

INDICE

Prólogo	XXV
Parte 1. Introducción	1
Capítulo 1. Introducción	3
1.1. Transmisión de Datos	3
Componentes	4
Representación de datos	5
Vídeo	5
Flujo de datos	6
1.2. Redes	7
Procesamiento Distribuido	7
Criterios de redes	7
Estructuras físicas	8
Modelos de red	12
Clases de redes	12
Interconexión de redes: Interredes	15
1.3. Internet	15
Historia breve	15
Internet en la actualidad	17
1.4. Protocolos y Estándares	18
Protocolos	18
Estándares	19
Organizaciones de estandarización	19
Estándares en Internet	20
1.5. Lecturas Recomendadas	20
Libros	20
Sitios Web	21
RFC	21
1.6. Términos y conceptos clave	21
1.7. Resumen	22
1.8. Material práctico	22
Preguntas de revisión	22
Ejercicios	23
Actividades de investigación	23
Capítulo 2. Modelos de Redes	25
2.1. Tareas, receptor y mensajero	25
Jerarquía	26
2.2. El Modelo OSI	27
Arquitectura por niveles	27
Procesos paritarios	28
Encapsulados	30
2.3. Niveles en el Modelo OSI	30
Nivel físico	30
Nivel de enlace de datos	31

Nivel de red	32
Nivel de transporte	34
Nivel de sesión	36
Nivel de presentación	36
Nivel de aplicación	38
Resumen de los niveles	38
2.4. Familia de Protocolos TCP/IP	39
Nivel físico y de enlace de datos	39
Nivel de red	40
Nivel de transporte	41
Nivel de aplicación	42
2.5. Direccionamiento	42
Direcciones físicas	42
Direcciones lógicas	44
Direcciones de puertos	45
Direcciones específicos	47
2.6. Lecturas Recomendadas	47
Libros	47
Sitios Web	47
RFC	47
2.7. Términos y conceptos clave	47
2.8. Resumen	48
2.9. Material Práctico	48
Preguntas de revisión	48
Ejercicios	48
Actividades de investigación	50
Parte 2. Medio y Nivel Físico	51
Capítulo 3. Datos y Señales	53
3.1. Analógicos y digital	53
Datos analógicos y digitales	53
Señales analógicas y digitales	54
Señales periódicos y aperiódicas	54
3.2. Señales analógicas Periódicas	55
Onda seno	55
Face	59
Longitud de onda	60
Dominios del tiempo y la frecuencia	61
Señales compuestas	62
Ancho de banda	65
3.3. Señales Digitales	68
Tasa de bits (velocidad)	69
Intervalo de bits	70
La señal digital como una señal analógica compuesta	70
Transmisión de señales digitales	70
3.4. Deterioro de la Transmisión	77

Atenuación	77
Distorsión	80
Ruido	80
3.5. Límites de la Velocidad de datos	82
Canal sin ruido: tasa de bits de Nyquist	82
Canal con ruido: Capacidad de Shannon	83
Usando ambos límites	85
3.6. Prestaciones	85
Ancho de banda	85
Rendimiento (Throughput)	86
Latencia (Retraso)	87
Producto ancho de banda – retraso	89
Retraso variable (Jitter)	90
3.7. Lecturas Recomendadas	91
Libros	91
3.8. Términos y conceptos clave	91
3.9. Resumen	91
3.10. Material práctico	92
Preguntas de revisión	92
Ejercicios	93
Capítulo 4. Transmisión Digital	94
4.1. Conversión Digital a Digital	97
Codificación de línea	97
Esquemas de codificación de línea	102
Codificación de bloques	110
Aleatorización	114
4.2. Conversión de analógico a digital	116
Modulación por codificación de pulsos (PCM)	116
Modulación delta (DM)	125
4.3. Modos de Transmisión	127
Transmisión paralela	127
Transmisión serie	127
4.4. Lecturas Recomendadas	130
Libros	131
4.5. Términos y conceptos clave	131
4.6. Resumen	131
4.7. Material Práctico	132
Preguntas de revisión	132
Ejercicios	132
Capítulo 5. Transmisión Analógica	135
5.1. Conversión de Digital a Analógico	135
Aspectos de la conversión de digital a analógico	136
Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)	137
Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)	140
Modulación por desplazamiento de fase (PSK)	142

Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)	145
5.2. Conversión de Analógico a Analógico	146
Modulación en amplitud (AM)	146
Modulación en frecuencia (FM)	148
Modulación en fase (PM)	150
5.3. Lecturas Recomendadas	150
Libros	150
5.4. Términos y conceptos clave	150
5.5. Resumen	150
5.6. Material práctico	151
Preguntas de revisión	151
Ejercicios	152
Capítulo 6. Utilizando del Ancho de Banda: Multiplexación y Ensanchado	155
6.1. Multiplexación	155
Multiplexación por división de frecuencia	156
Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)	161
Multiplexación síncrona por división del tiempo	162
Multiplexación estadística por división del tiempo	173
6.2. Espectro Ensanchado	174
Espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS)	175
Espectro ensanchado por secuencias directa	178
6.3. Lecturas recomendadas	179
Libros	179
6.4. Términos y conceptos clave	179
6.5. Resumen	180
6.6. Material Practico	180
Preguntas de revisión	180
Ejercicios	181
Capítulo 7. Medio de Transmisión	185
7.1. Medios Guiados	186
Cable de par trenzado	186
Cable coaxial	189
Fibra óptica	192
7.2. Medios no Guiados	197
Ondas de radio	199
Microondas	200
Infrarrojos	201
7.3. Lecturas Recomendadas	202
Libros	202
7.4. Términos y conceptos	202
7.5. Resumen	202
7.6. Material Práctico	203
Preguntas de revisión	203
Ejercicios	203

Capítulo 8. Conmutación	207
8.1. Conmutación de Circuitos	208
Tres fases	210
Eficiencia	211
Retardo	211
Tecnología de conmutación de circuitos en redes telefónicas	212
8.2. Redes de Datagramas	212
Tabla de encaminamiento	213
Eficiencia	214
Retardo	214
Redes de datagramas en Internet	215
8.3. Redes de Circuitos Virtuales	215
Direccionamiento	216
Tres fases	216
Eficiencia	220
Retardo en redes de circuitos virtuales	220
Tecnología de conmutación de circuitos en WAN	221
8.4. Estructura de un Conmutador	221
Estructura de los conmutadores de circuitos	221
Conmutación por división del espacio	221
Estructura de los conmutadores de paquetes	228
8.5. Lecturas recomendadas	229
Libros	229
8.6. Términos y conceptos clave	229
8.7. Resumen	230
8.8. Material practico	230
Preguntas de revisión	230
Ejercicios	231
Capítulo 9. Uso de Redes Telefónicas y por Cable para la Transmisión de Datos	235
9.1. Red telefónica	235
Componentes principales	235
LATA	236
Señalización	238
Servicios proporcionados por las redes telefónicas	241
9.2. Módems de Marcado	242
Estándares de módem	243
9.3. Línea de abonado digital	245
ADSL	245
ADSL ligero (ADSL Lite)	248
HDSL	249
SDSL	249
VDSL	249
Resumen	249
9.4. Redes de TV por cable	249

Redes por cable tradicionales	250
Red híbrida fibra – coaxial (HFC)	250
9.5. La TV por cable para transmitir datos	251
Ancho de banda	251
Compartición	252
CM y CMTS	253
Esquemas de transmisión de datos: DOCSIS	254
9.6. Lectura recomendadas	254
Libros	255
9.7. Términos y conceptos clave	255
9.8. Resumen	256
9.9. Material práctico	256
Preguntas de revisión	256
Ejercicios	257
Parte 3. Nivel de Enlace	259
Capítulo 10. Detección y Corrección de Errores	261
10.1. Introducción	261
Tipos de errores	261
Redundancia	263
Detección frente a corrección	263
Corrección de errores hacia delante frente a retransmisión	263
10.2. Codificación de Bloques	263
Detección de errores	264
Corrección de errores	165
Distancia Hamming	267
Mínima distancia Hamming	267
10.3. Códigos de Bloques Lineales	268
Mínima distancia para códigos de bloques lineales	268
10.4. Códigos Cíclicos	273
Comprobación de redundancia cíclica	273
Polinomios	274
10.5. Sumas de Comprobación	277
Idea	277
Complemento a uno	277
Suma de comprobación en Internet	278
10.6. Lecturas Recomendadas	279
Libros	279
RFCs	279
10.7. Términos y conceptos clave	279
10.8. Resumen	279
10.9. Material Práctico	280
Preguntas de revisión	280
Ejercicios	281
Capítulo 11. Control de Enlace de Datos	283
11.1. Creación de Tramas	283

