de comunicaciones.

Con base en las cifras anteriores hacemos las siguientes consideraciones:

- La inversión en la red de comunicaciones representa el 0.29 % de los ingresos de la aerolínea en el año 2000 (considerando que toda la inversión se hiciese en un año).
- La inversión de la red de comunicaciones es el 15.7 % de las ganancias de la aerolínea en el año 2000.
- Los gastos anuales de operación de la red de comunicaciones equivalen al 0.07 % de los ingresos de la aerolínea en el año 2000.

La justificación costo-beneficio de la presente red de comunicaciones la podemos dividir en 2 partes: la primera de ellas en beneficios económicos obtenidos por la línea aérea y la segunda relacionada con el aumento en el cuidado de vidas humanas.

En el primer aspecto debemos considerar que uno de los factores más críticos en la operación de la aerolínea es el tiempo. La aerolínea paga por cada minuto de servicio proporcionado por sus empleados, los aeropuertos y diversas compañías proveedoras de servicios de soporte. En la tabla 4.1 presentamos algunos de estos costos.

Como referencia haremos un cálculo basado en las siguientes consideraciones:

- Un ahorro de 0.3% promedio en el tiempo de operación de un vuelo por el uso de la nueva red de comunicaciones de la aerolínea. Existen diversos estudios hechos por varios de los participantes en las comunicaciones de la aviación que muestran que es posible alcanzar este tipo de economía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

- De acuerdo a los estados financieros de Cintra (la controladora de las 2 principales líneas aéreas en México), los gastos de operación representan el 90% de los ingresos totales de la aerolínea.
- Consideramos que de dichos gastos de operación, la mitad son gastos directos aplicados al vuelo, y lo restante gastos indirectos de administración. (45% de los ingresos totales).
- En promedio son 300 vuelos diarios, cada uno de ellos con gastos directos de:

$$0.45 \times \frac{1,100,000,000 \text{ ingresos total}}{300 \frac{\text{vuelos}}{\text{días}} \times 365 \text{ días}} = 4,520 \frac{\text{USD}}{\text{vuelo}}$$

- Entonces tendremos un ahorro por vuelo de $4,520 \times .003 = 13.56 \text{ USD}$.
- En un año el ahorro es de

$$13.56 \frac{\text{USD}}{\text{vuelo}} \times 300 \frac{\text{vuelos}}{\text{día}} \times 365 \text{ días} = 1,484,820 \text{ USD}$$

- Entonces el punto de equilibrio en el tiempo (t años) para la recuperación de inversión lo obtenemos de:

$$t \times 1,484,820 = t \times 769,000 + 3,140,000$$
$$t = 4.38 \text{ años}$$

La vida útil de una red de este tipo es de 20 años, lo que da un balance positivo de:
 $20 \times 1,484,820 - 20 \times 769,000 - 3,140,000 = 11,168,400 \text{ USD}$

De lo anterior se puede concluir que para una aerolínea es rentable hacer la inversión en una red de este tipo, ya que en 4.38 años se considera que se recupera la inversión, y en un lapso de 20 años el ahorro sería de más de 11 millones de dólares.

En el segundo aspecto, el incremento en la seguridad de las aeronaves por la instalación de esta red de comunicaciones, es otro factor (intangibles económicamente) que por sí mismo justifica totalmente la presente inversión.

Una vez definida la tecnología que utilizaremos, y hecha la evaluación costo-beneficio, procederemos a describir las características técnicas de la tecnología ACARS.

4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA ACARS

Un punto muy importante en el diseño de la red de comunicaciones de datos para la aerolínea es el conocimiento a detalle de la tecnología ACARS.

Por cuestiones prácticas a continuación hacemos una breve descripción de ésta.

4.2.1. Descripción General

En la tabla 4.4 presentamos las características más importantes de la tecnología ACARS.

	<i>Infraestructura ACARS</i>
<i>Aplicaciones</i>	Control de Operaciones de la Aerolínea. Servicios limitados para Control de Tráfico Aéreo
<i>Red</i>	ACARS
<i>Subred (Enlace de Comunicaciones de Datos Aire Tierra)</i>	Orientada a carácter Inalámbrica Protocolo <i>Stop-n-wait</i> (Parada-n-Espera)

Tabla 4.4. Características generales de la tecnología ACARS.

La tecnología ACARS se utiliza principalmente para el Control de Operaciones de la Aerolínea. Y de manera limitada para Control de Tráfico Aéreo. Estas son sus principales aplicaciones.

En la figs. 4.16 hemos mostrado y descrito los elementos principales de la red de comunicaciones ACARS. Esta red opera en una forma similar al sistema de correo electrónico, ya que se envían mensajes.

La subred Enlace de Comunicaciones de Datos Aire Tierra (Estación Terrena – Aeronave) se compone principalmente de tres elementos: canal físico, capa de control de acceso al medio y la capa del enlace de datos. Esta subred es la que más dificultades técnicas presenta, y está normalizada precisamente a través del protocolo *Air/Ground Character-Oriented Protocol Specification: Arinc Specification 618-5*, mencionado en el capítulo 3.

El canal físico, como lo mencionamos anteriormente, puede ser un enlace VHF, HF o vía satélite (fig. 4.17).

La transmisión se hace a 2,400 bps sobre amplitud modulada (AM) usando un ancho de banda de 25 kHz. Para esto se usa el enlace VHF cuyo origen inicial era la transmisión exclusiva de voz, por lo que se respetan todas las características de dicho enlace. En la sección de diseño se explica en mayor detalle el mecanismo utilizado para conseguir este objetivo.

El espectro de frecuencia estandarizado para la tecnología ACARS se encuentra entre los 118.0 MHz a los 136.975 MHz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Esta subred permite un intercambio orientado a texto, a través de bloques de caracteres con una longitud máxima de 3250 caracteres por mensaje.

Debido a que el canal físico requiere un canal dedicado de 25 kHz, sólo puede proveer el servicio de enlace de datos a una aeronave en un momento dado.

Se utiliza el protocolo *CSMA (Carrier Sense Multiple Access, Acceso Múltiple Sensible a la Portadora)* para controlar el acceso al medio.

La capa del enlace de datos se basa en un protocolo de paquetes, compuesto por caracteres. Cada paquete se delimita por un carácter de control a su inicio y a su final. (Ver tabla 4.5)

SYN	SYN	STX	Header	Packet	ETX	CRC	SYN	SYN
-----	-----	-----	--------	--------	-----	-----	-----	-----

Tabla 4.5. Paquete orientado a carácter.

Donde:

SYN - Sincronización

STX - Inicio del texto

Header - Información del encabezado

Packet - Datos transmitidos

ETX - Fin del texto

CRC - Validación Redundante Cíclica

En la tabla 4.6 se hace un resumen de las principales características de la tecnología *ACARS*.

Capacidad de transmisión de voz	No
Capacidad de transmisión de datos	Sí
Ancho de banda requerido	25 kHz
Requerimiento de canales de guarda	Ninguno
Velocidad de transmisión	2.4 kbps
Modulación	Amplitud Modulada
Subred comunicaciones	Aire Tierra
Control de la red	En la red terrestre
Orientación a bit o carácter	Carácter
Tipo de paquetes de envío	Máximo 220 caracteres por paquete Máximo 3520 caracteres por mensaje
Método de acceso al medio	Aleatorio (<i>CSMA</i>)
Conexiones simultáneas por canal	Limitado a 1

Tabla 4.6. Resumen de Características de la Tecnología *ACARS*.



Para cumplir con los requerimientos de esta tecnología, en el diseño y selección de equipos deberán considerarse las características técnicas contenidas en las siguientes especificaciones:

En lo referente al protocolo y los equipos de las estaciones terrenas: *ARINC 618-5 Air Ground Character Oriented Protocol Specification.*

Para la selección de sistemas y equipos en el avión: *ARINC 619-1 ACARS Protocols for Avionics End Systems.*

Y para el diseño de la red terrestre de enlace de datos: *ARINC 620-4 Data Link Ground System Standard and Interface Specification*

Para complementar esta presentación técnica, haremos una descripción general de la operación del protocolo del sistema *ACARS*, a través del seguimiento paso a paso del envío de un mensaje.

Iniciaremos en el sistema de la aeronave, en la *ACARS MU (ACARS Management Unit: Unidad de Administración ACARS)*, la cual lleva la gestión de los mensajes de entrada y salida. Cuando esta unidad está lista para enviar un mensaje a tierra (*downlink*), primero verifica que el canal *ACARS* esté libre de cualquier otro tráfico. Una vez verificado este punto se envía el mensaje. La estación terrestre, al recibir dicho mensaje, realiza una verificación de error. Si el mensaje está libre de errores, la estación terrestre envía el mensaje a través de la red terrena al destinatario. Adicionalmente, la estación terrestre genera una señal de reconocimiento *ACK (Acknowledgment: Reconocimiento)* y la envía a la aeronave. En la aeronave al recibir la señal *ACK* se considera realizada la tarea. La *MU* borra el mensaje de su memoria y regresa a un estado de espera. Si la señal *ACK* no es recibida por la *MU*, entonces ésta tratará de enviar el mensaje nuevamente. La *MU* intentará reenviarlo seis veces antes de abandonar el intento. En este último caso, el mensaje que se intentó enviar será almacenado y la tripulación de la aeronave será notificada, a través de la *CU (Control Unit: Unidad de Control)* del estado de no comunicación existente (*NO COMM*) con la estación terrena. Esta situación también se presenta cuando se intenta enviar mensajes desde la aeronave y ésta está fuera del rango de cualquier estación terrena. En este caso, el mensaje *ACK* se guarda en memoria hasta que la tripulación inicia el envío de otro mensaje. Si esto último no ocurriera, entonces el mensaje será guardado hasta que se reciba un mensaje válido desde la estación terrestre, u ocurra un evento Activado (*IN*) (como la activación del freno de estacionado, o alguna de las puertas de la aeronave se abre), después de lo cual se enviará el mensaje pendiente de la aeronave a la estación terrestre.

Si dos aviones intentan enviar simultáneamente un mensaje, ambos se recibirán incorrectamente en la estación terrestre, y no será enviado ningún mensaje *ACK* a ninguno de los aeroplanos. En este caso, los aviones intentarán enviar nuevamente los mensajes, y como la *MU* tiene una base de tiempo aleatoria, es poco probable que el segundo intento vuelva a ocurrir en el mismo instante para ambos aviones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La *MU* es la responsable de darle la forma adecuada a los mensajes. Los protocolos para conseguirlo son variados.

En la figura 4.26 se muestra con mayor detalle la estructura de los mensajes *ACARS*. La estructura de los mensajes es la misma para los que van de la aeronave a la estación terrestre, que los que van en sentido contrario (de la estación terrestre a la aeronave). La *MU* agrega un preámbulo a los mensajes que envía a la estación terrestre.

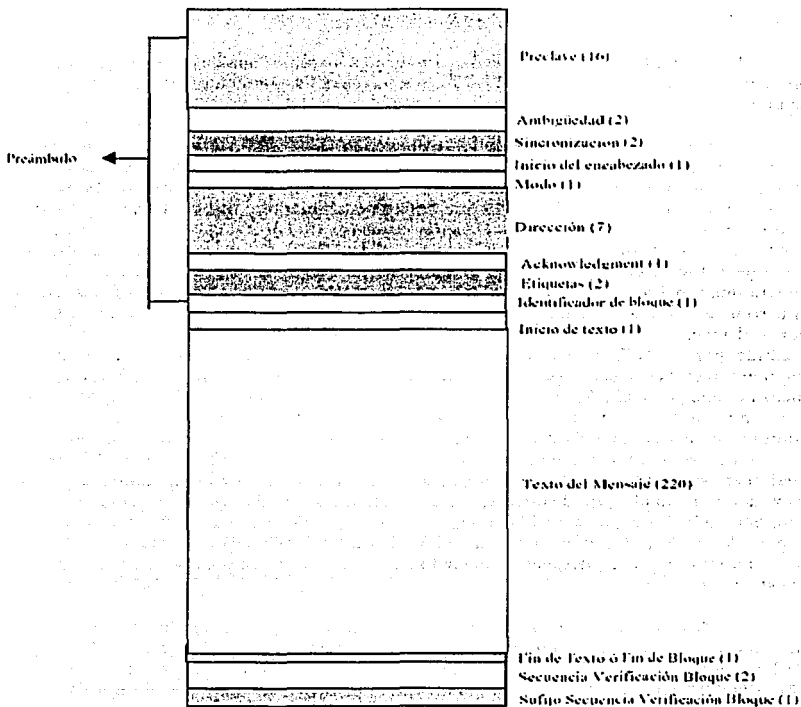


Fig. 4.26. Detalle de la estructura de mensajes *ACARS*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Típicamente, los primeros caracteres del preámbulo del mensaje son conocidos como Preclave (*prekey*) y cada carácter se representa por siete bits de "unos" lógicos. Estos caracteres permiten que el control de ganancia automático del receptor y la potencia del transmisor se establezcan.

Los dos siguientes caracteres (ambigüedad) permiten al receptor determinar si el proceso de identificación de bits de carácter está operando correctamente.

Los 2 caracteres de sincronización SINCR (*SYN*) permiten que el procesador de mensaje establezca la sincronización de caracteres.

A continuación el carácter Inicio del Encabezado indica el inicio del bloque del mensaje.

El carácter de modo que sigue indica la categoría de operación. La tecnología *ACARS* soporta 2 categorías de operación, CAT A y CAT B. La operación CAT A es identificada como Modo "2".

El campo de dirección de 7 caracteres identifica el destino del mensaje. En un mensaje de la estación terrestre a la aeronave, la dirección es el registro de la aeronave o el número de vuelo. En un mensaje de la aeronave a la estación terrestre, la dirección indica el registro de la aeronave que origina el mensaje.

El siguiente carácter es un identificador que indica un reconocimiento válido *ACK* ó un reconocimiento negativo *NAK*.

La etiqueta (2 caracteres) identifica el tipo de mensaje y ruta. Por ejemplo, los caracteres de etiqueta *5U* identifican un reporte meteorológico.

El siguiente carácter es el identificador de bloque, el cual es usado por la *MU* para identificar mensajes duplicados o los bloques de mensaje de un mensaje multibloques.

El final del preámbulo se identifica por el carácter de control Fin de Texto, en aquellos mensajes que no contienen texto, o el carácter de control Inicio de Texto, para aquellos mensajes que contienen texto.

El texto del mensaje es seguido por el carácter de control Fin de Texto.

A continuación sigue la Secuencia de Verificación de Bloque que se utiliza para detección de errores.

Los mensajes *ACARS* se clasifican en mensajes relativos al sistema o mensajes relativos al servicio. Los mensajes de sistema son aquellos asociados con la operación de la red *ACARS* como un sistema de comunicación digital. Estos mensajes incluyen el ajuste automático del transpondedor y el estado ocupado del circuito de control de voz. Los

mensajes relativos al servicio son aquellos asociados con los servicios que la red *ACARS* proporciona como un reporte o una solicitud de información.

Los mensajes de la estación terrestre a la aeronave son verificados por la *MU* para asegurar que sólo sean aceptados mensajes válidos y con el formato adecuado. Primero revisa que el mensaje sea dirigido a la aeronave donde está instalada la *MU* (el registro de la aeronave o el número de vuelo se consideran direcciones válidas). Si no es así, el mensaje se descarta y no se ejecuta ningún proceso adicional. Si el mensaje está dirigido a la aeronave, entonces se recibe todo el mensaje y se almacena. La tripulación es notificada por la *CU*, indicando que existe un mensaje en espera de ser visto.

Un mensaje enviado hacia la aeronave puede estar dirigido a un equipo o periférico como la *DFDAU* (*Digital Flight Data Acquisition Unit*: Unidad Digital de Adquisición de Datos de Vuelo) o la Computadora de Administración de Vuelo. Los mensajes dirigidos a la *DFDAU* pueden solicitar que sean registrados datos, formateados y enviados a tierra. También pueden ser enviados datos del equipo periférico hacia tierra, siguiendo un programa previamente determinado por el modo de vuelo; por ejemplo, cuando el avión alcance la velocidad crucero, llegue a determinada altitud, o inicie el descenso.

Los mensajes *ACARS* pueden ser usados para comunicación *SELCAL* (*Selective Calling*: Llamado Selectivo). El mensaje *SELCAL* llama la atención de la tripulación con una alarma. La tripulación la apaga y hace contacto en la frecuencia contenida en el mensaje, la cual se muestra en la *CU* o se imprime en la impresora de cabina. En la dirección contraria, de la aeronave hacia la estación terrestre, se usa el mensaje *CALSEL* (*Call Select*: Selección Llamada) donde se incluye el número telefónico de los destinos en tierra con los cuales la tripulación desea comunicarse.

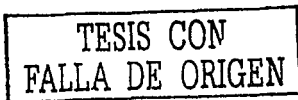
Quando los mensajes viajan en el segmento terrestre de la red de comunicaciones, el Sistema de Procesamiento de Datos y Administración de la Red se encarga de la operación de las estaciones terrestres y del procesamiento de dichos mensajes. Funciona como una oficina de correos, encargándose de que los mensajes lleguen a los destinatarios correctos.

A esta red terrestre se conecta la red de operaciones o el centro de mensajes de la aerolínea a través de un enlace terrestre. En la aerolínea, la manipulación de los mensajes se ejecuta a través de un sistema computarizado que envía los mensajes recibidos al departamento indicado (operaciones, ingeniería, mantenimiento, servicio al cliente, nómina, etc.) para que sea realizada la correspondiente acción. Los mensajes de los departamentos de la aerolínea, como una solicitud de ingeniería para datos del motor, siguen la misma línea en reversa.

4.2.2. Alcances y limitaciones

Por ser un sistema orientado a texto, la presentación de información se restringe exclusivamente a texto.

Los textos no se codifican pero las aplicaciones pueden parametrizar de manera específica los mensajes para dificultar su entendimiento por agentes externos a la aerolínea.



La variante del protocolo de acceso al medio utilizada en ACARS es el CSMA no persistente. La idea de este tipo de CSMA es "escuchar antes de hablar". Antes de intentar transmitir, una estación, digamos X, busca en el medio una señal portadora, la cual, si está presente, significa que alguien más, digamos Y, está enviando. En este caso, la estación X reprograma el envío de una retransmisión (el protocolo ACARS recomienda este tiempo sea entre 30 y 300 ms).

En la fig. 4.27 mostramos en el eje Y el número de intentos de envío de paquetes por unidad de tiempo G (normalizados: cada paquete tardaría en un canal completamente libre una unidad de tiempo en enviarse). Y en el eje Z mostramos la salida obtenida por unidad de tiempo S (en el caso ideal un paquete por unidad de tiempo). En el caso del CSMA no persistente se observa que si aumenta el número de intentos de envío por unidad de tiempo, el desempeño de la red se estabiliza en un valor alto de eficiencia.

Pero este desempeño puede ser mucho menor cuando el tiempo de propagación de extremo a extremo en el medio de transmisión es grande en relación al tiempo necesario para el envío de un paquete.

La ecuación 4.1, de la referencia "Communications Systems & Network", que nos permite evaluar este desempeño es:

$$u = \frac{E(T)}{E(B) + E(I)} = \frac{Ge^{-\alpha}}{G(1 + 1.75\alpha) + e^{-\alpha}} \dots\dots\dots \text{ec. 4.1.}$$

Donde:

u: es el factor de utilización o eficiencia de la línea (S en la gráfica)

E(T): es la función que representa el tiempo utilizado para enviar con éxito un mensaje.

E(B): es la función que representa el tiempo durante el cual el canal está ocupado.

E(I): es la función que representa el tiempo durante el cual el canal está en espera.

G: es el número de intentos durante el periodo de tiempo necesario para enviar un mensaje.

α : es el tiempo de propagación de extremo a extremo en el medio de transmisión.

Por lo tanto para valores de α muy pequeños, tenemos que u tiende a $\frac{G}{G+1}$.

Esta tendencia genera valores muy altos de eficiencia. Pero para valores de α relativamente grandes, la eficiencia disminuye considerablemente.

En la gráfica está representado el caso en que α es relativamente pequeño.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

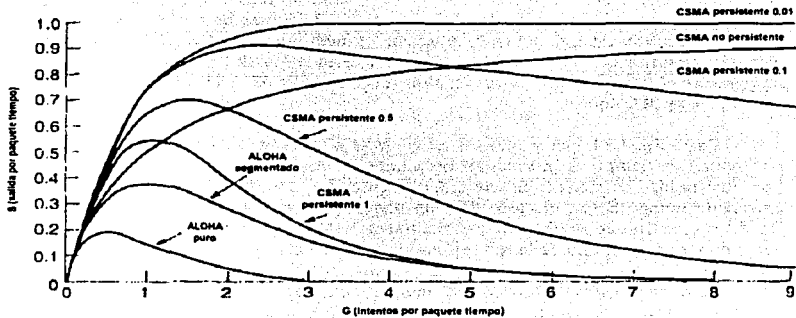


Fig. 4.27. Comportamiento del protocolo de acceso al medio CSMA.

En situaciones de alta densidad de tráfico aéreo (donde aumenta el número de intentos de transmisión de cada paquete) y con un tiempo de propagación relativamente grande (el caso de una transmisión VHF aire-tierra) el rendimiento de la red se reduce (hasta niveles de 300 bps – 12.5% de la capacidad ofrecida) ya que aumenta el número de colisiones de los paquetes.

En el caso de la red que diseñaremos, esto no sería una limitante, debido a que solo se controlarían un máximo de 58 aeronaves a través de 19 estaciones terrenas en México. (La variable densidad de tráfico permanece baja). Para justificar esta aseveración presentamos en la fig. 4.28 los resultados obtenidos en un sistema de simulación de un estudio hecho por la UCLA (*University of Californy in Los Angeles*). Este estudio compara el desempeño de 4 redes:

Red local con bus Ethernet, donde los equipos están conectados a través de cables de cobre.

Red grande, donde se distribuyen uniformemente 15 aviones alrededor de una estación terrena dentro de un círculo con un diámetro de 480 km (el límite máximo del radio de una estación terrena VHF).

Red mediana, donde se distribuyen uniformemente 15 aviones alrededor de una estación terrena dentro de un círculo con un diámetro de 110 km.

Red pequeña, donde se distribuyen uniformemente 15 aviones alrededor de una estación terrena dentro de un círculo con un diámetro de 300 m.

El eje horizontal se muestra el nivel de tráfico al que se prueba la red (suma del tamaño de los paquetes puestos en la red para su envío), y el eje vertical representa la salida en transmisión exitosa de datos obtenida (total y útil)

En el caso de la red que diseñaremos, se calcula un máximo de 10 aviones con los cuales debe comunicarse simultáneamente la estación terrena más utilizada (la de la Cd. de México). Esto implica que en la red a diseñar se obtendrán mejores resultados que los presentados en la figura.

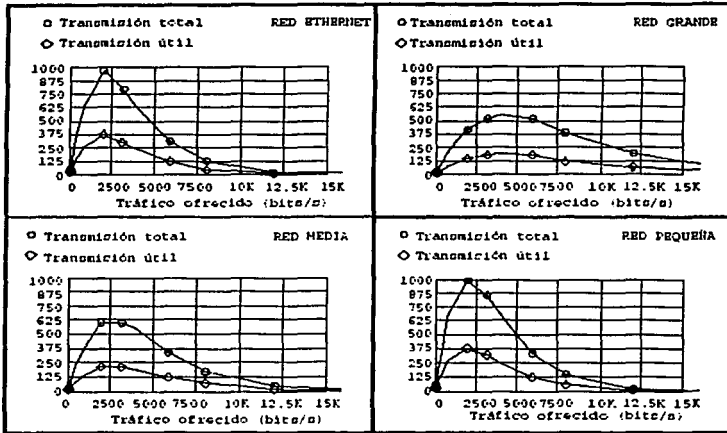


Fig. 4.28. Simulación de comportamiento de la red ACARS.

El protocolo de la red ACARS no especifica claramente el desempeño en los tiempos de transmisión que deben obtenerse. No obstante establece que los tiempos mínimos de transmisión se deben encontrar en el rango de 2 a 25 s en la categoría A (la aeronave transmite a todas las estaciones terrestres que se encuentran dentro de su radio de alcance), y de 10 a 25 s en la categoría B (la aeronave transmite a una estación terrestre determinada dentro del radio de su alcance). También sugiere que el tiempo de espera para la retransmisión de un bloque cuando el canal se encuentre ocupado debe ser un valor obtenido por una distribución uniforme aleatoria en el rango de 30 a 300 ms.

A continuación presentamos los resultados publicados por la línea aérea europea SAS (una de las líneas aéreas que más intensamente usa la tecnología ACARS) con el fin de mostrar el desempeño esperado de la red.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

El tiempo de entrega de los mensajes *ACARS* depende de factores como su tamaño, medio de transmisión aire tierra y proveedor de servicios. El tiempo promedio real obtenido por la aerolínea es:

Tiempo de entrega extremo a extremo, mensaje hacia la aeronave: 10-20 s
Tiempo de entrega extremo a extremo, mensaje desde la aeronave: 5-10 s

No hay tiempo máximo de entrega garantizado. De todas formas, 99.5% de todos los mensajes se entregan en menos de 60 s.

La tasa promedio de entrega exitosa de mensajes depende de factores como: tamaño del mensaje, proveedor de servicios, si la aeronave está dentro del rango *VHF* de la estación terrena, carga de tráfico y frecuencia *VHF*, etc. Las tasas promedio real observadas son:

Tasa de entrega extremo a extremo, mensaje hacia la aeronave: >95%
Tasa de entrega extremo a extremo, mensaje desde la aeronave: >99%

Debido a la velocidad de transmisión 2400 bps los mensajes deben ser cortos. El rendimiento de entrega de los mensajes decrece exponencialmente en razón de su tamaño.

Los mensajes *ACARS* sólo soportan bloques de caracteres de 8 bits.

El tamaño óptimo de mensaje hacia la aeronave: 220 caracteres o menos.

La distribución recomendada por la aerolínea para el envío de los mensajes tierra – aeronave (*uplink*), respecto al 100% de todos los mensajes se muestra en la tabla 4.7. Es una tabla con datos de distribución en forma de percentil (50, 80, 95 y 99 en este caso).

Tamaño recomendado	Porcentaje del total de mensajes
< 440 caracteres	50 %
< 660 caracteres	80 %
< 1100 caracteres	95 %
< 2200 caracteres	99 %

Tabla 4.7. Distribución recomendada por la aerolínea SAS para mensajes *ACARS*

Es decir, para que los tiempos de entrega y recepción de los mensajes se encuentren dentro de un rango aceptable, es mejor enviar mensajes cortos (sin descartar que algunos mensajes puedan ser más largos). Si se enviaran solo mensajes largos, el resultado inmediato es que dichos tiempos de entrega y recepción aumentan considerablemente.

Otra limitante de la tecnología *ACARS* es que la impresora en la cabina imprime un máximo de 64 caracteres por línea.

La pantalla en la cabina normalmente puede desplegar un máximo de 24 caracteres por línea. Y se recomienda un máximo de 40 caracteres por línea para lograr una buena legibilidad.

4.3. PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA ACARS

En esta sección presentaremos la información recolectada sobre diversos proveedores de equipos y servicios relacionados en particular con la tecnología ACARS, y en general con las comunicaciones en la aviación.

4.3.1. Equipos

En la tabla 4.8 se presentan los principales proveedores de servicios y sistemas CNS/ATM. En nuestro caso haremos especial énfasis en aquellos que son los más adecuados para el diseño de nuestra red de comunicaciones en la aviación:

Compañía	Comunicaciones	Navegación	Monitoreo	ATM
Adacel				X
Alcatel	X			
Alenia-Marconi	X	X	X	X
AlliedSignal		X		
Airsys ATM	X	X	X	X
ARINC	X			X
CelsiusTech				X
Computer Sciences				X
Denro	X			
Electronics Corp. of India Ltd.			X	X
Frequentis	X			
Garex	X			
Harris	X			
Honeywell	X	X	X	X
Indra	X		X	X
Indra ATM				X
Lockheed Martin ATM	X	X	X	X
Magnavox				X
Northrop Grumman			X	X
PRIOR				X
RACAL DATACOMM	X			
Radio Frequency Systems	X			
Raytheon	X	X	X	X
Rockwell Collins		X		
Rohde & Schwarz	X			
Schmid	X			
SITA	X			
Teledyne Technologies	X	X	X	X
Telephonics	X		X	X
TERMA Elektronik				X
Thales Avionics	X			
Universal Avionics Systems	X			
UFA				X
Wulfberg Electronics	X			

Tabla 4.8. Proveedores de Servicios CNS/ATM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ARINC. Además de ser uno de los principales proveedores de servicios de comunicación en la aviación, es el integrador de varios de los equipos de comunicaciones que se utilizan en ésta, particularmente de los de la aeronave.

Honeywell. Es una compañía con más de 100 años de operación, resultado de una larga serie de fusiones de compañías, principalmente en EEUU. En el campo de la aviación, proporciona un rango amplio de equipos y sistemas. Es uno de los líderes en el desarrollo y fabricación de Sistemas *CNS/ATM*.

Harris. Es una compañía dedicada íntegramente a las telecomunicaciones. En la aviación ha sido uno de los principales proveedores de los equipos de radio transmisión/recepción, antenas y diversos accesorios para las estaciones terrenas. Además también suministra equipo de telecomunicaciones para la red terrestre de comunicaciones.

Las compañías fabricantes de aeronaves, como *Airbus* y *Boeing*, normalmente forman alianzas muy estrechas con los diferentes proveedores de tecnologías, sistemas, equipos y partes. Esto aplica especialmente en áreas especializadas como *CNS/ATM*. Actualmente, ambas compañías ofrecen en la venta de sus aviones algunos sistemas de comunicaciones como equipo estándar, y algunos como equipo opcional. Y forman parte de las organizaciones que desarrollan y definen el futuro de las comunicaciones en la aviación.

Rockwell-Collins. Es uno de los principales proveedores de sistemas electrónicos y de comunicaciones en la aviación. Gran parte de sus desarrollos tienen que ver con asuntos de defensa en los EEUU.

Teledyne Technologies. Es otro gran proveedor de sistemas tecnológicos para los sectores aeroespacial y de la defensa de los EEUU. Una de sus principales ramas de negocios son los componentes y equipos de telecomunicaciones.

RFS (Radio Frequency Systems, Sistema de Radio Frecuencia). Es una compañía de origen alemán, dedicada totalmente a los sistemas de radio frecuencia (como lo describe su mismo nombre). Es de especial interés para el presente trabajo lo relativo a antenas, cables y accesorios para las estaciones terrenas *VHF*.

Rohde & Schwarz. Es una compañía de origen alemán que entre sus principales actividades desarrolla equipos y sistemas de radiocomunicación, incluyendo equipos de comunicaciones para las aeronaves y antenas.

RACAL DATACOMM. Adquirida por *MILGO*, y ésta última adquirida por *NEXTIRIONE*, ha sido uno de los fabricantes de módems, multiplexores, ruteadores, etc., utilizados en las redes de comunicaciones en la aviación.

Wulfberg Electronics. Es una compañía establecida en EEUU, integrante del grupo inglés *Cobham* (dedicado totalmente a las tecnologías en la aviación) e importante proveedora de sistemas de radio transmisión-recepción.

Thales Avionics. Es un grupo de empresas de origen francés, también dedicado totalmente a las tecnologías y servicios para las aeronaves. Entre sus productos cuentan con sistemas de comunicación para las aeronaves.

Universal Avionics Systems. Se dedica a la integración de equipos de comunicaciones, control y despliegue de información para las aeronaves.

Existen también algunas empresas pequeñas y medianas que están desarrollando equipos y/o sistemas relacionados con las comunicaciones en la aviación. Este tipo de empresas están enfocadas a pequeños nichos tecnológicos.

Un aspecto importante en la selección de los equipos para la red de comunicaciones debe ser el nivel de soporte técnico, tanto para la resolución de problemas relacionados con la instalación y operación de dichos equipos, como para la obtención de reemplazos y/o partes de refacción. Por otro lado, en la parte económica existen diferencias en cuanto a los impuestos que se deberán pagar por las importaciones de dichos equipos y sistemas debido a los diferentes tratados comerciales firmados por nuestro país con otros países o bloques de países.

Finalmente, hay que considerar que el desarrollo de nuevos equipos y sistemas de los proveedores coincida en gran medida con la visión a futuro que se tenga para la red de comunicaciones a diseñar. Esto facilitará la transición hacia nuevas tecnologías.

Es muy importante mencionar que existen proveedores de equipos de radiocomunicación, especialmente de radio receptores, antenas, y programas de decodificación dirigidos a radioaficionados, interesados en la recepción de mensajes *ACARS*. Estos equipos, debido a sus bajas especificaciones técnicas, no pueden ser utilizados en una red de comunicaciones para la aviación.

4.3.2. Servicios

Como lo hemos mencionado anteriormente, los principales proveedores de servicios *ACARS* en el mundo son *ARINC*, *SITA* y *AVICOM*.

A *ARINC* ó *SITA* se deberá contratar para complementar la red de la aerolínea en las rutas al extranjero.

Para la red que diseñaremos, también tenemos identificados a las siguientes empresas u organismos:

SENEAM, que cuenta con una infraestructura de comunicaciones vía satélite, y además es a quien debería rentarse el espacio físico para la instalación de las estaciones terrestres en los aeropuertos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México, a quienes se podrían contratar diversos servicios en algunos tramos de la red que diseñaremos. Entre ellos TELMEX, AVANTEL, ALESTRA, etc.

También debemos considerar a los proveedores de servicios de comunicaciones vía satélite que pueden complementar la red que se diseñará.

4.3.3. Mantenimiento

Para el mantenimiento de la red es recomendable la contratación de una empresa dedicada a la instalación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones, especialmente de tipo de radiofrecuencia. En el diseño de la red habrá los suficientes respaldos para no requerir tener un técnico instalado de manera fija en cada localidad donde se instale una estación terrena. De todas formas deberá atenderse cualquier falla en un lapso menor a 24 horas.

4.4. DISEÑO DE LA RED ACARS

Esta etapa es el resultado del análisis de los elementos que intervienen en el diseño de la red de comunicaciones. Específicamente se basa en el contexto de México, y se plantea un diseño en el cuál se trata de cubrir las necesidades en flujo de mensajes *ACARS* a lo largo del territorio nacional.

4.4.1. Descripción estructural

La estructura de la red está basada en un diseño de red tipo estrella distribuida como se muestra en la figura 4.29. El sistema está compuesto por los componentes instalados en la aeronave, una red de estaciones terrenas distribuidas en un área específica, un Controlador de Estaciones Terrenas, la red digital de datos, el *NMDPS*, el *host* de la aerolínea y finalmente la aplicación instalada en los sistemas de la aerolínea.

El *NMDPS* enruta los mensajes hacia el computador principal de la aerolínea respectiva, a través de la red digital y para las estaciones terrenas cercanas al avión monitoreado. El *NMDPS* ejecuta el formato de los mensajes y se encarga de dirigirlos en bloques múltiples. Dirige los mensajes desde la aeronave hacia su destino en tierra, rastrea las conexiones de la aeronave con las estaciones terrenas y también administra las frecuencias de enlace. Otras funciones que tiene el *NMDPS* es la administración de las estaciones terrenas, realiza estadísticas de tráfico y efectúa la facturación, y a su vez es la interfaz con la red de datos *X.25*.

Dentro de la estructura de la red también se pueden mencionar como parte importante a las estaciones terrenas. Las estaciones terrenas son las encargadas de proveer el acceso a las aeronaves a la red tierra - aire. Entre sus funciones principales se encuentran el envío y recepción de los mensajes de la aeronave vía *VHF*, envían y reciben mensajes del *NMDPS* vía la red *X.25*, monitorean los mensajes que se reciben de la aeronave e informan al administrador la intensidad de la señal de enlace.

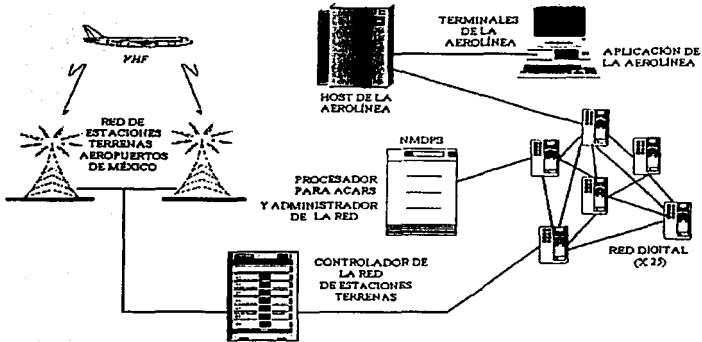


Fig. 4.29. Red ACARS.

De forma general el funcionamiento se describe en la figura 4.30. En este esquema se puede ver la trayectoria que siguen los mensajes, ya sea originados por la aeronave o bien por la aplicación instalada en tierra. El sistema tiene dos formas de operación dividida en categoría A y categoría B.

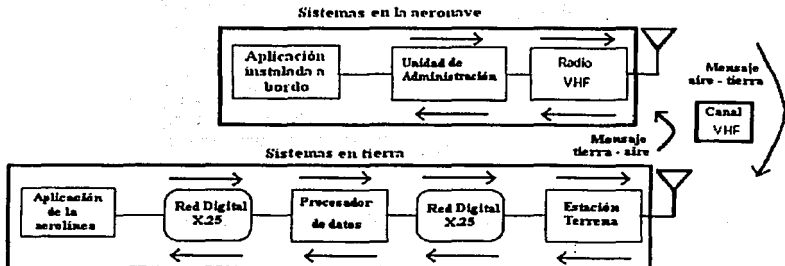


Fig. 4.30. Flujo de información en la Red ACARS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la categoría A la administración del enlace se efectúa desde la red terrestre. Los mensajes generados por la aeronave son recibidos y procesados por todas las estaciones terrenas que lo reciben. El *NMDPS* reconoce todos los mensajes que genera la aeronave, y posteriormente el transmisor de mensajes es seleccionado por el administrador para enviar los mensajes hacia la aeronave. En esta categoría se tiene la ventaja de que la complejidad de la administración del enlace es controlada por el *NMDPS*, que es el elemento más robusto de toda la red. También se tiene como ventaja que se efectúa una evaluación dinámica de trayectorias alternas de comunicación, por lo que la congestión de *RF* es reducida. Se efectúa de la misma forma el seguimiento del vuelo para la entrega de mensajes de bloques múltiples por lo que aumenta la disponibilidad del servicio considerablemente. Finalmente se elabora un acuse de recibo después de que los bloques son recibidos, reconocidos y validados por el administrador de la red terrestre. El encargado de administrar el tráfico y maximizar el funcionamiento es el proveedor del servicio.

En la categoría B la administración del enlace se efectúa desde el sistema instalado en la aeronave. En esta categoría los mensajes que se generan desde la aeronave están dirigidos a una estación terrena específica. La estación terrena especificada independientemente reconoce los mensajes de la aeronave. Entonces los mensajes generados en tierra son devueltos a través de la estación terrena seleccionada por el sistema *avionics*. Esta categoría tiene como ventaja que la aeronave recibe el reconocimiento de los bloques de mensajes que se han transmitido casi inmediatamente, lo que reduce el número de retransmisiones de mensajes. En esta categoría hay una reducción en el tráfico de la red terrestre, ya que sólo una estación terrestre remite cada mensaje proveniente de la aeronave.

También se puede mencionar como característica que la entrega de mensajes de bloques múltiples puede ser más rápida, ya que no hay demora de tránsito para procesar reconocimientos en la red terrestre.

4.4.2. Características del enlace *VHF*

Para determinar el canal de *VHF* que se utiliza en la comunicación tierra - aire-tierra, entre la aeronave y las estaciones terrenas, se tienen que tomar en consideración ciertas características; algunas de ellas necesarias para poder establecer comunicación y otras para cumplir con los lineamientos de la normatividad en materia de radiocomunicaciones.

