

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de referencia de una red de CATV coaxial.....	6
Figura 2. Esquema de principio de una red HFC.....	9
Figura 3. Red HFC bidireccional.....	10
Figura 4. Cabecera de HFC para distribución de TV analógica	11
Figura 5. Cabecera con distribución digital y analógica.....	13
Figura 6. Cabecera HFC para todos los servicios, telefonía TDM.....	15
Figura 7. Cabecera HFC para todos los servicios, telefonía sobre IP	16
Figura 8. Troncal a tres niveles, transmisión hacia el usuario	17
Figura 9. Esquema de la cadena de transmisión hacia el usuario	18
Figura 10. Implementación de canal ascendente en red troncal: aproximación 1	20
Figura 11. Implementación de canal ascendente en red troncal: aproximación 2	20
Figura 12. Red troncal utilizando DWDM.....	21
Figura 13. Esquema simplificado de extensor de línea coaxial	22
Figura 14. Arquitectura abierta de DOCSIS 2.0	25
Figura 15. Escalabilidad de una red HFC.....	41
Figura 16. Evolución del servicio RDSI acceso básico.....	43
Figura 17. Paradiafonía y Telediafonía	50
Figura 18. Alcances y tasas de transferencia	53
Figura 19. Tasa de transferencia descendente vs. distancia VDSL vs. ADSL.....	53
Figura 20. Perfiles de VDSL2	54
Figura 21. Configuración HDSL en “banco de módems”	55
Figura 22. Configuración HDSL con transmisión SDH integrada	56
Figura 23. Acceso ADSL.....	57
Figura 24. Modelo de referencia de acceso a Internet vía ADSL.....	58
Figura 25. Evolución de Acceso a Internet a <i>Triple Play</i>	58
Figura 26. Red Imagenio	60
Figura 27. Cuotas de mercado de DSLAM	62
Figura 28. Distribución porcentual de conexiones de BA en España 2007	63
Figura 29. Cuota de ingresos xDSL.....	64
Figura 30. Conexión entre central y casa del abonado.....	67

Figura 31. Desagregación de bucle completa	69
Figura 32. Desagregación de bucle por compartición de espectro.....	70
Figura 33. Desagregación de bucle a nivel de caudal digital	70
Figura 34. Modularidades de un DSLAM	72
Figura 35. Consumos típicos de ancho de banda por servicio.....	77
Figura 36. Menor capacidad de sobre-suscripción	77
Figura 37. Arquitectura típica de configuraciones de acceso de Ethernet Activa.....	79
Figura 38. Arquitectura del acceso FiOS de Verizon.....	81
Figura 39. Distribución de servicios en frecuencias y desdoblamiento de lambdas .	82
Figura 40. Espectros CWDM y DWDM	82
Figura 41. Evolución de una arquitectura HFC a una arquitectura RFoG.....	83
Figura 42. Utilización conjunta de la red de distribución óptica.....	84
Figura 43. Red de acceso para FTTx	85
Figura 44. Penetración de tecnologías FTTH en Europa.....	89
Figura 45. Ámbitos de aplicación del estándar IEEE 802.16	98
Figura 46. Familias de estándares IEEE para redes inalámbricas.....	99
Figura 47. Enlaces IEEE 802.16 con o sin visión directa.....	101
Figura 48. Modulación adaptativa en IEEE 802.16	102
Figura 49. Modos de operación IEEE 802.16-2004	104
Figura 50. Estaciones repetidoras IEEE 802.16j.....	105
Figura 51. Proceso de certificación de equipos WiMAX.....	107
Figura 52. Calendario de especificación de perfiles WiMAX Móvil	109
Figura 53. Arquitectura general de una red WiMAX.....	110
Figura 54. Arquitectura de referencia WiMAX NRM <i>Release 1</i>	111
Figura 55. Ejemplo de dispositivos WiMAX certificados	112
Figura 56. Prestaciones de sistemas WiMAX: alcance versus caudal	114
Figura 57. Regulación de la banda 3,5 GHz en España.....	117
Figura 58. Valores de R según UIT-R P.837.....	119
Figura 59. Ejemplo de cobertura del satélite Hispasat/ Amazonas.....	122
Figura 60. Red VSAT de comunicaciones por satélite.....	122
Figura 61. Constelación de satélites de baja órbita (LEO)	125
Figura 62. Comparación de zonas de cobertura.....	127
Figura 63. Arquitectura genérica de un sistema de comunicaciones por satélite	128
Figura 64. Red satélite híbrida.....	129