Tramas de tamaño fijo	284
Tramas de tamaño variable	294
11.2. Control de Flujo y Error	286
Control de flujo	287
Control de error	287
11.3. Protocolos	287
11.4. Canales sin ruido	288
Protocolo simplest	288
Protocolo con parada y espera	290
11.5. Canales con Ruido	293
Petición de respuesta automática con parada y espera	293
Petición de respuesta automática con vuelta atrás N	299
Petición de respuesta automática con repetición selectiva	308
Piggybacking	314
11.6. HDLC	315
Configuración y modos de comunicación	315
Tramas	316
Campos de control	318
11.7. Protocolo Punto a Punto	321
Tramado	323
Transición de fases	324
Multiplexación	324
PPP multienlace	330
11.8. Lecturas Recomendadas	332
Libros	332
11.9. Términos y conceptos clave	332
11.10. Resumen	332
11.11. Material Práctico	333
Preguntas de revisión	333
Ejercicios	334
Capítulo 12. Acceso Múltiple	337
12.1. Acceso aleatorio	338
ALOHA	339
Acceso múltiple por detección de portadora (CSMA)	344
Acceso múltiple por detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD)	347
Acceso múltiple por detección de portadora y evitación de colisiones (CSMA/CD)	351
12.2. Acceso Controlado	352
Reserva	352
Muestreo	353
Paso de testigo	355
12.3. Canalización	356
Acceso múltiple por división de la frecuencia (FDMA)	356
Acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA)	357

Acceso múltiple por división de códigos (CDMA)	358
12.4. Lectura Recomendadas	364
Libros	364
12.5. Términos y conceptos clave	364
12.6. Resumen	365
12.7. Material Práctico	366
Preguntas de revisión	366
Ejercicios	366
Actividades de investigación	367
Capítulo 13. LAN Cableadas: Ethernet	369
13.1. Estándares del IEEE	369
Nivel de enlace	369
Nivel físico	376
13.2. Estándares en el Estándar	379
Subnivel MAC	371
Nivel físico	376
13.3. Cambios en el Estándar	379
Ethernet con puentes	379
Ethernet conmutada	381
Ethernet full – dúplex	381
13.4. FAST ETHERNET	382
Subnivel MAC	383
Nivel físico	383
13.5. ETHERNET GIGABIT	385
Subnivel MAC	386
Nivel físico	387
Ethernet de 10 gigabits	389
13.6. Lecturas recomendadas	390
Libros	390
13.7. Términos y conceptos clave	390
13.8. Resumen	391
13.9. Material práctico	392
Preguntas de revisión	392
Ejercicios	392
Capítulo 14. LAN Inalámbrica	393
14.1. IEEE. 802.11	393
Arquitectura	393
Subnivel MAC	395
Mecanismo de direccionamiento	400
Nivel físico	404
14.2. BLUETOOTH	406
Arquitectura	407
Niveles de bluetooth	408
Nivel de radio	408
Nivel de banda base	409

L2CAP	412
Otros niveles superiores	413
14.3. Lecturas recomendadas	413
Libros	413
14.4. Términos y conceptos clave	413
14.5. Resumen	414
14.6. Material práctico	414
Preguntas de revisión	414
Ejercicios	415
Capítulo 15. Conexión de LAN, Redes Troncales y LAN virtuales	417
15.1. Dispositivos de Conexión	417
Concentradores pasivos	418
Repetidores	418
Concentrados activos	419
Puentes	419
Conmutadores de dos niveles	426
Enrutadores	426
Conmutadores de tres niveles	426
Pasarela	427
15.2. Redes troncales	427
Troncal tipo bus	427
Troncal en estrella	428
Conexión de LAN remotas	429
15.3. LAN VITUALES	430
Pertenencia	432
Configuración	433
Comunicaciones entre conmutadores	433
Estándar del IEEE	434
Ventajas	434
15.4. Lecturas Recomendadas	434
Libros	434
Sitios	434
15.5. Términos y conceptos clave	435
15.6. Resumen	435
15.7. Material Práctico	435
Preguntas de revisión	435
Ejercicios	436
Capítulo 16. WAN Inalámbricas: Telefonía Móvil y Redes por Satélites	437
16.1. Telefonía Móvil	437
Principio de reutilización de frecuencias	437
Transmisión	438
Recepción	439
Itinerancia	439
Primera generación	439
Segunda generación	440