Para mayor detalle respecto a las consideraciones de los sistemas de radiocomunicaciones ver el anexo A.

Las características para determinar el canal *VHF* se muestran a continuación.

Asignación de frecuencia y ancho de banda

Por reglamentación de la *UIT*, la *OACI* y la *SCT* las frecuencias entre 117.975 y 136 MHz son atribuidas al servicio móvil de comunicaciones aire - tierra y tierra - aire, voz y datos en *VHF*. En la banda de 117.975 - 136 MHz, la frecuencia de 121.5 MHz es la frecuencia aeronáutica de emergencia, y, de necesitarse, la frecuencia de 123.1 MHz es la frecuencia auxiliar de emergencia.

La banda *VHF* es la de principal uso para las comunicaciones aeroterrestres de alcance óptico en todos los aeropuertos, en ruta y para una diversidad de tareas de corta distancia, para la aviación general y las actividades de vuelo recreativo. La banda de 118 - 132 MHz fue atribuida a la aviación por primera vez en 1947, la extensión de la banda a 136 MHz en 1959, y la extensión a 137 MHz en 1979.

Al satisfacer la creciente demanda y mitigar la congestión de frecuencias en las zonas de tránsito de gran densidad, como la Ciudad de México, la anchura de canal se ha reducido en tres oportunidades. De 200 kHz a 100 kHz en 1950, a 50 kHz en 1960, a 25 kHz en 1972, y actualmente se está reduciendo en algunos países el ancho de banda para algunos servicios a 8.33 kHz, de acuerdo a la demanda local.

A fin de proporcionar una cobertura de bajo nivel a una zona grande, en algunas de ellas se utiliza el método de portadora desplazada. Dichos sistemas que utilizan hasta cinco portadoras desplazadas son posibles con separación de canales de por lo menos 25 kHz, pero no lo son cuando la separación es de 8.33 kHz.

En 1995 se previó una fase de mejoramiento a corto plazo utilizando un sistema basado en la separación de canales de 8.33 kHz. No en todas las zonas del mundo se necesita aplicar esta norma, en el caso de México todavía no se ha adoptado esta nueva separación de canales. La canalización empleada a nivel general es de 25 kHz con banda lateral única (BLU) y modulada en AM.

El ancho de banda necesario se determina para que durante una emisión dada, sea suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones específicas. En México está normalizado que el ancho de banda para este tipo de frecuencias es de 25 kHz. Este ancho de banda es suficiente para asegurar el flujo de mensajes de *ACARS* (fig 4.31).

Para el registro de las frecuencias es necesario incluirlas en el Registro Internacional de Frecuencias (*MIFR*) en Ginebra, Suiza; este documento es en el que las administraciones pueden registrar su utilización nacional de frecuencias. En el caso de los *ACARS* la frecuencia asignada y registrada es de 131.55 MHz.

El ancho de banda operacional o ancho de banda ocupado es aquella banda de frecuencias tal que se emitan potencias medias menores en un 0.5 % de la potencia media total de una emisión dada (fig 4.32).

También se puede ver en la figura 4.31 el ancho de banda necesario, definido para los ACARS, en 25 kHz y la banda de frecuencia asignadas, que va desde los 131.5375 a 131.5625 MHz. El ancho de banda operacional correspondiente de acuerdo a lo mencionado es de 3.0 kHz. La frecuencia de la portadora se encuentra desplazada 1.4 kHz de la frecuencia asignada. De acuerdo a regulaciones internacionales para comunicaciones en VHF, la atenuación para frecuencias fuera de banda transmitidas desde la aeronave en ± 17.5 kHz, debe ser 43 dB. En el caso de las transmisiones de la estación terrena, por regulación internacional, de la referencia "Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen V (Utilización del espectro de radiofrecuencias aeronáuticas)", para potencias de transmisión de hasta 50 W se tiene:

$$-[43 + 10 \log_{10} P_p(W)] \text{dB} \dots\dots ec 4.2.$$

sustituyendo la potencia:

$$-[43 + 10 \log_{10} 50(W)] \text{dB} = 49.98 \text{ dB}$$

Por lo anterior la atenuación para estaciones terrenas que transmitan hasta 50 W tienen que cumplir para emisiones fuera de la banda establecida de 25 kHz con la atenuación de 49.98 dB. Para potencias mayores de 50 W la atenuación mínima deberá ser de 60 dB. Como resultado de éstas restricciones se obtiene el ancho de banda de la señal, en donde las frecuencias a ± 1.5 kHz tienen atenuación de hasta 30 dB, para ± 4.16 de -38 dB y para ± 7.5 kHz de -40 dB.

En la figura 4.32 se muestran los diferentes tipos de emisiones que se tienen. Las emisiones fuera de banda son aquellas que son resultantes del proceso de modulación, excluyendo las emisiones no esenciales, y se encuentran fuera del ancho de banda necesario. Las emisiones no esenciales son aquellas frecuencias situadas fuera del ancho de banda necesario, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de la modulación están comprendidos en las emisiones no esenciales. Las emisiones fuera de banda y las no esenciales se consideran emisiones no deseadas.

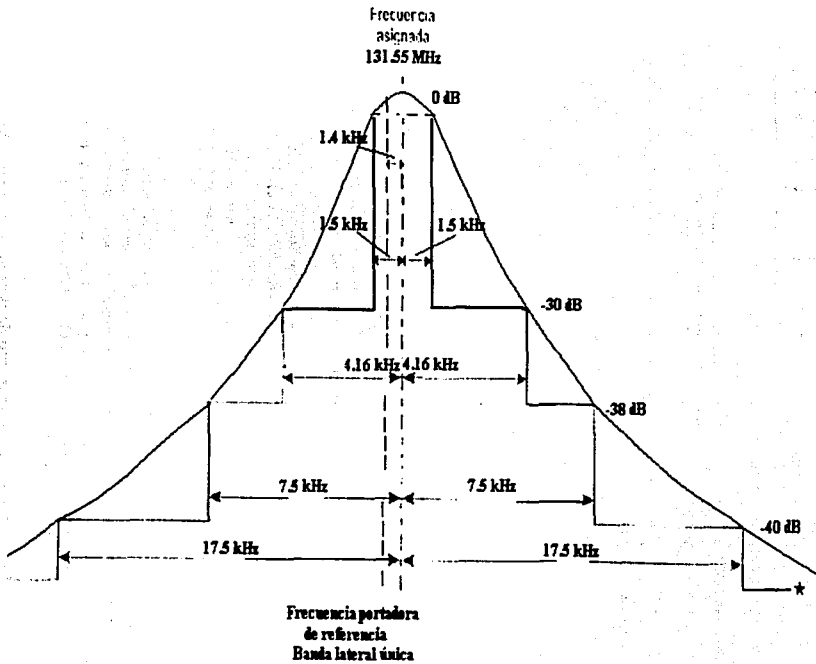


Fig. 4.31. Ancho de banda de la señal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

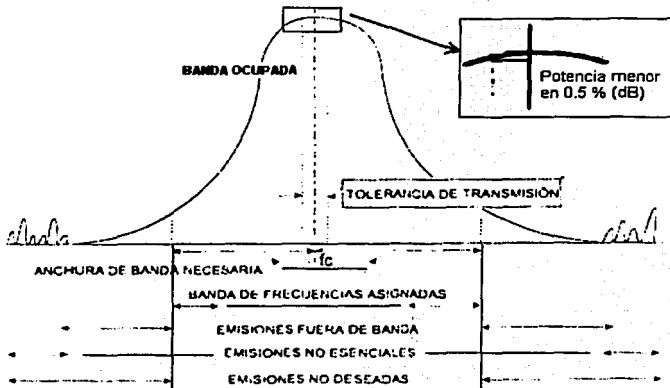


Fig. 4.32. Ancho de banda y emisiones.

Modulación de la señal en AM y en BLU

En la amplitud modulada la potencia de emisión varía al ritmo de la señal de información, esto se hace de forma muy simple: la etapa amplificadora de potencia de emisión que entrega radiofrecuencia a la antena es alimentada por una tensión de corriente continua a la que se le superpone una tensión de una frecuencia de información. La señal resultante en la antena es la suma y resta de la señal de radiofrecuencia portadora con la frecuencia procedente de la señal de información. Suponiendo una emisión en 14.000 kHz, y una señal de información de 2 kHz, la señal resultante contendría 3 frecuencias: $14.000 - 2 = 13.998$ kHz en banda lateral inferior, la de $14.000 + 2 = 14.002$ kHz en banda lateral superior y la de 14.000 kHz que es la portadora, que siempre está presente aún cuando no exista señal de información o moduladora.

La potencia de emisión varía de acuerdo con la señal de información. Para una señal de portadora de 100 W, al modular se puede obtener 100 W en el mejor de los casos, esto establece el porcentaje de modulación. Una modulación del 100 % es óptima, si se sobrepasa el límite desaparece la portadora central y se obtiene distorsión. Si el porcentaje de modulación es bajo, la información es pobre y por lo tanto el alcance se verá reducido y fácilmente interferido por señales próximas.

La amplitud modulada requiere un consumo de potencia, aún cuando no exista señal de información, si se está en transmisión y por lo tanto se emite señal portadora. Por otra parte, debido a las dos bandas laterales que acompañan a la portadora, el ancho de banda

ocupado es de 6 kHz o más. Esto ha hecho que haya caído en desuso y haya sido sustituida por otros sistemas de modulación más ventajosos.

La emisión en banda lateral única se logra mediante la variación de la amplitud modulada, tiene las mismas características que ésta, sólo que en banda lateral única se le ha suprimido la señal portadora y una de las bandas laterales.

Este tipo de modulación cuando no tiene señal moduladora o de información no emite ninguna señal en la antena. Esto se consigue suprimiendo la portadora en un puente de diodos o integrado, denominado, modulador balanceado, de forma que la radiofrecuencia proveniente del oscilador o generador de portadora se divide en el puente de diodos en dos señales iguales y simétricas, que al unirse en una bobina o toroide de salida se anulan. El puente se desequilibra por la tensión de baja frecuencia proveniente de la señal moduladora. Se obtiene así una señal de doble banda lateral con portadora suprimida. Un filtro estrecho de cuarzo anula una de las bandas laterales y deja solo una con un ancho de banda de solamente unos 2.4 kHz. Al suprimir la portadora se reduce el consumo de energía dado que el consumo sólo se produce cuando existe señal moduladora, al concentrar la potencia en una banda más estrecha se mejora el alcance.

Si se compara una emisión en AM y otra en BLU, se puede observar que si se dispone de una salida de 100 W para la emisora de AM, de ésta 50 W son para la señal de la portadora que no lleva información, y los otros 50 W se reparten en 25 W para cada banda lateral, lo que duplica la información. Una señal de BLU de 100 W representaría 100 W de señal informativa. Por lo tanto, solamente en potencia el aumento aparente ya es de 4 veces respecto a la amplitud modulada.

Desde el punto de vista del receptor, los detectores de producto, necesarios para recibir BLU mejoran en algunos decibeles la sensibilidad respecto al AM. Además el uso de filtros de cuarzo en recepción para BLU y lo estrecho de la banda ocupada reducen el ruido disperso, por lo que se mejora la relación señal / ruido. Esto es muy importante en la recepción, en especial de señales débiles.

Determinación del enlace VHF

En el caso de las comunicaciones VHF es necesario que se tenga línea de vista entre el transmisor y el receptor (fig. 4.33), por lo que las comunicaciones mas allá de la curvatura de la tierra pueden ser obtenidas por otro medio de propagación, tales como la reflexión en la ionosfera o la difracción de la tierra. Estos modos de propagación dependen fuertemente de las condiciones ambientales.

Para determinar la línea de vista (d) con respecto al terreno plano, de la referencia "Estimation of radio transmission range", es en función de la altura a la que se encuentra la aeronave y puede ser calculada como:

$$d = \sqrt{(h + R_{\text{tierra}})^2 - R_{\text{tierra}}^2} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots \text{ec. 4.3.}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

donde:

h = altura sobre la tierra (m)

R_{tierra} = radio de la tierra = 6378 km

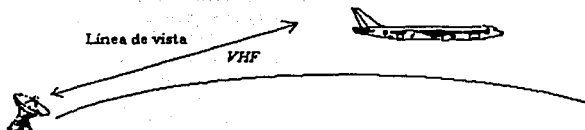


Fig. 4.33. Línea de vista.

Para el caso de las aeronaves que sobrevuelan a altura de crucero alrededor de los 14000 m la distancia de línea de vista será:

$$d = \sqrt{(14,000 + 6,378,000)^2 - (6,378,000)^2}$$

$$d = 422,823.8404 \text{ m}$$

$$d = 422.82 \text{ km}$$

La distancia de línea de vista de una aeronave a una estación terrena para varias alturas se describe en la tabla 4.9.

Altura sobre la tierra (m)	Línea de vista (km)
304	62.27
608	88.06
1,520	139.25
3,040	196.95
5,000	252.59
10,000	357.29
14,000	422.82

Tabla. 4.9. Distancia de línea de vista al horizonte en función de la altura de la aeronave.

La distancia de la línea de vista es una buena aproximación para la distancia máxima de transmisión para una aeronave. Para radio frecuencias bajas la difracción de la tierra extiende este rango, pero los efectos dependen del terreno y de las condiciones ambientales. Por lo que para efectos de la distribución de las estaciones terrenas se tendrá que tener en cuenta que la distancia entre ellas será de 422.82 km.

Esta distancia aplica para terreno plano, sin embargo la orografía de México es muy accidentada por lo que esta se verá reducida en aquellos lugares donde existan cadenas montañosas. Para solucionar este problema se deberán instalar las estaciones terrenas con una distancia más corta entre ellas.

Otro aspecto importante es que el alcance de las ondas en el espacio esta prácticamente limitado a la atenuación que sufre la señal a medida que se aleja de la fuente que la generó. El cálculo del radio de transmisión en un sistema de comunicación es difícil. Adicional a las características de los componentes del sistema, interactúan diferentes factores como el terreno, la humedad, etc., que pueden afectar considerablemente a la señal, incluyendo el espacio libre de transmisión, la refracción, la reflexión, dispersión y difracción. Para efectos de este cálculo se asume que el modo primario de propagación de la comunicación de la aeronave se transmite en el espacio libre, el cual, para propósitos prácticos, es probado en los límites de la transmisión a línea de vista.

Las pérdidas de transmisión para propagación en espacio libre, de la referencia "*Estimation of radio transmission range*", están determinadas por la siguiente fórmula.

$$L_T = L_b - G_T - G_R \quad (\text{dB}) \dots\dots\dots \text{ec. 4.4.}$$

donde:

- L_T = Pérdidas totales (dB)
- L_b = Pérdida asociada a la distancia máxima (dB)
- G_R = ganancia de la antena receptora (dBi)
- G_T = ganancia de la antena transmisora (dBi)

La pérdida asociada a la distancia máxima está definida, de la referencia "*Estimation of radio transmission range*", por la siguiente expresión.

$$L_b = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (\text{dB}) \dots\dots\dots \text{ec. 4.5.}$$

donde:

$$d = \text{distancia (m)}$$

$$\lambda = \text{longitud de onda} = \frac{3 \times 10^8}{\text{frecuencia (Hz)}}$$

El valor de G_R va a ser considerado como la ganancia de la antena de la aeronave, cabe mencionar que todo el equipo de radio comunicación de la aeronave es instalado desde su fabricación. La antena es del fabricante *R.A. Miller Industries Inc.*, modelo Avt-4. La Avt-4 es una antena de banda ancha de las comunicaciones del VHF. Incorpora un diseño bajo de la cubierta de lámina de fricción fabricado de plástico *Luran-s* para altos esfuerzos y un radiador de aluminio encapsulado en espuma rígida del poliuretano. La cubierta se acaba con una pintura blanca resistente de poliuretano *Skydrol* y viene con hardware de montaje y cojín de montaje de neopreno.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

La antena funciona a las velocidades de hasta 900 km/h y altitudes hasta 50.000 pies. La fricción de la lámina es 0,83 libras en el nivel del mar a 900 km/h (fig. 4.34).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

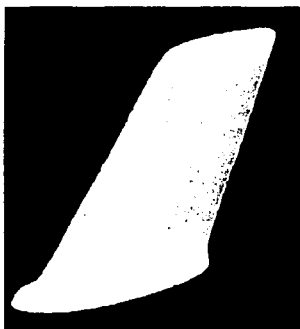


Fig. 4.34. Antena de VHF de la aeronave.

En la figura 4.35 se muestran las dimensiones de la antena de la aeronave.

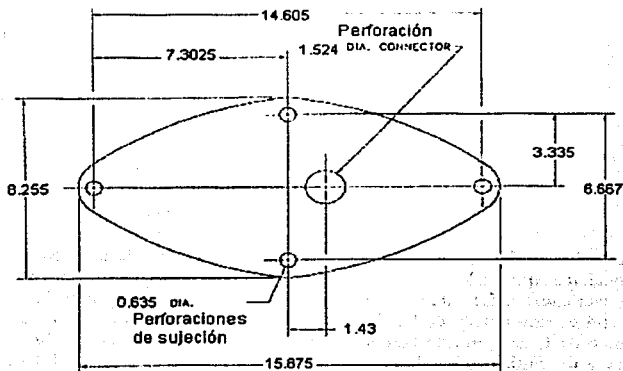


Fig. 4.35. Dimensiones de la antena de VHF de la aeronave (cm).

En la tabla 4.10 se muestran las especificaciones de la antena en las aeronaves.

Especificaciones	
Uso	VHF
Rango de Frecuencias de operación	118 - 136 MHz
VSWR	3.0:1
Impedancia máxima	50 ohms
Polarización	Vertical
Patrón vertical	Omnidireccional
Tipo de conector	Hembra BNC
Peso	20 onzas (0.567 kg)
Potencia máxima	30 W
Ganancia (dBi)	1.83
Alto	34.30 cm
Largo	15.875 cm
Espesor	8.255 cm

Tabla. 4.10. Especificaciones de la antena de VHF Avt-4.

En el caso del Radio transmisor - receptor de VHF de la aeronave es el modelo VHF-900b, distribuido por el proveedor Rockwell Collins (fig. 4.36).

Los radios de la serie VHF-900 tienen las capacidades análogas de transmisión de voz, adicionalmente se han agregado capacidades convertidas a voz y datos digitales,

Los radios VHF-900 están diseñados para proporcionar funcionalidad variada y se pueden aumentar del VHF-900 básico a configuraciones avanzadas. La serie VHF-900 se puede utilizar en las instalaciones de la transmisión de datos ARINC 724B o ARINC 758. Los cambios de software se realizan más fácilmente con una interfaz de cargador de datos.

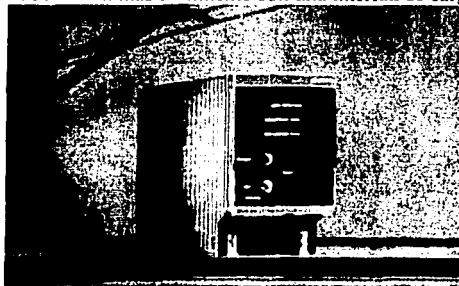


Fig. 4.36. Equipo transmisor - receptor de VHF a bordo del avión.

El equipo *VHF-900b* (tabla 4.11) ofrece las siguientes características:

Características generales	
	Resuelve los requisitos para los campos irradiados de la alta intensidad (HIRF), y las corrientes de relámpagos
	Distribuido completamente como parte del equipo incorporado de Airbus y de Boeing
	Módem interno de <i>ACARS</i> (modo de <i>ARINC 750 A</i>)
	No se controla ningún ajuste manual, el ajuste de la unidad se realiza por un procesador interno
	Se puede modificar para funcionar a 25 kHz y a 8.33 kHz de ancho de banda
	Se puede modificar para incluir funcionalidad del modo A
	Se puede modificar a futuro para tener funcionalidad del modo 2 de <i>VDL</i> (31.5kbs)(<i>ARINC-750</i>)
	Trae integrado un módem interno de <i>ACARS</i> (modo de <i>ARINC 750</i> para transmisión de datos)

Tabla. 4.11. Características generales del radio *VHF* a bordo de la aeronave.

En la tabla 4.12 y 4.13 se muestran las especificaciones de radio transmisor - receptor instalado en las aeronaves.

Especificaciones	
Uso	<i>VHF</i>
Tamaño	3 MCU = 9.04 x 19.4 x 31.8 cm
Peso	10 libras (4.1 kilogramos)
Altitud	50,000 pies (15,200 metros)
Temperatura	-55 a +71 °C
Gama de frecuencia	118,000 a 136,992 MHz
Ancho de Banda	25/8.33 kHz
Corriente máxima de la entrada de 27.5 V	1 A modo receptor, 7 A modo transmisor
Voltaje de entrada primario	27.5 V Corriente Directa
Modo 0	Operación analógica de voz
Modo A	Operación de 2400 bauds, usando uno de dos puertos de datos de alta velocidad <i>ARINC 429 CMU</i> como entradas. Operación del módem dentro del <i>VDR</i> y no del <i>CMU</i> .
Tiempo para enviar transmisiones	Máximo de 50 ms
Tiempo para recibir transmisiones	Máximo de 50 ms

Tabla. 4.12. Especificaciones generales del radio *VHF* a bordo de la aeronave.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Especificaciones del receptor	
Selectividad	Para la banda de 25 kHz con atenuación máxima de 6 dB en 16 kHz, atenuación mínima de 60 dB en 34 kHz. Para la banda de 8.33 kHz, atenuación máxima de 6 dB en 5.5 kHz; atenuación mínima de 60 dB en 14.2 kHz.
Salida de energía audio	Ajustable a partir de 50 μ W
Sensibilidad	1 μ V para 6 dB. (s+n)/n
Especificaciones del transmisor	
Energía de la salida	25 W de mínimo con una carga de 50 ohms.
Nivel de la modulación	0.25/V rms en la entrada a 1.000 Hz cuando el modulador está transmitiendo por lo menos al 80%.
Estabilidad de la frecuencia	$\pm 0.001\%$
Control de volumen	Control de volumen automático.

Tabla. 4.13. Especificaciones del receptor y transmisor de radio VHF a bordo de la aeronave.

En la tabla 4.14 se pueden ver las aeronaves que tienen instalado este equipo desde su fabricación.

Equipo	Tipo de aeronaves con el equipo
VHF-900b	Boeing 737/747 757/767/777
VHF-900b	Airbus A319/320/321/330/340
VHF-900b	Airbus A319/320/321/330/340
VHF-900b	Fokker 100

Tabla 4.14. Aeronaves con transreceptor VHF-900b.

Aplicando la distancia máxima de línea de vista y la frecuencia asignada de 131.55 MHz en la ecuación 4.6, correspondiente a la atenuación debida a la distancia, se tiene:

$$L_b = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \text{ (dB)}$$

donde:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

y

$$d = 422,820 \text{ (m)}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{131.55 \times 10^6} = 2.28 \text{ m}$$

entonces

$$L_b = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi(422,820)}{2.28} \right) \text{ (dB)}$$

$$L_b = 127.3486 \text{ dB}$$

De la ecuación 4.5 se tiene:

$$L_T = L_b - G_T - G_R \text{ (dB)}$$

tomando en cuenta que para un sistema dado, de la referencia "Estimation of radio transmission range", la pérdida máxima de transmisión es:

$$L_{TMax} = P_{TX} - P_{Sen} \text{ (dB)} \dots\dots\dots ec. 4.6.$$

donde:

- P_{TX} = potencia del transmisor (dB)
- P_{Sen} = Sensibilidad del receptor (dB)

Para determinar la sensibilidad del receptor usando los datos de las especificaciones descritas para efectos de cálculo en dBm del receptor, de la referencia "The ARRL Handbook for Radio Amateurs", se considera que para un circuito de voltaje abierto con un generador a 50 ohms es:

$$E = 0.4467 \times 10^{\frac{S}{20}} \dots\dots\dots ec. 4.7.$$

donde:

- E = tensión eléctrica
- S = P_{dBm}

despejando S:

$$S = 20 \log \left(\frac{E}{0.4467} \right)$$

para el receptor designado se tiene $E = 1 \mu\text{V}$

$$S = 20 \log \left(\frac{1 \times 10^{-6}}{0.4467} \right)$$

de la ecuación 4.5 y 4.7:

$$P_{Sen} = -113.000319 \text{ dB}$$

$$P_{Tx} - P_{Sen} = L_b - G_T - G_R$$

$$P_{Tx} + 113.000319 = 127.3486 - G_T - 1.83$$

Considerando que la ganancia de la antena transmisora (G_T), en la mayoría de los modelos presentados por los fabricantes varía entre 1.5 y 3 dBi. Para efectos del cálculo se toma como referencia una antena con ganancia de 2 dBi.

Sustituyendo $G_T = 2 \text{ dBi}$:

$$P_{Tx} = -113.000319 + 127.3486 - 2 - 1.83 \text{ (dB)}$$

$$P_{Tx} = 10.51182 \text{ (dB)}$$

Finalmente la potencia de transmisión necesaria en Watts es:

$$P_W = 10^{\left(\frac{10.51182}{10}\right)}$$

$$P_W = 10.51 \text{ W}$$

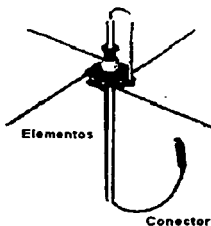
Esta aproximación es de gran utilidad, ya que se determina que la potencia del transmisor de la estación terrena es aproximadamente de 10.51 W, y la ganancia de la antena que se instala en la estación terrena debe ser aproximada a los 2 dB; pero aún hay que considerar más parámetros, como son la relación de onda estacionaria, la atenuación en las líneas de transmisión y en los conectores para recalcular la distancia máxima de propagación de acuerdo a la atenuación que generen.

Debido a las características requeridas, como la ganancia de aproximadamente de 2 dB y el patrón de radiación omnidireccional, para la antena de las estaciones terrenas, se elige la antena *Celwave* modelo 128, provisto por la empresa *RFS Radio Frequency Systems*.

Estas antenas ofrecen una configuración con protección a tierra contra corrientes producidas por relámpagos cercanos y para reducir ruido estático. Su diseño durable las hace ideales para la mayoría de los usos en alto y bajo ancho de banda. Las antenas vienen equipadas con accesorios de montaje y pueden ser provistos a los requisitos exactos de la frecuencia requerida.

Esta antena tiene la particularidad de ser muy fácil de instalar. El modelo 128 omnidireccional tiene un elemento de radiación especial en forma de "U" invertida y se provee para el servicio en las instalaciones que requieren una estructura directamente puesta a tierra. El elemento especial amplía el plano de tierra en 9 pies. (2.74 m) en 30 MHz y 3.7 pies. (1.1 m) en 150 MHz (fig. 4.37).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Serie 128

Fig. 4.37. Antena de las estaciones terrenas.

En la tabla 4.15 se muestran las especificaciones de la antena elegida.

Especificaciones	
Tipo de antena	Fibra de vidrio
Patrón horizontal	Omnidireccional
Ganancia, dBi (dBd)	2.14 (0)
Rango de frecuencias	108 - 176 MHz
Tipo de conector	Macho RG 11 A/UN
Tipo de montaje	Fijo
Montaje	Set de 16 abrazaderas
Resistencia al viento	200 km/h
<i>VSWR</i> (Voltage Standing Wave Ratio, Razón de Voltaje de Onda Estacionaria)	1.5:1
Ancho de banda para <i>VSWR</i>	3 MHz
Amplitud de rayo vertical	76 °
Polarización	Vertical
Máxima potencia de entrada	500 W
Protección a relámpagos	Tierra directa
Longitud total	1.13 m
Diámetro del tubo de soporte	0.03 m
Longitud del tubo de soporte	0.61 m
Peso	3 kg
Material del elemento de radiación	Barra tubular de aluminio
Material del plano de tierra	Barra de aluminio
Material del tubo de soporte	Tubo de aluminio
Otras características	Aluminio de alta resistencia, poco peso y resistencia a la corrosión

Tabla 4.15. Especificaciones de la antena Celwave 128.

En la figura 4.38 y 4.39 se puede ver los patrones de radiación de la antena, que son el resultado del arreglo de los dipolos y el elemento doblado descrito anteriormente. Se pueden ver en estas figuras que, en el plano horizontal es uniforme el patrón de radiación, mientras que en el plano vertical, existen ciertas áreas donde disminuye la radiación.

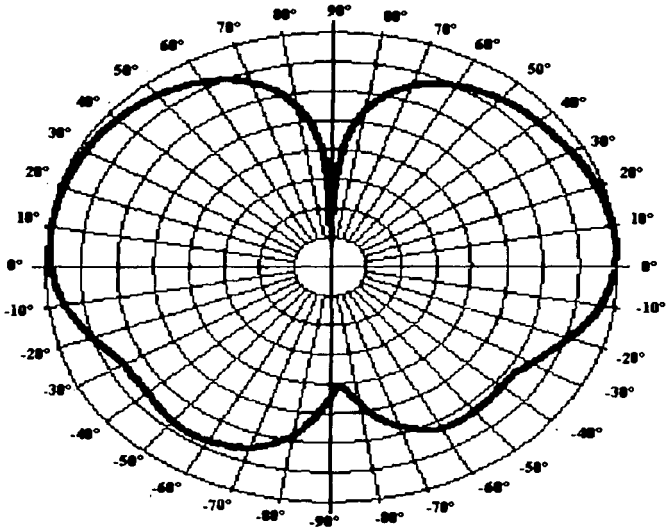


Fig. 4.38. Patrón vertical de radiación en el rango de frecuencias 118-136 MHz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

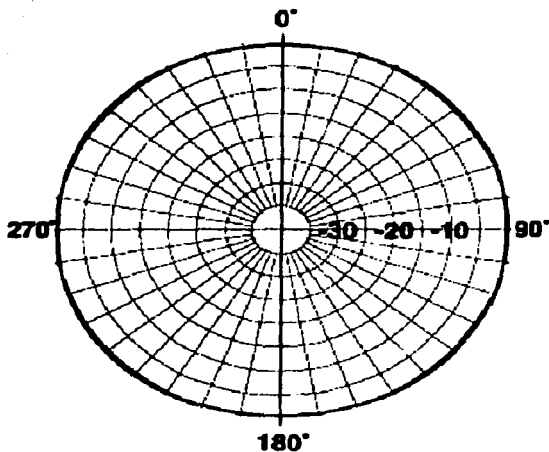


Fig. 4.39. Patrón horizontal de radiación en el rango de frecuencias de 118-136 MHz.

Considerando ahora las características y las normas, el equipo de radio receptor y transmisor de *VHF* para las estaciones terrenas elegido es el modelo WCS -100 del proveedor *Wulfsber Electronics, Inc.*

El equipo WCS-100 consta de dos elementos: el receptor WR-100 y el transmisor WT-100. Estos equipos fueron diseñados y provistos para la recepción y transmisión de información de voz o datos dentro del rango de frecuencias de 118.000 a 135.975 MHz.

El WCS-100 trabaja a una frecuencia fija, designada para la estación terrena. Las principales características de diseño del WR-100 y WT-100 ofrecen el máximo rendimiento, confiabilidad, flexibilidad, facilidad de instalación, operación y mantenimiento (fig. 4.40).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

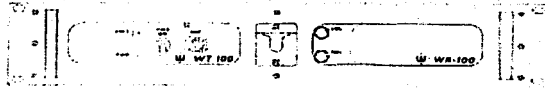


Fig. 4.40. Radio transmisor / receptor VHF modelo WCS-100.

Ambos son montados lado a lado en un solo rack, y son cableados juntos para operar como un par. La alimentación de DC para operar el WR-100 viene de la fuente de alimentación del WT-100. Todos los radios WCS-100 están sintonizados a la frecuencia primaria de 131.55 MHz. Los radios operan en modo *simplex*, recibiendo datos del avión o transmitiendo datos para el avión, en el rango de 2400 bps.

El WT-100 es un dispositivo de estado sólido, transmisor de frecuencia fija VHF. La potencia de salida es variable de 5 a 20 Watts, aunque es ajustada a 15 Watts para la operación de los ACARS. La frecuencia de operación es controlada por un cristal. Cuando está en uso el transmisor está modulando en amplitud por tonos que son generados por el controlador de estación de tierra.

El WR-100 también es un dispositivo de estado sólido, receptor de frecuencia fija. Este dispositivo también está controlado por un cristal. La salida de audio de los datos está codificada por tonos de audio y conectada al controlador de la estación terrena. Tiene conectada una bocina y la salida se puede monitorear localmente, aumentándolo en el control de volumen. El voltaje de AGC (*Automatic Gain Control*, Control Automático de Ganancia) es un ajuste crítico, ya que éste es muestreado y codificado por el control de la estación terrena para la transmisión hacia el centro de control de datos, para determinar cuál es la estación de tierra de ACARS que está recibiendo la mejor señal de una aeronave en específico.

El equipo WCS-100 ofrece las siguientes características, tabla 4.16:

Características generales del WCS-100
Diseñado totalmente en estado sólido
Construcción por módulos
Tensión de entrada 115/230 VAC o 28 VDC a baja corriente.
Provisto de batería de respaldo
Estabilidad a altas frecuencias
Potencia de salida ajustable
Dispositivo de <i>time-out</i> del transmisor

Tabla. 4.16. Características del radio VHF de las estaciones terrenas.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

En la tabla 4.17 se muestran las especificaciones de radio receptor elegido para ser instalado en las estaciones terrenas.

Especificaciones del receptor WR-100	
Tamaño	20.3 cm (ancho) x 8.4 cm (alto) x 30.5 cm (largo)
Peso	2.72 kg
Rango de temperatura de operación	-40 a 60 °C
Requerimientos de energía	115/230 VAC, 60 Hz, 25 VA o 27.5 VDC, 0.25 A <i>standby</i> , 0.75 A para recepción
Ciclo de trabajo	Continuo
Rango de frecuencias	118.000 - 135.975 MHz
Número de canales	1
Sensibilidad	4 μ V, 30 % modulación para 10 dB ($s+n/n$), donde s = <i>signal</i> (señal) y n = <i>noise</i> (ruido).
Ancho de banda estándar	\pm 9.8 kHz mínimo debajo de 6 dB \pm 21 kHz máximo debajo de 80 dB
Ancho de banda amplio	\pm 14.8 kHz mínimo debajo de 6 dB \pm 28 kHz máximo debajo de 80 dB
Respuestas imagen o ilegítimas	Por debajo de 100 dB
Intermodulación	Sobre el umbral de sensibilidad de 70 dB (para el espacio de la señal de 25 kHz y 50 kHz por ancho de banda de recepción estándar y ancho de banda amplio respectivamente).
Modulación cruzada	Sobre el umbral de 80 dB, para audio debajo de 10 dB a 25 kHz y 50 kHz, para ancho de banda de recepción estándar y ancho de banda amplio respectivamente
Rango dinámico	\pm 3 dB desde 3 a 300,000 μ V, 1 V máximo
Tiempo de respuesta	10 ms
Señal a ruido (con nivel de portadora de respaldo suprimida)	Ajustable sobre los 15 dB ($s+n/n$).
Nivel de portadora suprimida	Internamente ajustable sobre los 10 μ V
Salidas de audio	Separadas para bocina local y audio remoto.

Tabla. 4.17. Especificaciones del radio receptor VHF de las estaciones terrenas.

En la tabla 4.18 se muestran las especificaciones de radio transmisor elegido para ser instalado en las estaciones terrenas.



Especificaciones del transmisor WT-100	
Tamaño	20.3 cm (ancho) x 8.4 cm (alto) x 36.8 cm (largo)
Peso	5.0 kg
Rango de temperatura	-40 a 60 (°C)
Requerimientos de energía	115/230 VAC, a 60 Hz, 150 VA o 28 VDC, 0.1 A <i>standby</i> , 4 A para transmisión
Control	Remoto o local
Ciclo de trabajo	100% debajo de 25 °C y 50% sobre los 60 °C
Rango de frecuencias	118.000 - 135.975 MHz
Estabilidad de frecuencia	± 0.0003%, para -40 a 60 °C
Número de canales	1
Potencia de salida	5 a 20 W, internamente ajustable
Modulación	Al menos 90%
Impedancia de carga	50 ohms, protegido contra falla con VSWR infinito
Nivel de ruido	Más de 45 dB debajo del 70 % de modulación
Distorsión de audio	Debajo del 7% al 90% de modulación
Entrada de audio	-30 a 0 dBm a 600 ohms para el 50% de modulación, mínimo con línea remota o micrófono local. Internamente ajustable a 90% de modulación mínimo.
Salida de señales desconocidas	Más de 110 dB debajo de la portadora
Armónicos	Más de 70 dB debajo de la portadora

Tabla. 4.18. Especificaciones del radio transmisor VHF de las estaciones terrenas.

Calculando nuevamente la distancia máxima de transmisión, de la referencia "Estimation of radio transmission range", con los parámetros de los equipos seleccionados y usando la siguiente ecuación:

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\left(\frac{P_{TX} - P_{Sen} + G_T + G_R}{20}\right)} \dots\dots\dots ec. 4.8.$$

Considerando las características de los equipos, y que a su vez la potencia de transmisión se puede incrementar fácilmente a 15 W, se tiene:

$$G_R = 1.83 \text{ dBi}$$

$$G_T = 2.14 \text{ dBi}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

para el cálculo en dB de la potencia se tiene:

$$P_{dB} = 10 \log(P_w)$$

entonces la potencia del transmisor $P_{TX} = P_{dB}$:

$$P_{dB} = 10 \log(15) = 11.76 \text{ dB}$$

para una frecuencia a 131.55 MHz se tiene:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{131.55 \times 10^6} = 2.28 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.8:

$$d = \frac{2.28}{4\pi} 10^{\frac{(11.76 - (-113.0003) + 2.14 + 183)}{20}}$$

se tiene:

$$d = 495,724.0431 \text{ m}$$

$$d = 495,724 \text{ km}$$

La distancia máxima de transmisión con estos parámetros es de 495.724 km, sin considerar las pérdidas asociadas.

Para efectos de diseño, también se tienen que tomar en cuenta otros aspectos, como las pérdidas debidas a las líneas de transmisión entre las antenas elegidas y los equipos de radio interconectados, como el acoplamiento, las pérdidas producidas por la propia línea, los conectores, entre otros. Para estos efectos se realiza el siguiente desarrollo para comprender la importancia y la implicación que tiene en la instalación del sistema VHF para ACARS.

El caso ideal u óptimo es tener una línea de transmisión acoplada, esto significa que $R_L = R_C$; cuando $R_L \neq R_C$ se dice que la línea está desacoplada.

Siempre que sea posible se debe acoplar las líneas de transmisión para eliminar las ondas reflejadas.

Para conseguir la máxima transferencia de energía se requiere que la impedancia de la carga sea igual a la impedancia del generador, acoplarlos mal produciría que no se transmitiera la máxima energía entre ellos.

En la mayoría de los casos la antena se localiza a cierta distancia del transmisor y se requiere de una línea de transmisión para unirlos. Si la línea de transmisión no tuviera pérdida y fuera igual la impedancia de la antena y del transmisor, entonces la energía máxima sería la que entrega la antena.

Las líneas no acopladas ($R_L \neq R_C$ o $\bar{Z}_L \neq R_C$) ocasionan ondas reflejadas, estas reflexiones dan lugar a las ondas estacionarias. Esta situación puede ser particularmente indeseable cuando la señal tiene poca potencia, debido a que se hacen presentes ondas estacionarias en la línea de transmisión.