Figura 65. Ejemplo de sistema DVB-RCS.....	130
Figura 66. Ejemplo de sistema DVB-SH.....	131
Figura 67. Distribución de usos del sistema Hispasat en 2007	139
Figura 68. Previsión de las velocidades de transmisión para diferentes medios.....	148
Figura 69. Velocidades máximas de las variantes de IEEE 802.11 hasta 2007	151
Figura 70. Logotipos de la Alianza Wi-Fi y de los productos Wi-Fi certificados.....	151
Figura 71. Acceso Wi-Fi residencial.....	152
Figura 72. Red Wi-Fi con puntos de acceso autónomos	152
Figura 73. Red Wi-Fi con puntos de acceso dependientes de un controlador.....	153
Figura 74. Arquitectura genérica de interconexión de WLAN y red móvil	154
Figura 75. Elementos de IEEE 802.11.....	155
Figura 76. Ejemplo de acceso al medio por contienda (DCF)	156
Figura 77. Estructura de protocolos de HIPERLAN/2.....	158
Figura 78. Colas de espera con diferentes prioridades en una estación 802.11e.....	161
Figura 79. Ejemplo de uso de calidades de servicio diferenciadas con 802.11e	162
Figura 80. Caudal de 802.11n en función de la velocidad de transmisión.....	165
Figura 81. Red Wi-Fi mallada	166
Figura 82. Formato de certificado de interoperabilidad Wi-Fi.....	169
Figura 83. Porcentaje de implementación de estándares de capa física	170
Figura 84. Número de equipos que implementan estándares de capa física	170
Figura 85. Equipos con certificaciones de seguridad WPA o WPA2.....	170
Figura 86. Logotipo de los equipos con <i>Wi-Fi Protected Setup</i>	171
Figura 87. Equipos con certificaciones multimedia WMM y WMM <i>Power Save</i>	171
Figura 88. <i>Hotspots</i> T-Mobile en España	172
Figura 89. Mapa de centros eduroam en España.....	173
Figura 90. Uso de tecnologías de acceso inalámbrico en empresas	175
Figura 91. Aplicaciones utilizadas sobre redes Wi-Fi empresariales.....	178
Figura 92. Evolución de sistemas móviles celulares	182
Figura 93. Arquitectura de red UMTS <i>Release 99</i>	184
Figura 94. Ejemplo de topología de red de acceso UMTS.....	185
Figura 95. Organismos de normalización integrados en el 3GPP	187
Figura 96. <i>Releases</i> del 3GPP	189
Figura 97. Multiplexión de usuarios HSDPA por tiempo y códigos	191
Figura 98. Modulación y codificación adaptativa con HSDPA	192

Figura 99. Evolución hacia arquitectura Todo-IP	196
Figura 100. Escenarios de comunicación IMS	197
Figura 101. Interfuncionamiento entre UMTS y WLAN	197
Figura 102. Simplificación de arquitectura de red.....	199
Figura 103. Caudal medio HSDPA según cobertura radio	203
Figura 104. Retardo de ida y vuelta para distintas tecnologías móviles	204
Figura 105. Distribución del espectro en Europa para operación FDD/TDD	206
Figura 106. Estructura celular jerárquica	208
Figura 107. Femtocélulas UMTS/3GPP	209
Figura 108. Niveles de radiación de sistemas de telefonía móvil.....	210
Figura 109. Modelo conceptual de red de telecomunicaciones	212
Figura 110. Principio de acoplamiento débil transporte-control.....	216
Figura 111. Hoja de ruta de un operador establecido hacia la NGN	221
Figura 112. Situación de partida. Red Telefónica Básica	222
Figura 113. Primera fase. Sustitución de centrales Clase 4.....	222
Figura 114. Segunda Fase. Sustitución de centrales Clase 5.....	223
Figura 115. El modelo de negocio del IMS	225
Figura 116. Arquitectura IMS.	226
Figura 117. Arquitectura funcional marco de IPTV	228
Figura 118. Arquitectura funcional de IPTV NGN IMS.....	229
Figura 119. La red del futuro	232
Figura 120. Distribución de tecnologías fijas de banda ancha en el mundo.	238
Figura 121. Competencia en el mercado de banda ancha.....	239
Figura 122. Competencia en el mercado móvil.....	240
Figura 123. Desagregación en Europa: líneas DSL mitad 2007	242
Figura 124. Servicios de telecomunicación minoristas (IV Trimestre 2008).....	246
Figura 125. Cuotas de mercado de servicios minoristas sobre ingresos (2008).....	246
Figura 126. Cuotas de mercado de telefonía móvil y banda ancha.....	247