Tercera generación	447
16.2. Redes por Satélite	448
Órbitas	448
Cobertura	449
Tres categorías de satélites	450
Satélites GEO	451
Satélites MEO	451
Satélites LEO	454
16.3. Lecturas Recomendadas	456
Libros	457
16.4. Términos y conceptos clave	456
Libros	457
16.4. Términos y conceptos clave	457
16.5. Resumen	457
16.6. Material Práctico	458
Preguntas de revisión	458
Ejercicios	458
Capítulo 17. SONET/SDH	459
17.1. Arquitectura	459
Señales	459
Dispositivos SONET	460
Conexiones	461
17.2. Niveles SONET	462
Nivel de ruta	462
Nivel de línea	462
Nivel de sección	463
Nivel fotónico	463
Relaciones entre niveles y dispositivos	463
17.3. Tramas SONET	463
Transmisión de trama, byte y bit	464
Formato de trama STS -1	465
Resumen de cabeceras	469
Encapsulado	470
17.4. Multiplexación STS	471
Entrelazado de byte	471
Señal concatenada	473
Multiplexados de inserción/ extracción	474
17.5. Redes SONET	474
Redes lineales	474
Redes en anillo	477
Redes en malla	478
17.6. Tributarios virtuales	480
Tipos de VT	480
17.7. Lectura recomendadas	481
Libros	481

17.8. Términos y conceptos clave	481
17.9. Resumen	482
17.10. Material práctico	482
Preguntas y revisión	482
Ejercicios	483
Capítulo 18. Redes de Circuitos Virtuales: Frame Relay y ATM	485
18.1. Frame RELAY	485
Arquitectura	486
Niveles en Frame Relay	487
Dirección extendida	489
Ensamblador/ desensamblador en Frame Relay	489
Voz sobre Frame Relay	490
Información de gestión local	490
Control de congestión y calidad de servicio	490
18.2. ATM	490
Objetivos de diseño	490
Problemas	491
Arquitectura de ATM	493
Conmutación	496
Niveles de ATM	497
Control de congestión y calidad de servicio	503
18.3. LAN CON ATM	503
Arquitectura de una LAN ATM	503
Emulación de red de área local (LANE)	505
Modelo cliente / servidor	506
Arquitectura mixta con cliente /servidor	507
18.4. Lecturas recomendadas	507
Libros	507
18.5. Términos y conceptos clave	508
18.6. Resumen	509
18.7. Material Práctico	510
Preguntas de revisión	510
Ejercicios	510
Actividades de investigación	511
Parte 4. Nivel de red	513
Capítulo 19. Nivel de Red: Direccionamiento Lógico	515
19.1. Direcciones IPv4	515
Espacio de direcciones	516
Notaciones	516
Direccionamiento con clases	518
Direccionamiento sin clases	521
Traducción de dirección de red (Network Address Translation, NAT)	529
19.2. Direcciones IPv6	533
Estructura	533
Espacio de direcciones	534