Puesto que no siempre es posible acoplar una línea exactamente, entonces se debe tener una medida del grado de desacoplamiento. Esta medida se llama *VSWR* (*Voltage Standing Wave Ratio*) o ROE (Relación de Onda Estacionaria), y se define como la razón de la magnitud del voltaje máximo en la línea a la magnitud del mínimo voltaje en la línea, de la referencia "*The ARRL Handbook for Radio Amateurs*", está dada por la siguiente razón:

$$VSWR = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} \dots\dots\dots ec. 4.9.$$

Por otro lado, si se conoce la *VSWR* por mediciones o por algún otro medio, de la referencia "*The ARRL Handbook for Radio Amateurs*" se puede calcular la magnitud del coeficiente de reflexión en cualquier punto de la línea utilizando la siguiente ecuación:

$$|\Gamma(z)| = |\bar{\Gamma}| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots\dots\dots ec. 4.10.$$

Cuando existe el acoplamiento de la línea de transmisión, la razón del voltaje máximo al voltaje mínimo dentro de la línea es igual a 1, por lo que se tendría que:

$$VSWR = 1 \quad \text{para } \bar{Z}_L = R_C$$

de la misma forma:

$$VSWR = \infty \quad \text{para } \bar{Z}_L = 0 \text{ o para } \bar{Z}_L = \infty$$

De esta manera, la *VSWR* nos da una medida del desacoplamiento de la línea, observándose que la *VSWR* siempre será un número real positivo y que su valor va a estar entre 1 e ∞ , entre más cerca esté la *VSWR* de la unidad mejor acoplada está la línea, entonces:

$$1 \leq VSWR \leq \infty$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Para efectos de nuestra antena transmisora tenemos que de las especificaciones del fabricante el *VSWR* es de 1.5:1, por lo que:

$$|\Gamma| = \frac{1.5 - 1}{1.5 + 1} = 0.2$$

el coeficiente de reflexión es de 0.2 para la antena *Celwave* 128. Este dato se utiliza para determinar las pérdidas reflejadas que están relacionadas con el coeficiente de reflexión mediante la siguiente relación:

$$\text{pérdidas reflejadas} = -20 \log |\Gamma|$$

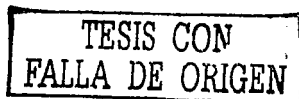
entonces tenemos:

$$\text{pérdidas reflejadas} = -20 \log (0.2) = 13.97 = 14 \text{ dB}$$

En la tabla 4.19 se busca el valor del *VSWR* = 1.5 y se obtiene un porcentaje de 4.00 % de energía reflejada y una pérdida de transmisión de 0.18 dB, este dato se utiliza para en la determinación de la distancia máxima de propagación.

VSWR	Pérdida reflejada (dB)	Potencia reflejada (%)	Pérdida de transmisión (dB)	VSWR	Pérdida reflejada (dB)	Potencia reflejada (%)	Pérdida de transmisión (dB)
1.00	∞	0.000	0.000	1.38	15.9	2.55	0.112
1.01	46.1	0.005	0.0002	1.39	15.7	2.67	0.118
1.02	40.1	0.010	0.0005	1.40	15.55	2.78	0.122
1.03	36.6	0.022	0.0011	1.41	15.38	2.90	0.126
1.04	34.1	0.040	0.0018	1.42	15.2	3.03	0.132
1.05	32.3	0.060	0.0028	1.43	15.03	3.14	0.137
1.06	30.7	0.082	0.0039	1.44	14.88	3.28	0.142
1.07	29.4	0.116	0.0051	1.45	14.7	3.38	0.147
1.08	28.3	0.144	0.0066	1.46	14.6	3.50	0.152
1.09	27.3	0.184	0.0083	1.47	14.45	3.62	0.157
1.10	26.4	0.228	0.0100	1.48	14.3	3.74	0.164
1.11	25.6	0.276	0.0118	1.49	14.16	3.87	0.172
1.12	24.9	0.324	0.0139	1.50	14.0	4.00	0.18
1.13	24.3	0.375	0.0160	1.55	13.3	4.8	0.21
1.14	23.7	0.426	0.0185	1.60	12.6	5.5	0.24
1.15	23.1	0.488	0.0205	1.65	12.2	6.2	0.27
1.16	22.6	0.550	0.0235	1.70	11.7	6.8	0.31
1.17	22.1	0.615	0.0260	1.75	11.3	7.4	0.34
1.18	21.6	0.682	0.0285	1.80	10.9	8.2	0.37

Tabla. 4.19. Pérdidas respecto al *VSWR*. (Continúa)



1.19	21.2	0.750	0.0318	1.85	10.5	8.9	0.40
1.20	20.8	0.816	0.0353	1.90	10.2	9.6	0.44
1.21	20.4	0.90	0.0391	1.95	09.8	10.2	0.47
1.22	20.1	0.98	0.0426	2.00	09.5	11.0	0.50
1.23	19.7	1.08	0.0455	2.10	09.0	12.4	0.57
1.24	19.4	1.15	0.049	2.20	08.6	13.8	0.65
1.25	19.1	1.23	0.053	2.30	08.2	15.3	0.73
1.26	18.8	1.34	0.056	2.40	07.7	16.6	0.80
1.27	18.5	1.43	0.060	2.50	07.3	18.0	0.88
1.28	18.2	1.52	0.064	2.60	07.0	19.5	0.95
1.29	17.9	1.62	0.068	2.70	06.7	20.8	1.03
1.30	17.68	1.71	0.073	2.80	06.5	22.3	1.10
1.31	17.4	1.81	0.078	2.90	06.2	23.7	1.17
1.32	17.2	1.91	0.083	3.00	06.0	24.9	1.25
1.33	17.0	2.02	0.087	3.50	05.1	31.0	1.61
1.34	16.8	2.13	0.092	4.00	04.4	36.0	1.93
1.35	16.53	2.23	0.096	4.50	03.9	40.6	2.27
1.36	16.3	2.33	0.101	5.00	03.5	44.4	2.56
1.37	16.1	2.44	0.106	6.00	02.9	50.8	3.08

Tabla. 4.19. Pérdidas respecto al VSWR.

Otra consideración para el cálculo de la distancia máxima de propagación son las pérdidas producidas por la línea de transmisión, donde el cable que se utiliza generalmente es de tipo coaxial RG-213/U.

En la tabla 4.20 se muestran las características del cable RG-213/U.

Tipo	Diámetro del conductor (mm)	Diámetro del dieléctrico (mm)	Factor de Velocidad (%)	C (pF/m)	Peso (kg/km)
RG 213/U	2.25	7.25	96	101	160

Tabla 4.20. Características del cable RG-213/U.

En la figura 4.41 se muestra la atenuación producida en la línea de transmisión respecto a la frecuencia. En el caso de la frecuencia de 131.55 la atenuación correspondiente del cable RG-213/U es aproximadamente 6 dB/100m.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

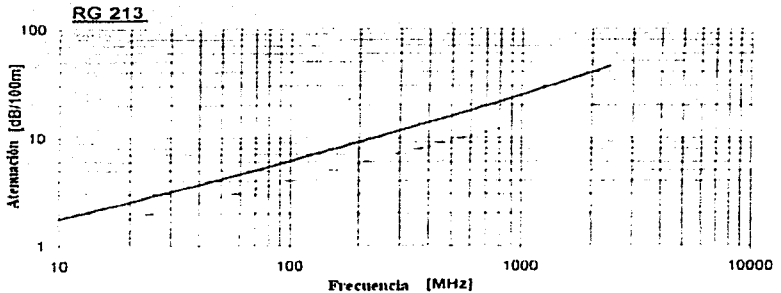


Figura 4.41. Atenuación vs. frecuencia.

Una consideración importante al calcular la longitud de los cables es que deben estar definidos de acuerdo a la frecuencia, pues así se garantiza una baja relación de onda estacionaria (ROE) en los equipos. Como se menciona en la referencia "The ARRL Handbook" la norma general es usar múltiplos de 1/2 onda. El cálculo para llegar al múltiplo de 1/2 onda, para una frecuencia cualesquiera es la siguiente:

$$n\left(\frac{\lambda}{2}\right) = \frac{\text{velocidad de la luz}}{2 (\text{frecuencia})} \times \text{factor de velocidad} \dots\dots\dots \text{ec. 4.10.}$$

Suponiendo que se va a instalar en una estación terrena un cable coaxial RG-213/U de 15 m a 131.55 MHz. De las especificaciones mostradas en la tabla 4.19, el factor de velocidad es 0.66, entonces:

$$n\left(\frac{\lambda}{2}\right) = \frac{3 \times 10^8}{2 (131,550,000)} \times 0.66$$

donde n es el número de múltiplos entonces:

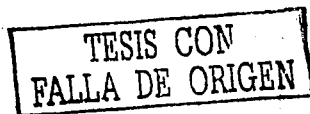
$$n\left(\frac{\lambda}{2}\right) = 0.7525(\text{m})$$

si se requieren 15 m:

$$15 \text{ m} / 0.7525 = 19.93 \text{ múltiplos}$$

Como no se puede tener múltiplos fraccionados se redondea a 19 o 20 múltiplos. Si se selecciona trabajar con 20 múltiplos, entonces la longitud del cable es:

$$20 \text{ múltiplos} \times 0.7525 (\text{m}) = 15.05 (\text{m})$$



Lo que significa que la longitud del cable para reducir la relación de onda estacionaria es de 15.05 m

Si consideramos la atenuación de 6 dB/100m del cable a 131.55 MHz, entonces la atenuación producida por el cable coaxial es de 0.903 dB.

El conector del cable RG-213/U se muestra en la figura 4.42, tiene la característica de que la atenuación producida es menor a 0.2 dB.

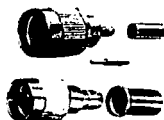


Figura 4.42. Conector para el cable RG-213/U.

Tomando en cuenta los parámetros descritos en los puntos anteriores. la distancia máxima de propagación se calcula de la siguiente forma:

$$d = \frac{2.28}{4\pi} 10^{\frac{(11.76 - (-113.0003) + 2.14 + 1.83 - 0.18 - 0.903 - 0.2)}{20}}$$

$$d = 427,651.48 \text{ m}$$

$$d = 427.6 \text{ km}$$

La distancia máxima de propagación con los componentes mencionados es de 427.6 km, por lo que cubre las necesidades de diseño, ya que la distancia máxima por la curvatura de la tierra es de 422.82 km, por lo que no es necesario aumentar la potencia, a su vez que los componentes elegidos no introducen demasiadas pérdidas, lo que se traduce como un diseño óptimo.

4.4.3. Sistemas instalados en la aeronave

Para que se logre el enrutamiento de mensajes para y desde un avión en particular, este debe estar habilitado para funcionar como una terminal de comunicación móvil, a través un enlace de datos vía VHF tierra/aire para conectar al avión a la red terrestre.

Automáticamente se transmite la comunicación entre la tripulación del avión en vuelo y el personal de base en tierra. La información transmitida al avión desde la estación terrena es desplegada para la tripulación de vuelo en una pantalla y una pequeña impresora. Los datos a transmitir pueden ser introducidos manualmente mediante un teclado. En la figura 4.43 y 4.44 se muestra un esquema general de los dispositivos

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

instalados en la aeronave. El centro del sistema es el MU (*Management Unit, Unidad Administradora*) que controla las comunicaciones y el flujo de mensajes. En general los sistemas de la aeronave involucrados son la unidad administradora MU, el FMC (*Flight -*

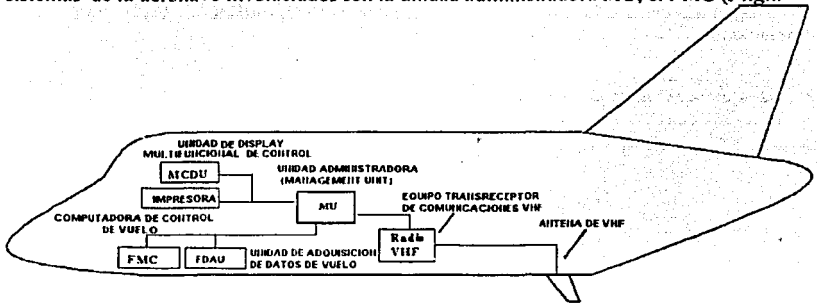


Fig. 4.43. Sistema ACARS a bordo del avión.

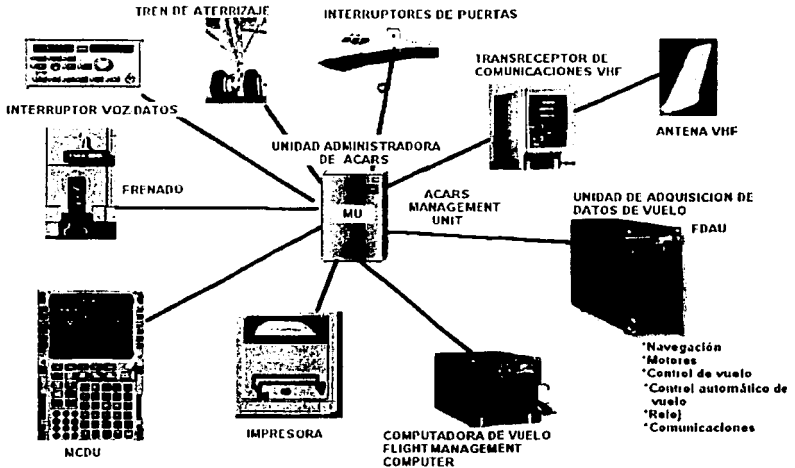


Fig. 4.44. Instalación típica del equipo en la aeronave.

Management Computer, Computadora de Vuelo), la *FDAU* (*Flight Data Adquisition Unit*, Unidad de Adquisición de Datos de Vuelo), el transceptor de comunicaciones, los interruptores de las puertas, los sensores del tren de aterrizaje, un interruptor de voz y datos, la palanca de frenado, la impresora, y la unidad *MCDU* (*Multifunctional Control Display Unit*, Unidad de Display Multifuncional de Control). A continuación se hará una descripción de los elementos comenzando por las antenas.

La antena en las aeronaves

La instalación de la antena como se comentó anteriormente es muy importante, tiene que ser instalada en un lugar donde no ocasione ninguna variación en la aerodinámica de la aeronave, ni en interferencia con los demás sistemas de comunicación. En el caso de las comunicaciones aire-tierra-aire de *VHF*, el lugar designado es en la parte inferior del fuselaje, como se ve en la figura 4.45.

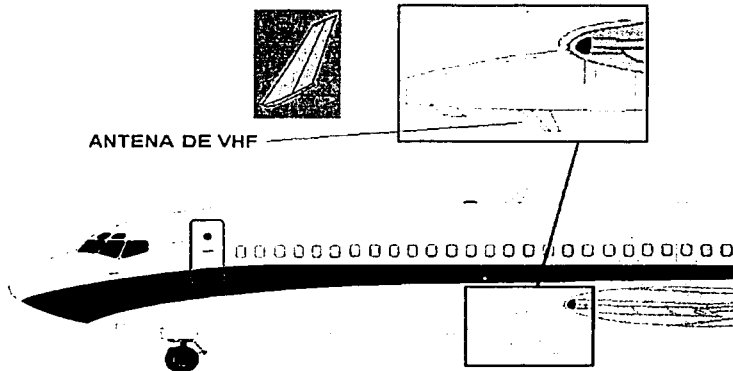


Fig. 4.45. Antena de VHF en la aeronave.

En los diferentes modelos de aeronaves se le ha asignado un lugar específico de acuerdo a las características de la aeronave. En las figuras 4.46 a 4.50 se presentan los lugares que se les han asignado a la instalación de la antena de *VHF*.

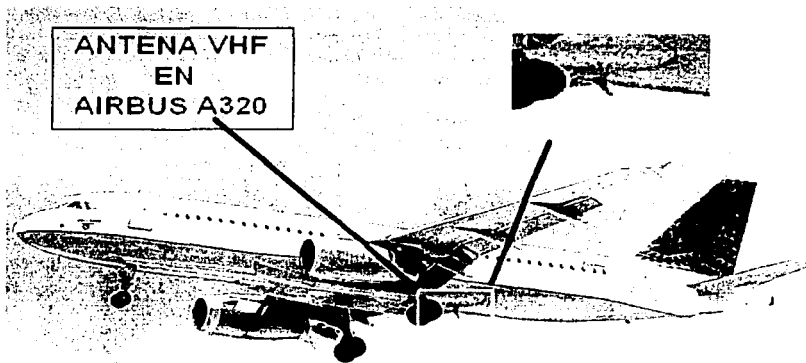


Fig. 4.46. Ubicación de la antena VHF en el Airbus A320 - 200.

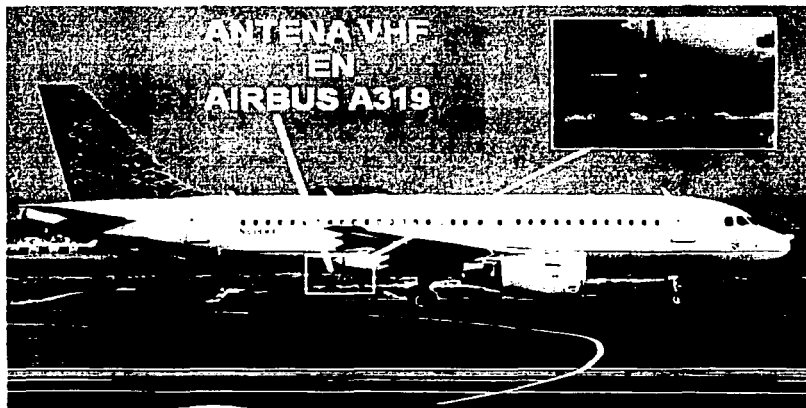


Fig. 4.47. Ubicación de la antena VHF en el Airbus 319.

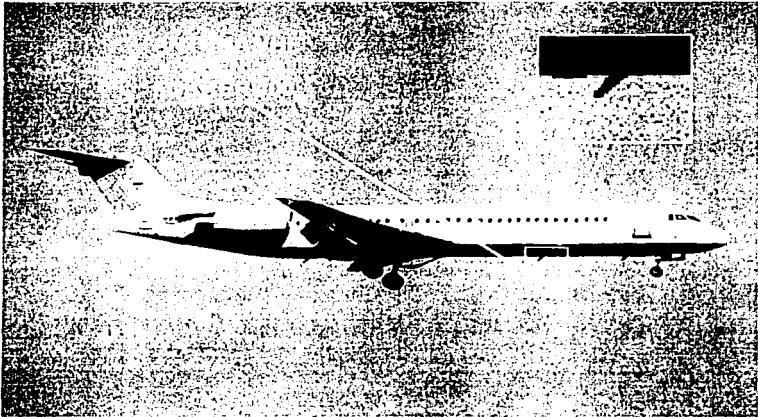


Fig. 4.48. Ubicación de la antena VHF en el Fokker 100.

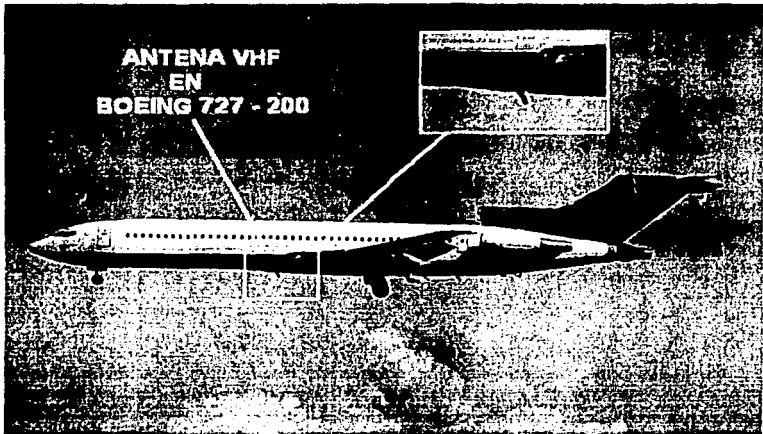


Fig. 4.49. Ubicación de la antena VHF en el Boeing 727- 200.



Fig. 4.50. Ubicación de la antena VHF en el Boeing 757 - 200.

Descripción general del procesamiento a bordo de la aeronave

El corazón del sistema de enlace digital a bordo del avión es la unidad *ACARS MU*. Es una computadora localizada en el compartimiento *avionics*. La *ACARS MU* recibe y envía mensajes a través de un radio *VHF*, éste a su vez establece comunicación con las estaciones terrenas dentro de una línea de vista de aproximadamente 200 a 250 millas náuticas (370 - 463 km) desde el avión a altitud de crucero. La *ACARS MU* está además interconectada a un teclado, a una pantalla llamada *MCDU* y a una impresora. En algunos modelos de aviones, la *ACARS MU* conecta además a otros sistemas tales como: *FMC* *FDAU*.

En aviones de gran tamaño, por ejemplo un Boeing 757, que recorren grandes distancias, se cuenta con dos unidades *ACARS MU*. Para cada piloto, situadas a la derecha e izquierda de la parte frontal de la consola central, tal como lo muestra la fig.4.51; y estas unidades están conectadas a una unidad de datos satelital, la cual establece comunicación cuando el avión sobrevuela áreas remotas en donde no existen *RGSs*.

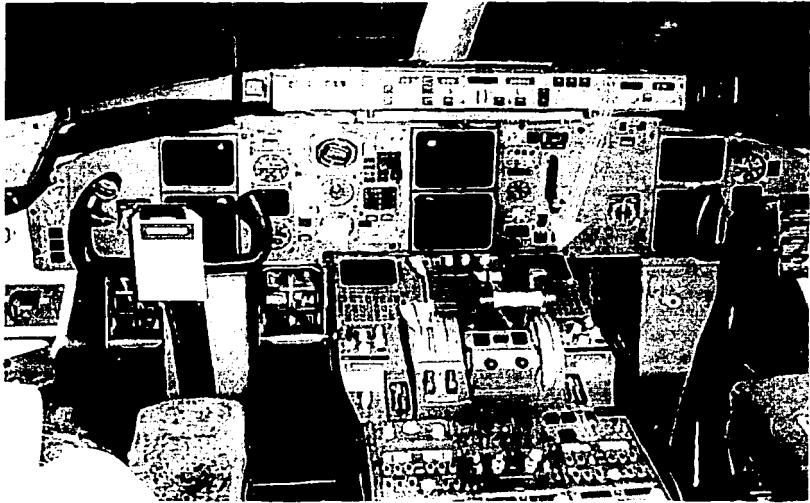


Fig. 4.51. MCDUs en un Boeing 757.

Las interfaces principales entre *ACARS* y el piloto son la *MCDU* y la impresora. La *MCDU* (fig. 4.52) despliega menús, páginas *ACARS* de hasta 24 caracteres por línea. Un teclado permite al piloto acceder al sistema *ACARS*, ya sea seleccionando aplicaciones o introduciendo datos.

Los mensajes desde el avión a las *RGSs* se envían manualmente por el piloto o automáticamente por la *ACARS MU*. Dichos mensajes pueden originarse también desde los sistemas *FMC* o *ACMS*. En cada caso la *ACARS MU* automáticamente seleccionará el enlace tierra / aire más apropiado.

La mayoría de los mensajes desde las *RGSs* destinados al avión tienen un significado para el piloto y son enrutados por la *ACARS MU* a la impresora, ya que algunos mensajes sólo se envían al *display* de la *MCDU* sin que sea necesario imprimirlos.

Dependiendo del tipo de mensaje y la etapa del vuelo, un mensaje de alerta pone en atención extrema al piloto activando un sonido o una luz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

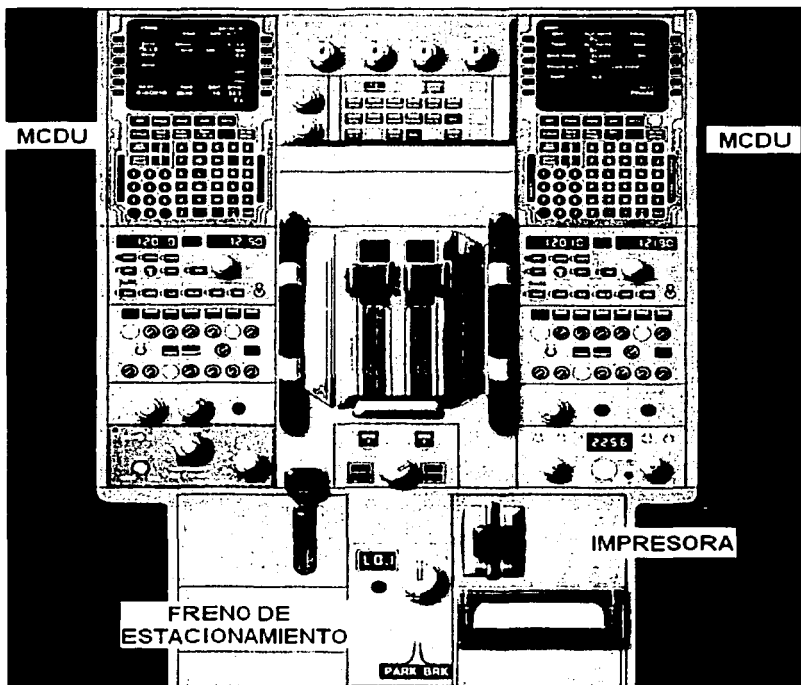


Fig. 4.52. Consola de mando con MCDUs e impresora.

Descripción de funciones del MCDU

La unidad MCDU (fig. 4.53) dispone de múltiples funciones y características, destacando las siguientes: líneas de teclas especiales, teclas de funciones, teclado alfanumérico, teclado numérico, indicadores y *display*. Para mayor detalle ver el anexo B.

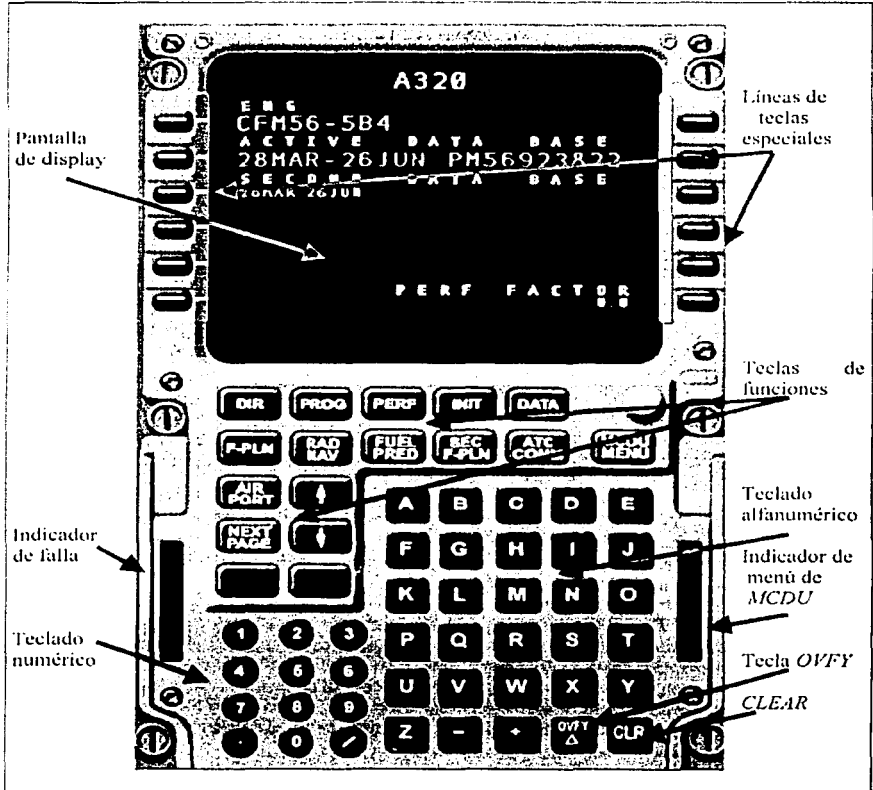


Fig. 4.53. MCDU para Airbus A320.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Interacción de los sistemas instalados a bordo

El sistema instalado a bordo tiene una unidad *MU*, como se había comentado anteriormente. Esta unidad es la encargada de la administración del sistema para *ACARS*. Se encarga del enrutamiento de los mensajes de salida y de llegada. La unidad de control (*CU*) es el equipo encargado de establecer la interfaz con el resto del sistema. Una impresora puede ser instalada para imprimir los mensajes que le son enviados a la aeronave y también puede ser instalado en la cabina un equipo terminal con acceso directo a la red de datos de *ACARS*, de tal modo que se evita la necesidad de distracción del equipo de vuelo con el servicio de comunicaciones de pasajeros.

El sistema de *ACARS* va conectado con otros sistemas de la aeronave mediante el *FDAU*. El *FDAU* recolecta datos de otros sistemas de la aeronave como son: datos de la navegación e instrumentos de los motores; y los convierte en datos disponibles para *ACARS*. Recientemente las instalaciones de *ACARS* han sido conectadas al *FMGC* permitiendo la actualización de los planes de vuelo, prediciendo las condiciones del viento, y generando los datos de los reportes de salida y posición, que son enviados sobre la red de *ACARS*.

La operación típica de vuelo comienza con la inicialización del sistema *ACARS*. Después de la inicialización del sistema se incorporan varios datos al mismo como son: la identificación del equipo, el número de vuelo, el combustible disponible, y los aeropuertos de salida y destino. Se verifica si el tiempo en el *display* de *ACARS* es correcto, si no lo es, el *UTC* lo corrige desde un segundo hasta 24 horas. Esta actualización es iniciada mediante un mensaje *downlink*, el cual tiene respuesta automáticamente con el reloj interno de *ACARS*. Después de estos pasos se concluye con la etapa inicialización y queda listo para ser utilizado.

Cuando la aeronave ha cerrado las puertas y se ha liberado el freno de estacionamiento, el *ACARS* levanta un reporte de salida. El reporte de salida es enviado cuando la aeronave se encuentra despegando, el cual usualmente actúa como muestreo de la posición del avión al momento del despegue.

Cuando el *FDAU* determina que el aeroplano ha alcanzado la estabilización de crucero, se elabora un mensaje *downlink* con el reporte de los motores. Durante el tiempo que dura el vuelo, el equipo puede que requiera elaborar un reporte de posiciones de rutina. El equipo despliega y está en espera de incorporar algunos datos de posición, altitud, combustible a bordo y condiciones del clima. Cuando la información ha sido incorporada en el *ACARS*, se presiona el botón de enviar y se manda en un mensaje *downlink*.

Al momento del aterrizaje (peso sobre el tren de aterrizaje), un reporte de "*ON*" es enviado automáticamente. Cuando se aplica el freno de estacionamiento y las puertas de la aeronave son abiertas, se transmite un reporte "*IN*".

4.4.4. Red de Estaciones Terrenas

El diseño de la configuración de la red de estaciones terrenas *ACARS* se compone principalmente por estaciones encargadas de transmitir y recibir los datos, comunicadas vía satélite a la central de procesamiento. Los puntos extremos de la red se encuentran en el Centro de Procesamiento, Control y Monitorco (CPCM) designado en el Aeropuerto de la Ciudad de México. En la figura 4.54 se muestra un esquema general de la red de estaciones terrenas. Básicamente consta de las estaciones terrenas receptoras y trasmisoras de la señal *VHF* del enlace con la aeronave y un enlace vía satélite al Centro de Operaciones, donde se encuentra el CPCM.

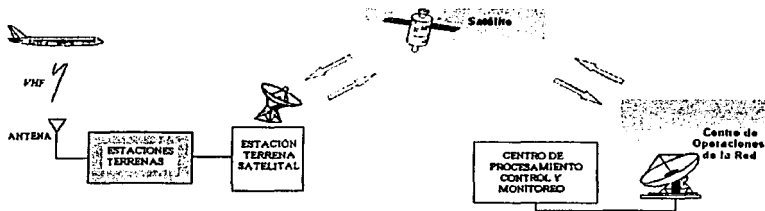


Fig. 4.54. Diagrama general de la red.

Para la distribución de las estaciones terrenas se toman en cuenta dos criterios: las rutas de la aerolínea y la distribución geográfica. Se elige instalar las estaciones terrenas en los aeropuertos debido a que se cuenta con la infraestructura en materia de energía eléctrica, telecomunicaciones, personal de mantenimiento, espacio, seguridad de resguardo para los equipos, entre otros.

En tabla 4.21 se muestran los aeropuertos designados, con sus características de importancia, para instalar las estaciones terrenas. Para cada aeropuerto, el primer renglón de cada tabla corresponde al identificador internacional *ATA*, el nombre y tipo, ubicación del aeropuerto en grados y la capacidad del aeropuerto, donde *JET* son los aviones de gran envergadura. En el segundo renglón corresponde al identificador *IATA*, la elevación (m smn), la frecuencia de radio ayudas (MHz) y el origen de la radioayuda, y finalmente la numeración de las pistas. En el tercer renglón corresponde a las dimensiones de la pista (m), la frecuencia de la torre de control (MHz), la frecuencia *ACARS* designada (MHz) y la frecuencia *ATIS* (MHz).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AEROPUERTOS

ACAPULCO

MMAA	GEN. JUAN N. ÁLVAREZ INTL.	N 1645.4 W 09945.2	JET
ACA	ELEV. 4.86	115.9 EN AEROPUERTO	RWY 10/28
3291.4x45	118.5	131.55	ATIS 115.9

CANCÚN

JUN	CANCÚN INTL.	N 2102.3 W 08653.0	JET
CUN	ELEV. 6.9	DESDE CANCÚN 113.4	RWY 12/30
3490.8x60	118.6	131.55	ATIS 127.7

CHIHUAHUA

MMCU	GEN DIV PA ROBERTO FIERRO VILLALOBOS INTL.	N 2842.2 W 10557.8	JET
CUU	ELEV. 1356.4	114.1	RWY 18/36
2593.4x45	118.4	131.55	

CD. JUÁREZ

MMCS	ABRAHAM GONZÁLEZ INTL.	N 3138.2 W 10625.7	JET
CJS	ELEV. 1167.9	116.7 EN AEROPUERTO	RWY 03/21
2692.8x45	118.9	131.55	

Tabla 4.21. Aeropuertos designados con sus características. (Continúa)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GUADALAJARA

MMGL	DON MIGUEL HIDALGO INTL.	N 2031.37 W10318.7	JET
GDL	ELEV. 1523.6	117.3 EN AEROPUERTO	RWY 10/28
3490.8x60	118.1	131.55	ATIS 127.9

HERMOSILLO

MMHO	GEN. IGNACIO PESQUEIRA GARCÍA INTL.	N 2905.7 W11102.8	JET
HMO	ELEV. 196.3	112.8 EN AEROPUERTO	RWY 05/23
2294x45	118.7	131.55	ATIS 127.7

LEÓN

MMLO	DE GUANAJUATO INTL.	N 2059.5 W10128.8	JET
BJX	ELEV. 1814.2	115.8 EN AEROPUERTO	RWY 13/31
3490.8x45	118.35	131.55	

LOS MOCHIS

MMLM	VALLE DEL FUERTE INTL.	N 2541.1 W10904.9	JET
LMM	ELEV. 4.2	115.8 EN AEROPUERTO	RWY 09/27
1994.8x45	118.8	131.55	

MAZATLÁN

MMMZ	GEN. RAFAEL BUELNA INTL.	N 2309.7 W 10615.9	JET
MZT	ELEV. 10.03	114.9 EN AEROPUERTO	RWY 08/26
2693.13x60	118.3	1311.55	ATIS 127.7

Tabla 4.21. Aeropuertos designados con sus características. (Continúa)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉRIDA

MMMD	LIC. MANUEL CRESENCIO REJÓN INTL.	N 2056.2 W 08939.5	JET
MID	ELEV. 10.3	117.7 EN AEROPUERTO	RWY 10/28
2692.8x46	118.3	131.55	

MÉXICO

MMMX	LIC. BENITO JUÁREZ INTL.	N 1926.1 W 09904.3	JET
MEX	ELEV. 2231.6	115.6 EN AEROPUERTO	RWY 05/24
3941.6x45	118.1	131.55	ATIS 127.65

MONTERREY

MMMY	GEN. MARIANO ESCOBEDO INTL.	N 2546.7 W 10006.4	JET
MTY	ELEV. 386.08	114.7 EN AEROPUERTO	RWY 11/29
2992.2x45	118.1	131.55	ATIS 127.7

NUEVO LAREDO

MMNL	QUETZALCÓATL INTL.	N 2726.6 W 09934.2	JET
NLD	ELEV. 147.7	112.6 EN AEROPUERTO	RWY 14/32
1994.8x45	118.3	131.55	

PUERTO VALLARTA

MMPR	LIC. GUSTAVO DÍAZ ORDÁZ INTL.	N 2040.8 W 10515.2	JET
PVR	ELEV. 6.08	116.6 EN AEROPUERTO	RWY 04/22
3091.9x45	118.5	131.55	

Tabla 4.21. Aeropuertos designados con sus características. (Continúa)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SAN JOSÉ DEL CABO

MMSD	LOS CABOS INTL.	N 2309.3 W 10943.2	JET
SJD	ELEV. 108.8	114.0 EN AEROPUERTO	RWY 16/34
2991.9x45	118.9	131.55	ATIS 127.6

TAMPICO

MMTM	GEN. FRANCISCO JAVIER MINA INTL.	N 2217.3 W 09751.9	JET
TAM	ELEV. 24.3	117.5 EN AEROPUERTO	RWY 13/31
2543.5x45	118.3	131.55	

TIJUANA

MMTJ	GEN. ABELARDO L. RODRÍGUEZ INTL.	N 3232.5 W 11658.3	JET
TIJ	ELEV. 151.6	116.5 DESDE TIJUANA	RWY 09/27
2952.1x43.7	118.1	131.55	ATIS 127.9

VERACRUZ

MMVR	GEN. HERIBERTO JARA INTL.	N 1908.7 W 09608.7	JET
VER	ELEV. 28.8	114.0 EN AEROPUERTO	RWY 18/36
2393.6x45	118.5	131.55	ATIS 127.8

VILLAHERMOSA

MMVA	C.P.A. CARLOS ROBIROSA INTL.	N 1759.7 W 09249.0	JET
VSA	ELEV. 13.07	116.7 EN AEROPUERTO	RWY 08/26
2194.2x45	118.7	131.55	

Tabla 4.21. Aeropuertos designados con sus características.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Como se puede ver en la figura 4.6 las rutas nacionales de la aerolínea abarcan casi todo el territorio nacional, en consecuencia se debe tener cobertura en todo el territorio nacional.

De acuerdo a la distribución de las estaciones terrenas, se puede observar en la figura 4.55 la cobertura que proporcionan de acuerdo al cálculo realizado anteriormente en este capítulo.

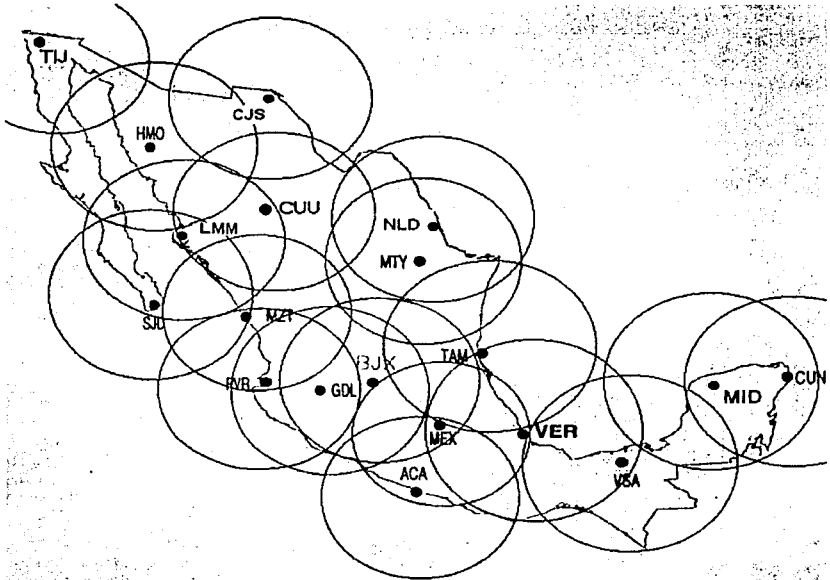


Fig. 4.55. Cobertura de las estaciones terrenas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La distribución geográfica de las estaciones terrenas se conforma de acuerdo a la fig. 4.56.