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Versiones de DOCSIS.....	24
Tabla 2. Canales descendentes en DOCSIS y euroDOCSIS.....	27
Tabla 3. Velocidad vs. ancho de banda, canal ascendente	28
Tabla 4. Ventas de los principales fabricantes de dispositivos DOCSIS	34
Tabla 5. Adecuación de las redes HFC a diferentes servicios.....	36
Tabla 6. Características SDSL ETSI.....	46
Tabla 7. Recomendaciones y capacidades máximas de ADSL	49
Tabla 8. Recomendaciones UIT-T para sistemas DSL.....	60
Tabla 9. Suministradores de equipos de usuario.....	62
Tabla 10. Clasificación de pares de cobre	71
Tabla 11. Capacidades máximas en mazos de pares.....	71
Tabla 12. Suministradores de DSLAM. Equipo de Central.....	73
Tabla 13. Suministradores de DSLAM. Equipos Remotos	74
Tabla 14. Sistemas PON de banda ancha.....	78
Tabla 15. Características de la capa física Ethernet sobre fibra punto a punto	79
Tabla 16. Suministradores de OLT	89
Tabla 17. Suministradores de ONT con sus características.....	90
Tabla 18. Adecuación de las tecnologías FTTH a los servicios considerados.....	92
Tabla 19. Estándares de redes ópticas pasivas de UIT-T (FSAN) y de IEEE	93
Tabla 20. Características de los estándares IEEE 802.16	99
Tabla 21. Estado de estandarización de IEEE 802.16.....	100
Tabla 22. Clases de servicio en IEEE 802.16.....	103
Tabla 23. Grupos de trabajo del WiMAX Forum.....	107
Tabla 24. Perfiles WiMAX para accesos fijos.....	108
Tabla 25. Perfiles WiMAX Móvil	109
Tabla 26. Tasas de bit de IEEE 802.16 según ancho de canal y modulación	114
Tabla 27. Tipos de órbitas y características principales	123
Tabla 28. Bandas de frecuencia y servicios para satélites de comunicaciones	124
Tabla 29. Selección de estándares ETSI relativos al acceso por satélite.....	133

Tabla 30. Documentos de IETF relativos al uso de TCP sobre enlaces satélite	135
Tabla 31. Recomendaciones de UIT-R sobre transmisión de paquetes y satélite.....	135
Tabla 32. Servicios de Inmarsat	139
Tabla 33. Redes LEO en funcionamiento	140
Tabla 34. Ejemplo de servicios para terminales móviles y portátiles	141
Tabla 35. Ejemplo de servicios HughesNet para terminales fijos.....	142
Tabla 36. Adecuación de los sistemas de comunicaciones por satélite a los servicios de acceso considerados.....	144
Tabla 37. Estándares de la familia IEEE 802.11	154
Tabla 38. Características de transmisión de los estándares 802.11, 11a, 11b y 11g ..	159
Tabla 39. Programas de certificación de la Alianza Wi-Fi.....	168
Tabla 40. Adecuación de las WLAN para diferentes servicios	178
Tabla 41. Series de especificaciones UMTS.....	188
Tabla 42. Categorías de terminales HSDPA	193
Tabla 43. Categorías de terminales HSUPA	194
Tabla 44. Mercado de comunicaciones móviles en España.....	201
Tabla 45. Caudales máximos de tecnologías móviles	203
Tabla 46: Operadores Móviles Virtuales y Proveedores de Servicios.....	207
Tabla 47. Límites de radiación de sistemas móviles celulares en Europa.....	210
Tabla 48. Correspondencia entre nodos de diferentes redes y el modelo de red.....	214
Tabla 49. Líneas de banda ancha a final de 2008	245
Tabla 50. Ingresos acumulados por servicios minoristas (millones de €)	245
Tabla 51. Resumen de obligaciones Mercados 4 y 5.....	248