19.3. Lecturas Recomendadas	538
Libros	538
Sitios	538
RFC	538
19.4. Términos y conceptos clave	539
19.5. Resumen	539
19.6. Material práctico	540
Preguntas de revisión	540
Ejercicios	540
Actividades de investigación	542
Capítulo 20. Nivel de Red: Protocolo de Internet	543
20.1. Interconexión entre Redes	543
Necesidades del nivel de red	543
Internet como una red de datagramas	545
Internet como red no orientada a conexión	546
20.2. IPv4	546
Datagrama	547
Fragmentación	553
Suma de comprobación	557
Opciones	558
20.3. IPv6	560
Ventajas	560
Formato del paquete	561
Cabeceras de ampliación	565
20.4. Transición de IPv4 E IPv6	566
Pila dual	567
Túneles	567
Traducción de cabeceras	568
20.5. Lecturas Recomendadas	569
Libros	569
Sitios	569
RFC	569
20.6. Términos y conceptos clave	570
20.7. Resumen	570
20.8. Material práctico	571
Preguntas de revisión	571
Ejercicios	571
Actividades de investigación	572
Capítulo 21. Nivel de Red: Asociación de Direcciones, Informes de Error y Multicast	573
21.1. Asociación de Direcciones	573
Asociación de direcciones lógicas a físicas: ARP	574
Asociación de direcciones físicas: RARP, BOOTP y DHCP	578
21.2. ICMP	581
Tipos de mensajes	581

Formatos de mensaje	581
Informes de error	582
Consulta	585
Herramientas de depuración	586
21.3. IGMP	589
Gestión de grupos	590
Mensajes IGMP	590
Formato de mensaje	590
Funcionamiento de IGMP	591
Utilidad Netstat	593
21.4. ICMPv6	593
Informe de errores	594
Consulta	594
21.5. Lecturas recomendadas	595
Libros	595
Sitios	595
21.6. Términos y Conceptos Clave	595
21.7. Resumen	596
21.8. Material Práctico	597
Preguntas de revisión	597
Ejercicios	597
Actividades de investigación	597
Capítulo 22. Nivel de Red: Entrega, Reenvío y Encaminamiento	599
22.1. Entrega	599
Entrega directa frente a indirecta	599
22.2. Reenvío	600
Técnicas de reenvío	600
Proceso de reenvío	600
Proceso de reenvío	602
Tabla de encaminamiento	607
22.3. Protocolos de Encaminamiento Unidestino	610
Optimización	610
Encaminamiento interdominio e intradominio	611
Encaminamiento interdominio e intradominio	611
Encaminamiento basado en el estado del enlace	618
Encaminamiento basado en el vector camino	626
22.4. Protocolos de Encaminamiento Multienvío	630
Comunicación unidestino, multienvío y difusión	630
Aplicaciones	633
Encaminamiento multienvío	634
Protocolos de encaminamiento	636
22.5. Lecturas Recomendadas	645
Libros	646
Sitios	646
RFC	646

22.6. Términos y Conceptos clave	646
22.7. Resumen	647
22.8. Material Práctico	648
Preguntas de revisión	648
Ejercicios	649
Actividades de investigación	650
Parte 5. Nivel de Transporte	651
Capítulo 23. Comunicación Proceso a Proceso. UDP, TCP y SCTP	653
23.1. Comunicación Proceso a Proceso	653
Paradigma cliente/servidor	654
Multiplexación y demultiplexación	656
Servicio sin conexión frente a servicio orientado a conexión	657
Tres protocolos	658
23.2. Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)	658
Puertos bien conocidos en UDP	659
Datagramas de usuarios	660
Funcionamiento de UDP	661
Uso de UDP	663
23.3. Protocolo de Control de Transmisión (TCP)	663
Servicios TCP	667
Características de TCP	667
Segmento	669
Una conexión TCP	671
Control de error	678
Control de congestión	683
23.4. Protocolo de Control de Transmisión de Flujo (SCTP)	683
Servicios SCTP	683
Características de SCTP	685
Una asociación SCTP	687
Control de flujo	690
Control de error	692
23.5. Lecturas Recomendadas	694
Libros	694
Sitios	694
23.6. Términos y Conceptos Clave	694
23.7. Resumen	695
23.8. Material práctico	696
Preguntas de revisión	696
Ejercicios	696
Actividades de investigación	698
Capítulo 24. Control de Congestión y Calidad de Servicio	699
24.1. Tráfico de Datos	699
Descriptores de tráfico	699
Perfiles de tráfico	700
24.2. Congestión	701