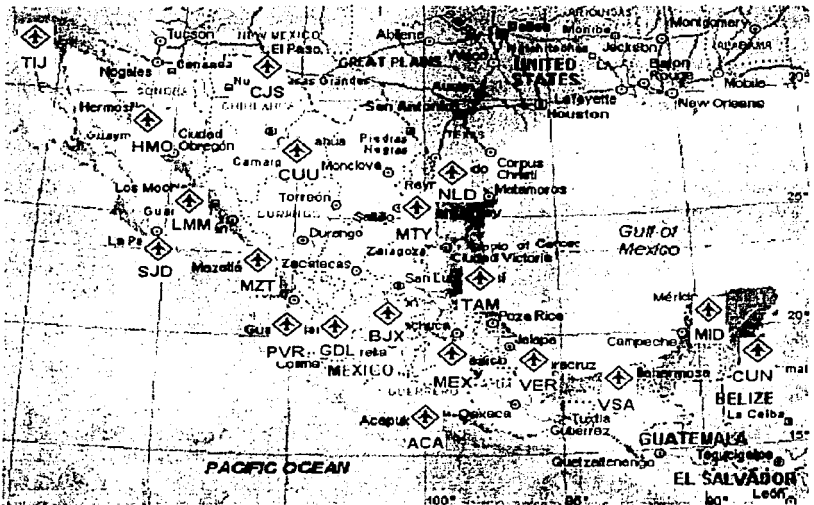


Fig. 4.56. Distribución de las estaciones terrenas.

Consideraciones tecnológicas en los aeropuertos designados

Para reducir los tiempos y costos de instalación de las estaciones terrenas se utilizan canales satelitales existentes, en caso de que en algún aeropuerto no existiera un canal satelital previamente instalado se soluciona empleando enlaces de tipo *VSAT*. SENEAM es el proveedor de canales satelitales en algunos aeropuertos y cuenta, para este tipo de servicio, en algunos aeropuertos con tecnología *TDMA* o *SCPC* (*Single Carrier per Channel*, Portadora Única por Canal).

Enlaces satelitales SENEAM analógicos *SCPC* y digitales *TDMA*

SENEAM ofrece sus servicios de conexión a nivel nacional. Su red está integrada por 58 estaciones enlazadas por un Centro de Comunicaciones Aeronáuticas que se encuentra en la Ciudad de México.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Tiene también cuatro subcentros de comunicaciones en: Mazatlán, Monterrey, Mérida y Guadalajara, que están totalmente automatizados con equipo de alta tecnología y compatible en un amplio rango de velocidades. La tecnología para enlaces satelitales en estos centros es de tipo *TDMA*.

SENEAM también cuenta con seis Subcentros de baja capacidad en Cancún, Puerto Vallarta, Acapulco, Toluca, Hermosillo, San José del Cabo y La Paz, donde se cuenta con enlaces satelitales tipo *SCPC*.

Este sistema de comunicaciones por conmutación automatizada sitúa el servicio a la altura y nivel de otros centros de comunicaciones aeronáuticas extranjeros. Tanto en el servicio nacional como a nivel internacional, la interconexión entre todos y cada uno de las estaciones y centros, se ajusta a la normatividad de la OACI.

El servicio de la red está comunicado principalmente a través del sistema nacional de microondas, integrado por la red de Teléfonos de México, radioenlaces multicanales (instalados por SENEAM) y estaciones terrenas del sistema de Satélites Solidaridad.

Enlaces satelitales *VSAT*

En aquellos aeropuertos que no tiene servicios el SENEAM, se puede elegir un proveedor de enlaces satelitales tipo *VSAT*.

La compañía de telecomunicaciones Comsat ofrece el servicio de enlace satelital *VSAT* usando el protocolo X.25, con enlace asimétrico satelital para tráfico tipo transaccional a través de una interfaz RS-232.

Esta solución, óptima y de bajo costo, cubrirá parte de la creciente demanda de los servicios de comunicaciones por ser una tecnología de comunicación satelital extensamente probada y usar antenas de pequeña apertura.

Comsat ofrece el sistema *VSAT*, que utiliza un acceso *TDMA / FTDM (Time División Multiple Access / Frequency Time División Multiplex, Acceso Múltiple por División de Tiempo / Multiplexado por División de Frecuencia de Tiempo)*, el cual permite transmitir con un máximo aprovechamiento de ancho de banda e integra una gran cantidad de sitios remotos en la red.

En la tabla 4.22 se muestra la distribución de las estaciones terrenas por tipo de enlace satelital, de acuerdo con los puntos tratados anteriormente. Cabe mencionar que en el caso de la estación terrena de la Ciudad de México, no se requiere ningún enlace satelital, ya que la estación terrena se puede instalar en el mismo lugar del centro de procesamiento.

Estación	Tipo de enlace
Acapulco (ACA)	SENEAM SCPC Satélite
Cancún (CUN)	SENEAM TDMA Satélite
Guadalajara (GDL)	SENEAM SCPC Satélite
Hermosillo (HMO)	SENEAM SCPC Satélite
León (BJX)	VSAT Satélite
Mazatlán (MZT)	SENEAM TDMA Satélite
Ciudad de México (MEX)	Alambrado Interno
Monterrey (MTY)	SENEAM SCPC Satélite
Puerto Vallarta (PVR)	SENEAM SCPC Satélite
San José del Cabo (SJD)	SENEAM TDMA Satélite
Tampico (TAM)	VSAT Satélite
Villahermosa (VSA)	VSAT Satélite
Veracruz (VER)	VSAT Satélite
Tijuana (TIJ)	VSAT Satélite
Chihuahua (CUU)	VSAT Satélite
Mérida (MID)	VSAT Satélite
Nuevo Laredo (NLD)	VSAT Satélite
Ciudad Juárez (CJS)	VSAT Satélite
Los Mochis (LMM)	VSAT Satélite

Tabla 4.22. Distribución de las estaciones terrenas por tipo de enlace.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.4.5. Configuración de las estaciones terrenas

Cada uno de las estaciones terrenas tiene una estación doble. El *SMO* (*System Management Office*, Oficina Administradora del Sistema) de *ACARS*, ubicado en el *CPCM*, tiene la capacidad de seleccionar remotamente una de las dos. Cada una de estas estaciones es designada como estación "A" y estación "B" (fig. 4.57). Esta configuración permite el cambio entre las estaciones A y B en caso de falla. Las estaciones que se instalan en los aeropuertos más importantes tienen además la capacidad de líneas de respaldo. Si fallaran los circuitos entre el procesador de *ACARS* y el controlador de estaciones terrenas, o los enlaces de comunicaciones, es posible reestablecer el servicio usando dos líneas telefónicas comerciales. El marcado de las líneas lo efectúa el controlador de estaciones terrenas.

Para establecer la red de estaciones terrenas se describirá la configuración de cada tipo de estación terrena.

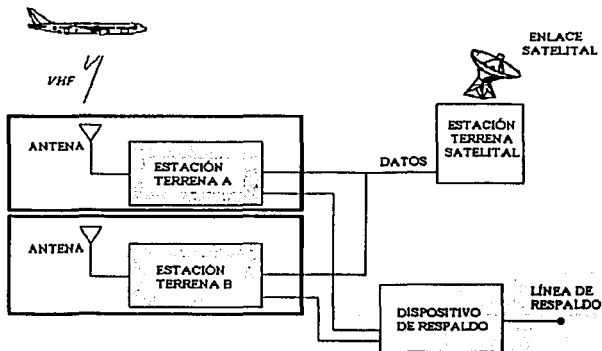


Fig. 4.57. Configuración de general de las estaciones terrenas.

Hay cuatro diferentes configuraciones para las estaciones terrenas de *ACARS* en los diferentes aeropuertos de la República Mexicana, dependiendo del tipo de enlace que conecta la estación al lugar central de control de estaciones terrenas, y de si la estación tiene la capacidad de líneas de respaldo. Los tipos de estaciones terrenas son: *SCPC*, *TDMA*, *VSAT* y Cableado interno.

Estaciones atendidas con SCPC

Este tipo de estaciones (fig 4.58) están conectadas al local central en la Ciudad de México por el SENEAM con canales satelitales SCPC. Éstos son canales de voz analógicos. En el extremo de la estación terrena foránea, la señal pasa de manera bidireccional a través de un puente de audio *AMM-42 (Analog Mixing Module-42, Módulo Mezclador Analógico-42)*, donde ésta, es dividida entre dos modems *Omnimode 48*, uno sirviendo a la estación "A" y otra a la estación "B". El *SMO* puede abrir o cerrar los puertos en el *AMM-42*, controlando remotamente las estaciones "A" o "B", utilizando la señalización T-7.

La señalización T-7 es una señal de monitoreo y control de equipos a distancia, a 75 bps, asíncrona *FSK*, generada por el *SMO*, donde se envía un estímulo y se recibe una respuesta de los equipos. También se puede utilizar la señalización T-7 para controlar remotamente a los equipos instalados.

La señal digital proveniente de los modems se conecta al puerto de datos *GSC-101 (Ground Station Control -101, Control de Estaciones Terrenas - 101)* correspondiente. El radio transceptor está conectado al canal 1 del puerto del *GSC-101*. Los otros puertos no son utilizados en esta configuración.

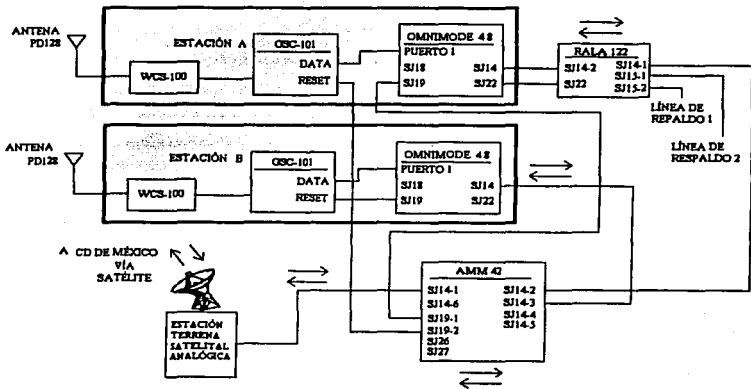


Fig. 4.58. Configuración de Estaciones Terrenas SCPC.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Todas las estaciones *SCPC* instaladas tienen también la capacidad de ser conectadas a la red de datos por medio de líneas de respaldo *DBU* (*Dial Back Up*, Respaldo por Llamada Telefónica) por si el canal satelital fallara. Cuando el *SMO* detecta, por un espacio prolongado de tiempo, que no hay conectividad con la estación remota (no se ha recibido respuesta a la señalización T-7 desde la estación), entonces se inicia el proceso de respaldo por medio de líneas telefónicas (*DBU*).

Cada una de este tipo de estaciones está equipada con un equipo *RALA* (*Registered Automatic Line Adapter*, Adaptador de Registro Automático de Línea), encargado del proceso de respaldo. El *RALA* está conectado a dos líneas telefónicas locales directas.

Cuando son activadas por el *SMO*, una de las líneas reemplazará el lado receptor de la línea de transmisión satelital para la estación, y la otra reemplazará el lado transmisor de la línea satelital. Las llamadas son marcadas automáticamente desde el *SMO*, para conectar a través del *RALA* a la estación remota.

Cuando el *RALA* recibe la llamadas en ambas líneas simultáneamente, éste cambia la entrada de la señal analógica del *Omnimode 48* para la estación "A" de la línea de la señal de satélite, vía el *AMM-42*, a las líneas telefónicas.

Estaciones atendidas con *TDMA*

Las estaciones atendidas con *TDMA* tienen asignados canales digitales de 16.2 kbps (fig.4.59).

La señal entregada es un flujo de datos a 9.6 kbps que contiene los datos de *ACARS* a 4800 bps y los datos de T-7 a 75 bps. La sincronización de esta estación satelital es proporcionada por el *SENEAM*.

En las estaciones remotas *TDMA*, la señal de datos de *ACARS* de 4.8 kbps del multiplexor está conectada al *CMS/DCU* (*Communications Management System / Data Control Unit*, Sistema Administrador de Comunicaciones / Unidad Controladora de Datos).

El *DCU* conecta la señal digital a cualquiera de los controladores *GSC-101* (estación "A" o estación "B") dependiendo en cual estación está el poleo por el Procesador de *ACARS*.

Es posible, aunque no usual, el poleo de ambas estaciones "A" y "B" en rápida sucesión. Por lo tanto, normalmente solamente uno de los dos equipos está activo en cualquier momento.

Solamente la estación "A" puede ser conectada al *RALA*. En este caso, el modem *Omnimode 48* también convierte la señal analógica de las líneas telefónicas a un formato digital. El *EIA Mark II*, controlado remotamente, recibe los cambios digitales de sus comandos vía señalización T-7; y es requerido para cambiar el puerto de datos de la estación "A" *GSC - 101* desde el *DCU* para la operación a través de las líneas de respaldo.

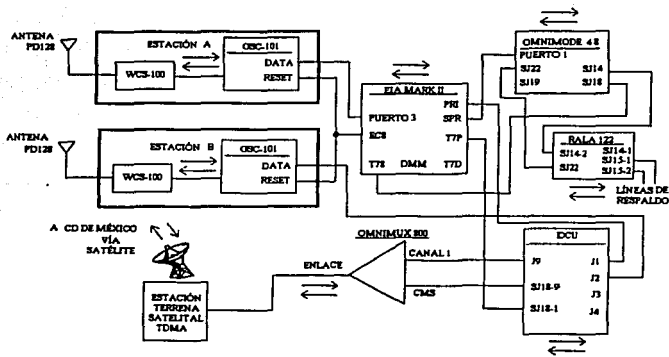


Fig. 4.59. Configuración de Estaciones Terrenas TDMA.

Estaciones atendidas por VSAT

Esta configuración de estación terrena tiene la particularidad de estar conectada a través de un enlace satelital tipo VSAT. El enlace satelital VSAT es proporcionado por un proveedor de este tipo de servicios. Se puede ver en la figura 4.60 que al Omnimode 48 se conecta la señal de T-7, y la señal de datos de 48 kbps se conecta directamente del PES (Personal Earth Station, Estación Terrena Personal) al GSC.

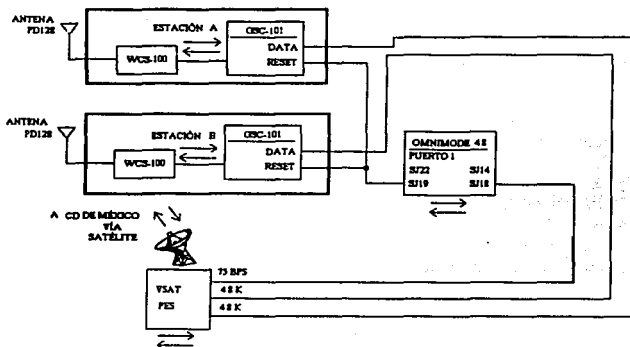


Fig. 4.60. Configuración de Estaciones Terrenas VSAT.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estación terrena por cableado interno

Este tipo de estación terrena es la que se instalará en el Aeropuerto de la Ciudad de México. Dado que se instala muy cerca de las instalaciones de control de estaciones terrenas, sólo es necesario llevar a cabo el cableado para conectarlo al DCU (fig 4.61).

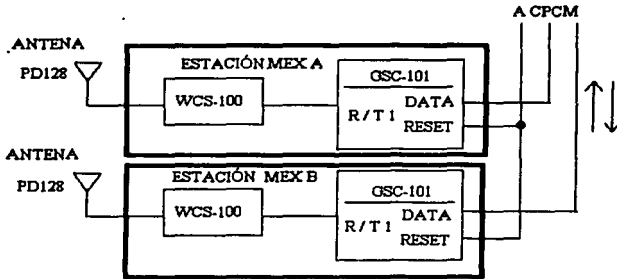


Fig. 4.61. Configuración de Estación Terrena Ciudad de México.

4.4.6. Equipos utilizados en la red de estaciones terrenas

El equipo electrónico que se utilizará en las estaciones terrenas es el siguiente:

- Modem Racal Datacom Omnimode 48

Es un modem controlado por software, diseñado para transmitir y recibir datos síncronos a velocidades de hasta 4,800 bps. Opera en *full-duplex* a 4 hilos de circuitos dedicados o en *half-duplex* a dos circuitos dedicados. Tiene la capacidad de funcionar en una extensa variedad de aplicaciones de red.

A través de la opción conocida como *Remote Modem Control* (Control Remoto del Modem) es posible monitorear, probar y controlar los modems desde un lugar distante.

Esta opción se puede implementar para llevar a cabo el monitoreo desde el SMO vía el CMS usando la señalización T-7. No obstante, para una unidad controlada remotamente desde el SMO es necesario asignar un distintivo de tres dígitos "address (dirección)" (se programa dentro de la unidad desde los controles frontales). El sistema T-7 *Remote Modem Control* es empleado en la mayoría de los dispositivos Racal Datacom utilizados en los sistemas ACARS.

- **Modem Racal Datacom Omnimode 96**

El *Omnimode 96* es muy similar al *Omnimode 48*, excepto que es capaz de operar a velocidades de hasta 9600 bps. Adicionalmente tiene una opción de multipuerto, habilitándolo para conectar hasta cuatro terminales de datos (mientras el rango de datos combinado de los puertos individuales no exceda 9,600 bps).

- **Multiplexor Racal Datacom Omnimux TDM o Omnimux 800**

El *Omnimux 800* es la última versión del *Omnimux TDM*, ambos pueden usarse. La diferencia principal es que el canal del puerto (entrada / salida no multiplexada) del modelo *TDM* tiene un conector tipo RS-232, mientras que el modelo 800 tiene un conector tipo V.35. Este dispositivo tiene dos puertos de entrada pero solamente uno es empleado para los sistemas *ACARS*.

Esta capacidad solamente es usada en el SENEAM para habilitar los enlaces satelitales *TDMA*. Esto se logra combinando la señal de datos del *ACARS* de 4,800 bps y la señal del T-7 de 75 bps dentro de una sola señal que es enviada a través de un canal digital *TDMA*.

Este dispositivo también puede ser monitoreado y configurado tanto local como remotamente. Cada unidad está asignada a una dirección T-7 para su control remoto y su monitoreo de estatus vía el *CMS*.

- **Unidad de Servicio de Canal Racal Datacom Multiport DAP**

La Unidad de Servicio de Canal es conocida por su nombre comercial *DAP (Digital Access Product, Producto de Acceso Digital)*. Es usada utilizando su capacidad de multiplexar hasta seis señales digitales dentro de una señal mezclada de 56 kbps, para la transmisión en un circuito de 4 hilos a cortas distancias. Es utilizado en la configuración de la red para transmitir señales digitales (enlaces de canales digitales satelitales *TDMA*) desde el sitio central de los *ACARS* en el Aeropuerto de la Cd. de México hasta la estación terrena del SENEAM.

- **Adaptador de líneas de respaldo RALA Racal Datacom Modelo 122**

Este dispositivo es normalmente conocido como *RALA*, tiene como función hacer los cambios controlados local y remotamente entre un circuito dedicado de 4 hilos y dos líneas conmutadas ordinarias. Si fallaran los circuitos dedicados provistos por SENEAM o algún enlace con alguna estación terrena que posea este dispositivo, es posible restaurar la señal marcando a dos líneas telefónicas ordinarias, una provee el enlace de la señal para la transmisión y la otra provee el enlace para la recepción.

- Unidad Controladora de Datos *Racal Datacom CMS-DCU*

El *DCU* es un dispositivo digital compartidor de puertos. Este opera en forma de poleo. Esto es, que solamente un dispositivo conectado a uno de los puertos de tiempo compartido puede transmitir en cualquier momento dado. El *DCU* continuamente "barre" los puertos de tiempo compartido secuencialmente para la identificación de uno de los dispositivos que están a punto de transferir datos.

El *DCU* es utilizado para conectar el lado digital de la línea de los modems, en los circuitos del centro de procesamiento, hacia el modem respectivo o multiplexor correspondiente para cada uno de los circuitos, conectándose a una estación terrena remota de *ACARS*.

También es usado en las estaciones terrenas *TDMA* usando canales satelitales, para permitir la conexión de ambas del *GSC* hacia el canal del multiplexor de la central de proceso. El *DCU* puede ser controlado remotamente a través de la señalización T-7, así que es posible detener el poleo a una estación remota cerrando el puerto.

- Módulo Mezclador Analógico *Racal Datacom AMM-42*

El *AMM-42* es un puente de audio que es usado para conectar dos modems a un circuito dedicado. También provee un ajuste para la igualación de la línea de señal de entrada y salida, la regeneración de señal, y la división de la señal.

El *AMM-42* es usado en las estaciones de tierra de *ACARS* atendidas por *SENEAM* para canales satelitales analógicos *SCPC*. Las líneas de señal se puentean a los dos modems. Con esto se permite que la entrada a cada una de ellos que sea selectivamente apagada o usando la señalización T-7.

- Control Remoto *Racal Datacom Switch EIA Mark II*

El *switch Mark II*, como es normalmente llamado, es usado para un cambio remoto de los equipos digitales de comunicaciones usando la señalización de control T-7. Además es usado en las estaciones de tierra *ACARS*, atendidas por *SENEAM* y provistas de canal satelital *TDMA* digital. En este caso, el *Switch Mark II* conecta la salida digital del modem *Omnimode 48*, asociado con el *RALA* al *Ground Station Controller*, cuando falla la señal digital del canal multiplexor / satelital.

- Multiplexor de Diagnóstico Externo *Racal Datacom EDM*

El *EDM* (*External Diagnostic Multiplexer*, Multiplexor de Diagnóstico Externo) permite la conexión de hasta 16 canales T-7 a un solo puerto del modem. El uso de este diagnóstico independiente es para obtener un control más confiable del estatus de señalización, y así mejorar el control remoto de los equipos en las estaciones de tierra por *SMO* vía el *CMS*.

- Controlador de Estación Terrestre Viatek GSC-101

Este controlador consta de dos módulos principales, el módulo del microprocesador y el módulo del modem tierra / aire. El primero controla las actividades de ambos, el modem y la sección del protocolo de la línea de tierra; mantiene estadísticas detalladas sobre los mensajes de tráfico *uplink* y *downlink*, también el conteo de errores y la utilización de la radio frecuencia.

La sección del modem demodula la señal *MSK* de audio que viene de la salida del receptor y pasa el mensaje aire-tierra en forma digital al procesador.

Similarmente, un mensaje tierra-aire en forma digital es transmitido al modulador, el cual lo convierte a audio *MSK* y lo enruta al radio-transmisor. El modem también continuamente monitorea el canal de RF para la actividad de mensajes y no transmite mientras un mensaje esté en curso. El *GSC-101* recibe y transmite datos a la línea de 4,800 bps y para el equipo de radio a 2,400 bps.

- *PES 6000* (*Personal Earth Station*, Estación Terrena Personal)

El *PES 6000* es una terminal *VSAT* altamente flexible para tener acceso a satélites *TDMA*. Puede funcionar en la banda Ku y C y manejar datos asíncronos a 19.2 kbps y síncronos desde 1.2 a 64 kbps. Tiene 4 puertos seriales. Maneja las interfaces RS-232, RS422 o V.35. Soporta los protocolos *Ethernet* (10 Mbps), *Token-Ring* 4/16 Mbps, X.25, *Broadcast*, *Telnet*, *Slip/PPP*, *TCP/IP*, entre otros. El equipo *PES* es utilizado para los enlaces de las estaciones terrenas conectadas por *VSAT* con el *GCC* a través del proveedor de servicio Comsat.

Los datos de *ACARS* son transmitidos entre la red de estaciones terrenas y el centro de control vía dos circuitos dedicados. En la figura 4.62 y 4.63 se puede ver la configuración de estos circuitos, donde las estaciones terrenas son asignadas a una unidad controladora de datos, la cual se encarga de transmitir la información hacia el procesador de *ACARS*, vía la red digital de datos.

Las conexiones en la estación terrena satelital de la Ciudad de México son hechas desde la unidad de canal de servicio *DAP* (*Digital Access Product*, Acceso Digital por Producto) a las entradas de los equipos de SENEAM correspondiendo los canales para cada localidad.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

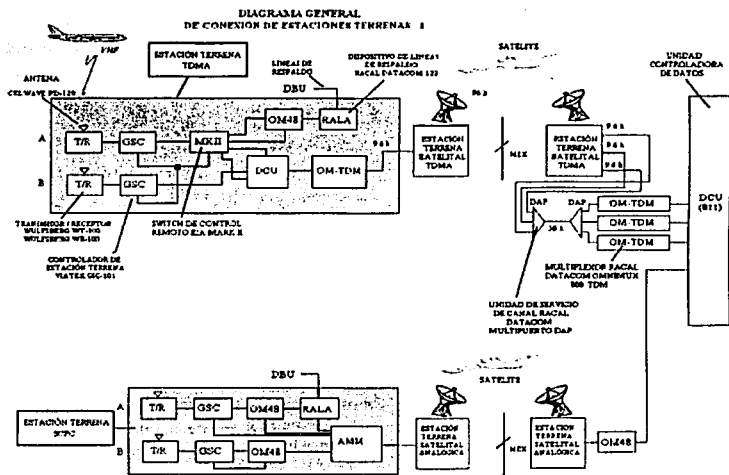


Figura 4.62. Conexión de estaciones terrestres TDMA Y SCPC.

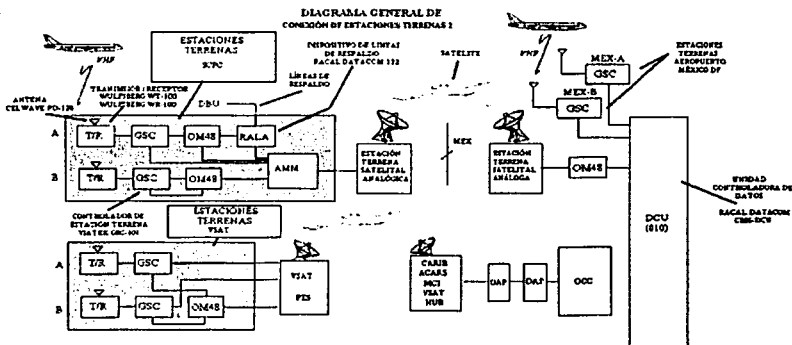


Figura 4.63. Conexión de estaciones terrestres SCPC y VSAT.

El tipo de circuito designado para cada una de las estaciones terrenas en el interior de la República y el Distrito Federal está distribuido como se indicó en la tabla 4.21. El criterio de conexión de las estaciones terrestres se selecciona de acuerdo al tipo de infraestructura existente en los aeropuertos y al tráfico que presenten. Las estaciones tipo *SCPC* se pueden utilizar en Acapulco, Guadalajara, Hermosillo, Monterrey y Puerto Vallarta. Este tipo de estaciones, además del enlace satelital de SENEAM, cuentan con líneas de respaldo por llamada telefónica, debido a la importancia que tienen. Las estaciones tipo *TDMA* con respaldo también cuentan con un circuito operando mediante una llamada telefónica. Las estaciones *TDMA* se pueden utilizar en Cancún, Mazatlán y San José del Cabo. El resto de las estaciones terrenas se conectan a través de un enlace *VSAT*. Este tipo de configuración es más común, ya que sólo se necesita instalar la unidad *PES (Personal Earth Station, Estación Terrena Personal)* y la antena de *VSAT* (que por sus características resulta menos compleja y costosa su instalación).

4.4.7. Estructura de las Comunicaciones

La configuración del centro de comunicaciones de México D.F. se muestra en la figura 4.64. La estructura principal se basa en circuitos controlados por Unidades de Control de Datos (*DCU's*). El primer circuito está configurado básicamente para recibir la señal proveniente del Centro de Control en el modem 9.6(1). Este dispositivo se conecta al pooleo básico de los *GSC-101* ubicado en las estaciones Mex A y Mex B y a los modems 4.8 (3, 4, 5 y 6) correspondientes de las estaciones terrenas foráneas mediante el *DCU(1)*. Los modems 4.8 (3, 4, 5 y 6) corresponden a un enlace satelital para cada localidad designada a este circuito y están conectados vía cable a la estación terrena satelital *SCPC* provisto por SENEAM.

El otro circuito es más complejo ya que tiene el soporte de todas las estaciones terrenas restantes y además se encarga de ser la portadora de los datos del Procesador de *ACARS*. La señal proveniente del Centro de Control es llevada al modem 9.6 (2). Este modem lleva los enlaces asíncronos de datos provenientes del Centro de Control a los *DCU's* (2 y 3) y al *DCU* (1), mediante el modem 9.6 (1).

La señal es distribuida en el pooleo básico por los *DCU(2)* y *DCU(3)*. El *DCU(2)* se conecta a los multiplexores mux(1, 2, 3 y 4), a los multiplexores (11, 12 y 13) y al modem 4.8 (7) correspondiente al enlace satelital *SCPC*. Los multiplexores son requeridos en las estaciones con enlace satelital tipo *TDMA* y *VSAT*, debido a que están ruteados vía canales digitales satelitales a una velocidad de 9600 y 4800 bps respectivamente.

Es necesario el uso de multiplexores para enviar las señales asíncronas de 75 bps T-7 provenientes de los señalizadores (1) y (2), y la señal de datos síncrona de los *ACARS* de 4800 bps a través de un solo canal. Para el caso de los enlaces satelitales *TDMA*, la salida de los multiplexores (11, 12 y 13) es combinada en una señal de 56 kbps en el multiplexor digital *DAP* (1) y es enviada vía cable a la estación terrena del SENEAM tipo *TDMA*. Para el caso de las estaciones terrenas con enlace satelital tipo *VSAT*, la señal de

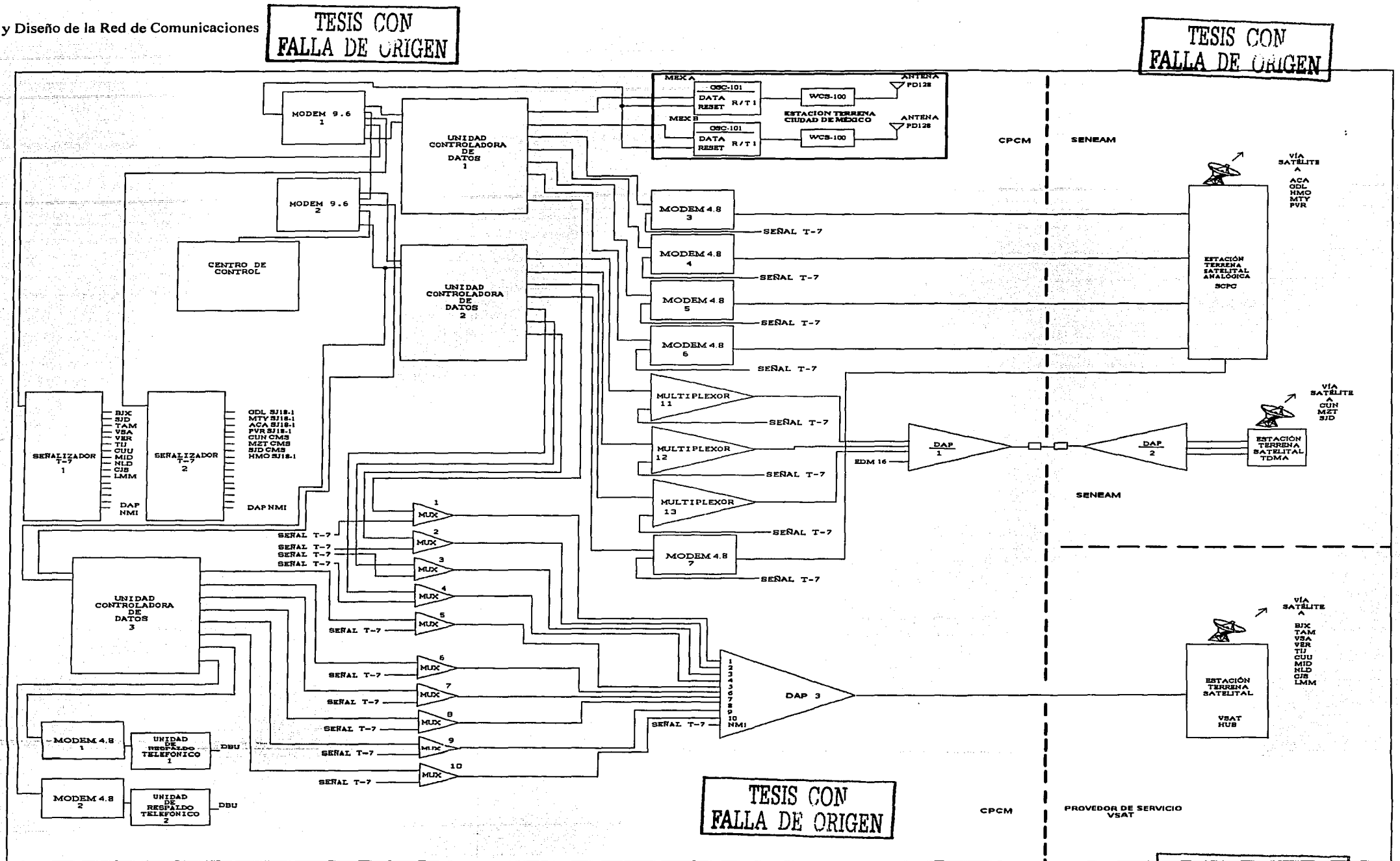


Fig. 4.64. Configuración Central de la Ciudad de México.

4800 bps de salida de los multiplexores mux (6, 7, 8, 9 y 10) es combinada en el DAP (3) con la señal T-7 y enviada por enlace dedicado al proveedor de este servicio.

Los circuitos entre el Centro de Control y algunas estaciones terrenas de importancia tienen instaladas Unidades de Respaldo Telefónica (1) y (2) para que, en el caso de falla en los enlaces satelitales, se establezca conexión automáticamente vía líneas telefónicas ordinarias. Las unidades de respaldo están conectadas al DCU (3), mediante los modems 4.8 (1) y (2).

También cabe mencionar que el flujo de los datos a través de todos los circuitos es bidireccional.

4.4.8. Formato de los mensajes

Para poder entender el procesamiento de los mensajes es necesario conocer el formato y la estructura de los mismos. Existen diferentes formatos para los mensajes, y se dividen en dos grupos: aire - tierra (*downlink*) y tierra -aire (*uplink*).

Mensajes desde la aeronave

Los mensajes que son generados desde la aeronave (fig. 4.65) están constituidos en la primera línea por la prioridad del mensaje y la dirección de emisor en el código de *ATA/IATA*. La segunda línea lo constituye la dirección del receptor del mensaje, que en este caso es el *NMDPS*, junto con la fecha y hora de origen del mensaje. La tercera línea se compone del indicador *SMI* (*Stándar Message Identifier*, Identificador de Mensajes Estándar), que en este caso es *DEP* (*Departure*, Salida); la cuarta línea se refiere al identificador de vuelo y de la aeronave, al aeropuerto de salida, la hora de salida, la hora de llegada y el combustible a bordo, y posteriormente comienza el texto libre.

```

QU MEXMMEX
DCNMDPS 171538
DEF
FI ALD478/AN N221 NR DA LAS/OT 1532/OF 1620/TU 0150
DT DDL LAS 1715383854
INICIO DEL TEXTO LIBRE
    
```

Fig. 4.65. Formato estándar de mensaje desde la aeronave.

La forma en que se estructuran los mensajes orientados a carácter se muestra en la figura 4.66, donde se tiene un máximo de 258 caracteres, siendo 210 libres para el manejo de texto. La estructura del mensaje está compuesta por los primeros 16 bits correspondientes al prefijo; los bits 17 y 18 corresponden a la sincronía; los bits 19 y 20 corresponden a un carácter de sincronía; el bit 211 corresponde al inicio del encabezado; el

Mensajes hacia la aeronave

Los mensajes que son generados desde tierra y se envían a la aeronave (fig. 4.67), están constituidos, de la misma forma, en la primera línea por la prioridad del mensaje y la dirección de emisor en el código de *ATA/LATA*. La segunda línea lo constituye la dirección del receptor del mensaje, junto con la fecha y hora de origen del mensaje. La tercera línea se compone del indicados *SMI*, que en este caso es *AGM* (*Air-Ground Message, Mensaje Aire-Tierra*), la cuarta línea se refiere al identificador de la aeronave y de la estación terrena, y posteriormente comienza el texto libre.

```

QU IX'NMDPS
JFKDIXX 171538
AGM
AN N221 NR/GI. BWI
    Texto libre
    
```

Fig. 4.67. Formato estándar de mensaje hacia la aeronave.

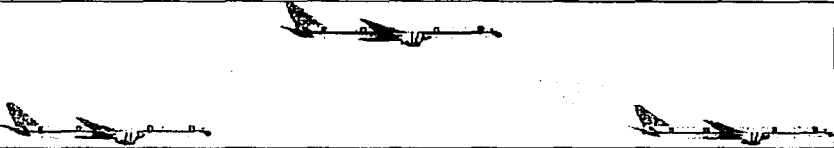
La forma en que se estructuran los mensajes orientados a carácter que son dirigidos hacia la aeronave se muestra en la figura 4.68, donde se tiene un máximo de 258 caracteres, siendo 220 libres para el manejo de texto.

La estructura del mensaje está compuesta por los primeros 16 bits correspondientes al prefijo; los bits 17 y 18 corresponden a la sincronía; los bits 19 y 20 corresponden a un carácter de sincronía; el bit 21 corresponde al inicio del encabezado; el bit 22 corresponde al modo; los bits 23 al 29 corresponden al registro de la aerolínea; el bit 30 corresponde al reconocimiento técnico; los bits 31 y 32 corresponden a la etiqueta del mensaje; el bit 33 corresponde al identificador de bloque; el bit 34 corresponde al inicio del texto; los bits del 35 al 44 corresponden a la secuencia del mensaje; los bits del 45 en adelante son para el texto libre; teniendo como límite 220 caracteres; además se tiene el bit que corresponde al fin del texto; el siguiente bit corresponde al bloque de verificación de secuencia y el último bit corresponde a un sufijo.

4.4.9. Aplicación de la Aerolínea

Para recibir y enviar mensajes desde y hacia la aeronave, se necesita de un sistema en tierra operado por la aerolínea para realizarlo; la función principal de dicho sistema es asegurar que sus vuelos sean operados segura y eficientemente. Dicho sistema a su vez está conformado por otros subsistemas: el de control de operaciones, información del clima y plan de vuelo, el de peso y balance. A continuación describiremos las aplicaciones de la aerolínea, en cada una de las cinco etapas que realiza la aeronave, desde que parte del aeropuerto origen hasta la llegada al aeropuerto destino (fig.4.69).

La aplicación del sistema al sistema de *ACARS* se divide en varias etapas, como ya se había comentado anteriormente. Ahora se verá con mas detalle las etapas y la descripción de los mensajes *ACARS* relacionados a los procedimientos de estas etapas.



Prevuelo y partida	Despegue y ascenso	En ruta	Descenso y aterrizaje	Rodaje y estacionamiento
<ul style="list-style-type: none"> ↓↑ Inicialización ↑↓ Peso y balance ↑ Notificaciones ↑ Lista de Tripulación ↑ Reporte meteorológico ↑ Plan de vuelo ↓↑ <i>ATIS</i> ↓↑ <i>TODC</i> ↓ Demoras de salida ↓ Reporte de salida 	<ul style="list-style-type: none"> ↓ Demora en despegue ↓ Reporte de <i>off</i> ↓ Reporte <i>ACMS</i> ↓ Reporte de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> ↓ Actualización de <i>ETA</i> ↓↑ Condiciones meteorológicas ↓↑ Reporte <i>ACMS</i> ↑ Plan de vuelo ↓ Demora en ruta ↓↑ <i>ATIS</i> ↓ Reporte de Desviación 	<ul style="list-style-type: none"> ↓ Demora de aproximación ↓ Reporte In-range ↑ Informe de trasbordos ↓ Reporte <i>on</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↓ Demora de asignación de sala ↓ Reporte <i>in</i> ↓ Resumen de información de vuelo
Nota: ↓ <i>Downlink</i> (mensaje del avión) ↑ <i>Uplink</i> (mensaje al avión)				

Figura. 4.69. Aplicaciones del *ACARS*.