Prestaciones de una red	702
24.3. Control de Congestión	703
Control de congestión de bucle abierto	704
Control de congestión de bucle cerrado	704
24.4. Dos ejemplos	706
Control de congestión en TCP	706
Control de congestión en Frame Relay	710
24.5. Calidad de Servicio	712
Características de un flujo	713
Clases de flujos	714
24.6. Técnicas para Mejorar la Calidad de Servicio	714
Planificación	714
Ajuste de tráfico	715
Reserva de recursos	718
Control de admisión	718
24.7. Servicios Integrados	718
Señalización	719
Especificación del flujo	719
Admisión	719
Clases de servicios	719
RVSP	720
Problemas con los servicios integrados	722
24.8. Servicios Diferenciados	723
Campo DS	723
24.9. QoS en redes conmutadas	724
QoS en frame Relay	725
QoS en ATM	726
24.10. Lecturas Recomendadas	728
Libros	728
24.11. Términos y conceptos clave	729
24.12. Resumen	729
24.15. Material práctico	730
Preguntas de revisión	730
Ejercicios	730
Parte 6. Nivel de Aplicación y Seguridad de la Red	733
Capítulo 25. Nivel de Aplicación	735
25.1. Sistema de Nombres de Dominio (DNS)	735
25.2. Espacio de Nombres de Dominio	735
Etiqueta	736
Nombres de dominio	736
Dominio	737
Servidores de nombres	738
25.3. DNS en Internet	738
Dominios genéricos	739
Dominio de países	739

Dominio inverso	739
25.4. Resolución	741
Revolvedor	741
Traducción de nombres a direcciones	742
Traducción de direcciones a nombres	742
Resolución recursiva	742
Resolución iterativa	743
Empleo de caché	743
Sistema de nombres de dominio dinámico (DDNS)	744
25.5. Telnet	744
25.6. Correo electrónico	476
Arquitectura	746
Agente de usuario	747
25.7. El Agente de Transferencia de Mensajes SMTP	749
Agente de acceso a mensajes: POP e IMAP	750
Correo de transferencia de archivos (FTP)	752
25.9. WWW y HTTP	753
Arquitectura	753
Cliente (navegador)	754
Documentos Web	756
HTTP	761
25.10. Gestión de la Red (SNM)	764
Protocolo sencillo de gestión de red (SNMP)	764
Concepto	764
Componentes de la gestión	765
SNMP	767
25.11. Multimedia	768
Streaming de audio y vídeo almacenado	769
Streaming de audio o vídeo en directo	772
Audio y vídeo interactivo en tiempo real	772
RTP	776
RTCP	778
Voz sobre IP	779
25.12. Lecturas recomendadas	783
Libros	783
25.13. Conceptos y términos clave	784
25.14. Resumen	785
21.15. Material práctico	787
Preguntas de revisión	787
Ejercicios	788
Actividades de investigación	789
Capítulo 26. Seguridad en la Red	791
26.1. Introducción	791
Definiciones	791
Dos categorías de cifradores	792

Servicios de seguridad	793
Protocolo de seguridad en Internet	794
26.2. Criptografía con Clave Simétrica	795
Cifradores tradicionales	795
Cifradores modernos simples	797
Cifradores modernos iterativos	799
26.3. Criptografía con Clave Asimétrica	803
RSA	803
Diffie – Hellman	805
26.4. Servicios de Seguridad	806
Confidencialidad del mensaje	807
Integridad del mensaje	808
Autenticación del mensaje	809
No repudio del mensaje: firma digital	811
Autenticación de entidad o identificación	815
26.5. Gestión de Claves	819
Distribución de claves simétricas	819
Distribución de clave pública	821
26.6. Seguridad IP (IPSEC)	825
Dos modos	825
Dos protocolos de seguridad	823
Asociación de seguridad	829
Intercambio de claves en internet (IKE)	830
Red privada virtual	831
26.7. SSL/TLS	334
Servicios SSL	834
Parámetros de seguridad	835
Cuatro protocolos	836
Seguridad en el nivel de transporte (TLS)	838
26.8. Cortafuegos	838
Cortafuegos de filtrado de paquetes	838
Cortafuegos basados en proxy	839
26.9. Lectura Recomendadas	840
Libros	840
26.10. Términos y conceptos clave	840
26.11. Resumen	841
26.12. Material Práctico	843
Preguntas de revisión	843
Ejercicios	844
Referencias	845
Índice	849