Primera etapa: prevuelo y partida

Una de las primeras tareas en la cabina del piloto para iniciar el vuelo es seleccionar *ACARS* en la *MU* y presionar el botón de petición inicial. Esto envía un pequeño mensaje al sistema de la aerolínea, informando que el vuelo está listo. La información básica del vuelo, tal como número de vuelo, fecha y estación de salida, es procesada por el control de operaciones y enviada a la *ACARS MU* de la aeronave. Esto además asegura que todos los mensajes subsiguientes del vuelo estén correctamente identificados.

La iniciación de *ACARS* activa automáticamente algunos mensajes hacia la aeronave: lista de la tripulación, reportes de tráfico, reporte del clima proveniente del subsistema de información del clima y plan de vuelo.

El piloto solicita y recibe un mensaje *ATIS* del aeropuerto que contiene información de las condiciones meteorológicas, pistas en uso y otra información especial. El piloto solicita la autorización de salida y la recibe del sistema de control de tráfico aéreo.

El piloto solicita y recibe del sistema de la aerolínea datos del despegue. Dentro de los 15 a 20 segundos subsiguientes recibe otro mensaje con información vital acerca de la velocidad de vuelo, puesta de los alerones y rendimiento de los motores para el despegue.

Un plan de vuelo es enviado desde el subsistema de información del clima y plan de vuelo al *FMC* de la aeronave.

Si el vuelo está retrasado, el piloto envía un mensaje de retraso de salida al subsistema de control de operaciones incluyendo un código de retraso y un nuevo tiempo estimado de salida. El estado del retraso es inmediatamente indicado en las pantallas de tráfico del subsistema de control de operaciones.

El combustible puede ser solicitado y confirmado vía *ACARS*. Un reporte del combustible se envía al subsistema de control de operaciones, cuando la carga es completada y para compararlo con las facturas de los proveedores del combustible.

Cuando los pasajeros están a bordo de la aeronave y el suministro de combustible ha finalizado, las puertas se cierran y el vuelo está listo para la salida.

Tan pronto como el freno de la aeronave se desactiva, el *ACARS* automáticamente envía un reporte de salida al subsistema de control de operaciones. El subsistema de peso y balance envía a la aeronave los datos actualizados de la carga incluyendo a los pasajeros.

Si existe un retraso durante el rodaje, por ejemplo debido a exceso de tráfico, el piloto envía un mensaje de retraso de despegue al subsistema de control de operaciones, incluyendo un código de retraso y un tiempo de despegue esperado.

Segunda etapa: despegue y ascenso

En el momento que la aeronave se eleva, el *ACARS* automáticamente envía un reporte *off* al subsistema de control de operaciones, el cual contiene el tiempo *out* y *off* así como un tiempo inicial de estimado de llegada. También envía información acerca del estado de los motores durante el vuelo y la cantidad de combustible remanente.

Tercera etapa: en ruta

En ruta, el piloto puede solicitar información del clima tal como temperatura, dirección y velocidad del viento y, de acuerdo al plan de vuelo, también información del clima en el aeropuerto de destino y de otros aeropuertos ubicados entre los aeropuertos origen y destino; además de condiciones meteorológicas que en dado caso puedan afectar el vuelo. Si el vuelo es oceánico el piloto recibirá la autorización para dicho vuelo. El sistema de tráfico aéreo reporta la posición de la aeronave al sistema de la aerolínea para que pueda ser posicionada en un mapa.

Si existe un cambio en el tiempo estimado de llegada, éste se envía al subsistema de control de operaciones incluyendo un código de retraso y un tiempo estimado de aproximación. El sistema de la aerolínea tiene información acerca del progreso de cada vuelo: posición, el último tiempo estimado de llegada, retrasos, y si existe alguna falla en la aeronave o algún problema médico con algún pasajero, entonces se puede preparar al personal en tierra para que inmediatamente al aterrizar la aeronave se pueda reparar la falla existente o atender inmediatamente al pasajero enfermo.

Cuarta etapa: descenso y aterrizaje

Aproximadamente a 20 minutos del tiempo estimado de llegada el *ACARS* envía un reporte al sistema de la aerolínea, confirmando el tiempo estimado de llegada, y la aeronave recibe la información de terminal y puerta de llegada, manejo de equipaje y otros datos del aeropuerto de destino.

Cuando la aeronave está por aterrizar, se envía otro mensaje para avisar a los sistemas del aeropuerto y al personal de la estación para que estén atentos y reciban a la aeronave a tiempo. Al tocar el suelo el *ACARS* automáticamente envía un reporte *On* al subsistema de control de operaciones.

Quinta etapa: rodaje y estacionamiento

Las instrucciones de rodaje se envían a la aeronave por el sistema de control de tráfico aéreo. Si existe un retraso durante el rodaje, por ejemplo porque la compuerta está ocupada, el piloto envía un reporte de retraso en compuerta al subsistema de control de operaciones. La tripulación del avión informa a los pasajeros acerca de los procedimientos del aeropuerto para abandonar el avión y, si es el caso, como dirigirse a otros vuelos.

Después del estacionamiento el *ACARS* envía automáticamente un reporte *In* al subsistema de control de operaciones.

Procesos y mensajes de *ACARS* en las diferentes etapas

Inicialización

La inicialización es el punto de partida para *ACARS* durante un vuelo. Cuando el equipo está en el aeropuerto antes de la salida, la primera acción que se realiza es presionar el botón de INIT REQ en la terminal de *ACARS* (fig. 4.70). Esto envía una petición de *Init* (inicio) al sistema de la aerolínea y señala que el avión está siendo preparado para la salida.

Sobre el recibo de la petición de *Init*, el sistema de la aerolínea obtiene los datos de la inicialización de *ACARS* (número de vuelo, fecha, aeropuerto de la salida, aeropuerto de destino) y del despegue del avión. El piloto no tiene que incorporar estos datos y todos los mensajes subsiguientes del aterrizaje del avión serán identificados correctamente.



Fig. 4.70. MCDU con reporte de inicialización.

Reporte de peso y balance

Este reporte contiene datos críticos sobre el peso y el balance del aeroplano. La manera tradicional de entregar el reporte es escrito a mano antes de la salida. Este reporte final es típicamente el último documento que el piloto debe tener antes de salida.

El reporte preliminar y final automáticamente son entregados a la impresora de *ACARS*. El reporte preliminar es elaborado en respuesta a la inicialización de *ACARS*, normalmente cerca de 15-20 minutos antes de la salida. Los datos en el reporte preliminar, entre otras cosas, permiten que el piloto haga un cálculo preliminar de los datos del despegue.

El reporte final es entregado automáticamente cuando se han hecho todos los muestreos del control de la carga (tabla 4.23). El piloto acepta el reporte (que incluye también el *NOTOC* si es aplicable) enviando una firma electrónica a tierra.

```

LOADSHEET FINAL 9999 EDN 01
SK9999/01 31SEP01
ARN OSL ACREG 9901S 2/4
ZFW 49764 MAX 59874 L
TOF 6100
TOW 55864 MAX 70760
TIF 2100
LAW 53764 MAX 64410
UNDDL 10110
PAX CM 60/17 TTL 77
DOI 59
DLI 56
LIZFW 31
MAC-ZFW 7
MAC-TOW 10
TRIM BY CABIN AREA - SECTION
SI

BOARDING PAX WEIGHTS USED:
-OSL ADULT 84 CHLD 35 INF 00
BOARDING BAG WEIGHTS USED:
-OSL 13/PIECE

TOTAL EET: 00:28
AIRB TIME: 00:43
ENDURANCE: 02:20
ALTN: ENTO
TKOF ALTN:
    
```

Tabla. 4.23. Ejemplo de reporte de peso y balance.

NOTOC

El *NOTOC* (*Notification to Captain*, Notificaciones al Capitán) es un mensaje enviado automáticamente al mismo tiempo que el reporte de peso y balance (tabla 4.24).

El *NOTOC* contiene una especificación de los materiales a bordo que pueden requerir un tratamiento especial o los procedimientos en caso de que de una emergencia. El *NOTOC* se envía al *MCDU* y se imprime.

```

SPECIAL LOAD NOTIFICATION TO CAPTAIN
FROM FLIGHT DATE A/C REG
    
```

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

STO SK9999 31JUN99 OYKXX		FINAL EDNO 1					
DANGEROUS GOODS							
TO AWB	CL/ DV	UN/ DV	RSK SUB	PCS	QTY/TI	RRR CAT	PKG IMP CAO POS GRP
01	CHEESE						
XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXX	XXX	XXXXXX	XXX	XXX XXX XXX XXXX
02	DIGESTIVE BISCUITS						
XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXX	XXX	XXXXXX	XXX	XXX XXX XXX XXXX
03	BURGUNDY WINE						
XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXX	XXX	XXXXXX	XXX	XXX XXX XXX XXXX
OTHER SPECIAL LOAD							
TO AWB	CONTENTS			PCS	QTY	IMP	POS
01	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXX	XXX	XXXX
02	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXX	XXX	XXXX
03	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXX	XXX	XXXX
04	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXX	XXX	XXXX
05	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXX	XXXXXXXX	XXX	XXXX
THERE IS NO EVIDENCE.....ON THE AIRCRAFT.							
END NOTOC							

Tabla. 4.24. Ejemplo del mensaje de notificación.

Lista de tripulación

En la conexión de salida es actualizada la lista de la tripulación y es cargada a la impresora (tabla 4.25).

ACARS CREW LIST DISPLAY							
04NOV99							
ALF	1420	TOS	1455	M8	LEG	01	OF 02
CAT	DT	EMPNO	B	NAME	QUAL	SEN	PREV NEXT
FC	12345	O	ANDERSSON	ANNA	M8M9	9999	234 123
FP	23456	O	BENGTSSON	BEATE	M8M9	9999	234 123
AHB	34567	O	CARLSSON	CARINA	3690	9999	376 377
AH	45678	O	DANIELSSON	DIANA	7690	9999	376 377
AHS	56789	O	ERIKSSON	EVA	90	9999	376 377
AHN	57890	O	FILIPSSON	FILIPPA	90	9999	376 377

Tabla. 4.25. Ejemplo de lista de tripulación.

Informe SIGMET

El reporte *SIGMET* (*Significant Meteorological Conditions*, Condiciones Meteorológicas Significativas) es un mensaje consultivo con respecto a las condiciones meteorológicas que podrían afectar el vuelo. La información de *SIGMET* se proporciona a través del sistema de planeación del vuelo (tabla 4.26).

```

O I I X T E H R A N F I R
SIGMET
WS120330 SIGMET 2 VALID 120330/120630 UTC OIII-
TEHRAN FIR
1-ISOL EMBED CB TOPS 28000FT WITH RA/SHRA AND POOR
VIS LESS THAN 1500M OBS/FCST OVER LOC MW,W,SW AND
TEHRAN AREA 2-SFC WSPD MAX 16MPS OBS/FCST OVER LOC
W,NW OF IRAN 3-SFC WSPD MAX 12MPS OBS/FCST OVER LOC
SW,S,CENTERL OF IRAN 4-POOR VIS LESS THAN 1500M DUE
TO MIST OBS/FCST OVER LOC N OF IRAN

R J T G T O K Y O F I R
SIGMET
WS100100 SIGMET 1 VALID 100110/100510 RJAA- TOKYO FIR
MOD TO
SEV TURB FCST IN AREA BOUNDED BY N32E147 N32E153
N34E153 N34E147 AND N32E147 FL280/340 MOV E 20KT
INTSP

E H A A A M S T E R D A M F I R
SIGMET
WS110835 SIGMET 2 VALID 110900/111200 EHDB- AMSTERDAM
FIR SEV
TURB FCST BLW 3000FT W-, C- AND N-PART LAN STNRY
INTST NC
    
```

Tabla. 4.26. Ejemplo de mensaje SIGMET.

Plan de vuelo

La carga del plan de vuelo es un procedimiento que se efectúa manualmente por el personal de tierra. El plan del vuelo se exhibe en el MCDU o en la impresora (tabla 4.27).

```

ADEQUATE RNRT ALTN: ESSA ESDB
CRUISE M076
RODOS SK191/MPKS LN-RCR/7378
ESSA-ESDB-10 12NOV00 DEP 2110 ARR 2215
FL 350
TOW 51.4 LW 49.2 ZFW 45.7
TAXI 0.2/ 0:00
TRIP WC -52 2.2/ 0:53
ESMS -23 1.0/ 0:30
COMP 0.8/ 0:20
XTRA 0.0/ 0:00
ADD FUEL 0.0/ 0:00
FINAL RES 1.2/ 0:30
TTL FUEL 5.9/ 2:28
FUEL CHECK:
ELPAX4.3/ 0:24
ROUTING:
SID DKR UN872 MISMA LB IAL
ATS PLAN FILED:
[FPL-SAS191-IS
-B738/M-SY/C
-ESSA2110
-N043BP350 DCT DKR UN872 MISMA DCT LB
DCT
    
```

Tabla. 4.27. Mensaje con plan de vuelo.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

```

ACARS BEGIN - 99/05/31
1015114 .SE.DNM
TODC - 123ABC

SAS 737-600 SE-DNM
04FEB98 09:44 ESSA/01YA2
WIND=120/015 ONH=013 FT
OAT=035C BA=0.34
DAY OPS ONLY
WX ABOVE 10/100

FLAPS . 05
MAX TOW . 057.6
ACT TOW . 033.3
ACT WMAC . 19.0

FIELD . 068.0
CLIMB . 067.0
OBSTACLE . 068.0
IMP CLIMB . 068.0

MIN BA=0.27, RECALC REQ

-----
FULL THRUST:
V1 - 146
VR - 149
V2 - 156
MIN-MAX V1 - 129-146
ACCL ALT STD=0723FT
-----
DERATE 1, ASSUME T=40C:
V1 - 148
VR - 151
V2 - 158
MIN-MAX V1 - 129-148
ACCL ALT STD=0723FT
AFTER 10 MIN, CONTINUE
CLEAN-UP ON MCT
-----
DERATE 1, ASSUME T=37C:
V1 - 149
VR - 152
V2 - 159
MIN-MAX V1 - 129-149
ACCL ALT STD=0723FT
AFTER 10 MIN, CONTINUE
CLEAN-UP ON MCT
-----
DERATE 1, ASSUME T=34C:
V1 - 150
VR - 153
V2 - 160
MIN-MAX V1 - 129-150
ACCL ALT STD=0723FT
AFTER 10 MIN, CONTINUE
CLEAN-UP ON MCT
AFTER CLEAN-UP, MAINTAIN
VCLEAN UNTIL ALT=2600FT

```

Fig. 4.73. Reparte de TODC.

Reporte de demoras

Normalmente el piloto tiene la mejor información sobre el retraso de un vuelo (fig 4.74). El piloto puede enviar manualmente el informe sobre ACARS. El informe se envía al departamento del control de las operaciones de la aerolínea, actualizando la información del progreso del vuelo. Hay cuatro tipos de mensajes de demora: salida, despegue, en ruta y llegada (tabla 4.29).

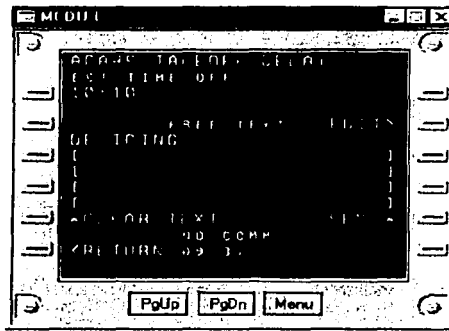


Fig. 4.74. MCDU con reporte de despegue, mostrando tiempo de salida estimado.

Tipo de mensaje de demora	Acontecimiento	Contenido Del Mensaje
Salida	El vuelo no sale	Tiempo de la salida estimada Tiempo estimado aerotransportado Razón del retraso
Despegue	Demora durante el rodamiento para el despegue, circulación detenida o densa.	Tiempo de la demora Tiempo estimado aerotransportado Razón del retraso
En ruta	Vientos adversos	Estimación de tiempo del aterrizaje
Llegada	Demora después de aterrizar para ocupar puerta de acceso	Tiempo estimado

Tabla. 4.29. Tipo de demoras.

Capítulo 4. Análisis y Diseño de la Red de Comunicaciones

Mensajes OOOI (Out, Off, On e In)

Una función básica de ACARS es enviar los mensajes automáticos del movimiento, referidos generalmente como OOOIs.

Los informes del movimiento son utilizados por el sistema de control de las operaciones de la aerolínea para seguir los movimientos del avión y progreso del vuelo. Se registran el tiempo de carreteo del avión y los tiempos en el aire. Se detectan las demoras, y los informes del movimiento se utilizan para generar estadística de la puntualidad (tabla 4.30).

Los mensajes de OOOI son enviados automáticamente, accionados por los sensores en el avión.

Movimiento	Acontecimiento	Condición de sensor	Mensaje
Out	Dejar la puerta o abandonar posición	El freno de estacionamiento desactivado, todas las puertas cerradas	Out time
Off	Despegue	Sensor de Aire/tierra en el tren de aterrizaje a "estado aerotransportado "	Out time Off time Initial ETA
On	Aterrizaje	Sensor de Aire/tierra en tren de aterrizaje a "estado de tierra"	On time
In	Llegada a sala y estacionamiento	Se aplica el sistema de freno de estacionamiento, cualquier puerta abierta.	In time

Tabla. 4.30. Tipos de mensajes OOOI.

ACMS

ACMS (Aircraft Condition Monitoring System, Sistema de Monitoreo de Condiciones de la Aeronave). Consiste en una computadora relacionada con el registrador de vuelo, también llamada "la caja negra". El sistema adquiere los parámetros de varios sistemas del avión. Los parámetros típicos son: velocidad del avión, altitud, posición, velocidades del rotor del motor, temperaturas, varias presiones, entre otras. En un avión moderno como el Boeing 767 y Boeing 737 hay más de 1000 parámetros (tabla 4.31).

```
041,AC-RBG,B737-600,860122,SK9999,EKCH,,ESSA,,1084,SK6003:,13,17,5
7,CN,4903,39012,236,,77,-51,8,-25,8,N5758,7,E01601,7,46821:,084,7,084
,7,090,7,090,6,597,0,596,7,002,5,002,2:,00908,00904,0060,0060,41,42,1
03,104:,0,40,1,29,0,41,2,04,0,04,0,16,0,22,0,17:,013,305,040,343:,110
0000011,51:,018CE,018CE,00000,00000,00009,00009::
```

Tabla. 4.31. Ejemplo de mensaje ACMS.

Mensajes *ETA*

Para el control eficaz de las operaciones es crítico estar informado sobre la actualización del tiempo estimado de arribo de un vuelo. *ACARS* proporciona la información de *ETA* a los sistemas de tierra de la aerolínea con la inicial *ETA*. En adición, el informe *off* se transmite la actualización de *ETA* enviada por el piloto.

Si la necesidad de actualización es del personal de tierra, este puede enviar un mensaje *uplink* con la petición de actualización de *ETA* al avión.

Condiciones meteorológicas del aeropuerto

El piloto puede solicitar y recibir en cualquier momento la información del clima del aeropuerto a través del sistema *ACARS*. Los datos del tiempo se obtienen de la propia base de datos del clima de la aerolínea y se imprimen en la impresora de la aeronave (tabla 4.32).

Esta aplicación permite que el piloto tenga un cuadro mejor de las condiciones atmosféricas en los aeropuertos de salida y de destino, así como en otros aeropuertos a lo largo de la ruta.

K	E	W	R		N	E	W	A	R	K	N	J		A	D		
RWYS 04R 22L 04L 22R 11 29																	
SA011200 05012KT 10SM BKN150 BKN250 18/07 A3019																	
B	I	E	G		E	G	I	L	S	S	T	A	D	I	R	A	D
RWYS 04 22																	
SA011300 21012KT 9999 FEW050 15/// Q0986																	
C	Y	Y	R		G	O	O	S	E	B	A	Y		A	D		
RWYS 08 26 16 34																	
SA011300 25014KT 15SM FEW050 SCT070 BKN090 17/09																	
A2982 RMK																	
SC2AC2AC3 /BLUE/ SLP100																	
Example of TAF message sent over ACARS																	
L	K	P	R		P	R	A	H	A		A	D					
RWYS 24 06 31 13																	
FC030918 35006KT 9999 SCT040 BECMG 0912 03008KT CAVOK																	
FT030400 031206 03004KT 5000 BR SKC TEMPO 1224																	
07008KT 9999																	
SCT035 BECMG 0204 1200 MIFG NSC																	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla. 4.32. Ejemplo de mensaje *ETA*.

Desviación de ruta

En general las desviaciones de ruta son raras y sin embargo ocurren, por ejemplo si un vuelo, por algún motivo (clima, falla técnica o falta de combustible) requiere ser

Reporte de transbordos a vuelos de conexión

El sistema se utiliza para obtener la información en relación a los vuelos de conexión normales, conexiones reservadas, procedimientos de llegada al aeropuerto, equipaje, entre otras.

La información de la transferencia se envía a la impresora. Esto significa que se tienen algunas limitaciones respecto a cuándo y cómo los mensajes se pueden comunicar a los pasajeros. La información será registrada en la impresora de la cabina cuando esté disponible. (tabla 4.34)

P A S S E N G E R I N F O - N E W						
ATT SK1310	ETA:1446	GATE: 11	TERM:	BC:		
SHORT CONNECTIONS						
DEST FLT	ETD	GATE TM	CITY			
-BOO SK350	1525	13	BODOE			
REBOOKED						
DEST FLT	ETD	N-ETD	N-FLT	GATE TM	CITY	
-TRD SK1358	1455	1600	SK1360		TRONDHEIM	
CONNECTIONS						
DEST FLT	ETD	GATE TM	CITY			
-MUC LH3009	1535		MUENCHEN			
-FDE WF127	1650		FOERDE			
-ARN SK1482	1730		STOCKHOLM/ARLANDA			
-BOO SK354	1800		BODOE			
-SVG SK1327	2145		STAVANGER			
-SVG SK1329	2230		STAVANGER			
SIGNED: AMO						

Tabla. 4.34. Ejemplo de mensaje de transbordos.

En el presente capítulo se definieron los parámetros de diseño, operación de la red de comunicaciones y la forma en que interactúan los diferentes subsistemas con la aplicación a una aerolínea comercial. En el siguiente capítulo se abordará el proceso de instalación y liberación de la red.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 5

INTEGRACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES

En el capítulo anterior se realizó el diseño de la red de comunicaciones, por lo cual se definieron todos los elementos que la integran. En este capítulo definiremos lo necesario para la integración, la realización de las pruebas de funcionamiento y la liberación de la red de comunicaciones.

5.1. IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN

En esta parte presentaremos el procedimiento de integración del CPCM y las diferentes estaciones requeridas para la implementación y el funcionamiento de la red de comunicaciones de acuerdo a lo definido en el capítulo anterior. El proceso se dividirá en dos partes: la primera comprenderá la implementación del CPCM y de la estación terrena por cableado interno, ya que estarán ubicados en el mismo lugar (aunque se describirá de manera separada su conectividad), y la segunda que comprenderá a las estaciones terrenas foráneas por cada tipo de configuración (*SCPC*, *TDMA* y *VSAT*).

En la tabla 5.1 presentamos la lista de los equipos que se requerirán para la instalación del CPCM y de todas las estaciones terrenas (tanto la de por cableado interno como las foráneas). En ella podemos apreciar que se listan tanto los equipos, como los accesorios necesarios para la colocación y protección del equipo, *racks* (gabinete) y *UPS* (*Uninterruptible Power Supply*, Fuente de Poder Ininterrumpible).

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

	Centro de Procesamiento, Control y Monitoreo	Estaciones Terrenas					Total
		CPCM	SCPC	TDMA	VSAT	Alambrado interno	
Número en la red	1	5	3	10	1	20	
Antena PD128		2	2	2	2	38	
Radio Transmisor-Receptor WCS-100		2	2	2	2	38	
Control de Estación Terrena GSC-101		2	2	2	2	38	
Control Remoto EIA Mark II			1			3	
Modem Onmimode 48	6	2	1	1		29	
Modem Onmimode 96	2					2	
Adaptador de Registro Automático de Línea RALA 122		1	1			8	
Módulo Mezclador Analógico AMM 42		1				5	
Sistema Administrador de Comunicaciones / Unidad Controladora de Datos CMS/DCU	3		1			6	
Multiplexor Omnimux TDM	13		1			16	
Líneas de respaldo DBU	6	2	2			22	
Producto de Acceso Digital (DAP)	2					2	
Multiplexor de Diagnóstico Externo (EDM)	2					2	
Equipo de Marcado (Soporte de líneas) CMS700	2					2	
PC's Pentium IV/2.4 GHz /256MB	6					6	
Laptop Pentium III/1.0GHz/256MB	1					1	
UPS		1	1	1		18	
Hub 10/100Mbps-Ethernet 16 pto.	1					1	
Racks	5	1	1	1		23	

Tabla 5.1. Equipos y accesorios requeridos en la red de comunicaciones.

En la tabla 5.2 se muestran la información de la potencia que cada equipo consumirá (en VA).

EQUIPOS	Consumo de potencia [VA]
Radio Receptor WR-100	25
Radio Transmisor WT-100	150
Controlador de Estación Terrena GSC-101	45
Control Remoto EIA Mark II	36
Modem Onnimode 48	96
Modem Onnimode 96	96
Adaptador de Registro Automático de Línea RALA 122	9
Módulo Mezclador Analógico AMM 42	23
Sistema Administrador de Comunicaciones / Unidad Controladora de Datos CMS/DCU	23/4 ptos. 24/8 ptos.
Multiplexor Omnimax TDM	96
Producto de Acceso Digital (DAP)	12
Multiplexor de Diagnóstico Externo (EDM)	12
Equipo de Marcado (Soporte de líneas) CMS700	20/controladora 7/adicional
PC's Pentium IV/2.4 GHz /256MB, DELL	430
Laptop Pentium III/1.0GHz/256MB,DELL	215
Hub 10/100Mbps-Ethernet 16 ptos, 3COM	2
Rack(ventilador)	21

Tabla 5.2. Consumo de potencia (en VA) por cada equipo instalado en la red.

En todo proyecto de instalación de equipo se debe seleccionar el lugar físico apropiado para la instalación. En esta red es un punto crítico, ya que el equipo estará ubicado dentro de las instalaciones de los aeropuertos seleccionados (las restricciones y la seguridad son mayores que en otros sitios).

Los racks que se emplearán para la colocación del equipo en el CPCM (incluyendo la estación cableado interno), y en todas las estaciones terrenas foráneas tienen las características siguientes:

- 1) Rack de metal inoxidable de altura 2m, ancho 0.6m y fondo 0.6m (2m x 0.6m x 0.6m).
- 2) Regleta de alimentación eléctrica multicontactos polarizada (10 contactos).
- 3) Ventilador de 0.20 m x 0.20 m, 120 V/CA(Corriente Alterna),20W. Ubicado en la tapa superior.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

- 4) Tiras metálicas perforadas en las cuatro esquinas para la ubicación de los dispositivos de montaje (charolas) para el equipo. Perforaciones cada 0.01m a lo largo de estas tiras.
- 5) Puertas traseras metálicas con cerradura.
- 6) Puerta delantera de acrílico con cerradura.
- 7) Con ruedas que eleven al *rack* a una altura de 0.1m, para que exista el espacio suficiente para los cables que salen por debajo de él (alimentación eléctrica de la regleta, coaxiales de las antenas y otros).

En la figura 5.1 se muestra un *rack* con las características antes mencionadas.



Figura 5.1. Rack para el montaje de equipo.

Para la alimentación eléctrica se requiere una energía regulada de 120V CA. Esto implica la instalación de un sistema de tierra física para protección del equipo. Un efectivo sistema de tierra física es necesario para este tipo de instalaciones ya que su misión es doble, primero reduce la posibilidad de una descarga eléctrica si alguna parte del equipo falla y el *rack* se electrifica. El segundo objetivo que el sistema de tierra debe cumplir es proporcionar una ruta de baja impedancia a tierra para cualquier corriente de RF (Radio

Frequency, Radio Frecuencia) parásita que se presente en el equipo. Estas corrientes parásitas pueden causar un mal funcionamiento del equipo y contribuyen a los problemas causados por las interferencias de radio frecuencia.

5.1.1. Estación del CPCM

Esta estación comprenderá a todos los equipos de procesamiento, control y monitoreo de todas y cada una de las estaciones terrenas (cableado interno y foráneas) instaladas que conforman la red.

En la tabla 5.3 se muestran los equipos a instalar en el CPCM, el número de éstos y los requerimientos de potencia(en VA) de acuerdo a la hoja de especificaciones técnicas, de cada uno de ellos.

EQUIPOS	Consumo de potencia individual [VA]	Número de equipos	Consumo Total de equipos [VA]
Líneas de respaldo DBU's			
Modem Omimode 48	96	6	576
Modem Omimode 96	96	2	192
Sistema Administrador de Comunicaciones / Unidad Controladora de Datos CMS/DCU	24/8 pto.	3	72/8 pto
Multiplexor Omnimux TDM	96	13	1248
Producto de Acceso Digital (DAP)	12	2	24
Multiplexor de Diagnóstico Externo (EDM)	12	2	24
Equipo de Marcado (Soporte de líneas) CMS700	20/controladora	2	40
PC's Pentium IV/2.4 GHz /256MB	430	6	2580
Laptop Pentium III/1.0GHz/256MB	215	1	215
Hub 10/100Mbps-Ethernet 8 pto.	2	1	2
Racks(ventilador)	21	5	105
Consumo total de energía en el CPCM			5078

Tabla 5.3. Lista de equipos y requerimientos de consumo de potencia por equipo instalado en el CPCM.

En la tabla encontramos que se toman en cuenta los equipos de cómputo y el hub *Ethernet* que se emplea para su interconexión con la red. También los *racks* donde se colocarán los equipos terminales de las estaciones terrenas, además de los equipos para la activación de los enlaces de respaldo por líneas corrimutadas.

De acuerdo a los datos mostrados en la misma tabla 5.3, podemos establecer el consumo de potencia total de el CPCM. Esta información se le proporcionará al área de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

SENEAM encargada de controlar los consumos de energía en sus instalaciones para que tengan en cuenta este consumo adicional de energía eléctrica.

Ubicación física

La estación del CPCM será colocada en las instalaciones de SENEAM (localizadas en la zona de hangares del AICM), donde se tendrá un cuarto asignado para ello. El local asignado será de 3m x 4.5 m, con paredes de acrílico, y equipado con energía eléctrica polarizada de 120V CA conectada a una unidad de respaldo de energía eléctrica, de acuerdo a los requerimientos nominales de operación de nuestro equipo y con sistema de aire acondicionado. Todos estos requisitos son proporcionados por SENEAM.

Configuración de equipos

En la tabla 5.4 se dan las direcciones(hexadecimales) que cada equipo *Omnimode* 48, 96 y TDM en el CPCM deben tener en su configuración para su control y monitoreo por parte del personal operativo del CPCM.

EQUIPOS		DIRECCION
OMNIMODE96	CPCM	001
OMNIMODE96	CPCM	002
OMNIMODE48	CPCM	003
OMNIMODE48	CPCM	004
OMNIMODE48	ACA CPCM	005
OMNIMODE48	GDL CPCM	010
OMNIMODE48	HMO CPCM	015
OMNIMODE48	MTY CPCM	020
OMNIMODE48	PVR CPCM	025
OMNIMODE	TDM CUN CPCM	030
OMNIMODE	TDM MZT CPCM	035
OMNIMODE	TDM SJD CPCM	040
OMNIMODE	TDM BJX CPCM	045
OMNIMODE	TDM CJS CPCM	050
OMNIMODE	TDM CUU CPCM	055
OMNIMODE	TDM LMM CPCM	060
OMNIMODE	TDM MID CPCM	065
OMNIMODE	TDM NLD CPCM	070
OMNIMODE	TDM TAM CPCM	075
OMNIMODE	TDM TIJ CPCM	080
OMNIMODE	TDM VER CPCM	085
OMNIMODE	TDM VSA CPCM	090

Tabla 5.4. Direcciones de configuración de equipos *Omnimode* en el CPCM.

En la tabla 5.5 se muestran las direcciones que deben tener configuradas los equipos CMS DCU A, B y C del mismo centro.

EQUIPOS	DIRECCION
CMS DCU A	100
CMS DCU B	101
CMS DCU C	102

Tabla 5.5. Direcciones de los equipos CMS DCU del CPCM.

Teniendo ya identificados los equipos que se requerirán para la instalación y las direcciones necesarias para los equipos configurables correspondientes, se procederá a la instalación propiamente dicha de la estación CPCM.

En la figura 5.2 tenemos el diagrama de interconexión detallado de todos los equipos del CPCM con los equipos locales de control de cada una de las estaciones terrenas.

Implementación

El cableado de todos los equipos que conforman el CPCM y la estación terrena en la Cd. de México (cableado interno) se realizará por ductos en el piso falso que tiene el local asignado (con el fin de evitar que exista un desorden de alambrado en los equipos y que pueda entorpecer la manipulación de éstos).

En el diagrama de la figura 5.2 se puede apreciar que las líneas de conexión están numeradas. Cada número identifica a un tipo de cable con una determinada configuración (*pinout*) en sus conectores para la operación correcta de los equipos. Esta última información se muestra en la tabla 5.6.

(1)	CABLE, RS232 DIRECTO 1 a 1, DB25 MACHO - DB25 HEMBRA
(2)	CABLE, RM5956-154A, 6 TERMINALES AMP- RJ45
(3)	CABLE, RM5956-854C, T-7, 6 TERMINALES AMP - 6 TERMINALES AMP
(4)	CABLE, RM5956-109A, ROLLOVER, DB25M-DB25M
(5)	CABLE, GSC-104, RS232 DATOS, DB25M - DB25M
(6)	CABLE, GSC-102, RADIO INTERFAZ
(7)	CABLE, 103A, RESET MODIFICADO, (DUAL)DB25M - 6 TERMINALES AMP
(8)	CABLE ADAPTADO, RM5956-872*
(9)	CABLE, RS232 DATOS, (2) DB25M - DB25M
(10)	CABLE, UTP CAT5, RJ45 - RJ45
(11)	CABLE COAXIAL RG-213 A/U
(12)	CABLE, ADAPTADOR DE ENLACE, DB9M - DB25M

Tabla 5.6. Códigos y configuraciones de cables empleados en la instalación del CPCM.

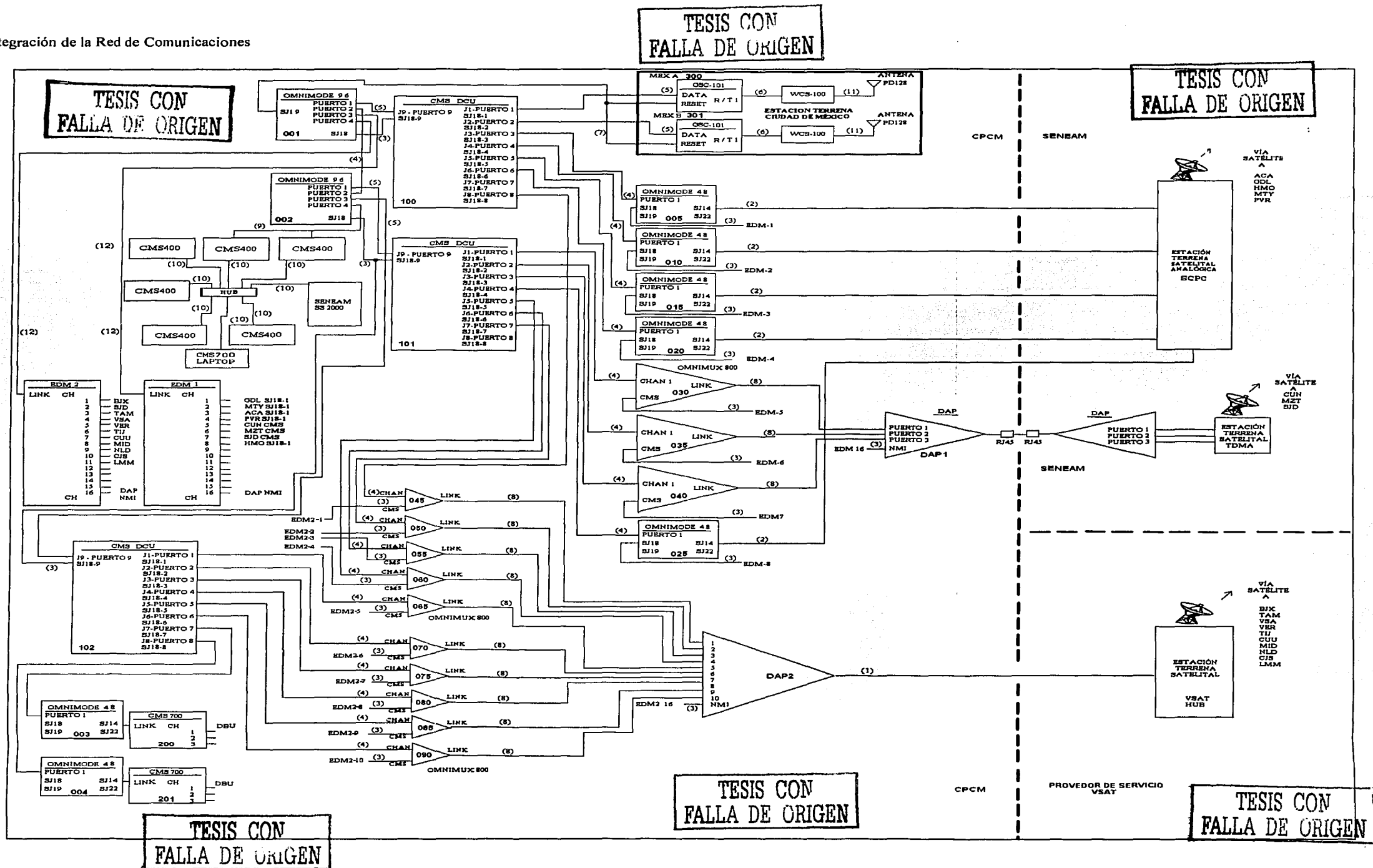


Figura 5.2. Diagrama de interconexión del CPCM y de la estación terrena por cableado interno (México) donde se muestra además la conectividad con el equipo de SENEAM.

En la figura 5.3 se indica la distribución de los equipos y racks en el local donde estará instalado todo el sistema de monitoreo y control de la red, y el equipo de la estación terrena por cableado interno. En ella se muestran los 5 racks y 4 de las 7 computadoras con las que se estará realizando el procesamiento, control y monitoreo de toda la red, las otras tres están en los racks. También se encuentran las impresoras donde se descarga la información de manera impresa(texto).

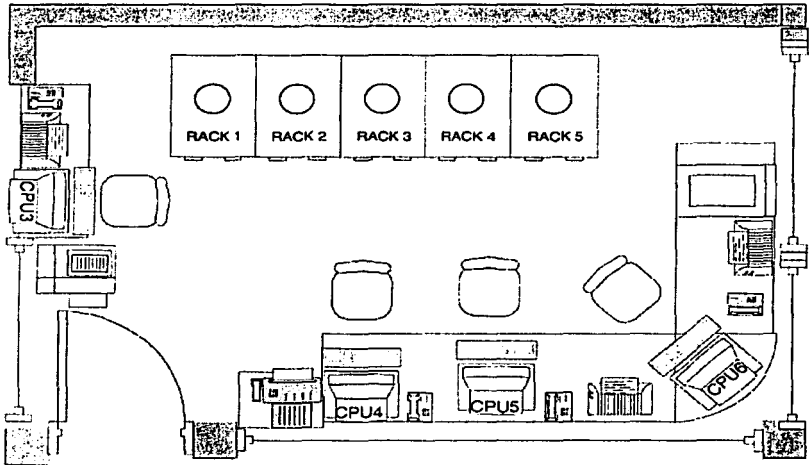


Figura 5.3. Distribución de estación CPCM.

En la figura 5.4 se muestra la distribución del equipo en los racks 1 y 2 (vista frontal). Se indican los equipos del CPCM y cada uno de los equipos conectados al enlace de las diferentes estaciones terrenas con su dirección correspondiente.

Aquí podemos ver dos más de las computadoras que están instaladas en el CPCM y sirven para la operación del sistema CMS400.

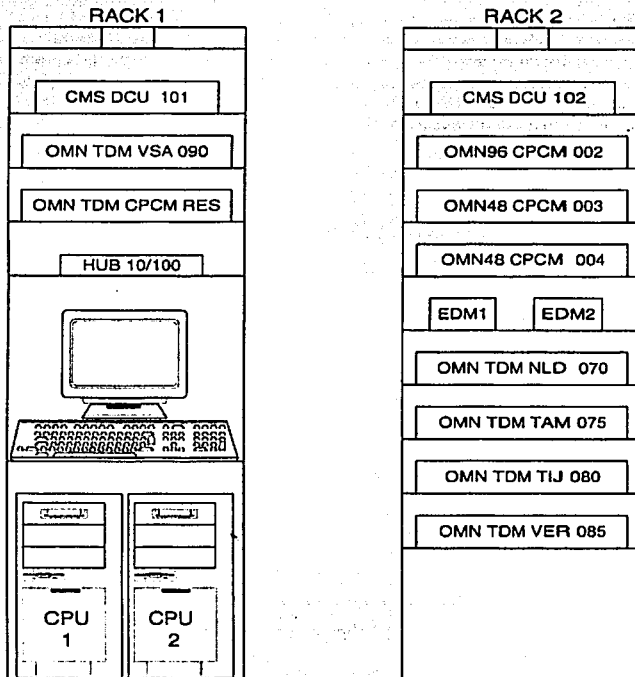


Figura 5.4. Ubicación de equipos del CPCM.

En la figura 5.5 se muestra la distribución del resto de los equipos en los racks 3 y 4. Se pueden observar en el rack 3 los equipos del CPCM y los equipos de la estación terrena por cableado interno. Esta es más sencilla que las otras estaciones terrenas debido a que, por su ubicación en el CPCM, no requiere de equipo adicional.

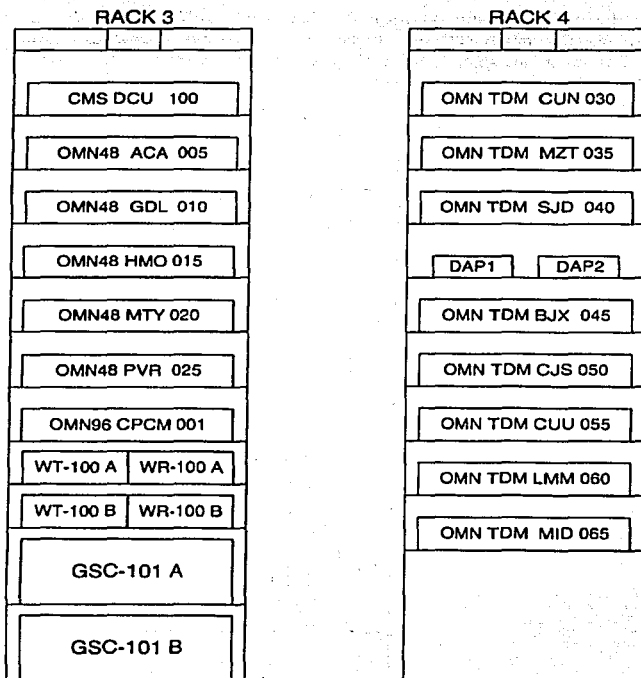


Figura 5.5. Distribución de equipos del CPCM y estación terrena por cableado interno.

En las figuras 5.2, 5.4 y 5.5 se indica también en cada equipo un número de tres dígitos. Esta numeración es parte de la configuración de cada equipo activo y se usa para que sea reconocido en la red, y pueda ser accedido por los operadores del CPCM para su control y monitoreo operativo.

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

La figura 5.6 muestra el equipo del sistema *CMS700* que se utiliza para activar los enlaces de respaldo por líneas conmutadas para las estaciones terrenas foráneas, en el caso de la pérdida del enlace satelital proporcionado por *SENEAM (SCPC y TDMA)*.

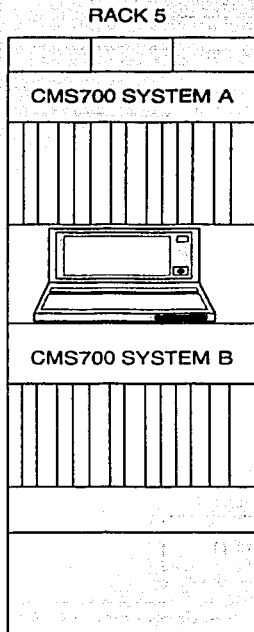


Figura 5.6. Sistema de respaldo DBU CMS700.

En la figura 5.7 se presenta la interconexión física de la red de computadoras marcadas en el diagrama general. Esta red está configurada como una red *Ethernet 10/100* Mbps y tiene una topología de estrella simple. En estas computadoras están instalados los sistemas que están corriendo simultáneamente los procesos y tareas operativas de la red de comunicaciones. La selección de este tipo de topología para la interconexión de los equipos de cómputo, se basó en el hecho de que en caso de que alguna quede fuera de servicio por cualquier circunstancia, las demás continúan con los procesos y tareas activos.

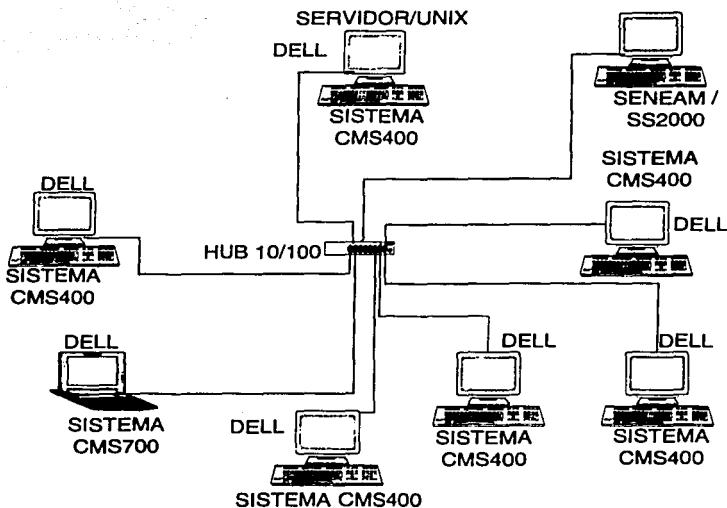


Figura 5.7. Red Ethernet 10/100 del CPCM.

La selección de esta topología se basó también, en que presenta menores fallas de conectividad y cuando se presentan son muy fáciles de identificar y solucionar.

Aunque en la figura se observa que existe un servidor dedicado corriendo el sistema Unix, en caso de falla de éste, cualquiera de los demás equipos están habilitados para asumir la misma función realizada por él y de ésta manera seguir con los procesos.

5.1.2. Implementación de la estación terrena por cableado interno

En la figura 5.8 se muestra el diagrama de interconexión de la estación terrena por cableado interno en la que se ve que las líneas de conexión están numeradas (con el fin de describir las especificaciones de configuración (*pinout*) de cada cable). Se distinguen el equipo CMS/DCU(A) y el *Omnimode96* que pertenecen al CPCM (pero se presentan para indicar la conectividad de la estación con ellos).

En la tabla 5.7 se muestran las direcciones de los equipos *GSC-101*.

EQUIPO	DIRECCION (HEXADECIMAL)
GSC-101 A	300
GSC-101 B	301

Tabla 5.7. Direcciones de los equipos GSC-101.

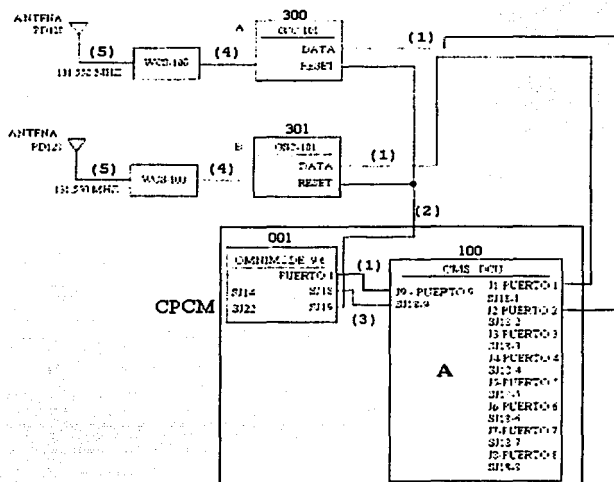
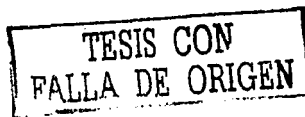


Figura 5.8. Diagrama de bloques estación terrestre en centro México.

En la tabla 5.8 se listan los equipos de la estación terrestre por cableado interno.

EQUIPOS	Cantidad	Consumo[VA]
Antena PD128	2	
Radio Receptor WR-100	2	50
Radio Transmisor WT-100	2	300
Controlador de Estación Terrena GSC-101	2	90
Total potencia consumida por la estación		440

Tabla 5.8. Equipo instalado para estación terrestre por cableado interno y su consumo de potencia en VA.



En la tabla 5.9 se describe el código de los cables, el tipo de configuración y los conectores empleados.

(1)	CABLE, GSC104, RS-232 DATOS, DB25M-DB25M
(2)	CABLE, 103A, MODIFICADO P/RESET, (2)DB25M – 6 TERMINALES AMP
(3)	CABLE, RM5956-854, T-7, 6 TERMINALES AMP – 6 TERMINALES AMP
(4)	CABLE, GSC102, RADIO INTERFACE
(5)	CABLE COAXIAL RG-213 A/U

Tabla 5.9. Código, configuración y tipo de conectores de los cables para estación terrena por cableado interno.

Para la instalación física de esta estación se hará uso de la referencia presentada en la figura 5.5, donde se observa la distribución de equipo de acuerdo al tamaño de éstos (abajo el más grande, arriba el más pequeño). Para el cableado de interconexión de los equipos se hará uso de la figura 5.8 y de la tabla 5.9.

Las antenas serán colocadas en la azotea del edificio ya que, como se comentó anteriormente, la antena necesita tener rango de "visión" (línea de vista) sobre las pistas y las plataformas de llegada y salida del aeropuerto para lograr una adecuada transmisión y recepción de los mensajes cuando el avión está en tierra.

El cableado de las antenas se hará a través de las escalerillas y ductos que, para este fin, tiene SENEAM ya instalados. Se emplearán dos cables coaxial del tipo RG-213A/U con la longitud de 20 m establecida en el capítulo anterior (con esto se consigue dejar un rizo de cable en ambos lados por cualquier eventualidad). Se colocarán los conectores coaxiales del tipo N en ambos extremos del cable y para conectar a la antena se usará un conector hembra (*jack/82-63*) y al WT-100 un conector macho (*plug/82-202RFX*).

Finalmente se asegurará que todos las conexiones de cables y sus respectivos conectores estén adecuadamente implementados.

5.1.3. Estaciones terrenas foráneas

Ahora nos enfocaremos en la instalación de las diversas estaciones terrenas remotas. Estas se dividen en estaciones conectadas por SENEAM vía canal satelital *SCPC*, estaciones enlazadas vía canal satelital *TDMA*, y las estaciones conectadas mediante enlace satelital *VSAT* a través del proveedor del servicio COMSAT. Todas estas estaciones estarán ubicadas en las instalaciones del edificio de SENEAM de la localidad foránea correspondiente.

Debido a que el equipo se instalará en un solo *rack*, el espacio que ocupará es pequeño en las estaciones terrenas foráneas y no impactará en el espacio del local de SENEAM.

Para las estaciones terrenas foráneas los requerimientos son diferentes. Se deberá instalar un circuito de energía eléctrica separado del de SENEAM. Pero se aprovechará el aire acondicionado instalado en estas localidades (donde la temperatura adecuada del local deberá ser entre 18 y 20 grados centígrados para cumplir con los requerimientos de operación de los equipos instalados).

Alimentación eléctrica

Para esta parte, las instalaciones eléctricas en las diferentes estaciones foráneas la realizarán empresas externas con los requerimientos que se solicitan para ellas. La alimentación de energía eléctrica debe ser separada de la instalada para los equipos del SENEAM con la finalidad de que no se presente algún incidente que pueda ser atribuido a nuestros equipos. Los requerimientos de energía eléctrica necesarios para la alimentación de nuestros equipos será con las siguientes especificaciones:

- 1) Energía eléctrica de 120V CA / 60 Hz, polarizada
- 2) Tierra física con 0 V entre tierra y neutro.
- 3) Contacto doble polarizado en la pared del local.

Los contactos deberán estar colocados en la pared próxima cercana al *rack* donde este el equipo instalado, para acceder sin problemas a éste y poder conectar el *UPS*.

Las configuraciones antes mencionadas (*SCPC*, *TDMA* y *VSAT*) realmente se refieren al modo de conexión para el envío y recepción de información hacia y desde la estación, pero constan con el mismo tipo de equipo básico instalado (de acuerdo a como se definió en el capítulo 4).

Distribución del equipo

Se han indicado las características necesarias del local donde el equipo va a estar instalado y de los diferentes dispositivos que serán utilizados para la operación de cada estación terrena. Ahora describiremos como el equipo será ubicado en el *rack* de acuerdo a la configuración del tipo de estación terrena. De hecho, como varias estaciones tienen la misma configuración, sólo se describirán las estaciones tipo para abreviar los diagramas y explicaciones requeridas.

Estación conectada mediante canal satelital *SCPC* de SENEAM

En la figura 5.9 se muestra el diagrama de bloques de la estación terrena conectada mediante el canal satelital *SCPC* de SENEAM con los identificadores de cada cable utilizado en la interconexión de los dispositivos.

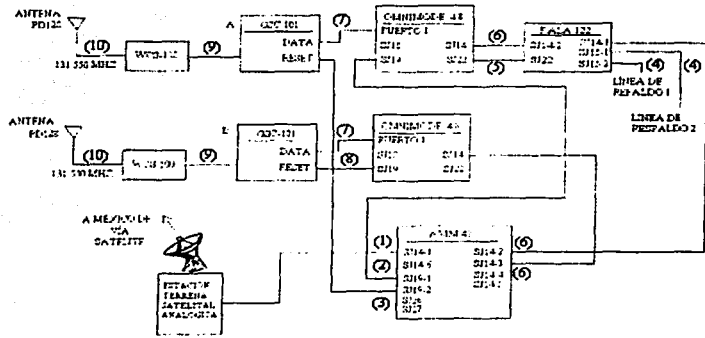


Figura 5.9. Descripción de cables de conexión en estación conectada por SCPC.

Se puede observar que esta estación tiene un equipo descrito anteriormente para el respaldo del envío y recepción de datos mediante una línea telefónica normal. Esto para en caso de que la conectividad por el canal satelital falle, de manera remota desde el CPCM se envíen las señales de control necesarias para activar este proceso de respaldo a través de estas líneas.

En la tabla 5.10 se presenta la lista y cantidad de equipos necesarios para la instalación de este tipo de estaciones remotas. Se entiende que este equipo se instala por cada una de las estaciones terrenas implementadas con este tipo de enlace.

EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO [VA]
Antena PD128	2	
Radio Receptor WR-100	2	50
Radio Transmisor WT-100	2	300
Controlador de Estación Terrena GSC-101	2	90
Omnimode48	2	192
AMM-42	1	23
RALA-122	1	9
Consumo Total de la estación		664
UPS 1425 [VA]/950[W]	1	

Tabla 5.10. Equipos empleados en instalación de estación terrena SCPC y consumo de potencia en VA.

En la tabla anterior se puede observar que se contará con una UPS, cuya capacidad está dimensionada de acuerdo al consumo de las estaciones terrenas correspondientes y proyectando un crecimiento o expansión de cada una de ellas de un 5% anual en un período de 6 años.

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

Este cálculo del dimensionamiento se explica a continuación. De acuerdo a los elementos instalados en las estaciones terrenas, podemos ver que en realidad la carga es totalmente resistiva. En cuestiones eléctricas existe un parámetro denominado factor de potencia (fp) el cual debe tener idealmente un valor de 1 para cuando la carga es totalmente resistiva, pero para casos prácticos tiene un valor de entre 0.95 y 0.98, ello porque no hay carga real totalmente resistiva. Se tomó el valor de $fp = 0.7$, el cual es un caso crítico y como sabemos, debemos hacer cálculos con el peor de los casos para dimensionar adecuadamente nuestro consumo total de potencia en las estaciones terrenas.

Así, de esta manera se obtienen los valores en VA del total del consumo de potencia de los equipos. Se hizo de la siguiente manera:

$$\text{Consumo total de la estación} = 664 \text{ [VA]}$$

$$\text{Factor de crecimiento (Fc)} = 0.5 \Rightarrow \text{a seis años } Fct = (0.5)(6) = 0.3$$

$$\text{UPS cap} = \text{Consumo total de la estación} \times \text{Factor de crecimiento a seis años}$$

$$\text{UPS cap} = 664[\text{VA}] (1.30) = 863 \text{ [VA]}$$

De esta manera se obtiene el valor estimado de consumo de potencia, para un período de seis años de la estación terrena correspondiente.

De acuerdo a la capacidad obtenida anteriormente, y a que no existen en el mercado UPS con esa capacidad exacta, se seleccionó una UPS de 1425[VA]/950[W] disponible en el mercado y la cual se presentó en la tabla anterior.

En la tabla 5.11 se presentan los tipos de cables empleados para la conectividad de esta estación.

(1)	CABLE TELEFONICO, 6 TERMINALES AMP-
(2)	CABLE, RM5956-154C , T-7, 6 TERMINALES AMP-6 TERMINALES AMP
(3)	CABLE, ACARS-103, RESET MODIFICADO
(4)	CABLE, RM5956-149B, TELEFONICO 8 TERMINALES-8 TERMINALES /AMP
(5)	CABLE, RM5956-155D , RALA, 10 TERMINALES AMP-10 TERMINALES AMP
(6)	CABLE, RM5956154B, AUDIO, 6 TERMINALES AMP-6 TERMINALES AMP
(7)	CABLE, GSC-104, DATOS RS232, DB25M-DB25M
(8)	CABLE, GSC-103, RESET ESTANDAR
(9)	CABLE, GSC-102, RADIO INTERFAZ
(10)	CABLE, COAXIAL RG-213 A/U

Tabla 5.11. Código, configuración y tipo de conector de cables para estación SCPC.

En la tabla 5.12 se dan las direcciones correspondientes a los *Omnimode48* y *GSC-101*, de las estaciones respectivas.

EQUIPO	DIRECCION (HEXADECIMAL)
GSC-101 A/B ACA	302/303
GSC-101 A/B GDL	304/305
GSC-101 A/B HMO	306/307
GSC-101 A/B MTY	308/309
GSC-101 A/B PVR	30A/30B
OMNIMODE 48 A/B ACA	201/202
OMNIMODE 48 A/B GDL	203/204
OMNIMODE48 A/B HMO	205/206
OMNIMODE48 A/B MTY	207/208
OMNIMODE48 A/B PVR	209/20A

Tabla 5.12. Direcciones de equipos en estaciones SCPC.

En la figura 5.10 podemos ver la distribución del equipo en el *rack*, para las estaciones con este tipo de configuración.

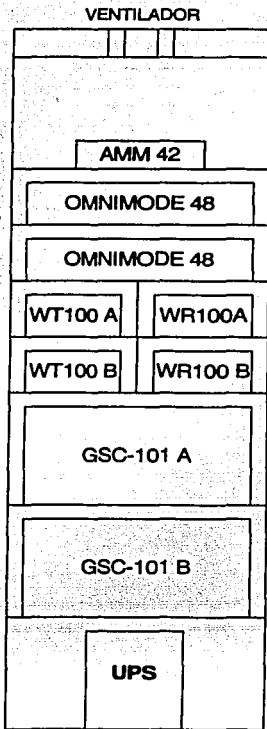


Figura 5.10. Distribución de equipo de estación conectada por SCPC.

Para su instalación, se procede de acuerdo al mismo criterio de colocación del equipo empleado en la estación terrena por cableado interno.

Estación conectada mediante canal TDMA de SENEAM

En la figura 5.11 se muestra el diagrama de bloques de la estación terrena conectada mediante el canal satelital TDMA de SENEAM y la identificación de cada cable utilizado para la interconexión de los dispositivos.

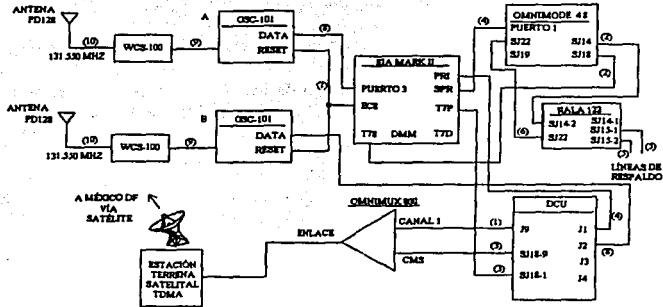


Figura 5.11. Identificación de cableado en estación conectada mediante TDMA.

En la figura anterior se observa que esta configuración es similar a la de la estación conectada vía SCPC. Las diferencias son que en ésta se sustituye al puente analógico AMM-42 por el equipo digital EIA MARK II para la conectividad de esta configuración, además del uso de un Omnimux-TDM/800 y un equipo CMS/DCU.

En la tabla 5.13 se muestra el equipo utilizado en la implementación de este tipo de estaciones terrenas. También se define que este equipo se utiliza por cada una de las estaciones terrenas instaladas.

EQUIPOS	Cantidad	Consumo(VA)
Antena PD128	2	
Radio Receptor WR-100	2	50
Radio Transmisor WT-100	2	300
Controlador de Estación Terrena GSC-101	2	90
Omnimode-48	2	192
Omnimux TDM/800	1	96
CMS/DCU 4 pto.	1	23
EIA Mark II	1	36
RALA-122	1	9
Consumo total de potencia de la estación		796
UPS 1425 [VA]/ 950 [W]	1	

Tabla 5.13. Equipo empleado en la instalación de las estaciones terrenas TDMA.

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

De la misma forma que en la anterior configuración, aquí haremos un cálculo con el mismo factor de crecimiento anual a 6 años, lo que nos da un 30% más de capacidad de potencia para de esta manera seleccionar el *UPS* adecuado a este tipo de estaciones terrenas.

$$UPS = 796[VA](1.30) = 1034 [VA]$$

Por ello se selecciona a la *UPS* con la capacidad mostrada en la tabla anterior.

En la tabla 5.14 se indica la numeración de las líneas de interconexión, necesarias para la identificación de la configuración utilizada en los cables empleados para la conectividad de la estación.

(1)	CABLE, RS232, DIRECTO 1 a 1, DB25M - DB25H
(2)	CABLE, RM5956-154B, AUDIO, 6 TERMINALES AMP-6 TERMINALES AMP
(3)	CABLE, RM5956-854C, T-7, 6 TERMINALES AMP-6 TERMINALES AMP
(4)	CABLE, RM5956-100C, RS232 ROLLOVER, DB25M-DB25H
(5)	CABLE, RM5956-149B, MODULAR TELEFONICO, 8 TERMINALES - 8 TERMINALES
(6)	CABLE, RM5956-855D, RALA, 10 TERMINALES AMP-10 TERMINALES AMP
(7)	CABLE, GSC-103A, RESET MODIFICADO, (DOBLE)DB25M-6 TERMINALES AMP
(8)	CABLE, GSC-104, RS232, DATOS, DB25M-DB25M
(9)	CABLE, RADIO INTERFAZ
(10)	CABLE COAXIAL RG-213 A/U

Tabla 5.14. Código, configuración y tipo de conectores estación TDMA.

En la tabla 5.15 se proporcionan las direcciones asignadas para los equipos *GSC-101*, *Omnimode48*, *CMS DCU* y *OmnimuxTDM* de este tipo de estaciones.

EQUIPO	DIRECCION (HEXADECIMAL)
GSC-101 A/B CUN	30C/30D
GSC-101 A/B MZT	30E/30F
GSC-101 A/B SJD	310/311
OMNIMODE 48 A/B CUN	20B/20C
OMNIMODE 48 A/B MZT	20D/20E
OMNIMODE48 A/B SJD	20F/210
CMS DCU CUN	00A
CMS DCU MZT	00B
CMS DCU SJD	00C
OMNIMUX TDM CUN	031
OMNIMUX TDM MZT	036
OMNIMUX TDM SJD	041

Tabla 5.15. Direcciones de equipos en estaciones TDMA.

Estación conectada por VSAT

En esta estación se tiene la configuración mostrada en la figura 5.12. Se indican los equipos que se emplearán para la instalación y funcionamiento de una estación con servicio VSAT. De igual manera que en los anteriores tipos de estaciones, se tienen 2 unidades de algunos equipos para respaldo en caso de falla del equipo principal. El equipo de respaldo está operando también en línea, y permite seguir proporcionando el servicio sin interrupción alguna.

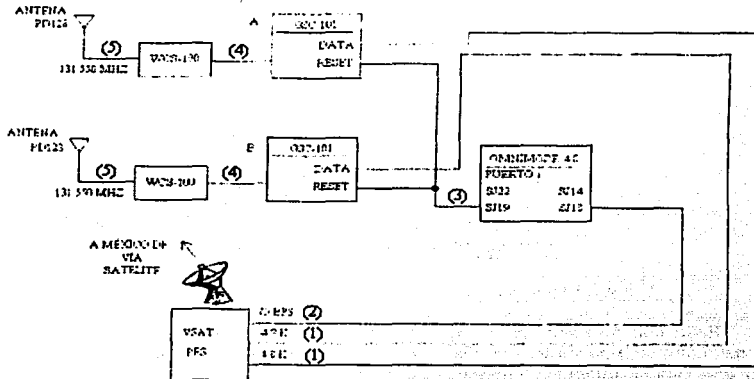


Figura 5.12. Diagrama de identificación de cableado de estación terrena configuración VSAT.

En la tabla 5.16 se proporcionan las direcciones para los equipos GSC-101 y Omnimode48 de estas estaciones.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

EQUIPO	DIRECCION (HEXADECIMAL)
GSC-101 A/B BJX	312/313
GSC-101 A/B CJS	314/315
GSC-101 A/B CUU	316/317
GSC-101 A/B LMM	318/319
GSC-101 A/B MID	31A/31B
GSC-101 A/B NLD	31C/31D
GSC-101 A/B TAM	31E/31F
GSC-101 A/B TIJ	320/321
GSC-101 A/B VER	322/323
GSC-101 A/B VSA	324/325
OMNIMODE 48 BJX	046
OMNIMODE48 CJS	051
OMNIMODE48 CUU	056
OMNIMODE48 LMM	061
OMNIMODE48 MID	066
OMNIMODE48 NLD	071
OMNIMODE48 TAM	076
OMNIMODE48 TIJ	081
OMNIMODE48 VER	086
OMNIMODE48 VSA	091

Tabla 5.16. Direcciones asignadas a los equipos en estaciones VSAT.

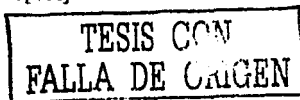
En la tabla 5.17 se listan los equipos empleados para la instalación de las estaciones terrenas con este tipo de enlace. De la misma manera que en los dos tipos de enlaces anteriores para las estaciones terrenas, este equipo se utiliza por cada una de las estaciones terrenas enlazadas por VSAT.

EQUIPOS	Cantidad	Consumo[VA]
Antena PD128	2	
Radio Receptor WR-100	2	50
Radio Transmisor WT-100	2	300
Controlador de Estación Terrena GSC-101	2	90
Omnimode48	1	96
PES 6000	1	100
Consumo total de potencia		636
UPS 1425 [VA] / 950 [W]	1	

Tabla 5.17. Equipo instalado en estaciones terrenas VSAT.

Se realizará el cálculo con un factor de crecimiento anual de 5%, también a 6 años, lo que nos da un factor de 30% más sobre el valor obtenido, de esta manera dimensionamos el UPS requerido para este tipo de estaciones terrenas.

$$UPS_{Scap} = 636[VA](1.30) = 826[VA]$$



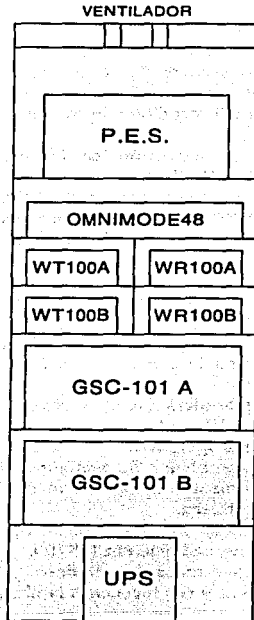
De acuerdo al resultado anterior, se establece el valor del *UPS* requerido.

Se describe la configuración de cables necesarios para su operación en la tabla 5.18.

(1)	ACARS DATA, CABLE DIRECTO 1-1,DB25M-DB25M
(2)	ACARS CTRL RMT-7, 6 TERMINALES AMP-DB25M
(3)	ACARS RESET VSAT, 6 TERMINALES AMP – DOBLE DB25M
(4)	ACARS GSC-102,RADIO INTERFAZ 14S,RECTANGULAR 7D-14 TERMINALES
(5)	CABLE COAXIAL RG-213 A/U

Tabla 5.18. Código, configuración y tipo de conectores estación VSAT.

En la figura 5.13 se muestra la disposición de equipos en el *rack* instalado.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 5.13. Disposición de equipo en estación remota VSAT.

5.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, PUESTA A PUNTO Y LIBERACIÓN

Para las estaciones conectadas mediante los canales satelitales *SCPC* y *TDMA*, el procedimiento de pruebas, puesta a punto, y liberación de la estación en correcta operación es el mismo. Se tendrán que hacer en coordinación con personal de SENEAM por si surge alguna complicación con el enlace satelital.

Para las estaciones conectadas mediante *VSAT*, el procedimiento cambia, ya que se tienen que realizar las pruebas con el personal de la empresa COMSAT y los operadores del CPCM.

Todas las actividades de instalación, pruebas de funcionamiento, puesta a punto y liberación, se harán de manera calendarizada previendo la activación de los servicios requeridos previamente.

5.2.1. Pruebas, puesta a punto y liberación del CPCM

Después de haber hecho la instalación física del equipo y sus interconexiones físicas se procederá a su puesta en operación para, de manera local, comprobar que están los equipos funcionando adecuadamente (encendido y operación).

1. Se iniciará con la activación de los sistemas en los equipos de cómputo (*CMS400* y *CMS700*).
2. Se procederá a la puesta en operación de los *Omnimode48* y los *Omnimode96*, los cuales tendrán que estar configurados con sus parámetros y direcciones correspondientes de operación.
3. De igual manera, se continuará con la activación y configuración de los *OmnimuxTDM*.
4. Se encenderán y configurarán con sus parámetros correspondientes los equipos *CMS DCU*.
5. Se continuará con los equipos *EDM* y *DAP*, apropiadamente configurados.
6. Después, se realizará la activación de los equipos de los respaldos por *DBU's*, los *CMS700*.
7. En este punto se procederá a la activación de pruebas mediante el sistema *CMS400*, a través del cual se accederá a cada uno de los equipos para determinar su estado operativo.
8. Habiendo resuelto problemas de configuraciones incorrectas, se procederá a verificar nuevamente la operatividad de los equipos que hayan presentado este problema.
9. Se verificará que todos y cada uno de los equipos responda correctamente a las pruebas hechas mediante el *CMS400*.
10. Se determinará que todos los equipos y sistemas del CPCM estén operativamente listos y se procederá a la liberación operativa del centro.

Habiendo hecho la comprobación local de respuesta de los equipos a estas pruebas, se podrá determinar que el CPCM está operando totalmente y se procederá al registro de dichos equipos en el sistema de control.

5.2.2 Pruebas, puesta a punto y liberación de la estación terrena por cableado interno

A continuación se llevará a cabo el procedimiento para establecer la funcionalidad y operatividad de esta estación terrena. Al estar esta estación en las mismas instalaciones que el CPCM, si surge algún problema será más rápida su detección y solución.

1. Se procederá con el encendido de los equipos de radio, *WT-100/WR-100* (A y B).
2. Se continuará con la activación de los equipos *GSC-101* (A y B) que estarán configurados de acuerdo con las direcciones proporcionadas en la tabla 5.6.
3. El operador del CPCM enviará comandos mediante el sistema *CMS400* hacia los *GSC-101* para comprobar su conectividad.
4. De igual forma se enviarán señales de prueba hacia los radios *WT-100/WR-100* para comprobar el nivel de potencia al que están operando.
5. Al resultar aceptable la funcionalidad de la estación, se mantendrá bajo prueba durante un período mínimo de 4 horas para poder registrar suficiente tráfico de mensajes (envío y recepción) y, de esta manera, establecer el nivel operacional de la estación terrena.
6. Se registrarán los datos arrojados por las pruebas en el sistema y considerando que el equipo está en un rango operativo aceptable (entre 85% y 99%). Se procederá a la autorización de liberación operativa de la estación terrena.
7. Se procederá a dar de alta la estación en el sistema como activa y operativa.

5.2.3. Pruebas, puesta a punto y liberación en estaciones *SCPC* y *TDMA*

Enseguida se procederá con las estaciones remotas. Para realizar este procedimiento se debe estar en la localidad remota y después de finalizar la instalación del equipo, se establecerá comunicación con los operadores del CPCM para el inicio de las pruebas respectivas.

El operador del CPCM a cargo de las pruebas previamente habrá verificado con el personal a cargo del área de IDS (Ingeniería de Servicios/SENEAM), en la Ciudad de México, que el enlace ya está hecho físicamente y activado tanto local como remotamente en la estación terrena correspondiente.

Se confirmará esto último con el personal de IDS/SENEAM de la localidad remota correspondiente. De esta manera procederemos a activar el equipo correspondiente en la estación terrena remota.

Se iniciará por el encendido de los *GSC-101*, previamente configurados con las direcciones correspondientes, proporcionadas en las tablas 5.11 y 5.14.

Se proseguirá con los radios *WT-100/WR-100* (A y B).

En las estaciones *SCPC* se procederá a la activación de los *Omnimode48* (A y B) con sus direcciones igualmente proporcionadas en la tabla 5.11.

Se proseguirá con los equipos *AMM-42* y *RALA-122*.

En las estaciones *TDMA* se continuará con el *EIA MARK II* y el *RALA-122*.

Se continuará con los equipos *CMS DCU*, *Omnimode48* y *OmnimuxTDM*, configurados de acuerdo a las direcciones dadas en la tabla 5.14.

Cuando en la estación estén todos los equipos activos, se establecerá comunicación con el operador del CPCM para coordinar las pruebas correspondientes.

Ya con los equipos activos, el personal del CPCM procederá, mediante el sistema *CMS400*, a acceder a los diferentes equipos para comprobar su operatividad y funcionalidad.

En estas estaciones se realizarán pruebas con el sistema *CMS700*, a través del cual se accederá a los equipos *RALA-122*, se deshabilitará el enlace por canal satelital y se procederá a activarlo por las líneas de respaldo (*DBU*, *Dial Back-up*).

Resultando satisfactoria la prueba de respaldo, se procederá mediante el sistema a deshabilitar el enlace por las líneas de respaldo y reactivarlo por el canal satelital.

En caso de alguna situación imprevista con algún equipo de la estación remota, el operador del CPCM nos lo hará saber para hacer algún ajuste en el equipo o, de ser necesario, efectuar su reemplazo.

Habiendo realizado todas las pruebas pertinentes a los equipos de estas estaciones y estando el equipo en un nivel operativo aceptable, se mantendrá el equipo bajo prueba un periodo mínimo de 4 horas para que se pueda captar la suficiente cantidad de mensajes y establecer de esta manera el nivel operativo de la estación.

El personal del CPCM verificará, después del periodo de pruebas, la integridad de los mensajes enviados y recibidos a través de la descarga de esta información desde los equipos *GSC-101* de la estación remota correspondiente.

Teniendo verificada la integridad de la información, se procederá a dar de alta la estación correspondiente en el sistema como estación activa. Se autorizará la liberación operacional apropiada de la estación terrena correspondiente.

Lo anterior se hará saber para confirmar que la estación se deja operando apropiadamente y se proceda a cerrar el reporte correspondiente de liberación autorizada.

5.2.4. Pruebas, puesta a punto y liberación de estaciones VSAT

Ahora, se llevará a cabo el procedimiento para determinar la funcionalidad y operatividad de las estaciones terrenas por *VSAT*.

Habiendo ya instalado todos los equipos y verificado la correcta interconexión entre ellos de acuerdo a las figuras anteriormente especificadas.

1. Se procederá a la activación de los *WT-100/WR-100* (A y B).
2. A continuación se activarán los equipos *GSC-101* (A y B), configuradas previamente sus direcciones de acuerdo a la tabla 5.15.
3. Posteriormente se activará el *Omnimode48*, también configurado con su dirección de acuerdo a la tabla 5.15
4. Se establecerá comunicación con el personal del CPCM para el inicio de las pruebas respectivas.
5. El operador del CPCM, a través del sistema *CMS400*, accederá al *Omnimode48* verificando su correcta configuración y operatividad. Esto es porque es el primer equipo al que el operador del CPCM puede acceder.

6. Enseguida, accederá a los equipos *GSC-101* (A y B) para determinar su operatividad.
7. Se continuará con el envío de una prueba para revisar la operatividad de los radios *WT-100/WR-100* (A y B).
8. Estableciendo que los equipos de la estación están operando adecuadamente, se mantendrá a la estación bajo prueba por un tiempo mínimo de 4 horas, ello para que pueda registrar la mayor cantidad de tráfico de mensajes (envío y recepción).
9. Después de este tiempo de pruebas, el operador procederá a descargar la información almacenada en los *GSC-101* de la estación remota y verificará la integridad de la misma. Así se establecerá el nivel de operatividad de la estación.
10. Si después de revisar la información registrada existe algún problema, se procederá a hacer el ajuste en donde el operador del *CPCM* determine haya alguna situación anómala.
11. En caso de que el problema sea en la estación terrena remota, se establecerá comunicación con el operador del *CPCM* para hacer los ajustes en el equipo que presenta el problema y, de ser necesario, proceder a su reemplazo.
12. Volviendo a realizar una serie de pruebas y determinar que la estación está operando de manera aceptable, se procederá a su registro en el sistema como activa y operativa.
13. Se hará saber lo anterior para, de igual manera, proceder a cerrar el reporte de instalación y liberación operativa de la estación terrena correspondiente.

Después de realizar estos procedimientos en la instalación de todas y cada una de las estaciones terrenas de la red, así como del *CPCM*, se procederá a determinar la liberación operacional positiva de toda la red de comunicaciones.

5.3. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

En esta parte haremos una descripción general de los equipos empleados para la implementación de la red de comunicaciones respecto a sus características operacionales de interconexión.

Entre los principales equipos que integran la red se encuentran:

- *Ground Station Controller(GSC-101)*
- *WT-100/WR-100(WCS-100)*
- *Omnimode48/96*
- *OmnimuxTDM/800*
- *Digital Access Product(DAP)*
- *Registered Automatic Line Access (RALA-122)*
- *Communications Management System/Data Control Unit (CMS/DCU)*
- *Analog Mixing Module(AMM-42)*
- *External Diagnostic Multiplexer(EDM)*
- *Personal Earth Station(PES6000)*
- *Antenna Celwave PD-128*
- *Uninterruptible Power Supply(UPS)*

A continuación se hará la descripción física y operativa de los equipos.

GSC-101

Los equipos *GSC-101* están presentes en todas las estaciones terrenas. De hecho, como se mencionó en el capítulo anterior, hay dos de estos equipos en cada una de ellas debido a la operación de una estación terrena en paralelo como soporte en línea en caso de falla de la principal.

El panel frontal del *GSC-101* se muestra en la figura 5.14. Tiene dos tarjetas en su interior: la *DCC (Data Control Card, Tarjeta de Control de Datos)* y la *AGMC (Air Ground Modem Card, Tarjeta de Modem Tierra Aire)*. Mediante estas dos tarjetas el controlador recibe y envía los datos que se almacenan en su memoria.

En la figura podemos ver que en la parte frontal del *GSC-101* se tiene acceso a la tarjeta de la fuente de poder, la cual tiene un interruptor de encendido/apagado.

La tarjeta *DCC* tiene un panel frontal con un selector de dirección integrado por perillas circulares que permiten configurar al equipo con una dirección única para su identificación en la red. Tiene un puerto de monitoreo, que en conjunto con el interruptor *PORT SELECT*, se utiliza cuando es necesario monitorear la actividad de datos en el equipo mediante un Analizador de Datos. También cuenta con varios *LEDs* indicadores: *POWER*, que se enciende cuando el equipo está en funcionamiento; *UPLINK BUFFER*, que se ilumina cuando los mensajes de subida (*uplink*) están en espera de ser transmitidos o en proceso de transmisión por la tarjeta *AGMC* (el *GSC-101* tiene capacidad de almacenar

en su *buffer* un máximo de tres mensajes de *uplink*); *DOWNLINK BUFFER*, que indica cuando uno o más mensajes de bajada (*downlink*) están en espera de ser transmitidos hacia el CPCM (puede almacenar en su *buffer* un máximo de dieciséis mensajes *downlink*); y el *TEST MODE*, que se activa cuando se realizan pruebas de diagnóstico por el personal del CPCM o cuando se enciende el *GSC-101* (por aproximadamente un segundo mientras se realizan diagnósticos internos).

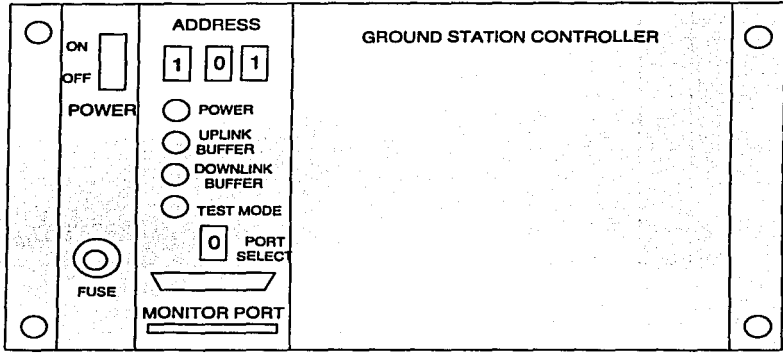


Fig. 5.14. Panel de configuración y de estado del equipo GSC-101.

En la figura 5.15 se muestra la vista posterior del *GSC-101*, donde, debido a que el equipo es capaz de manejar hasta seis tarjetas *AGCM*, cada tarjeta tiene asignado un puerto transceptor, uno para la frecuencia base de trabajo y los demás para tarjetas opcionales con otras frecuencias de operación. Estas últimas son accedidas mediante un conector DB15. En nuestro caso usaremos un puerto, ya que únicamente utilizamos la frecuencia de operación 131.550 MHz.

Se tienen también dos puertos seriales con conectores DB25 hembra (tipo *RS-232*): uno identificado como *DATA* y el otro como *RESET*, seis puertos con conectores DB9 macho para conectarse con los radios *WT-100* y *WR-100*. En nuestra aplicación únicamente utilizaremos el primer puerto de los conectores DB9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

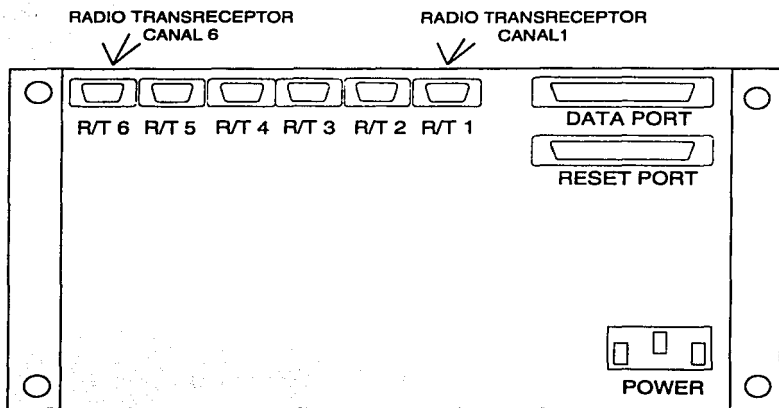


Fig. 5.15. Puertos de comunicación del GSC-101.

Un aspecto importante en la configuración de estos equipos es la asignación de las direcciones en los equipos *GSC-101* para todas las localidades. Esto es para que, como se mencionó anteriormente, los equipos tengan una dirección única y sean accedidos, con fines de control y monitoreo remoto, a través del sistema por el personal del CPCM.

WT-100 / WR-100(WCS-100)

El *WT-100* es un transmisor de frecuencia fija (131.550 MHz para nuestro caso) y con una potencia de salida ajustada a 18 W, figura 5.16). En su parte frontal están: el interruptor de energía eléctrica, dos *LED's* indicadores (Encendido *PWR* y Transmisión *XMIT*), y el puerto(*MIC*) de conexión para un micrófono frontal.

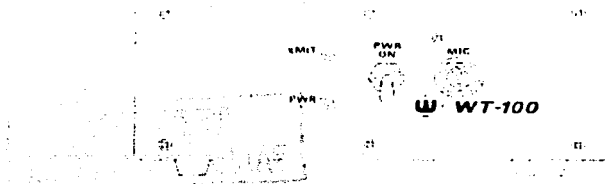


Fig. 5.16. Transmisor WT-100 (vista frontal).

En la figura 5.17 se muestra la vista frontal del receptor *WR-100* con los elementos que lo componen: los controles de *VOL* (*volume*: volumen) y *SQL* (*squelch*: silenciador). En el interior se encuentra la bocina.

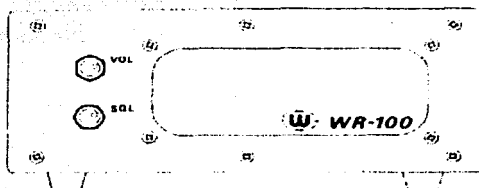


Fig. 5.17. Receptor *WR-100* (vista frontal).

En las figuras 5.18 y 5.19 se muestran, en la parte posterior, los puertos de interconexión del *WT-100* y el *WR-100*. Los dos equipos funcionan interconectados entre para su operación.

En la figura 5.18 se puede observar el conector de alimentación eléctrica, dos entradas de fusibles de protección marcados como F1 y F2, dos controles para ajustes marcados como *MIC* y *REMOTE*, dos conectores rectangulares de nueve terminales marcados como J1 y P1 y dos conectores coaxiales: uno para la antena (*ANTENNA*) y el otro para conectar al receptor (*TO RECEIVER*).

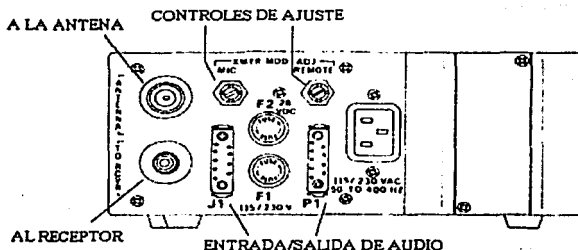


Fig. 5.18. Puertos de conexión del *WT-100*.

En la figura 5.19 identificamos al conector coaxial (*ANTENNA*) a través del cual se conecta al transmisor, dos controles de ajuste (*REMOTE AUDIO* y *EXT SPKR*), dos fusibles de protección y un conector rectangular hembra de 14 terminales.

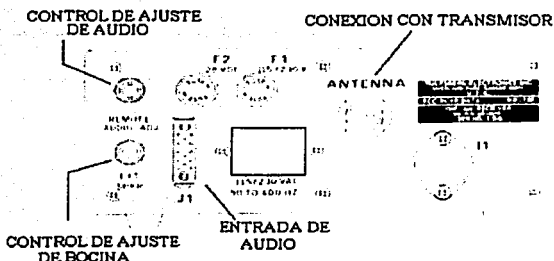


Fig. 5.19. Puertos de conexión del WR-100.

Los puertos J1 y P1 de WT-100 y el puerto J1 del WR-100 se conectan con el puerto R/T1 del GSC-101 para la transmisión o recepción de los datos mediante el cable tipo "Y", descrito en la tabla 5.5 de la implementación de las estaciones terrenas.

Omnimode 48/96

Estos equipos, el Omnimode48 y el Omnimode96, son similares. La única diferencia es su velocidad de operación. El primero opera a 4800 bps y el otro a 9600 bps. En la figura 5.20 se muestra el *display* (pantalla de desplegado o estado), que muestra el estado del equipo y sus parámetros de configuración, y el panel de control con el cual, mediante el uso de las respectivas teclas se pueden ajustar o modificar dichos parámetros. Estos parámetros incluyen a la dirección, que identifica individualmente a cada equipo, y sus *soft straps* (configuración vía software).



Fig. 5.20. Panel de control y pantalla de estado.

En la figura 5.21 se muestra la parte posterior del Omnimode 48/96, donde se localizan los puertos de datos, los puertos de control y la entrada de alimentación de AC.

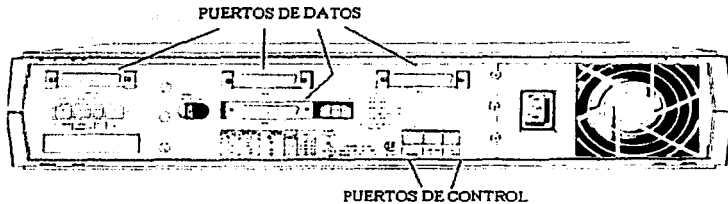


Fig. 5.21. Puertos de conectividad del Omnimode48/96.

Los puertos de datos son del tipo estándar RS-232.

Operación del Omnimode 48/96

El Omnimode 48 tiene tres *LED's* indicadores en la parte izquierda del panel frontal: el indicador *LOCAL* se enciende cuando el módem se opera en modo local, el indicador *TEST* se enciende cuando el módem realiza algún tipo de prueba y el indicador *REMOTE* se enciende cuando se realizan pruebas a distancia en algún punto de la red.

Entre la información que puede consultarse en la pantalla del Omnimode-48 está la siguiente:

- Velocidad de operación
- Puertos activos
- Calidad de la señal
- Nivel de la línea de recepción
- Estado de la señal *EIA*(*Electronic Industries Alliance*, Alianza de Industrias de Electrónica)
- Pruebas activas / pruebas disponibles
- Mostrar direcciones

Un cursor se ilumina en la pantalla para mostrar la información que puede ser consultada o modificada. Con las teclas de las flechas (subir o bajar) se elige la información específica. La tecla * mueve el cursor de izquierda a derecha.

La tecla *UNIT SELECT* se utiliza para direccionar un Omnimode 48 remoto, tecleando el número de dirección asignado a éste.

La tecla *PORT SELECT* se utiliza para escoger un puerto específico de un Multipuerto Omnimode 48 para monitorearlo, probarlo o controlarlo.

La tecla *TEST* muestra en la pantalla todas las pruebas realizadas al Omnimode 48.

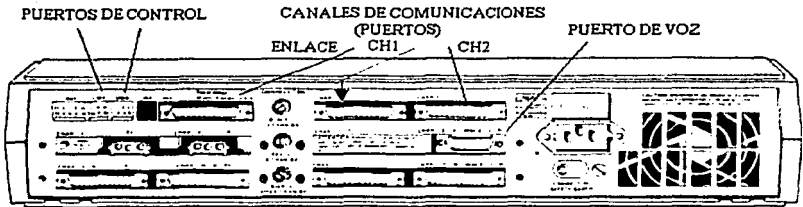


Fig. 5.23. Puertos de conexión del Omnimux TDM/800.

El panel de control del Omnimux TDM/800 es la interfaz primaria con el usuario. Con él se configuran local y remotamente estas unidades, se obtienen los estados de operación, se corren pruebas de funcionamiento y otras tareas de control del sistema. El Omnimux TDM/800 puede ser controlado por un Omnimux TDM/800 remoto o por un administrador de red llamado CMS (*Communications Management Series*, Series de Administradores de Comunicaciones).

En la tabla 5.19 se presenta una descripción de las indicaciones que proporcionan los LED's indicadores del panel frontal.

INDICADOR	FUNCIÓN
Sync (verde)	ACTIVADO cuando los TDM's local y remoto están en sincronía
Loop (amarillo)	ACTIVADO cuando una o más pruebas (<i>loopbacks</i>) están activas en el canal (o canales) del enlace agregado. Este destella cuando la suma de las velocidades de los canales excede el ancho de banda disponible, o cuando existe un parámetro inválido del canal. Sólo en un canal secundario de datos se puede transmitir durante una condición de este tipo.
Pwr (rojo)	ACTIVADO cuando la energía de DC es proporcionada. Este destella cuando el TDM es re-inicializado (<i>reset</i>) por un corte de energía momentáneo, cuando una protección se activa, o cuando se presiona el botón de RESET en la tarjeta agregada. Si el LED permanece apagado cuando el equipo está encendido, entonces indica un posible problema con la fuente de poder debido a un bajo voltaje en la línea de 45 Volts.

Tabla 5.19. Estado de LEDs indicadores.

Después de que el Omnimux TDM se conecta a la red y se instala apropiadamente como parte operativa de la arquitectura del sistema, la unidad está lista para ser configurada por el CPCM. El operador del CPCM introducirá todos los parámetros de configuración a través del panel de control. El equipo presentará una serie de menús en la pantalla de cristal líquido (LCD, *Liquid Cristal Display*).

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

El árbol de funciones interno del Omnimax TDM/800 se presenta en la tabla 5.20. Este diagrama muestra la secuencia de las funciones con el panel de control y su relación con otras opciones de configuración.

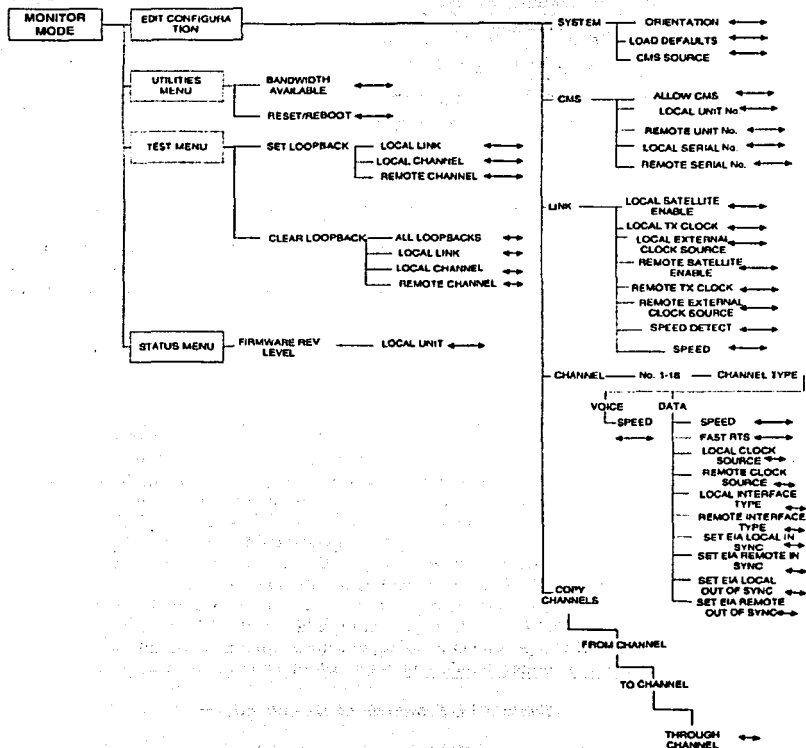


Tabla 5.20. Menú de configuración del Omnimax TDM/800.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

DAP

El *DAP* es un equipo extremadamente compacto y con características que nos permiten reducir el número de líneas de enlace en una red y simplificar el uso de estos servicios.

Diseñada para cubrir la función de compartir puertos, la unidad opera con equipos asíncronos o síncronos. Cuenta con un canal secundario administrador de puertos que permite reconfigurar puertos y recibir alarmas sin necesidad de interrumpir el flujo principal de datos. Si las líneas dedicadas del enlace fallan, el *DAP* tiene la capacidad de enrutar la transmisión de datos a las líneas de respaldo conmutadas (*DBU, Dial Back-Up*). Este equipo se empleará para la conectividad entre las instalaciones del servicio de enlace *VSAT (COMSAT)* y el *CPCM/SENEAM*, que se hace mediante una línea privada. También se emplea para conectar los equipos enlazados mediante *TDMA*, ubicados en el *CPCM* con la estación terrena de *SENEAM*.

En la figura 5.24 presentamos en el panel frontal la pantalla de *LCD* que presenta los parámetros de configuración del equipo y los botones para configurar dichos parámetros.

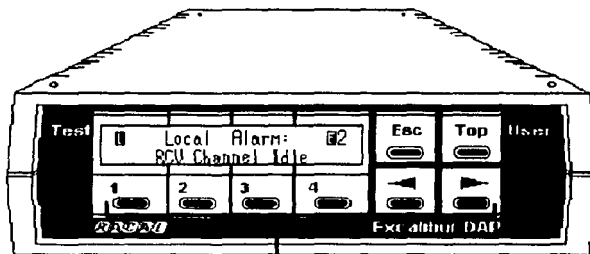


Fig. 5.24. Panel frontal del *DAP*.

El control del *DAP* es muy sencillo. Se realiza a través del menú del panel frontal del equipo. Los indicadores desplegados en la pantalla de *LCD* guían a través de cada proceso operativo. Para introducir un comando se presiona simplemente el botón que está localizado debajo de la opción deseada (presentada en la pantalla de *LCD*).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

En la figura 5.25 podemos ver los puertos de interconexión del tipo micro-conectores de 26 terminales.

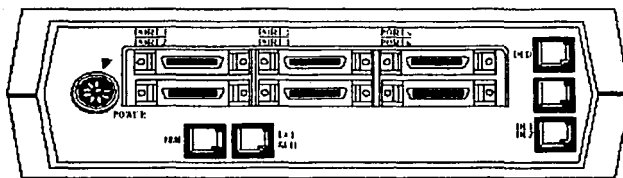


Fig. 5.25. Puertos de conexión del DAP.

Para un mejor control en la red, el *DAP* opera con el sistema CMS400. Este último proporciona una administración sofisticada de base de datos, un análisis de rendimiento, el aislamiento de fallas y las funcionalidades de restauración de la red.

RALA-122

El equipo Rala-122 es usado para conectar las líneas comerciales de respaldo (adicionales a las líneas dedicadas del servicio normal) o para otro tipo de servicio de enlace. En la figura 5.26 se muestran en el panel frontal dos *LEDS* indicadores, que se activan cuando se conmuta del servicio por líneas dedicadas a las líneas comerciales, y tres botones de control para realizar el proceso de forma manual (de manera remota se hace el proceso automáticamente mediante el sistema).

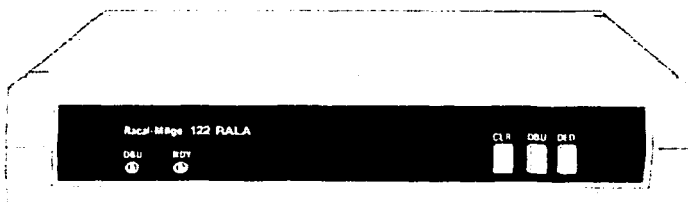


Fig. 5.26. Panel frontal del Rala-122.

En la figura 5.27 se presentan los puertos de interconexión del equipo *RALA-122* del tipo de 6PIN *AMP*. El equipo también tiene las entradas para utilizar líneas dedicadas en algún enlace y, de esta manera, proporcionar el respaldo de comunicaciones mediante las líneas conmutadas al detectar la pérdida de señal en las dedicadas. En nuestro caso particular, hacemos uso de enlaces por líneas dedicadas para las estaciones conectadas mediante enlace satelital *VSAT*, pero solamente desde la ubicación del proveedor del enlace

(COMSAT) hacia el CPCM/SENEAM. En las estaciones con este tipo de enlace no se tiene respaldo por *DBU*. En las estaciones donde está instalado este equipo, *TDMA* y *SCPC*, el control y activación lo hace el CPCM a través de los comandos *RMC* al equipo.

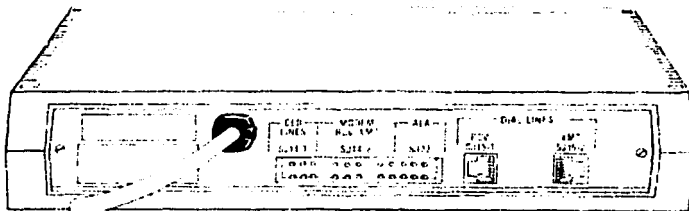


Fig. 5.27. Vista de los puertos de conexión del Rala-122.

En la Red de Comunicaciones se utilizarán 8 *RALA-122* en total: 5 *RALA* en estaciones terrenas *SCPC* (uno por cada estación) y 3 *RALA* en estaciones terrenas *TDMA* (también uno por cada estación).

CMS-DCU

El equipo *CMS-DCU* que se utilizará constará de dos modelos: uno de cuatro puertos y otro de ocho puertos. En la figura 5.28 se muestra el modelo de cuatro puertos, que en la parte frontal consta de unos *LED's* indicadores, nueve para este modelo, incluyendo el de indicación de encendido, y cinco botones para acceder a los parámetros de configuración.

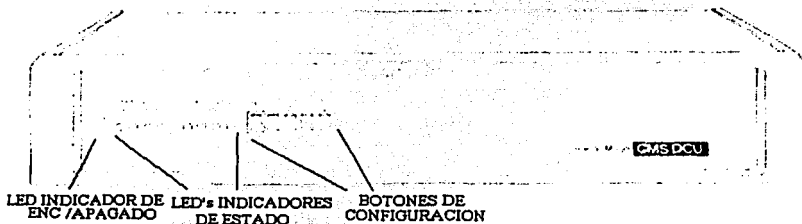


Figura 5.28. Panel de control y configuración del CMS-DCU de 4 puertos.

En la figura 5.29 se muestra el panel frontal del modelo de ocho puertos, el cual cuenta con dieciocho *LED*'s indicadores de estado, incluyendo el de indicación de encendido y el de puertos, y nueve botones de acceso a los parámetros de configuración.

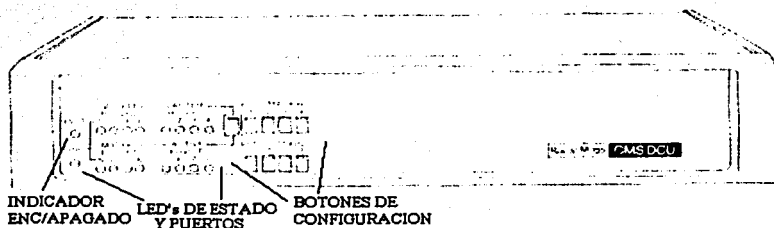


Figura 5.29. Panel de control y configuración del CMS-DCU de 8 puertos.

En la figura 5.30 se muestra la parte posterior del modelo de 4 puertos, el cual consta de 5 conectores tipo RS-232, un macho y cuatro hembras, identificados como J9, J1, J2, J3 y J4 respectivamente y que sirven para la interconexión de los Omnimodem-48/96 y los Omnimux-TDM/800, así como dos conectores cuadrados de seis terminales del tipo AMP, identificados como SJ18-1 y SJ18-9, utilizados para señalización de control.

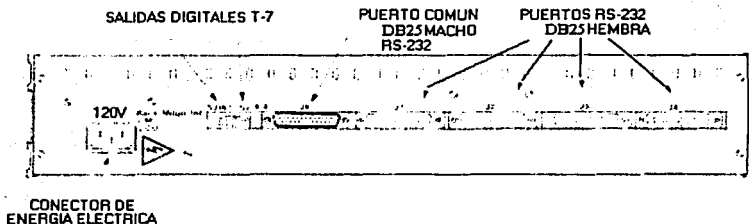


Figura 5.30. Puertos de conexión del CMS-DCU de 4 puertos.

Para el modelo de ocho puertos, mostrado en la figura 5.31, se tienen nueve conectores tipo RS-232, un macho y ocho hembras, identificados como J9, J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7 y J8, respectivamente así como nueve puertos cuadrados de seis terminales tipo AMP macho, lo que le permite conectar más dispositivos y controlar a estos a través de las señales de control T-7.

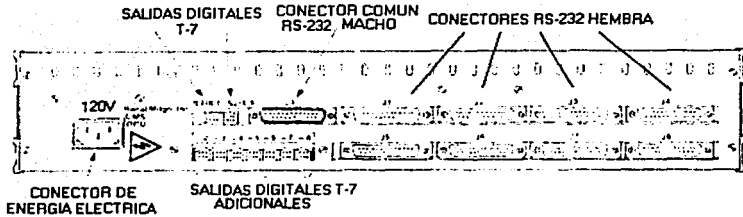


Figura 5.31. Puertos de conexión del CMS-DCU de 8 puertos.

El *DCU* (*Data Control Unit*, Unidad de Control de Datos) es un dispositivo de y para extensión de red diseñado para el puerto que comparte el modem cuando se encuentra con función de poleo (revisión de puertos para posible transmisión o recepción de datos). El *DCU* básico tiene prioridad sobre otros dispositivos permitiendo compartir un modem o un puerto de un procesador. Con una tarjeta opcional adicional el *DCU* puede soportar hasta ocho dispositivos. Cualquier combinación de modems o terminales puede ser usada en una configuración de red.

A continuación presentaremos la configuración del *DCU*:

Para el presente trabajo se configurará en modo de puertos compartidos. El *DCU* permite hasta ocho dispositivos que comparten el procesador y cualquier combinación de módems o terminales pueden ser utilizados. Los elementos de configuración para la distribución son proporcionados por una de las tres fuentes siguientes y se muestra en la tabla 5.21.

El reloj transmita en los tiempos del <i>DCU</i> con el puerto compartido No.1
El reloj del procesador
Generador de velocidad para transmisión en <i>bauds</i> interno (seleccionar de 600 a 9600 <i>bauds</i>)

Tabla 5.21. Elementos de configuración para la distribución.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

La configuración del cable No. 5956-109E-XX que conecta del puerto del procesador al DCU se muestra en la tabla 5.22.

CONECTOR (PROCESADOR)	CONECTOR (DCU)
TERMINAL	TERMINAL
1	1
2	3
3	2
4	8
5	5
6	20
7	7
8	4
15	15
17	24
20	6
24	17

Tabla 5.22. Configuración (pinout) de conectores del cable de enlace.

En la tabla siguiente, la 5.23 se muestra la señalización presente en cada terminal del conector en el lado del DCU.

TERMINAL	SEÑAL	CONECTOR J9	CONECTOR J1-J8
1	TIERRA		
2	TRANSMISION DE DATOS	SALIDA	ENTRADA
3	RECEPCION DE DATOS	ENTRADA	SALIDA
4	REQUERIMIENTO DE ENVIO	SALIDA	ENTRADA
5	LISTO PARA ENVIAR	PUENTE	SALIDA
6	DATOS LISTOS	ENTRADA	SALIDA
7	TIERRA DE SEÑAL		
8	DETECTOR DE PORTADORA	ENTRADA	SALIDA
15	RELOJ DE TRANSMISION	PUENTE	SALIDA
17	RELOJ DE RECEPCION	ENTRADA	SALIDA
20	TERMINAL DE DATOS LISTO	SALIDA	ENTRADA
24	RELOJ EXTERNO DE TRANSMISION	SALIDA	ENTRADA

Tabla 5.23. Señalización de cada terminal del conector en el DCU.

El CMS/DCU funciona como compartidor de puertos o como modem, según como el dispositivo sea configurado para funcionar en una red específica. Todas las funciones del panel delantero que modifican el estado del DCU (enmascaramiento del puerto y modificación de configuración) pueden ser inhabilitadas mediante el envío de comandos por controlador NDC/CMS (Network Diagnostic Controller/Communications Management

Series, Controlador de Diagnostico de Red/Serie de Administrador de Comunicaciones). En la figura 5.32 podemos ver los controles empleados para este proceso de enmascarar puertos.

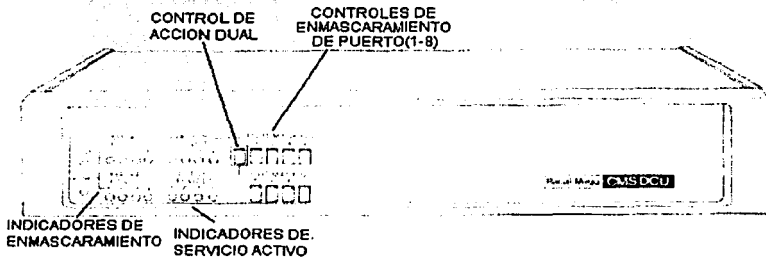


Figura 5.32. Controles para el enmascaramiento de puertos.

Indicadores *masked* RTS/CDS: El estado depende de la posición de los *pushboton*'s que controlan la acción dual. Si el control de acción dual está cerrado, indicará que puerto particular se encuentra enmascarado. Si el control de acción dual se encuentra abierto, el *LED* permanecerá encendido, esto indicará que los puertos tienen las señales activas en espera. Los *LED*'s son en color amarillo.

Indicadores de servicio activos: Depende de la posición de los *LED*'s de color verde, cuando la acción dual se encuentra bloqueada los *LED*'s encenderán e indicarán que los puertos se encuentran activos y los dispositivos externos pueden ser conectados.

Control de acción dual: Con los *pushboton*'s se despliega el enmascaramiento activando los puertos 4 a 8 respectivamente, cada uno con su *LED* correspondiente; cuando se desactiva cada uno de los puertos los *LED*'s van activándose indicando que ese puerto se encuentra inactivo.

Control de puerto enmascarado: La acción momentánea de los *pushboton*'s provoca al activarlos que uno de estos mandos para un puerto seleccionado quede enmascarado en forma remota por el *DCU*. El estado del *DCU* se tiene que revisar para saber si se encuentra enmascarado o no.

La operación de diagnóstico del *DCU* implica la intervención central de la señalización T-7 sobre el canal, después se envían órdenes del operador de diagnóstico de la red al *DCU* y se activa la alarma específica conforme a las operaciones que pueden surgir en forma diaria.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

AMM-42

El *AMM* (*Analog Mixing Module*, Modulo Mezclador Analógico), es un equipo capaz de transmitir información por medio de 4 canales remotos y cuenta con dos canales para modems. Este dispositivo conecta uno o dos modems a la línea telefónica, cuenta con salida y entrada para la línea telefónica con señal combinada, señal regenerada y señal fuerte. Cuando éste es conectado, la red puede ser ampliada para conectar otros *AMM* en cascada(serie), de esta manera se forma un amplio sistema de comunicaciones, limitado únicamente por la inducción de ruido. El ruido depende del número de dispositivos *AMM* que se encuentren conectados en cascada al sistema.

El *AMM* puede ser adicionado con un control de *bit*, el cual permite el control de los canales individuales y el poleo continuo de los canales múltiples desde la locación central, a través del control y diagnóstico de la red mediante el sistema *Racal-Milgo 185* o la serie de supervisión en comunicación *CMS-1000/CMS-2000*.

Se puede ver en la figura 5.33 que el *AMM-42* en su parte frontal tiene diez *LED*'s indicadores, cuatro potenciómetros de ajuste y cuatro botones para acceder a sus parámetros de configuración.

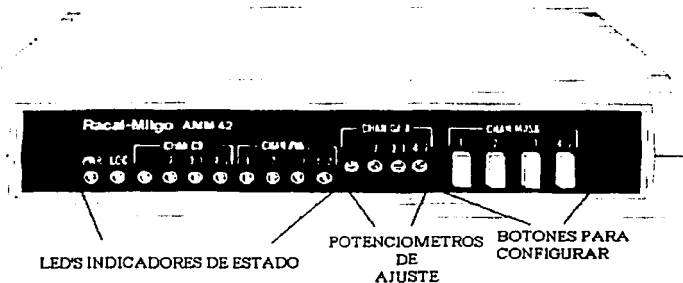


Figura 5.33. Panel de estado y ajuste del AMM-42.

En la parte posterior, mostrada en la figura 5.34, se puede observar que tiene diez puertos para conectores rectangulares macho de seis terminales tipo *AMP*, para su interconexión con los demás equipos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

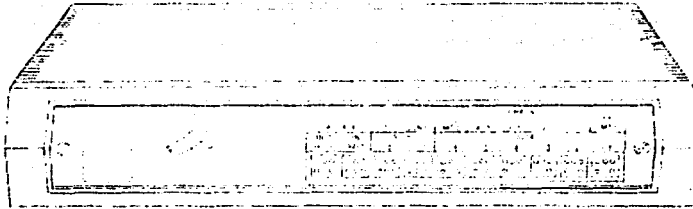


Figura 5.34. Puertos de conexión del AMM-42.

Entre los conectores del *AMM-42* se encuentran:

Conector de entrada en cascada SJ26: Este conector permite la conexión en cascada de más de dos *AMM* y todos los enlaces necesarios de las señales de cualquiera de dos unidades *AMM*. Es identificado como una salida. La interconexión se realiza del conector SJ27 de la unidad 1 al conector SJ26 de la unidad 1.

Conector de salida en cascada SJ27: Este conector permite la conexión en cascada de más de dos *AMM* y todos los enlaces necesarios de las señales de cualquiera de dos unidades *AMM*. Es identificado como una entrada. La interconexión se realiza del conector SJ27 de la unidad 1 al conector SJ26 de la unidad 2.

Conector de bit de control: Este conector se utiliza para enlazar el modem al *AMM* (cuando el equipo cuenta con la opción de *bit* de control). Cualquier conector puede ser usado en este arreglo. Los conectores restantes son usados para conectar la siguiente unidad en cascada o cualquiera de los dos modelos *AMM-42*.

CTL MD2 jack SJ 14-6: Este tipo de *jack* es usado para la conexión del modem central No. 2, cuando el canal de la unidad se encuentra configurado en forma dual (2 en 1).

Canales jacks SJ14-2: Estos *jacks* unen o conectan el dispositivo de unión o conexión *RCD*, líneas telefónicas o modems a los canales 1 a 4 respectivamente.

CTL MD1 jack SJ14-1: Estos *jacks* unen o conectan al modem central No. 1, cuando la unidad se encuentra configurada en forma dual o sencilla.

Dentro de la operación del *AMM-42* nos encontramos con indicadores que tienen funciones específicas y que se requiere conocer para poder manejar la unidad en forma eficaz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Encendido: Un *LED* indica la condición de la unidad. Cuando se encuentra alumbrado, la unidad se encuentra encendida y conectada.

Loc: Cuando el *LED* está encendido indica el estado en que se encuentra el panel delantero así como los interruptores que contiene el panel.

Controles frontales e indicadores: En la parte frontal de la unidad se encuentran indicadores específicos que proporciona cierta información del estado en que se encuentra la unidad.

Chan cd : Los *LED's* indican el estado de cada canal individual que se tiene en el *CD(Carrier Detect, Detección de Portadora)*. Cuando se encuentra alumbrado (encendido) indica que se está detectando la presencia de una señal portadora.

Chan avail: Indica la disponibilidad del canal para transmitir. Cuando se encuentra alumbrado (encendido), el canal está activo y se encuentra listo para la transmisión de datos. Cuando se encuentra apagado, el canal está deshabilitado y colocado en modo de espera.

Chan gain: Los potenciómetros ajustables proporcionan el control del canal de recepción individual. El acceso a los potenciómetros es por el panel frontal delantero y pueden ser ajustados por medio de un desarmador plano.

Chan mask: Cuatro interruptores tipo *pushbutton* son proporcionados para la selección manual de enmascaramiento de canal. Al activar uno de los botones de la máscara de canal del panel delantero, el circuito de enmascarar es activado y la salida del canal es inhabilitada.

Una vez instalado el *AMM-42* se requiere del ajuste de los potenciómetros de ganancia para tener una operación apropiada con la señal portadora. Los potenciómetros que se tienen que ajustar se encuentran localizados en la parte frontal del panel de la unidad y para poder ajustarlos es necesario seguir el siguiente procedimiento:

Desactivar los botones del *Chan mask*

Solicitar que los datos sean enviados por un canal activo. Cuando los datos son recibidos esto se indica por el encendido del *LED* correspondiente a *Chan dc*.

Se procede a liberar el canal de enmascaramiento por medio de los *pushboton's* correspondientes al *LED* encendido en el *Chan mask*.

Ajustar el potenciómetro correspondiente a la ganancia(*GAIN*) en sentido de las manecillas del reloj hasta que el *LED* del *chan cd* se apague, posteriormente ajustar el potenciómetro lentamente hasta que la lámpara encienda nuevamente.

Repetir los pasos 1 a 4 cada vez que un canal se esté usando en la red.

EDM

El equipo *EDM* (*External Diagnostic Multiplexer*, Multiplexor de Diagnóstico Externo) proporciona la interfaz entre la aplicación administradora del sistema CMS-400 y los equipos de comunicaciones en la red. El *EDM* proporciona hasta 16 canales de diagnóstico que pueden ser conectados a dispositivos de comunicación compatibles con el CMS. En la figura 5.35 se muestra el panel frontal de estado del *EDM*, donde se puede apreciar que consta de tres *LED*'s indicadores. Estos *LED*'s indicarán el estado del *EDM* mediante su activación (encendido) o desactivación (apagado). El *LED* marcado como *PWR* indica si el equipo está encendido (*LED* activado) o apagado (*LED* desactivado). El *LED* marcado como *TD* indica si el equipo está transmitiendo (*LED* encendido), o que no está transmitiendo (*LED* apagado). El *LED* marcado como *RD*, indica si está encendido, que el equipo está recibiendo datos y, si no está encendido, indica que no está recibiendo información alguna.

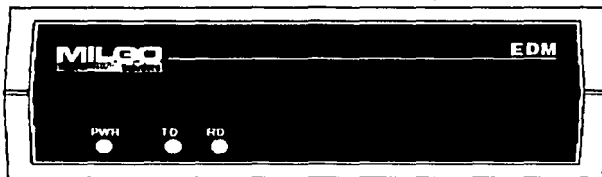


Figura 5.35. Panel indicador de estado del EDM.

El *EDM* tiene un banco de cuatro *switches* mediante el cual se selecciona la velocidad de operación deseada del equipo, para comunicarse con el sistema CMS-400. Esto se muestra en la figura 5.36, allí se ve la ubicación del banco de *switches* en la tarjeta del *EDM*.

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

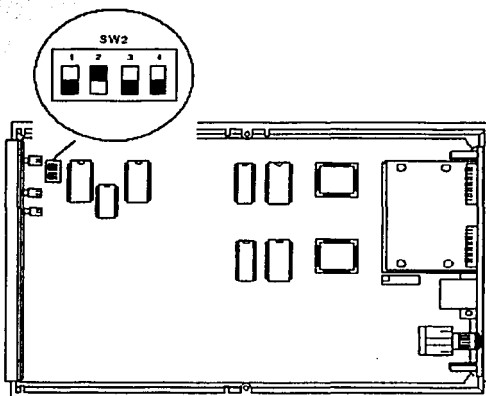


Figura 5.36. Ubicación del banco de switches de configuración.

En la figura 5.37 podemos ver los puertos de conectividad del EDM, los cuales son dieciséis puertos de conexión, además de su puerto de interfaz (P1 LINK) para conectarse a una PC con la que estará interactuando operativamente. Para nuestro caso, por cuestiones operativas se conectarán estos equipos a un Omnimode96, el cual a su vez estará interconectado con la PC. Estas conexiones son hechas mediante cables con conectores rectangulares AMP de seis terminales hembra, como puede verse en la figura mencionada.

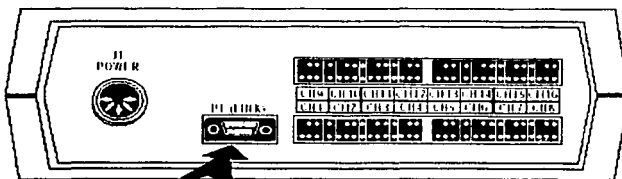


Figura 5.37. Puertos de conexión del EDM.

En la figura 5.38 se muestra el tipo de conector y su configuración para el EDM. Este tipo de conector es usado ampliamente en los equipos anteriormente mencionados, que contienen este tipo de puerto.

TERMINAL	FUNCIÓN
1	Deshabilitado físicamente
2	Canal de diagnóstico de datos transmitidos
3	Canal de diagnóstico de datos recibidos
4	No usado or el EDM
5	No usado por el EDM
6	Tierra de señal.

Figura 5.38. Configuración de los pines del conector del EDM.

En la figura 5.39 se muestra un ejemplo de conectividad del equipo EDM con un Omnimode-96 mediante el canal de diagnóstico.

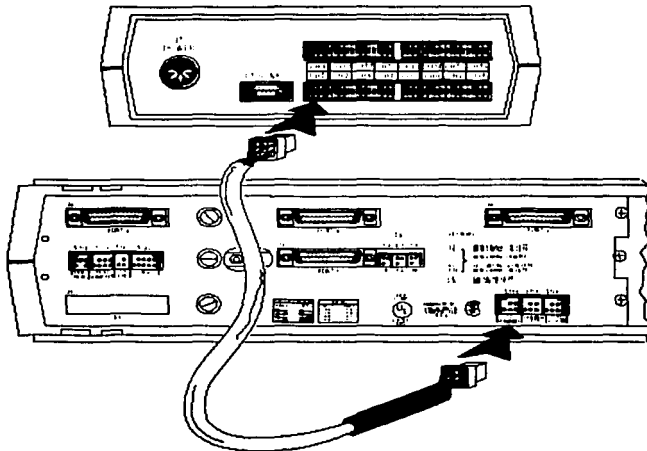


Figura 5.39. Interconexión del EDM con un Omnimode-96.

Antena PD128

La antena que se usará en todas las estaciones terrenas, descrita como una antena de estación base, monopolo, omnidireccional y de ganancia unitaria; se muestra en la figura 5.40. La antena consta de cuatro elementos que van colocados en forma horizontal y un elemento en forma de "U" invertida instalado en forma vertical. Cuenta además con un tubo de aluminio que se utiliza como base para sujetar la antena a una torre. Por ese tubo sale una extensión flexible de cable coaxial RG-8A/U que tiene una capucha impermeable de neopreno (en el extremo del cable) para proteger al conector coaxial de las inclemencias del tiempo y que se desliza libremente en la extensión.

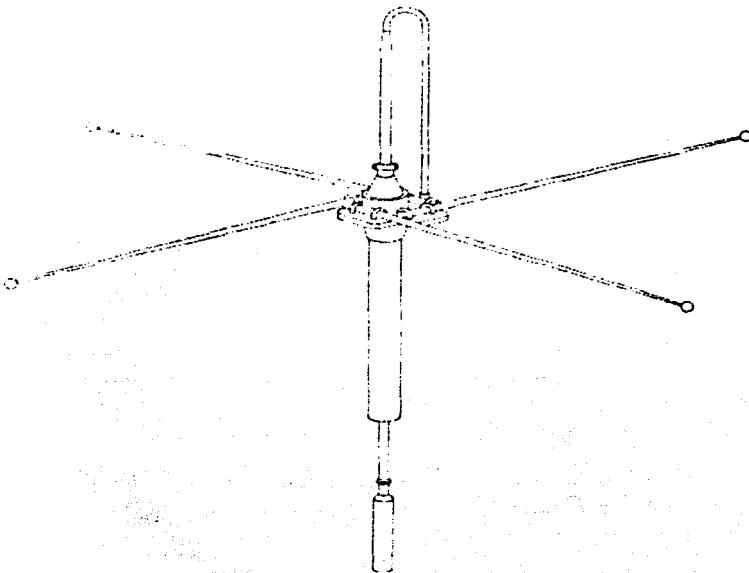


Fig. 5.40. Antena omni-direccional PD128.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PES-6000

El *PES6000* es el equipo que proporciona la interfaz electrónica y de conectividad entre nuestro equipo de la estación terrena y la antena *VSAT*. Este equipo está provisto con una o más tarjetas con puertos para transmisión y recepción de datos para proporcionar el adecuado tipo de conexión a nuestros equipos.

Aunque este equipo, mostrado en la figura 5.41, será proporcionado e instalado por *COMSAT*, se mencionará de manera general sus características de conectividad.

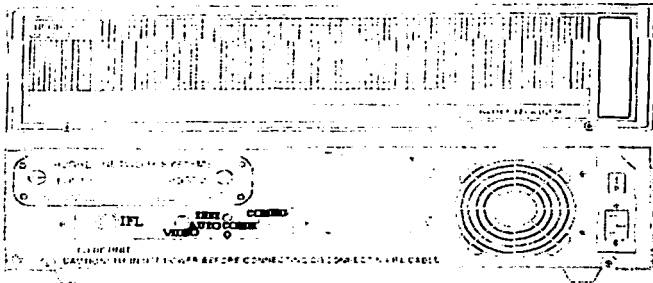


Figura 5.41. Equipo satelital PES-6000.

La unidad *PES6000* requiere de una alimentación eléctrica de 120V/AC, y ella al estar en funcionamiento proporciona la energía de DC a la unidad de RF en la antena a través del cable coaxial conectado en el puerto *IFL*.

En la misma figura tenemos una vista de los puertos de conexión del *PES-6000* localizados en la parte posterior del equipo. En este equipo se hace uso del puerto 1 (PORT 1) RS-232 multipuerto, en el que se conecta del lado del equipo un cable con un conector DB25M y en el otro extremo se proporcionan tres conexiones RS-232, DB25H que son utilizadas para la conectividad del equipo en las estaciones terrenas con enlace satelital *VSAT* como ya se vió en la figura 5.11.

En la figura 5.42 podemos ver el panel frontal del *PES-6000*, en este panel se tienen *displays* numéricos de 7 segmentos que nos indican el estado de operación del equipo, mediante una señalización hexa-decimal al principio y al final en operación normal, además de puntos luminosos indicadores en cada uno. Durante la operación normal del equipo los *LED's* indicadores despliegan un punto destellante. Este indicador significa que el *PES-6000* está recibiendo la señal en el tiempo apropiado del enlace y/o transmitiendo también, como se ve en la misma figura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 5. Integración de la Red de Comunicaciones

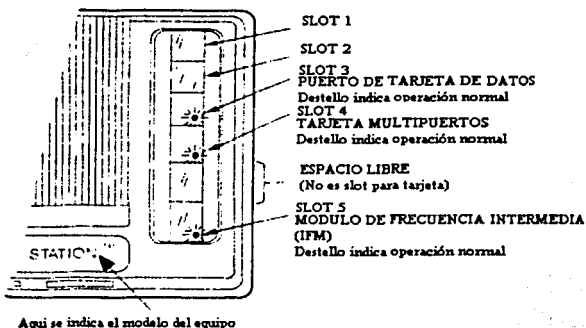


Figura 5.42. Indicación de los LED's de operación normal.

La indicación en el *display* del IFM indica el estado de la unidad de RF ubicado en la antena y del PES-6000 mismo.

Para el envío y recepción de datos no es necesaria la intervención de un operador en la estación terrena, todo el proceso se realiza de manera automática por el centro de control de COMSAT. Esta funcionalidad puede verse en la figura 5.43.

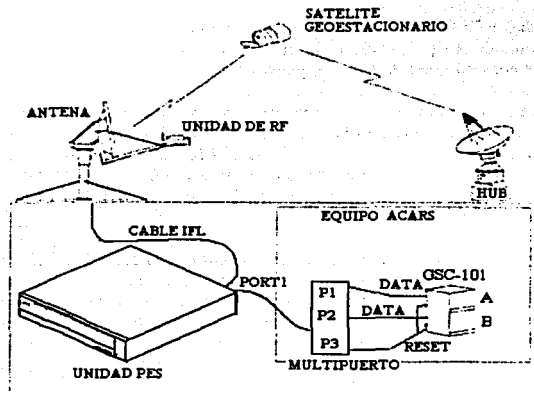


Figura 5.43. Conectividad del PES-6000 en enlace VSAT.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UPS

La *UPS (Uninterruptible Power Supply, Fuente de Poder Ininterrumpible)* es un elemento muy importante para la operación de la estación terrena ya que es el dispositivo que proveerá de energía al *rack* donde estará instalado el equipo, alimentando a una regleta de contactos múltiples para la conexión de los cables de alimentación de cada equipo que requiera ser energizado. Estos son dispositivos que ya tienen capacidades de protección más completas que anteriormente se tenían en elementos separados y por ello haremos uso de estos equipos en todas las estaciones terrenas foráneas.

La selección de este equipo se basó en sus características de protección en las siguientes situaciones: cortes de energía, apagones parciales, incrementos y decrementos repentinos de voltaje. Además, por las características del equipo, en caso de falta de suministro eléctrico principal, proporcionará un tiempo de respaldo de energía de 30 minutos, dados en las especificaciones del fabricante. En la figura 5.44 podemos ver el modelo del *UPS* que se utilizará para esta alimentación eléctrica, ello de acuerdo a los requerimientos globales de consumo de energía de todos los equipos instalados en cada una de las estaciones terrenas propuestas. De la figura podemos ver que el *UPS* consta en su parte frontal de *LED*'s indicadores, un *LED* de información del modo de operación ya sea en estado normal o de baterías, además del *LED* indicador de encendido. En su parte posterior, el *UPS* consta de seis contactos polarizados de alimentación, un ventilador y un puerto *DB9* serial para monitoreo de su estado mediante una *PC*.

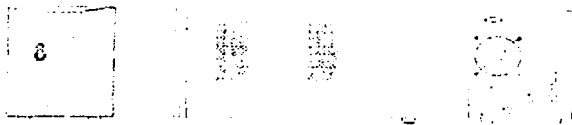


Figura 5.44. Equipo *UPS Fortress-1425* utilizado en todas las estaciones terrenas.

Este equipo provee de la energía necesaria de cada estación terrena foránea, de las cuales, es en las estaciones *TDMA* donde se tiene el mayor consumo. Por ello los equipos seleccionados tienen una capacidad de 1425VA/950W, lo que nos deja un amplio margen de potencia para no sobrecargar el *UPS* o si es necesario conectar algún equipo adicional. Esto se presentó en las tablas 5.10, 5.13 y 5.17. De hecho se seleccionaron de la misma capacidad para todas las estaciones terrenas foráneas por cuestiones prácticas de disponibilidad y uso de un mismo modelo de *UPS*.

Ahora, después de la descripción de los equipos más importantes, tenemos una idea más clara de los equipos instalados en la red y sus características de operación e interconexión.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este último capítulo presentamos los principales resultados obtenidos del desarrollo del presente trabajo, así como las conclusiones que sintetizan los conocimientos y experiencias obtenidas.

6.1. RESULTADOS

Durante el desarrollo del presente trabajo fue evolucionando la perspectiva que teníamos sobre el campo tecnológico de las comunicaciones en la aviación.

Encontramos que la decisión de la introducción de este tipo de sistemas se comparte por varias empresas y dependencias gubernamentales, por lo que no se puede tomar sólo la aerolínea. Además, por la naturaleza de misión crítica en la operación de un avión (las vidas humanas que están en juego), el ciclo de introducción de tecnologías en esta área es largo; aproximadamente 20 años.

Primero se proponen conceptualmente dichas tecnologías; después, con cierto acuerdo entre las partes, se comienza la etapa de normalización y estandarización; posteriormente comienza el desarrollo de los componentes, equipos y sistemas involucrados; a continuación se hacen pruebas exhaustivas que permiten el inicio de operaciones a nivel piloto; después inicia el periodo de una operación más generalizada. Este periodo se prolonga hasta que otra nueva tecnología la sustituya por completo.

Pero la situación es más compleja debido a que no todas las partes involucradas introducen las tecnologías en los mismos periodos de tiempo. Hay regiones geográficas que van más adelantadas que otras. Existen aerolíneas que prefieren equiparse lo más rápido posible, otras no lo hacen. Entonces en el mismo periodo de tiempo coexisten diversas tecnologías, las antiguas y las nuevas.

Capítulo 6. Resultados y Conclusiones

Esto se debe principalmente al grado de desarrollo económico de cada país. De ello depende el nivel de uso del avión como transporte, el nivel de desarrollo tecnológico, y el rol que se asume en iniciativas y decisiones a nivel mundial.

En el diseño, una vez seleccionada la tecnología *ACARS*, decidimos tratar de manera general todos los elementos de la red de comunicaciones (modelo OSI), enumerar los puntos más importantes a considerar en el diseño de dicha red, y profundizar en lo relativo a las capas física y de enlace de datos.

En la parte de implementación tuvimos especial cuidado en asegurarnos sobre la disponibilidad de los equipos. Gran parte de los equipos son de propósito específico, por lo que su existencia en el mercado es limitada. Por lo tanto nos aseguramos de tener los suficientes equipos y partes de repuesto.

En la implementación de la antena VHF consideramos adecuadamente la longitud del cable de la antena al radio receptor. Tanto para la implementación física como para considerarlo en el cálculo de pérdidas en la transmisión. También se consideró la interferencia con otras antenas, ya que la mayor parte de las veces esta antena se monta en una base que comparte con otras antenas en la zona del aeropuerto.

Durante las pruebas encontramos que el 80% de los problemas en la implementación se debieron a la fabricación de los cables, también, a pesar de utilizarse de una frecuencia muy restringida, algunas veces equipos electrónicos en mal estado (aún a centenas de metros de distancia) generaron armónicos que causaron interferencias.

En la etapa de puesta a punto se realizó cuidadosamente la configuración de todos los parámetros de los equipos. En especial el ajuste de la potencia del radio transmisor VHF.

Para la etapa de liberación fue muy importante la documentación previa de todo el sistema de comunicaciones para facilitar su operación y mantenimiento.

Al final de todas estas etapas pudimos comprender todo el esfuerzo necesario para llevar a buen término un proyecto de esta naturaleza.

6.2. CONCLUSIONES

La principal ventaja de nuestro trabajo es que la tecnología que utilizamos en el presente trabajo se encuentra en la etapa de uso generalizado. La mayor parte de las aerolíneas en todos los países la utilizan. Al migrar gran parte del flujo de comunicaciones de voz a datos, esta tecnología mejora considerablemente el uso de las bandas de radiofrecuencia y aumenta la calidad de la información transmitida.

Como en cualquier otra área técnica, en algunos años habrá que ir pensando en la implementación de otras tecnologías que actualmente se encuentran en maduración.

Podríamos pensar que México por ser un país en vías de desarrollo, está predestinado a estar eternamente rezagado en asuntos como éste. Pero creemos firmemente que no tiene que ser forzosamente así. Incluso pensamos que en la introducción de tecnologías de comunicaciones en la aviación existe una gran oportunidad que debe ser aprovechada.

El alto grado de normalización y estandarización que existe proporciona un ambiente favorable. Esto se hace en instancias donde participan todas las partes involucradas. Las conclusiones se registran y publican. Sin esta información no hubiéramos podido desarrollar el presente trabajo.

En México debería iniciarse un esfuerzo conjunto de todas las partes interesadas: gobierno, aerolíneas, aeropuertos, proveedores de servicios y equipos en las comunicaciones, etc.; para impulsar que nuestro país se encuentre entre los primeros en implementar dichas tecnologías. Y aquí es donde pensamos que reside la mayor dificultad.

Durante el desarrollo del presente trabajo encontramos poco interés de dichas partes para buscar este objetivo.

En México, por su alto nivel de apertura comercial, existen todas las circunstancias que justifican plenamente las inversiones en proyectos como el desarrollado en el presente trabajo. Incluso si no lo hacemos en un periodo razonable de tiempo, digamos en los próximos diez años, perderemos la oportunidad y cada vez tendremos una mayor dependencia tecnológica del exterior. Y probablemente, las empresas y dependencias gubernamentales involucradas vayan cediendo paso a agentes externos al país.

No estamos exagerando al afirmar que la decisión de impulsar, alcanzar y mantener un nivel tecnológico adecuado respecto a las comunicaciones en la aviación es un asunto de estado del más alto nivel.

La conclusión final de este trabajo es que en México, tenemos que invertir los recursos suficientes de investigación y desarrollo para poder estar en la posibilidad de tomar las mejores decisiones, combinando los aspectos técnico y económico, en el bien de las empresas y los habitantes del país. Esto en forma particular en lo que respecta a las comunicaciones en la aviación, y en general para la introducción de las nuevas tecnologías.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

• Libros

"*Atlas de México*", Dirección General de Planeación de la SCT, Subdirección de Cartografía, México, 1990.

Clark, Ronald W., "*Hazañas científicas de nuestro tiempo*", Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1979.

Fitzgerald, Jerry, "*Comunicación de datos en los negocios*", Limusa, México, 1993.

González Sainz, Néstor, "*Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos*", Mc. Graw Hill, Colombia, 1995.

Horak, Ray, "*Communications Systems & Network*", 2a. ed., IDG Books Worldwide, EEUU, 2000.

Kuhlmann, Federico y Alonso Concheiro, "*Información y Telecomunicaciones*", Fondo de Cultura Económica, México, 1997.

"*Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes*", Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 2001.

Savio, Melwyn, "*Choosing the right VHF data link technology for commercial aviation air traffic services*", University of Colorado, Colorado, 2002

Stever, Guyford H., "*Vuelo*", Time-Life Internacional de México, 1ª ed., México, 1985.

Tanenbaum, Andrew S., "*Computer Networks*", Prentice Hall PTR, 3a. ed., New Jersey, 1996

"*The ARRL Handbook for Radio Amateurs*", American Radio Relay League, 76a ed., Newington, Connecticut, USA, 1999.

• Manuales

"*Analog Mixing Module model 42: Installation and Operation*", Racal-Milgo, EEUU, 1986.

"*Model 122 Registered Automatic Line Adapter (RALA): Installation and Operation*", Racal-Milgo, EEUU, 1988.

"*Omnimode 48: Reference Manual*", Racal-Milgo, EEUU, 1986.

Bibliografía

"WCS-100 VHF AM Transmitter and Receiver", Wulfsberg Electronics Inc., 1990.

"Omnimux TDM Multiplexer, Installation and Operation", Racal-Milgo, USA, 1990.

"Omnimode 96, Reference Manual", Racal-Milgo, USA, 1990.

"CMS DCU, Installation and Operation", Ramal-Milgo, 1990.

"GSC-101, Installation and Operation", ARINC, USA, 1994.

"Networking Essentials", Microsoft Press, Microsoft Corporation, Washington, USA, 1998.

• Normas y estándares

"Air/Ground Character-Oriented Protocol Specification: ARINC Specification 618-5", ARINC, Annapolis, 2000.

"Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen II (Procedimientos de comunicaciones, incluso los que tienen categoría de procedimientos de ayuda para la navegación aérea)", OACI, 6a ed., 2001.

"Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen III (Parte 1 - Sistemas de comunicaciones de datos digitales; Parte 2 - Sistemas de comunicaciones orales)", OACI, 1a ed., 1995.

"Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen IV (Sistema de radar de vigilancia y sistema anticollisión)", OACI, 3a ed., 2002.

"Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen V (Utilización del espectro de radiofrecuencias aeronáuticas)", OACI, 2a ed., 2001.

"Anexo 10 - Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen I (Radioayudas para la navegación)", OACI, 5a ed., 1996.

"Anexo 11 — Servicios de tránsito aéreo", OACI, 13a ed., 2001.

"ARINC Standards Catalog", ARINC, Annapolis, 2001.

"Convenio sobre Aviación Civil Internacional. (Doc 7300)", OACI, 8a ed., 2000.

"DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos", Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial, México, 1 enero 2002.

"Manual de Enlace para la Transmisión de Datos Aeronáuticos", ARINC, 2000.

"Manual of Technical Provisions for the Aeronautical Telecommunication Network (ATN) (Doc 9705)", OACI, 2a ed., 1999.

"Manual relativo a las necesidades de la aviación civil en materia de espectro de radiofrecuencias, incluyendo el estado actual de la políticas OACI aprobadas. (Doc 9718)", OACI, 2a ed., 2000.

"Manual sobre enlace de datos de alta frecuencia (HF DL). (Doc 9741)", OACI, 1a ed., 2000.

"Manual sobre enlace de datos VHF (VDL) en Modo 2 (Doc. 9776)", OACI, 1a ed., 2001.

"Plan de Soporte y Disposición de Servicios de ACARS y VHF", ARINC/SENEAM, México, 1996.

"Estimation of radio transmission range", Wulfsberg Electronics Division, 1998.

• Artículos

"Advanced Air Transportation Technology: Markets Report", Honeywell Technology Center, Minneapolis, 1997.

"Advanced Air Transportation Technology: Technology and Procedures Report", Honeywell Technology Center, Minneapolis, 1997.

"Concepts and Air Transportation Systems Report: Technology and Procedures Report", Honeywell Technology Center, Minneapolis, 1997.

"Desmitifying CNS/ATM", CANSO, 1999.

"Economic and Technical Modeling Report: Technology and Procedures Report", Honeywell Technology Center, Minneapolis, 1997.

"European Air Traffic Management Program Communications Strategy – Volume 2 – Technical Description", European Organization for the Safety of Air Navigation, 2001.

Kerczewski, Robert, "An Overview of NASA Glenn Research Center's Aeronautical Communications Technology Development Efforts", 2nd Integrated CNS Technologies Conference, Cleveland, 2001.

"SITA Corporate Guide", SITA, 2000.

Bibliografía

Schust, Alex, *"The Many Faces of Air-Ground Data Link"*, contribución de CANSO para el Panel de Discusión *"What should be the roadmap for future communications?"* en ATN2002: The ATC Data Link Conference, Londres, 2002.

"The Contribution of Air Transport to the Latin American/Caribbean Economy", Air Transport Action Group, Ginebra, 2002.

• Información en direcciones de internet

"Aeropuertos en México", página web Aerotec, Noviembre 2002, <http://www.aviacion.com.mx>

"Aircraft Addressing and Reporting System ACARS", página web <http://elliott.www9.50megs.com/ACARS.htm>

"Aviation Photos", página web Airliners, <http://www.airliners.net>

"Cronología de la Desregulación Global de las Telecomunicaciones", página web Comisión Federal de Telecomunicaciones, http://www.cft.gob.mx/html/la_era/tab/cronos.htm

"GPS: A new constellation", página web Smithsonian National Air and Space Museum, <http://www.nasm.si.edu/galleries/gps/>

"Information about SAS datalink system", página web Scandinavian Air System, <http://www.sasflightops.com/dlk/datalink.htm>

Manual de Apuntes, *"Diseño y programación de sistemas y redes"*, España, 2002, <http://www.htmlweb.net>

"Aeronautical Communications", Página Web Canadian Air Lines, Canada 2001, <http://www.canairradio.com/>

"Curso de adiestramiento para vuelo", Página Web, Miguel A. Muñoz, 2001, <http://inicia.es/de/vuelo/PRE/PRE47.htm>

"How Air Traffic Control Works", Página Web Howstuffworks, 2000, <http://www.howstuffworks.com/air-traffic-control.htm>

"Aviation Communications", Página Web Airodyssey, 2001, <http://www.airodyssey.net/reference/radiocomm.html>

"VOR-Very High Frequency Omnidirectional Range", Página Web Thai Technnics, 2001, <http://www.thaithechnnics.com/nav/vor.htm>

"Manual de Apuntes de Informática", 2001, <http://www.lafacu.com/apuntes/informatica>

Página Web Arinc, www.arinc.com

Página Web Honeywell, www.honeywell.com

Página Web Harris, www.harris.com

Página Web Airbus, www.airbus.com

Página Web Boeing, www.boeing.com

Página Web Rockwell-Collins, www.rockwellcollins.com

Página Web Teledyne Technologies, www.teledyne.com

Página Web RFS, www.rfsworld.com

Página Web Rohde & Schwarz, www.rohde-schwarz.com

Página Web Nextiraone, www.nextiraone.com

Página Web Wulfsberg Electronics, www.wulfsberg.com

Página Web Thales Avionics, www.thales-avionics.com

Página Web Universal Avionics Systems, www.uasc.com

Página Web Sita, www.sita.com

Página Web Avicom, www.avicom.co.jp

"Redes Privadas Virtuales", página web Claranet, España, 2001, <http://www.claranet.es/>

"Soluciones de Conectividad", página web Cisco Systems, Estados Unidos, 2002, <http://www.cisco.com>

"Secure Hash Standard", Federal Information Processing Standards Publication 180-1, Abril 17, 1995, <http://www.itl.nist.gov/fipspubs/fip180-1.htm>

Suárez, Jaime, "Manual de criptografía", 2000, <http://vebs.ono.com/usr005/jsuarez/cripto.htm>

"Tutorial de teoría electromagnética", página web Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad de las Américas - Puebla, <http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/tutoriales/ie38001/index.htm>

"VHF Communications Antenna", página web R.A. Miller Industries, Inc., <http://www.rami.com>

PAGINACION DISCONTINUA

Anexo A

Consideraciones de los sistemas de radiocomunicaciones

Dos elementos son parámetros fundamentales para el diseño en la especificación y en la ingeniería de los sistemas de radiocomunicaciones, para funcionar en su medio operacional típico: el rechazo del receptor y las emisiones no deseadas del transmisor.

Todo equipo que genere energía de radiofrecuencia, como parte de su funcionalidad principal, normalmente es objeto de legislación estricta y requiere una aprobación previa. Esto incluye no sólo el equipo de comunicaciones y de navegación sino también el equipo de computación, equipo industrial, etc. Los valores límites se fijan normalmente sobre la base de mejor juicio y de los factores prácticos y económicos que se aplican en cada sistema. El sistema de radiocomunicación a bordo de las aeronaves, considerando un avión comercial moderno, está integrado por subsistemas que funcionan en unas 18 bandas de frecuencias diferentes, típicamente con 35 antenas. Es necesario tener sumo cuidado en la ubicación de las antenas, en el cableado interno, y en limitar seriamente tanto las potencias de salida como los productos no esenciales, a fin de mantener todos los sistemas instalados dentro de los límites de rendimiento adecuados.

Características del transmisor

Los componentes fundamentales de un transmisor de radio son: un generador de oscilaciones para convertir la corriente eléctrica común en oscilaciones de una determinada frecuencia de radio, los amplificadores para aumentar la intensidad de dichas oscilaciones conservando la frecuencia establecida, y un transductor para convertir la información a transmitir en un voltaje eléctrico variable y proporcional a cada valor instantáneo de la intensidad.

Otros componentes importantes de un transmisor de radio son el modulador, que aprovecha los voltajes proporcionales para controlar las variaciones en la intensidad de la oscilación o la frecuencia instantánea de la portadora; y la antena, que radia una onda portadora igualmente modulada. Cada antena presenta ciertas propiedades direccionales, es decir radia más energía en unas direcciones que en otras, pero la antena siempre se puede modificar en forma que los patrones de radiación presenten desde un rayo relativamente estrecho hasta una distribución homogénea en todas las direcciones. Este tipo de radiación es la que se usa en la radiodifusión y en especial se utiliza en las estaciones terrenas de radiación *VHF* (como lo son las designadas para *ACARS*).

El método concreto utilizado para diseñar y disponer de diversos componentes depende del efecto buscado. Los criterios de una radio en un avión comercial son: que tenga peso reducido y que resulte inteligible, el costo es un aspecto secundario. En una estación terrena el peso y el tamaño no tienen tanta importancia, el costo se debe tomar en cuenta y la fidelidad resulta fundamental.

Anexo A

• Potencia de transmisión

La potencia de un transmisor radioeléctrico se expresa según la clase de emisión. Los tipos de potencia son: la potencia en la cresta envolvente (PX o pX), la potencia media (PY o pY) y la potencia de la portadora (PZ o pZ), donde P es la potencia expresada en Watts y p es la potencia expresada en dB relativa a un nivel de referencia.

La potencia de cresta envolvente es la media de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena por un transmisor en condiciones normales de funcionamiento, durante un ciclo de radiofrecuencia, tomado en la cresta más elevada de la envolvente de modulación.

La potencia media es el promedio de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena, evaluada durante un intervalo de tiempo suficientemente largo comparado con el período correspondiente a la frecuencia más baja que existe realmente como componente en la modulación.

La potencia de la portadora es la media de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena en ausencia de modulación.

Por reglamentación la potencia máxima de transmisión para la señal de *ACARS* de la aeronave es de 20 W, en el caso de la estación terrena el radio *VHF* para *ACARS* tiene reglamentado como máximo una potencia de radiación de 60 W.

Características del receptor

Los componentes fundamentales de un receptor de radio son: una antena para recibir las ondas electromagnéticas y convertirlas en oscilaciones eléctricas, amplificadores para aumentar la intensidad de dichas oscilaciones, equipos para la demodulación y, en la mayoría de los receptores, unos osciladores para generar ondas de radiofrecuencia que puedan mezclarse con las ondas recibidas.

La señal que llega de la antena, compuesta por una oscilación de la portadora de radiofrecuencia, modulada por una señal, suele ser muy débil. La sensibilidad de algunos receptores de radio modernos es tan grande que si la señal de la antena es capaz de producir una corriente alterna de unos pocos cientos de electrones, entonces la señal se puede detectar y amplificar hasta producir una señal inteligible con la información deseada. La mayoría de los receptores pueden funcionar aceptablemente con una entrada de algunas millonésimas de volts. Sin embargo, el aspecto básico en el diseño del receptor es que las señales muy débiles no se conviertan en válidas simplemente amplificando, de forma indiscriminada, tanto la señal deseada como los ruidos laterales. Así, para el diseño o selección del equipo, lo principal es garantizar la recepción prioritaria de la señal deseada.

Las características principales de un buen receptor de radio son los niveles de sensibilidad, selectividad y fidelidad muy elevada y un nivel de ruido bajo. La sensibilidad se consigue en primera instancia mediante muchas etapas de amplificación y factores altos de amplificación, pero la amplificación elevada carece de sentido si no se pueden conseguir

una fidelidad aceptable y un nivel de ruido bajo. Los receptores más sensibles tienen una etapa de amplificación de radiofrecuencia sintonizada. La selectividad es la capacidad del receptor de captar las señales de una emisora y rechazar otras emisoras diferentes que operan con frecuencias muy próximas. La selectividad extrema tampoco resulta aconsejable, ya que se precisa un ancho de banda de varios kHz para recibir la mayor parte de la señal.

Características de las Antenas

Una de sus principales características de las antenas es la ganancia. Esta relación, expresada en dB, es aquella que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de una antena en cuestión, para que ambas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. Salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización específica.

Según la antena de referencia elegida, se distingue entre:

- a) La ganancia isotrópica o absoluta (G_i), si la antena de referencia es una antena isotrópica aislada en el espacio.
- b) La ganancia con relación a un dipolo de media onda (G_d), si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contiene la dirección dada.
- c) La ganancia con relación a una antena vertical corta (G_v), si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de la longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada.

Otra característica de las antenas es la potencia. La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE), que es el producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica en una dirección dada. La potencia radiada aparente (PRA), que es el producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada.

La medición de la potencia de la emisión de un equipo se realiza con relación a la potencia de la portadora. En las clases de emisión en las que la portadora está suprimida o reducida más de 6 dB, la medición se realiza con relación a la potencia en la cresta de la envolvente.

Anexo A

Cálculo de la potencia de la antena

El cálculo de la potencia de la antena obedece matemáticamente a las siguientes razones: la recepción depende de la tensión o campo eléctrico existente en la antena. La potencia que relaciona la tensión del campo eléctrico con la resistencia de radiación de la antena está definida por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{V^2}{R}$$

Las variaciones en el campo eléctrico ocasionan que se modifique considerablemente la potencia. Por ejemplo, si queremos que el campo eléctrico V sea el doble, la potencia requerida deberá ser:

$$W' = \frac{(2V)^2}{R}$$

Lo cual representa que para aumentar el doble el campo eléctrico la potencia tiene que aumentar 4 veces.

Los receptores disponen de un indicador de intensidad de señal, denominado *S meter*, viene graduado en dB, del 1 al 9, en este intervalo las unidades van de 6 en 6 dB; y a partir de 9, directamente en dB, en separaciones de 20, 40 y hasta 60 dB. Una señal de $S=9$ equivale a $9 \times 6 = 54$ dB, o en unidad absoluta a una señal en antena de $50 \mu V$. Si recibimos una señal $S = 7$ y se estuviera emitiendo con 100 W, en caso de que deseara aumentar esta señal a $S = 9$ debería aumentar la tensión del campo eléctrico en $9 - 7 = 2$ unidades S y 2 unidades $S \times 6$ dB = 12 dB, lo que corresponde a unas 20 veces en tensión y unas 40 veces en potencia, es decir, debería pasar a $100 W \times 40 = 4,000 W$.

Siempre que sea posible se puede incrementarse la potencia, tanto en emisión como en recepción, por medio de una antena direcciva. En *VHF* pueden construirse antenas de muchos elementos con 1 dB de ganancia aproximadamente por elemento. Hay antenas de 16 elementos en *VHF*.

Cuando no es posible utilizar una antena multielemento para aumentar la potencia, cabe la posibilidad de utilizar un amplificador lineal. En *VHF* los lineales de potencia suelen ser transistorizados y operar con potencias de hasta 250 W.

Ruido

El ruido constituye un problema grave en todos los receptores de radio. Hay diferentes tipos de ruido, como el generado por las fuentes de corriente alterna a 60 Hz, que se superpone a la señal debido a un filtrado o apantallamiento defectuoso.

Existe también el ruido parásito, éste tipo de ruido no se puede eliminar y generalmente proviene de la atmósfera producido generalmente por los relámpagos. Las ondas de radio producidas por estas perturbaciones atmosféricas pueden viajar miles de kilómetros sin sufrir atenuación. Dado que en un radio de algunos miles de kilómetros del receptor de radio siempre hay una tormenta, entonces casi siempre aparecen ruidos parásitos.

Otra fuente primaria de ruido es la agitación térmica de los electrones. En un elemento conductor a temperatura superior al cero absoluto los electrones se mueven de forma aleatoria. Dado que cualquier movimiento electrónico constituye una corriente eléctrica, la agitación térmica origina ruido al amplificarlo en exceso. Este tipo de ruido se puede evitar si la señal recibida desde la antena es notablemente más potente que la corriente causada por la agitación térmica. En cualquier caso se puede reducir al mínimo mediante un diseño adecuado. Un receptor teóricamente perfecto a temperatura ordinaria es capaz de recibir la señal de información de forma inteligible siempre que la potencia de la señal alcance los 4×10^{-18} W. Sin embargo, en los receptores normales se precisa una potencia de señal bastante mayor.

Polarización

La polarización es el proceso de confinar las vibraciones de determinadas longitudes de onda a un determinado plano y dirección. También puede considerarse como la orientación de un campo eléctrico respecto a su campo magnético.

En la figura A.1 se tiene un ejemplo de polarización vertical, donde se puede ver la perpendicularidad de la onda de campo eléctrico (E) con la del campo magnético (M). Este tipo de polarización es la utilizada para los enlaces de VHF de ACARS.

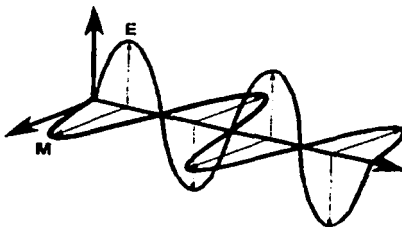


Fig. A.1. Polarización de una señal de ACARS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Anexo B

Funciones del teclado del MCDU

DIR

DIR proporciona el acceso a la página que permite al piloto proceder directamente de la actual posición a un punto señalado.

PROG

PROG proporciona el acceso a la página del progreso, que exhibe datos de vuelo activos referentes al plan del vuelo para la fase del vuelo durante la cual se selecciona *PROG*. Permite que el equipo ponga al día el plan de vuelo y proporciona la distancia a un punto especificado.

PERF

Proporciona el acceso a las páginas del *PERFORMANCE* que exhiben la parametrización para la optimización del tratamiento para la fase actual del vuelo.

INIT

Proporciona el acceso a la inicialización del plan del vuelo y a las inicio de las páginas A y B. Se usa para inicializar los parámetros de *FMGC* (*Flight Management General Control*, Control General de Administración de Vuelo). La página de INIT B está solamente disponible en la tierra antes del encendido de los motores.

DATA

Proporciona el acceso a la página del índice de datos, que permite el acceso a un menú para varias páginas referentes a la posición y el estado del aeroplano, destinos, rutas y otros datos almacenados.

F-PLN

Proporciona el acceso a las páginas del plan del vuelo que contienen una descripción de la ruta activa del plan del vuelo. El destino y la información de la llegada están también disponibles en las páginas aplicables del plan del vuelo.

RAD NAV

Proporciona el acceso a la radionavegación (*RADIO NAV*) que permite la exhibición y la sintonía de los mensajes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Proporciona el acceso a la página del combustible de presalida para la revisión de las predicciones del combustible y del tiempo basadas en el plan del vuelo y la exhibición datos activos

Proporciona el acceso a la página del índice de la sección que exhibe una descripción de la ruta secundaria del plan del vuelo. El destino y la información de la llegada están también disponibles en las páginas aplicables del plan del vuelo.

Espacio en blanco.

Proporciona el acceso a la página del menú del *MCDU*, que permite el acceso a los sistemas que utilizan el *MCDU* para su despliegue en pantalla.

Proporciona el acceso a la página activa del plan del vuelo si hay otra página exhibiéndose en el *MCDU*. Si la página de plan de vuelo se exhibe ya, la exhibición completa un ciclo entre el origen y el destino

Proporciona el acceso a las páginas adicionales de la información relacionada cuando se requiere otra página para terminar la exhibición de datos. Esta capacidad es indicada por la flecha adicional de la página en la línea del título de la página.

Se usan para desplazarse hacia arriba y hacia abajo cuando las páginas son más largas que el espacio disponible en la pantalla. Estas llaves también son utilizadas para cambiar los datos de latitud / longitud.

Cuando es pulsada borra los mensajes y los datos de la pantalla, también puede borrar datos individuales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



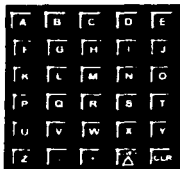
Línea de teclas selectas

Las líneas se identifican como *1L - 6L* y *1R - 6R* (izquierda y derecha), proporcionan el acceso a los datos del *display* para las zonas de información izquierda y derecha de la pantalla. Si un signo de intercalación (< o >) aparece al lado de la tecla, al seleccionar la tecla se tiene acceso a otra página del *MCDU*.



Teclado alfanumérico

Permite la entrada de letras y los números. La tecla "/" se utiliza para separar pares de entradas en la misma zona de información.



Tecla AOVF

Cuando se pulsa se elimina el desbordamiento causado por el plan de vuelo. Modifica el plan de vuelo directamente.



Indicador de falla

Este indicador se ilumina en rojo cuando existe alguna falla en el sistema.



Indicador del menú de MCDU

Se ilumina cuando un sistema ligado al *MCDU* solicita la exhibición. El sistema se puede cambiar con la llave del menú del *MCDU*.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN