

Arquitecturas de protocolos

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

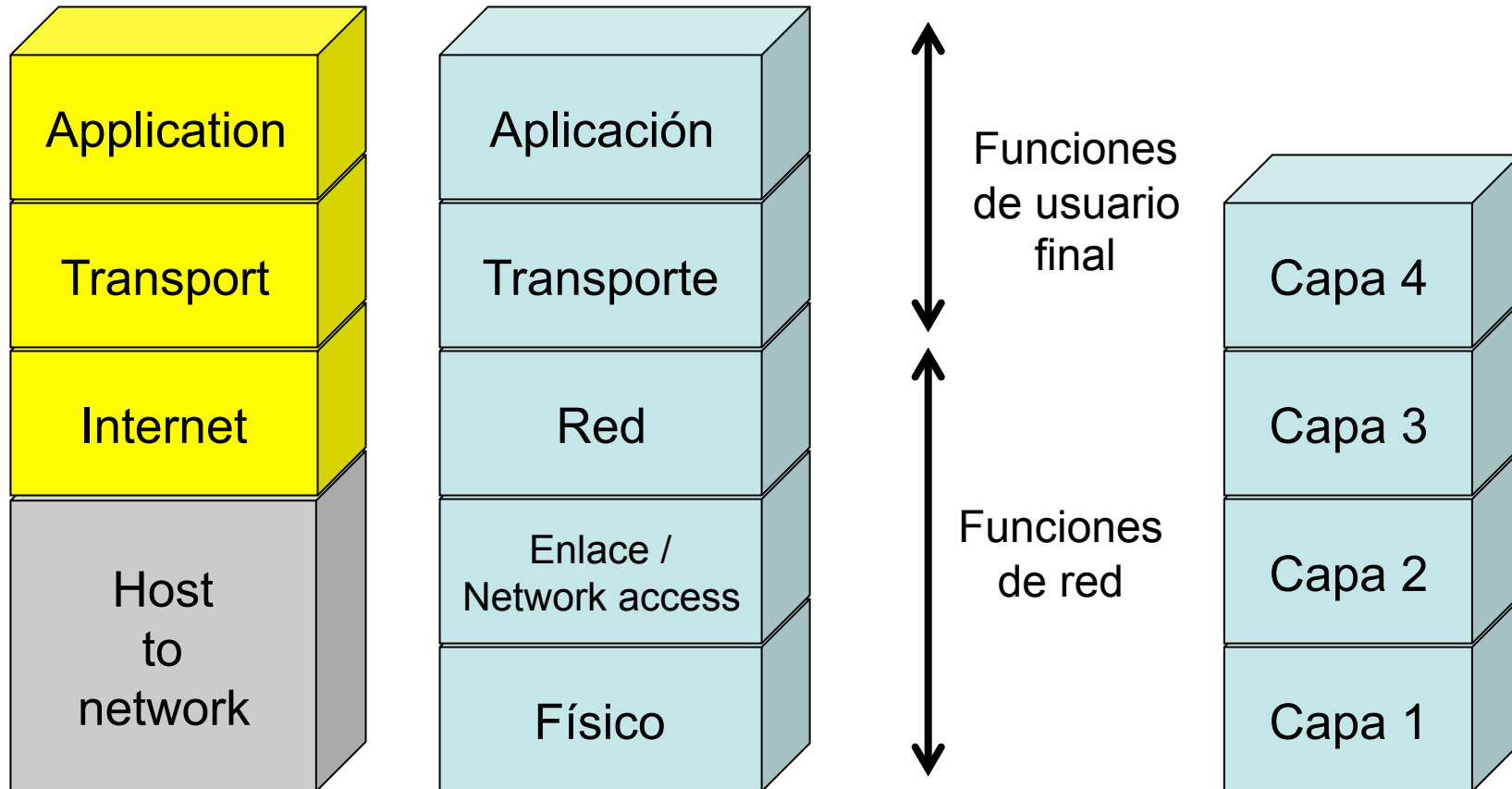
Redes
4º Ingeniería Informática

Temario

1. **Introducción a las redes**
2. Tecnologías para redes de área local
3. Conmutación de circuitos
4. Tecnologías para redes de área extensa y última milla
5. Encaminamiento
6. Arquitectura de conmutadores de paquetes
7. Control de acceso al medio
8. Transporte extremo a extremo

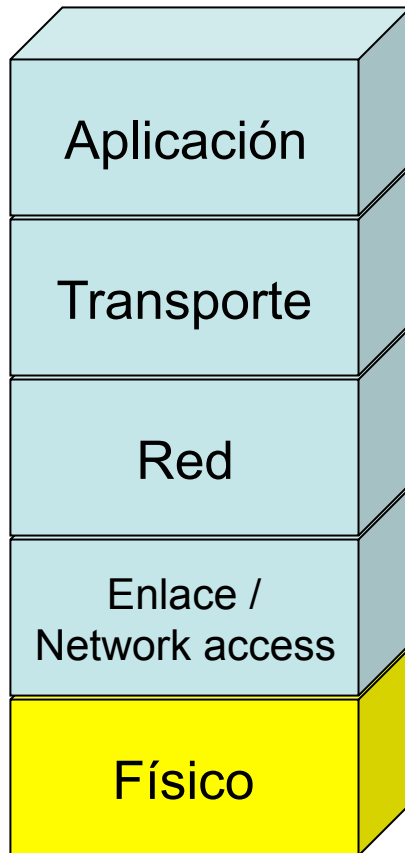
Arquitectura de protocolos TCP/IP

- Arquitectura dominante
- A partir de un proyecto del DARPA
- Para interconexión de redes



Nivel físico

- *Physical layer*
- Interfaz entre el dispositivo y el medio de transmisión
- Construye la señal y la adapta al medio. Recupera la señal
- Depende del medio físico

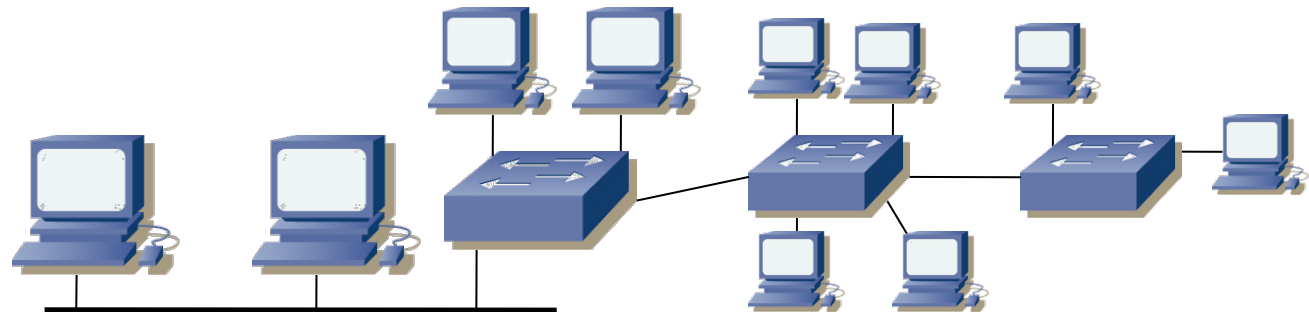
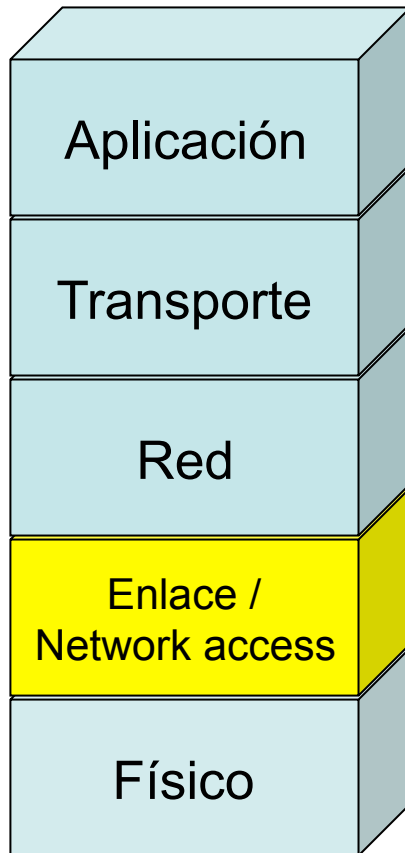


- No suponemos conocimiento previo
- Veremos conceptos muy básicos sobre este nivel en diferentes tecnologías de LAN/WAN



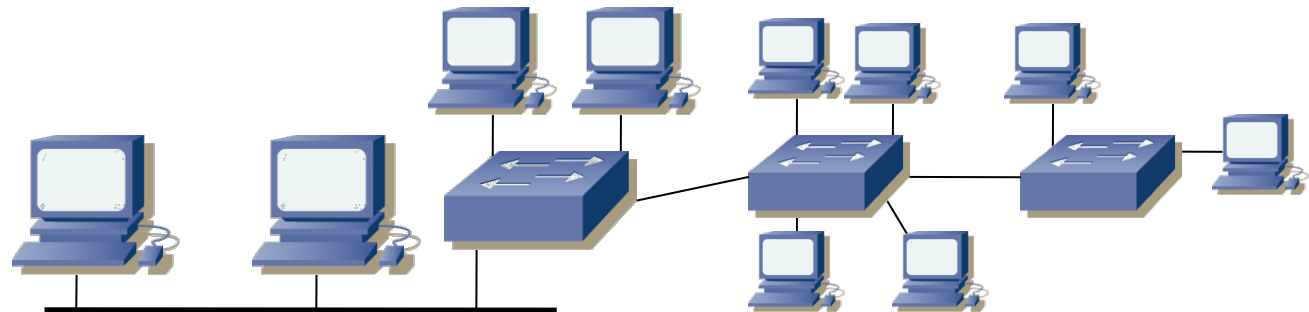
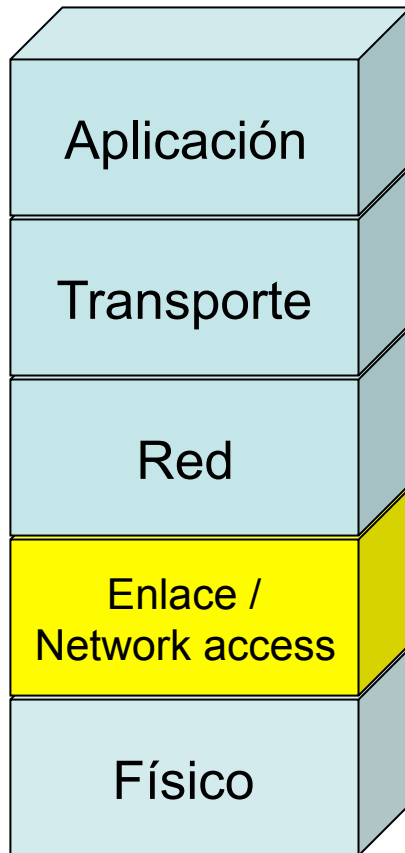
Nivel de enlace

- *Link layer, Network access layer*
 - Intercambio de datos entre hosts *en la misma red*
 - Depende del tipo (tecnología) de red
 - El nivel superior (red/Internet) independiente de las tecnologías
- Para el mismo nivel de enlace puede cambiar el nivel físico (ej: Ethernet par trenzado, fibra, coax...)
 - Implementado en los hosts y equipos de conmutación de red
 - Proporciona control del enlace (activar, mantener, desactivar)
 - Detección y control de errores
 - Envía tramas (frames)



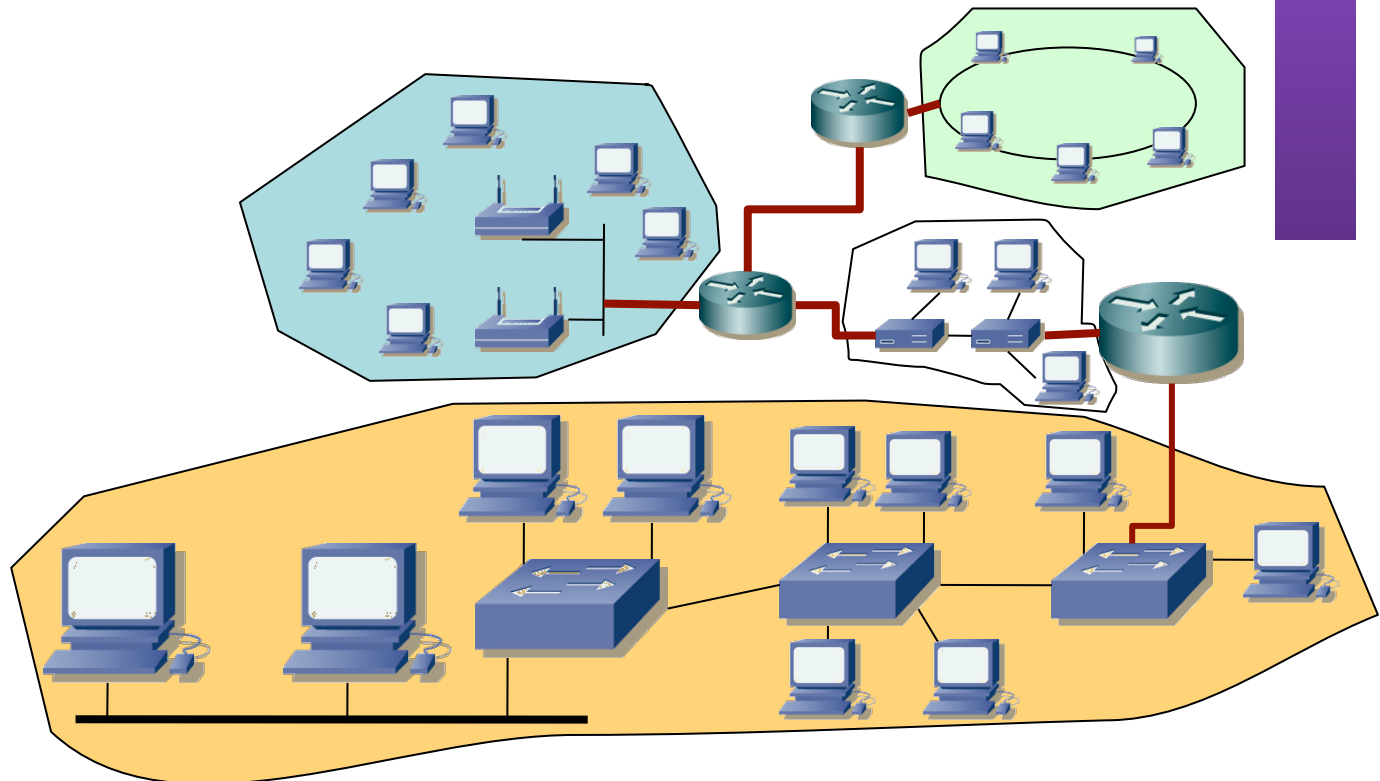
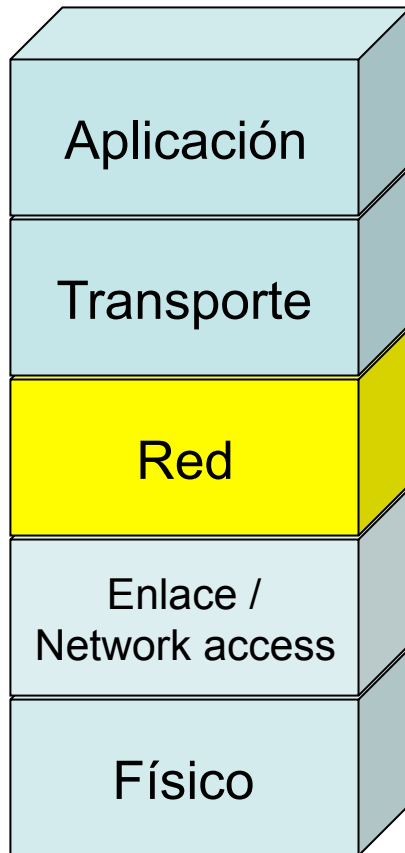
Nivel de enlace

- Asumimos conocimiento básico sobre Ethernet y ARP
- Repasad tema sobre nivel de enlace de “Redes de Computadores”
- Veremos tecnologías (LAN y WAN) y fundamentos de reparto de uso del medio
- Repasaremos Ethernet un poco pero principalmente ampliaremos
 - Útil haber cursado “Laboratorio de Programación de Redes” pero lo ampliamos
 - Veremos fundamentos de WiFi
 - WiFi debería ser conocido si habéis cursado “Seguridad en Internet”



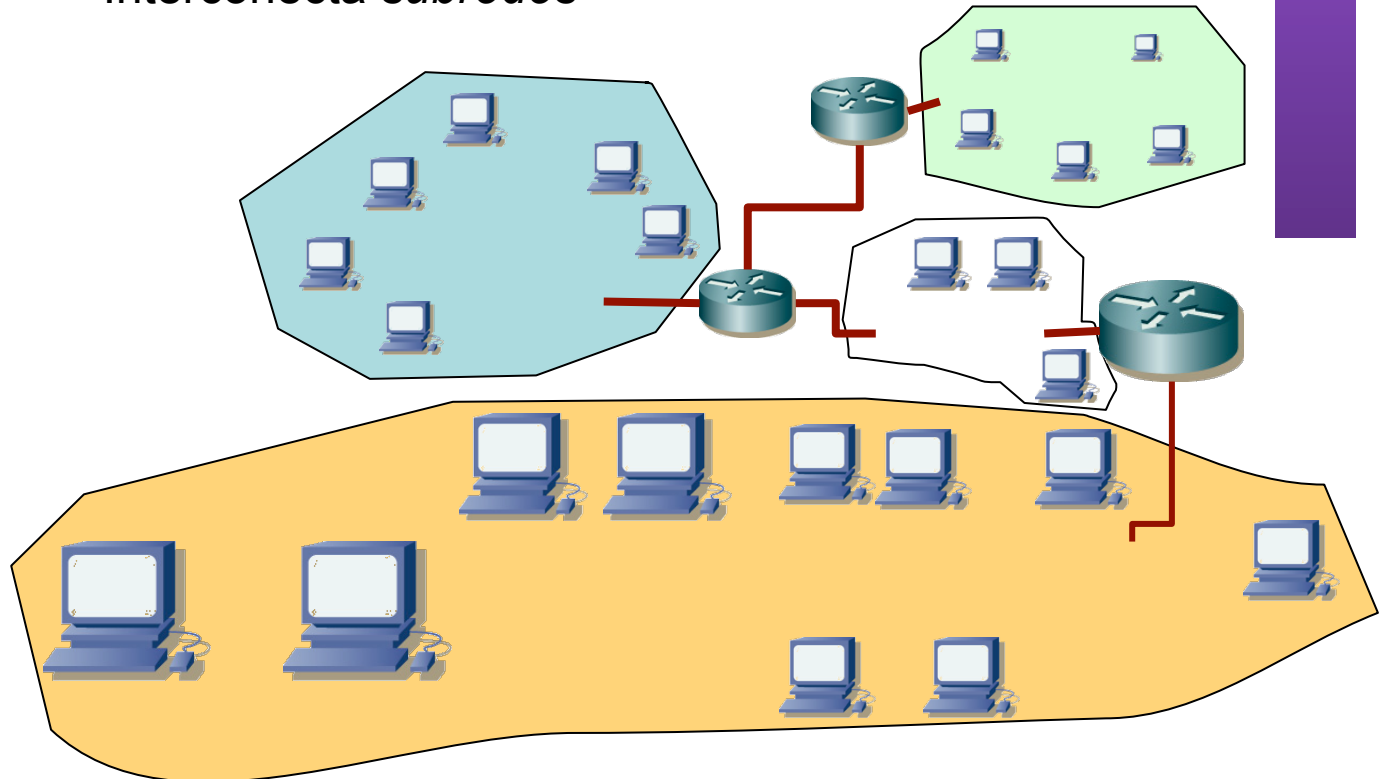
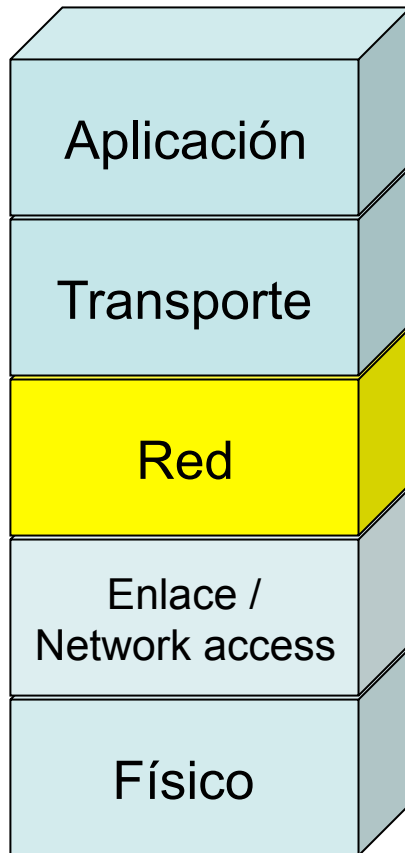
Nivel de red o de Internet

- *Network layer, Internet layer*
- Necesario cuando los hosts están en distintas redes
- Debe saber cómo llegar de una red a otra
- (...)



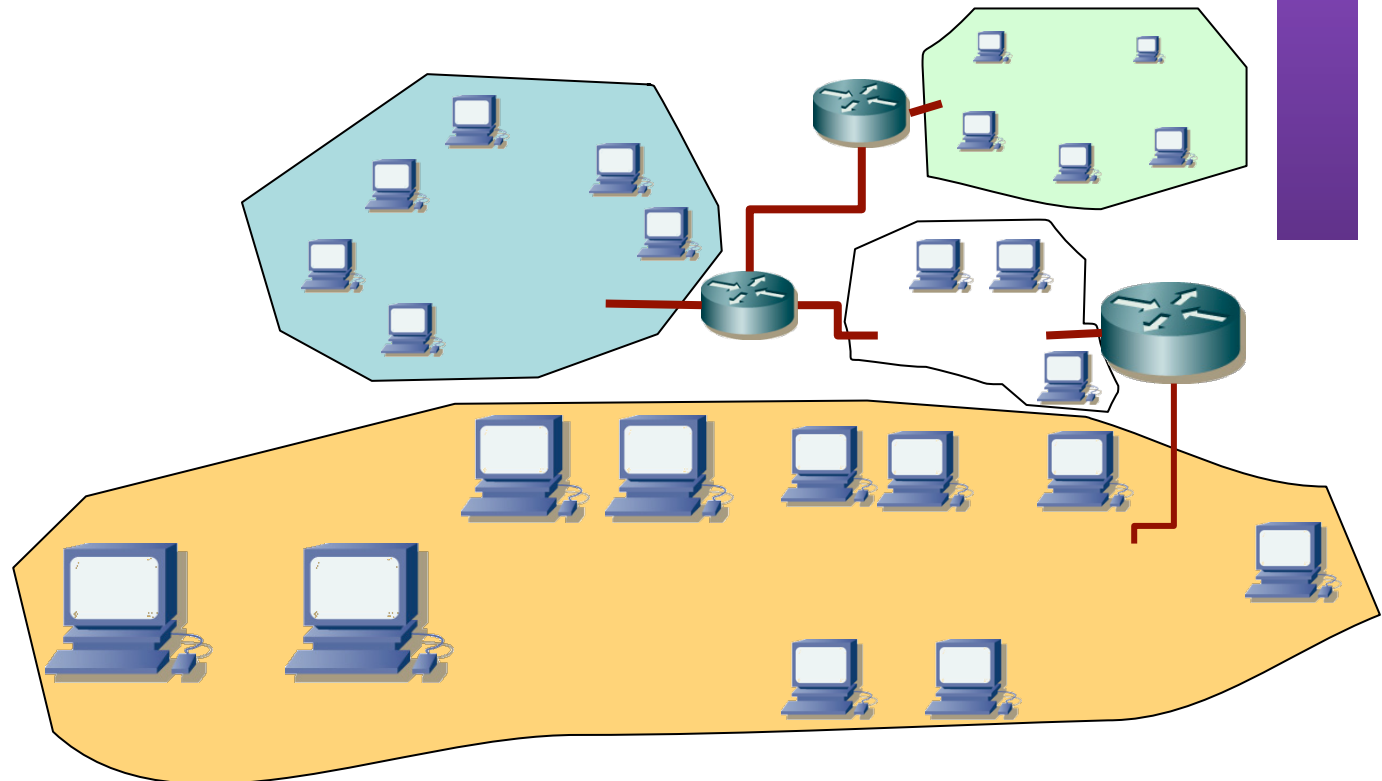
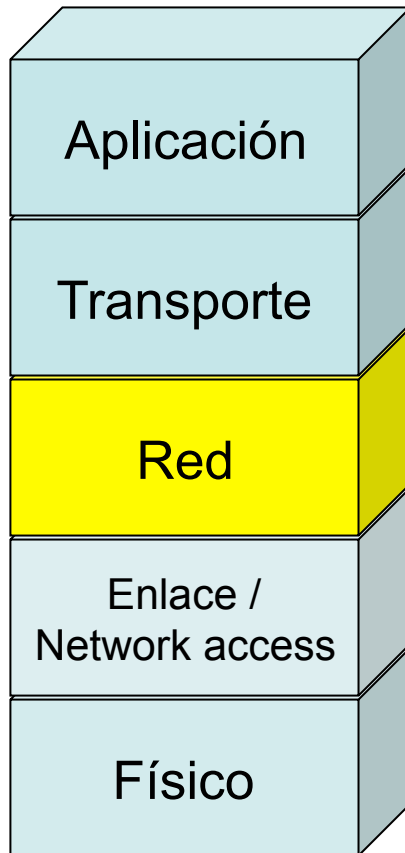
Nivel de red o de Internet

- *Network layer, Internet layer*
 - Necesario cuando los hosts están en distintas redes
 - Debe saber cómo llegar de una red a otra
 - Independiente de la tecnología empleada en cada red
- Implementado en los hosts y los conmutadores de red
 - Envía paquetes/datagramas
 - Interconecta *subredes*



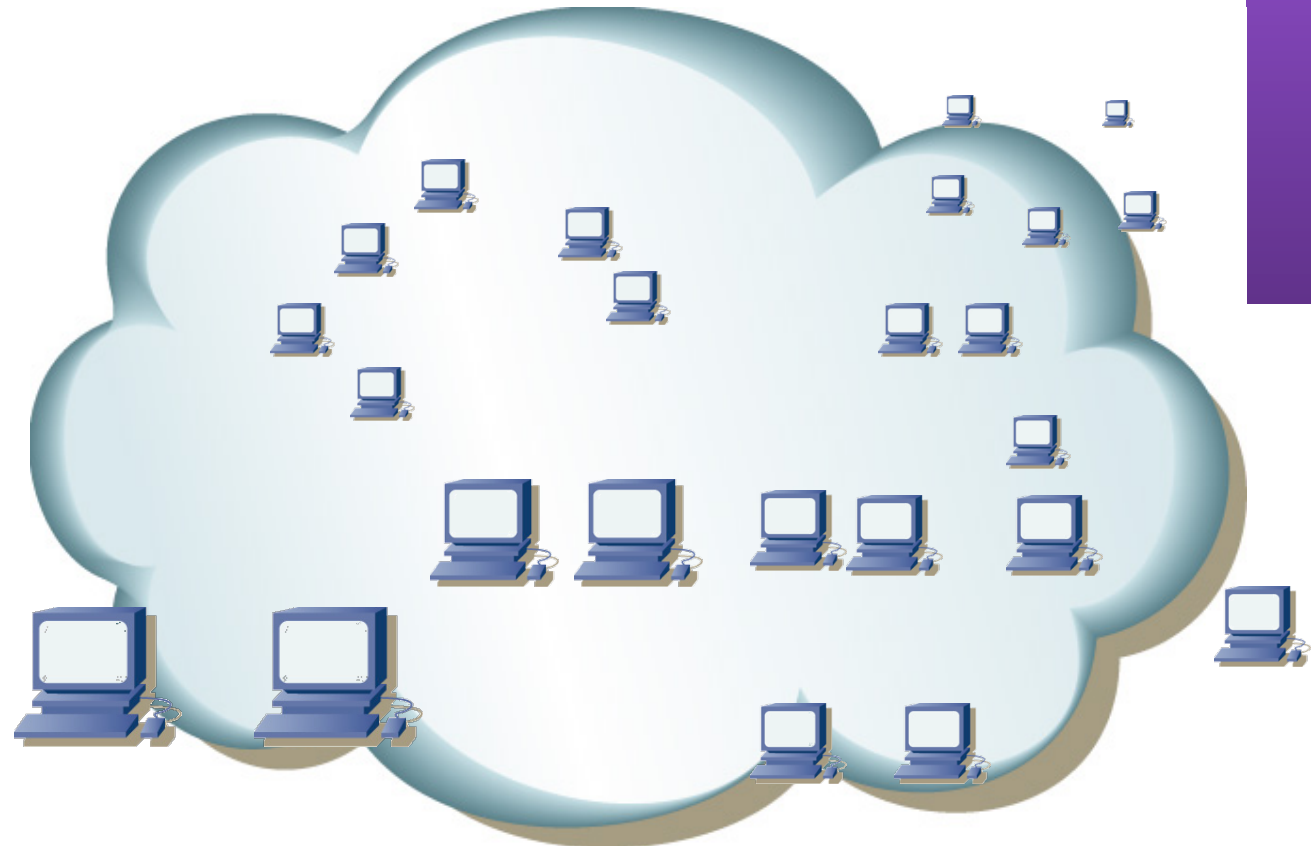
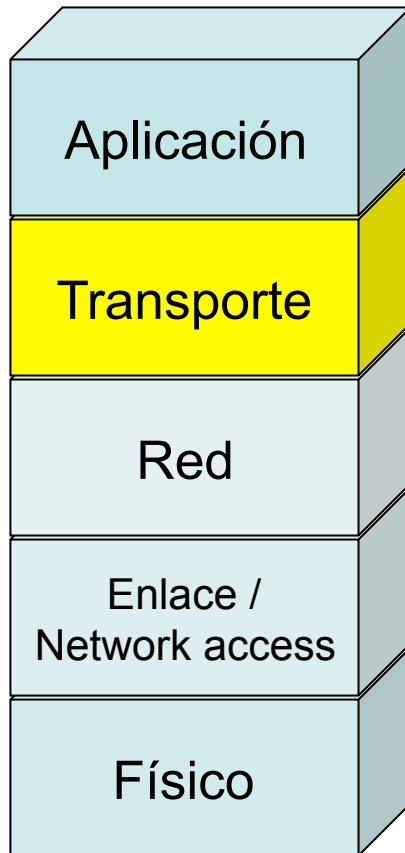
Nivel de red o de Internet

- Asumimos conocimiento sobre IP
 - Direccionamiento CIDR
 - Tablas de rutas, *longest-prefix match*
- Repasad IP de “Redes de Computadores”
- Útil “Laboratorio de Programación de Redes” pero no es necesario
- Veremos protocolos de encaminamiento avanzados
- Funcionamiento interno de routers



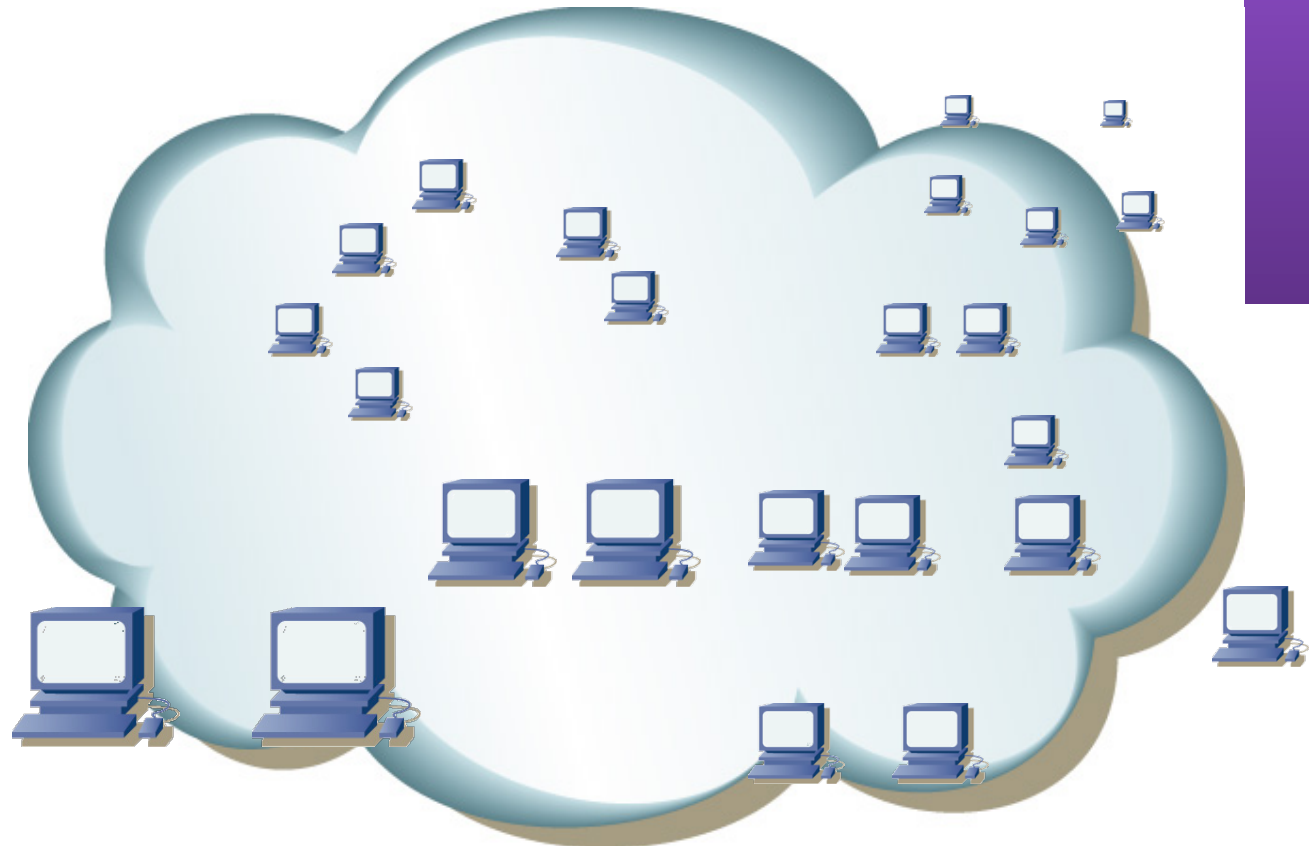
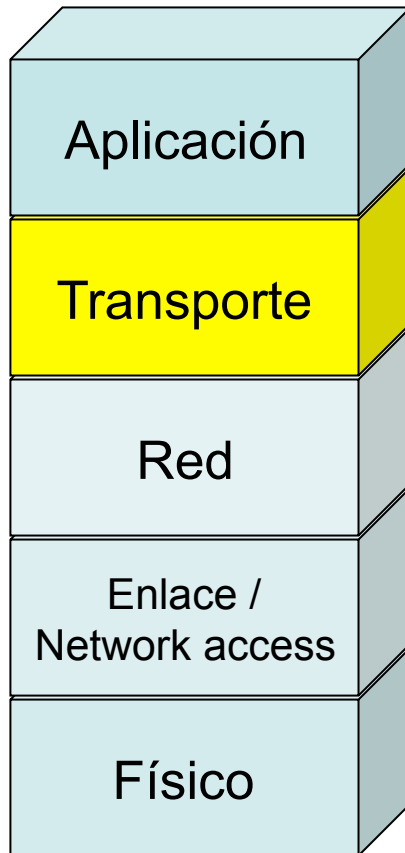
Nivel de transporte

- *Transport layer, Host-to-host layer*
 - Comunicación directa entre los sistemas finales
 - Ofrece comunicación libre de errores
 - En orden
- Sin pérdidas, sin duplicados
 - Solo en los sistemas finales



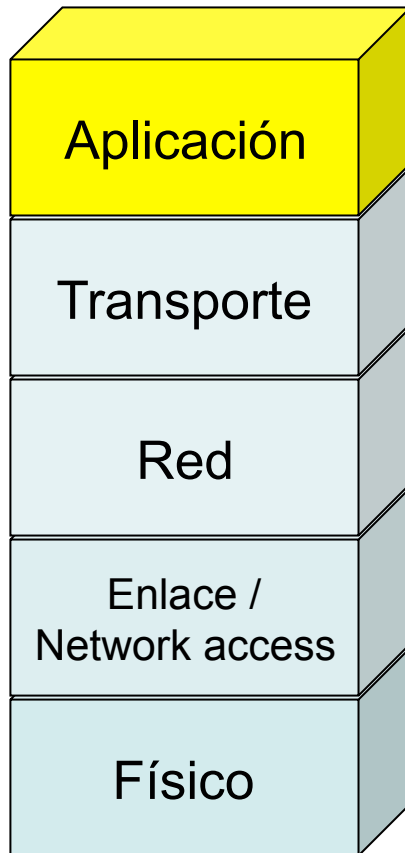
Nivel de transporte

- Asumimos conocimiento básico sobre TCP y UDP
- Repasad tema de “Redes de Computadores”
- Veremos más mecanismos que emplea TCP en su funcionamiento
- Calcularemos su rendimiento en velocidad de transferencia



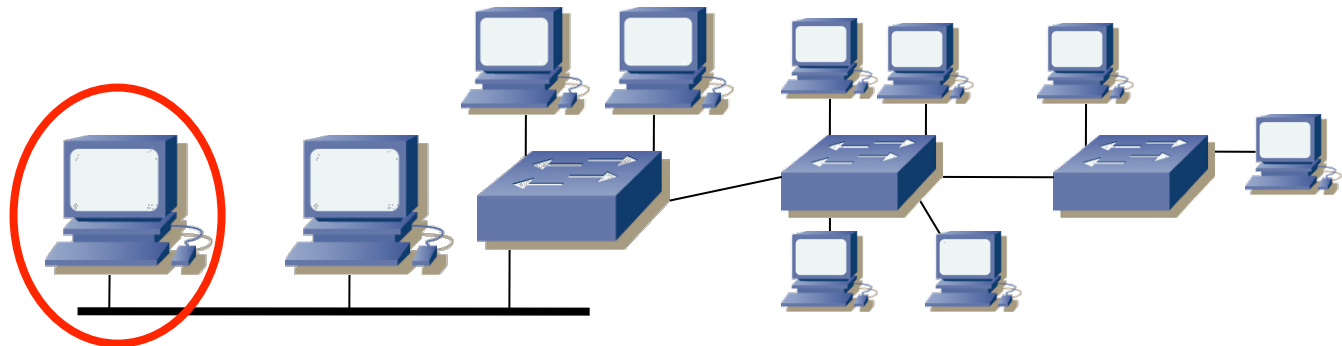
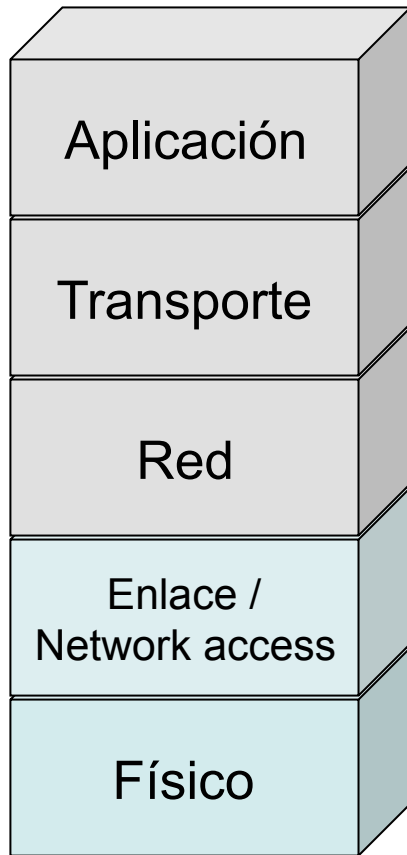
Nivel de aplicación

- *Application layer*
- Lógica específica de la aplicación
- Asumimos conocimiento sobre los protocolos de nivel de aplicación de servicios clásicos
- Repasad protocolos de aplicación y sockets (“Redes de Computadores”)
- En prácticas implementaremos servicios



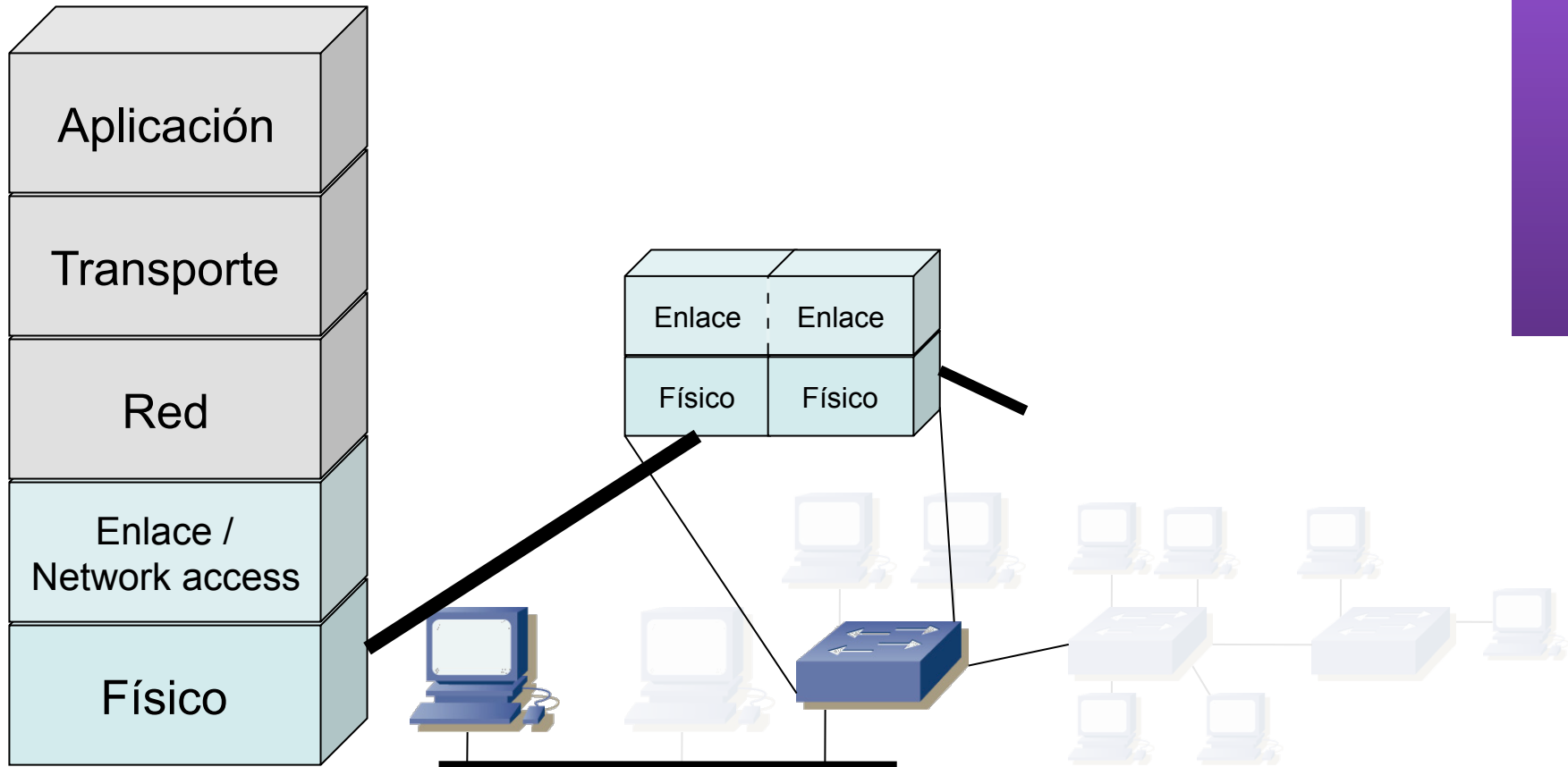
Ejemplo – Subred

- Comunicación emplea los niveles 1 y 2 (físico y enlace)
- Los sistemas finales implementan niveles superiores
- Los equipos de conmutación no



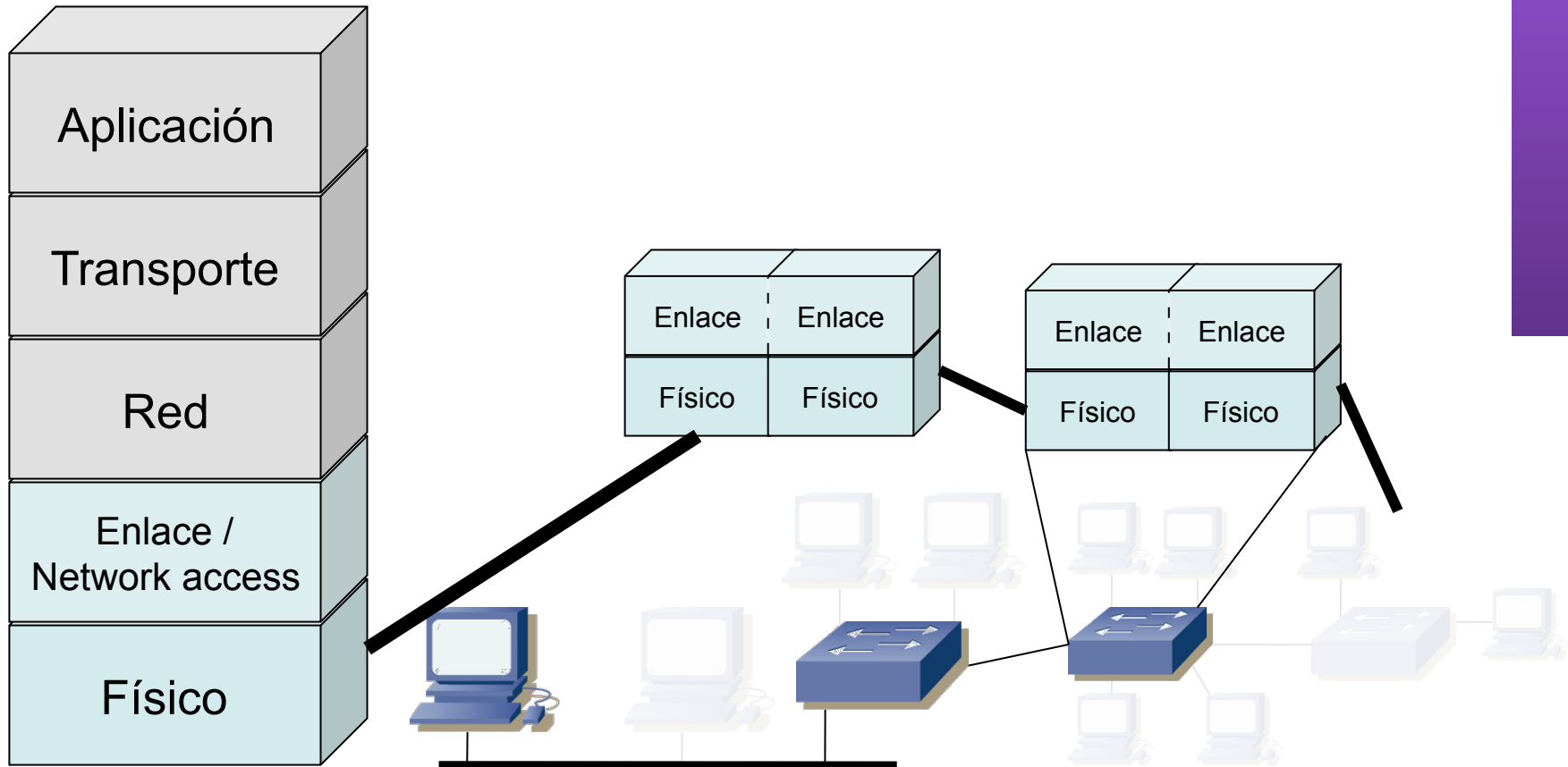
Ejemplo – Subred

- Comunicación emplea los niveles 1 y 2 (físico y enlace)
- Los sistemas finales implementan niveles superiores
- Los equipos de conmutación no
- (...)



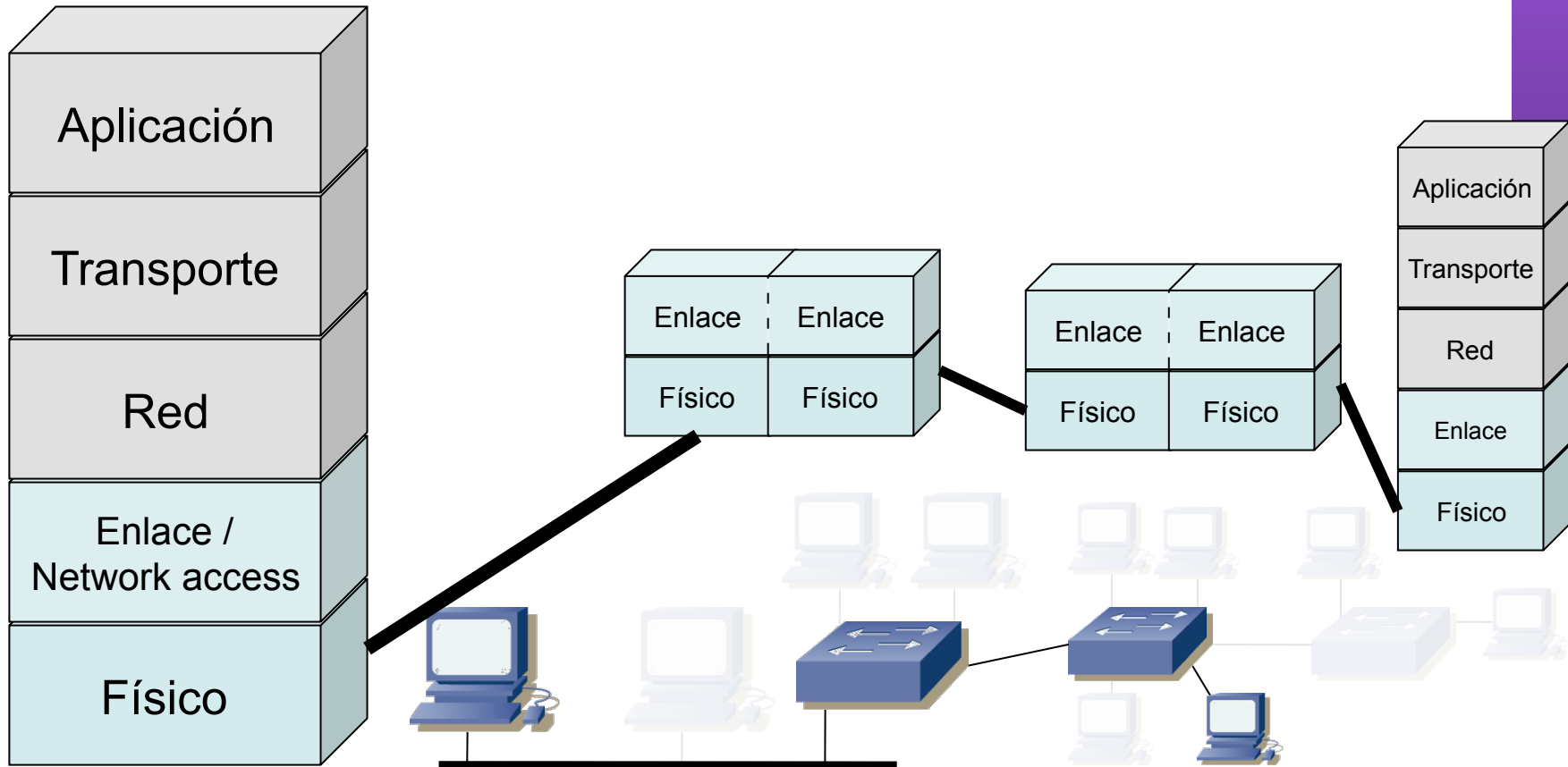
Ejemplo – Subred

- Comunicación emplea los niveles 1 y 2 (físico y enlace)
- Los sistemas finales implementan niveles superiores
- Los equipos de conmutación no
- (...)



Ejemplo – Subred

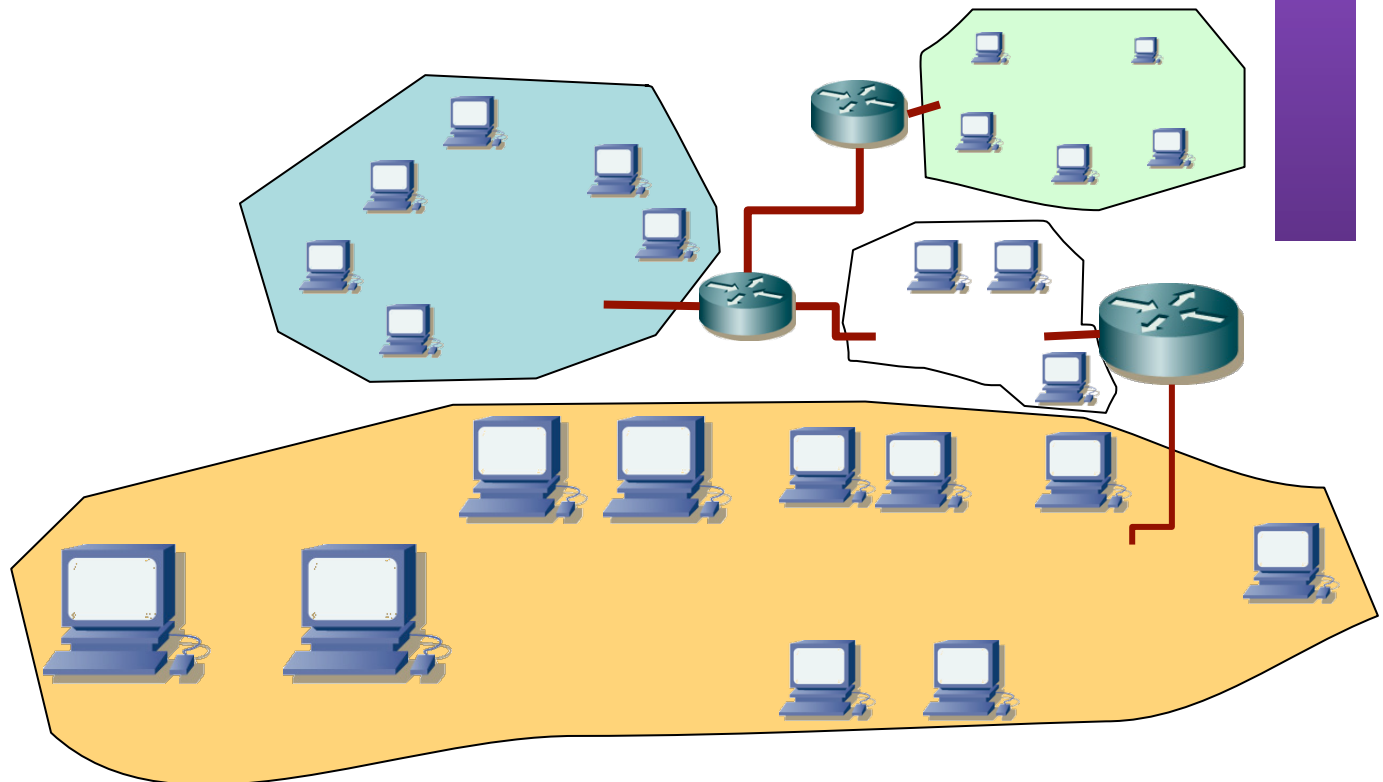
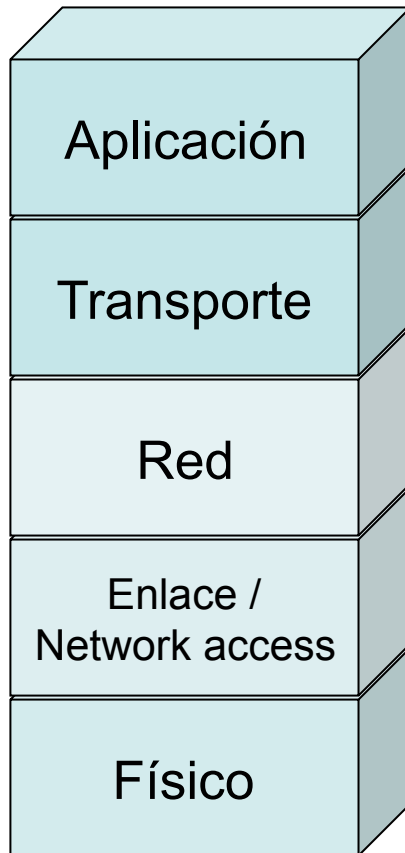
- Comunicación emplea los niveles 1 y 2 (físico y enlace)
- Los sistemas finales implementan niveles superiores
- Los equipos de conmutación no
- El nivel físico puede cambiar en diferentes segmentos de la subred



Ejemplo – Internet

REDES
Área de Ingeniería Telemática

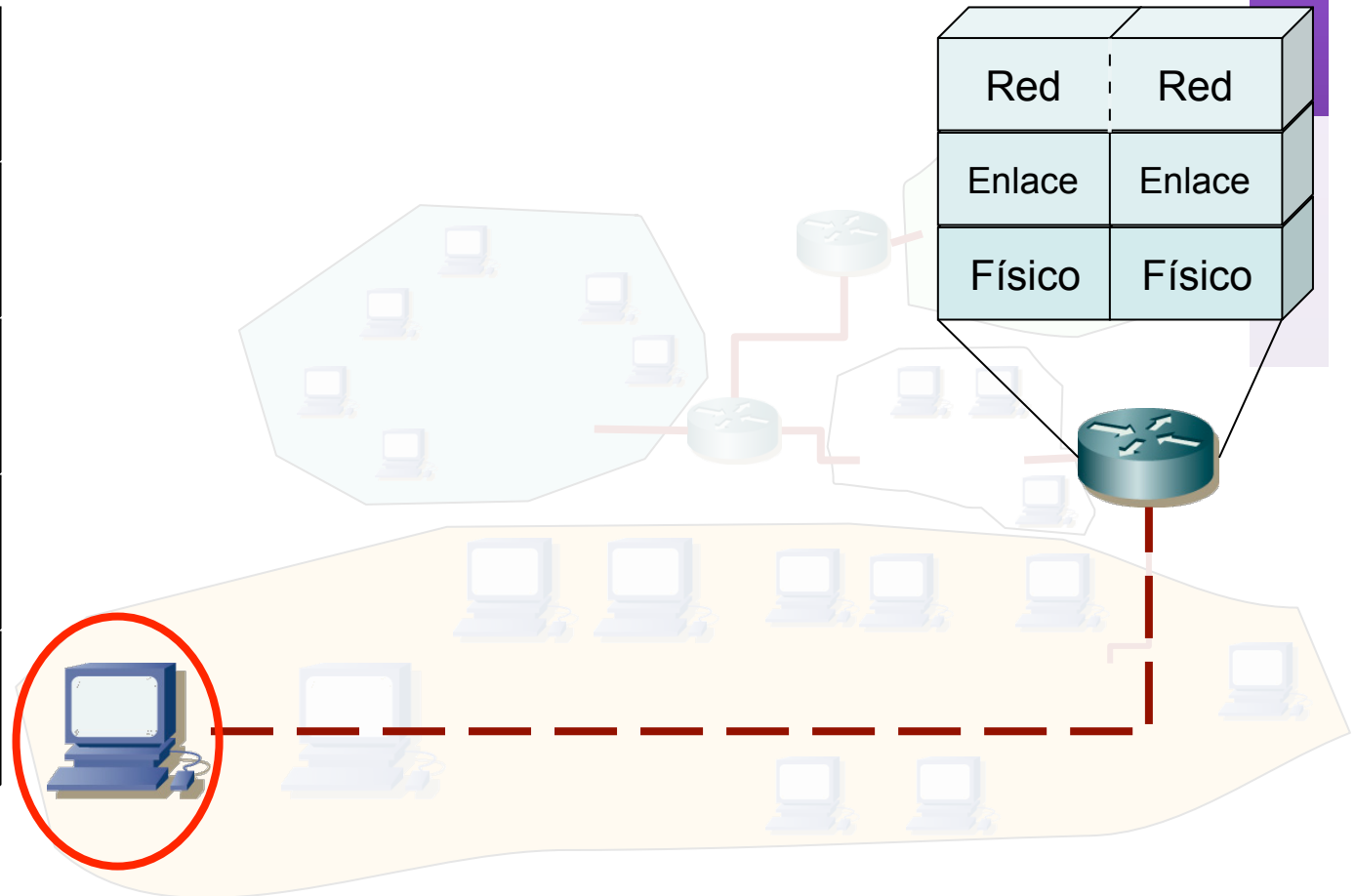
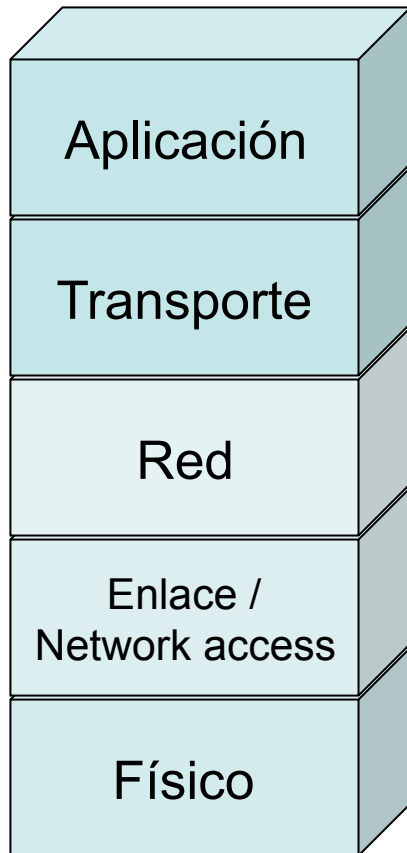
- Niveles 1 y 2 solo en la red
- Nivel 3 interconecta redes
- Niveles superiores solo en hosts
- (...)



Ejemplo – Internet

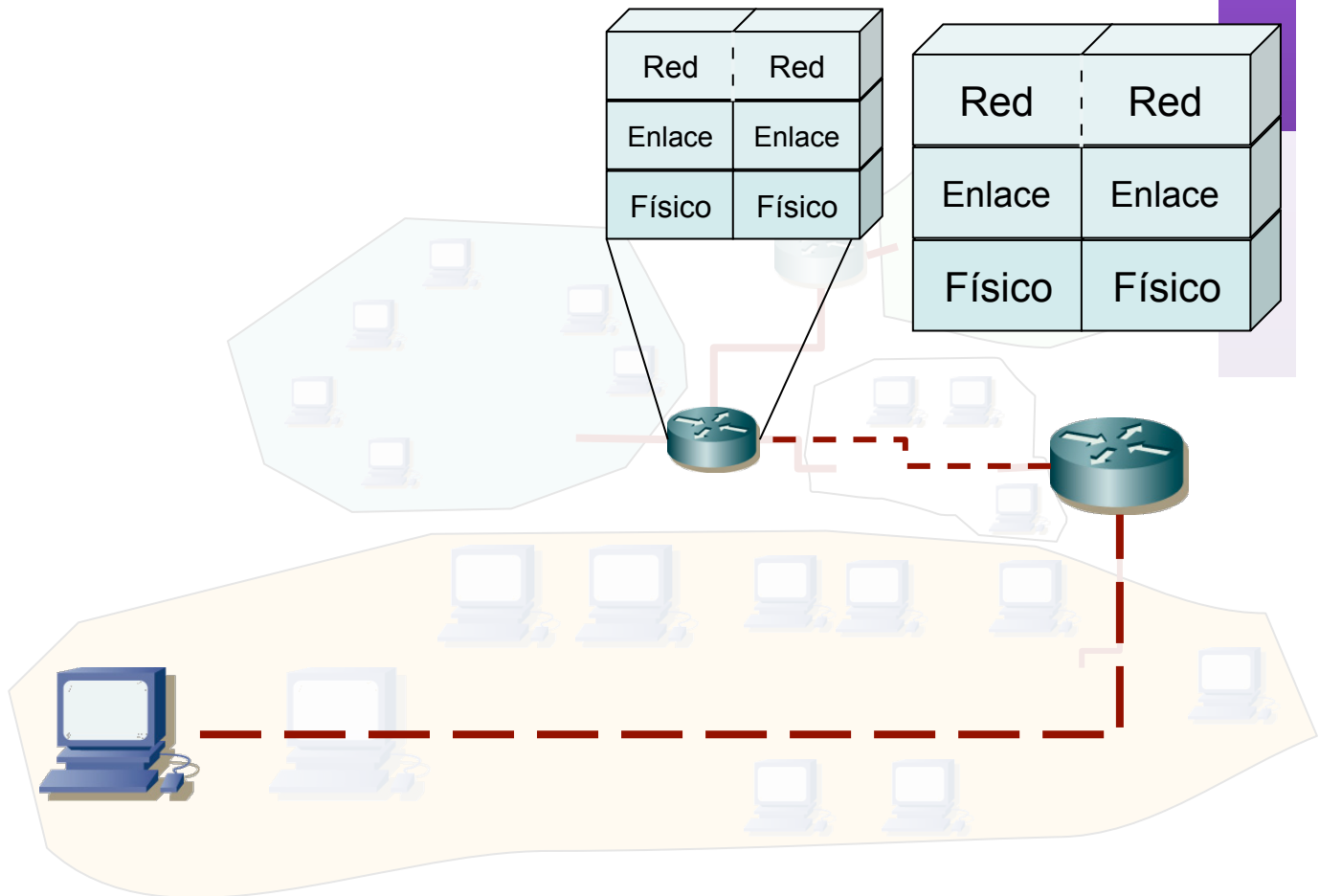
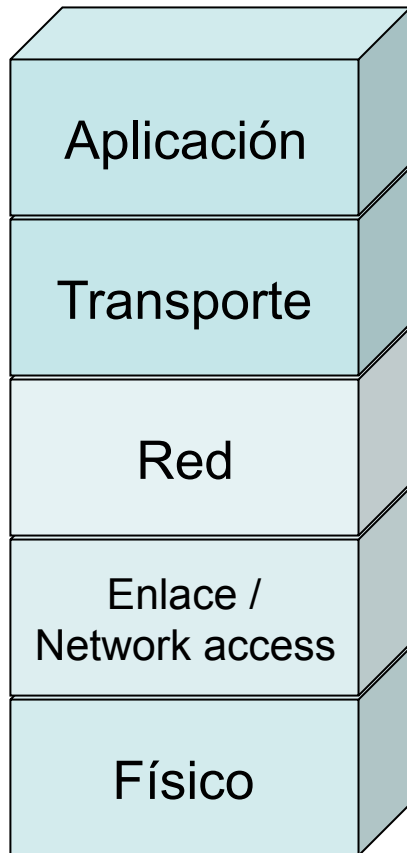
REDES
Área de Ingeniería Telemática

- Niveles 1 y 2 solo en la red
- Nivel 3 interconecta redes
- Niveles superiores solo en hosts
- (...)



Ejemplo – Internet

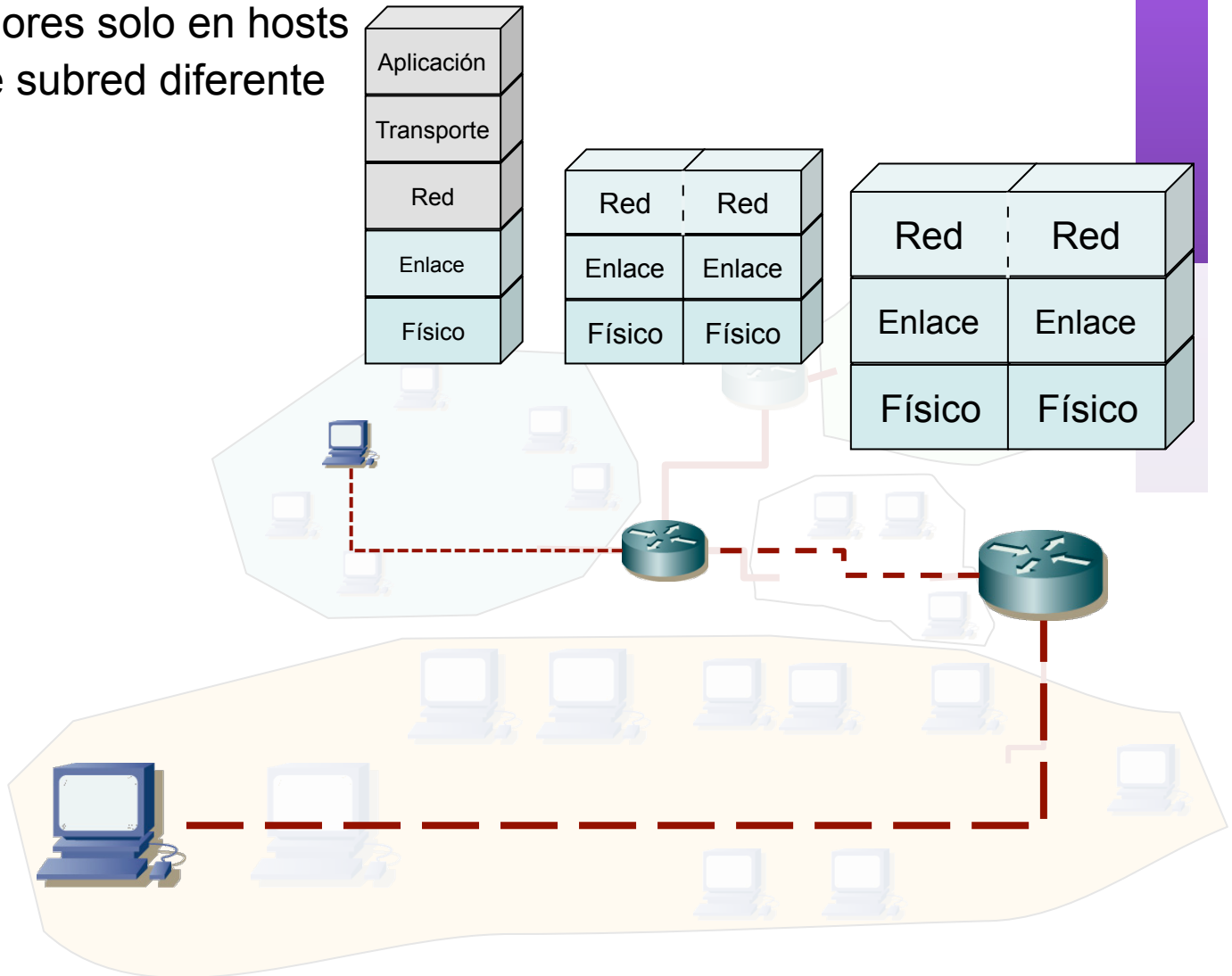
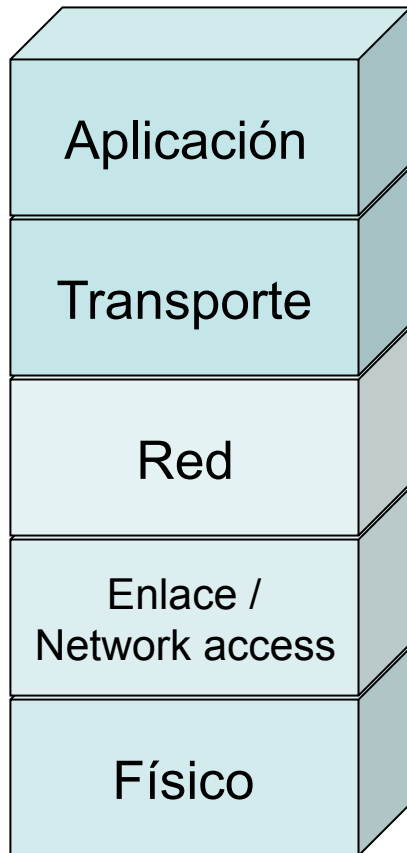
- Niveles 1 y 2 solo en la red
- Nivel 3 interconecta redes
- Niveles superiores solo en hosts
- (...)



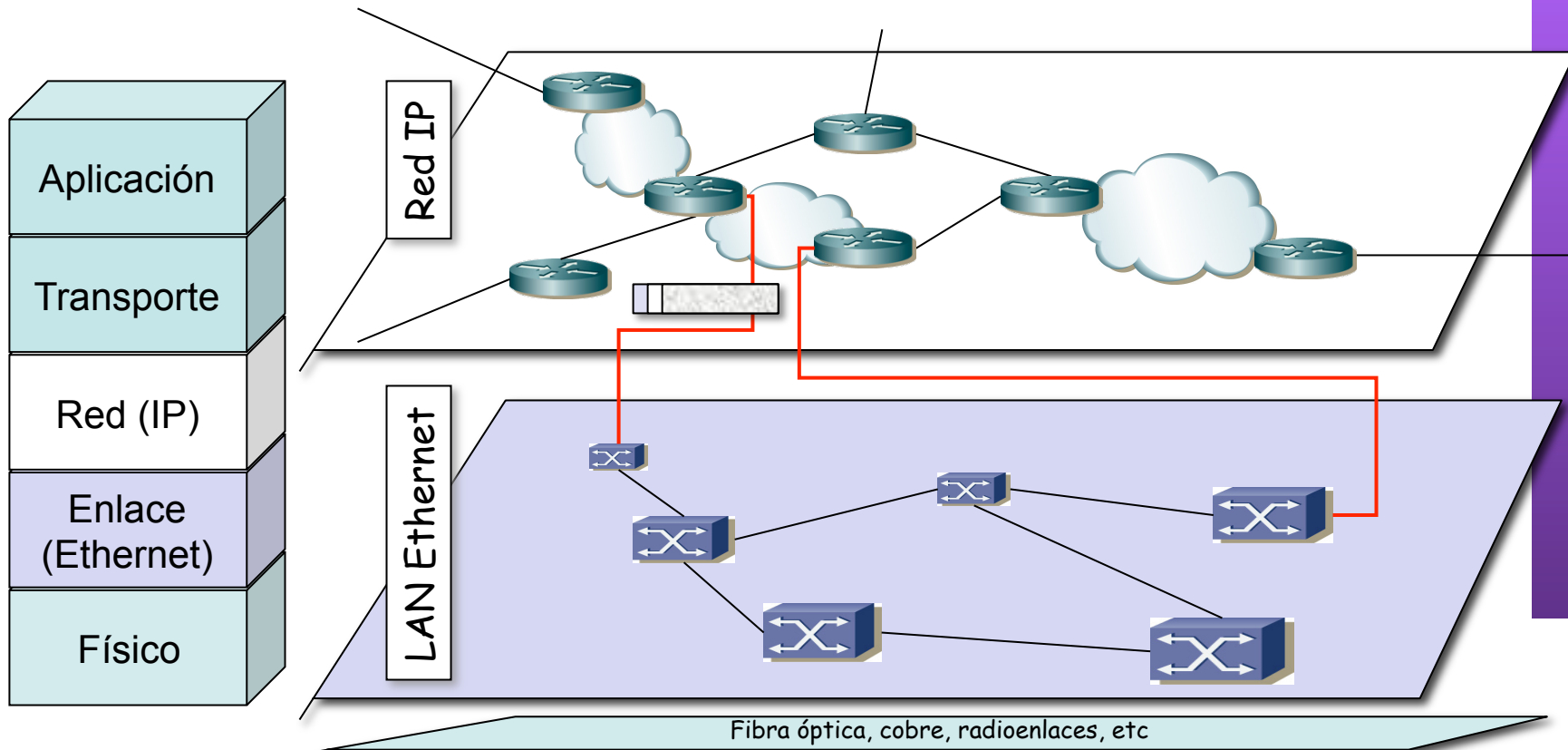
Ejemplo – Internet

REDES
Área de Ingeniería Telemática

- Niveles 1 y 2 solo en la red
- Nivel 3 interconecta redes
- Niveles superiores solo en hosts
- Tecnología de subred diferente



Ejemplo: IP over Ethernet



- Algunos enlaces directos (Ethernet u otro tipo)
- Otros: LANs de mayor tamaño
- Ejemplo: router reenvía paquete IP

Ejemplo: IP over Ethernet

```
0000 0c07 ac03 000d 9331 59fa 0800 4500 0262 5983 4000 4006 5fbc 82ce
a99f d155 8193 d19a 0050 6a45 0f75 28d8 c360 8018 ffff 81ab 0000
0101 080a 2a86 df2e 1426 9e6d 4745 5420 2f20 4854 5450 2f31 2e31
0d0a 486f 7374 3a20 7777 772e 676f 6f67 6c65 2e65 730d 0a55 7365
722d 4167 656e 743a 204d 6f7a 696c 6c61 2f35 2e30 2028 4d61 6369
6e74 6f73 683b 2055 3b20 5050 4320 4d61 6320 4f53 2058 204d 6163
682d 4f3b 2065 6e2d 5553 3b20 7276 3a31 2e38 2e30 2e37 2920 4765
636b 6f2f 3230 3036 3039 3131 2043 616d 696e 6f2f 312e 302e 330d
0a41 6363 6570 743a 2074 6578 742f 786d 6c2c 6170 706c 6963 6174
696f 6e2f 786d 6c2c 6170 706c 6963 6174 696f 6e2f 7868 746d 6c2b
786d 6c2c 7465 7874 2f68 746d 6c3b 713d 302e 392c 7465 7874 2f70
6c61 696e 3b71 3d30 2e38 2c69 6d61 6765 2f70 6e67 2c2a 2f2a 3b71
3d30 2e35 0d0a 4163 6365 7074 2d4c 616e 6775 6167 653a 2065 732c
656e 3b71 3d30 2e39 2c64 653b 713d 302e 372c 6672 3b71 3d30 2e36
2c6e 6c3b 713d 302e 342c 6974 3b71 3d30 2e33 2c6a 613b 713d 302e
310d 0a41 6363 6570 742d 456e 636f 6469 6e67 3a20 677a 6970 2c64
6566 6c61 7465 0d0a 4163 6365 7074 2d43 6861 7273 6574 3a20 4953
4f2d 3838 3539 2d31 2c75 7466 2d38 3b71 3d30 2e37 2c2a 3b71 3d30
2e37 0d0a 4b65 6570 2d41 6c69 7665 3a20 3330 300d 0a43 6f6e 6e65
6374 696f 6e3a 206b 6565 702d 616c 6976 650d 0a43 6f6f 6b69 653a
2050 5245 463d 4944 3d35 3164 3636 3038 3832 3362 3839 3831 653a
544d 3d31 3135 3031 3239 3033 333a 4c4d 3d31 3135 3031 3239 3033
333a 533d 7939 7575 7a66 4452 416a 396d 4e32 2d77 0d0a 4361 6368
652d 436f 6e74 726f 6c3a 206d 6178 2d61 6765 3d30 0d0a 0d0a
```

Ejemplo: IP over Ethernet

0000	0c07	ac03	000d	9331	59fa	0800	4500	0262	5983	4000	4006	5fbc	82ce
a99f	d155	8198	d19a	0050	6a4b	0f75	28d8	c360	8018	ffff	81ab	0000	
0101	080a	2a86	df2e	1426	9e6d	4745	5420	2f20	4854	5450	2f31	2e31	
0d0a	486f	7374	3a20	7777	772e	676f	6f67	6c65	2e65	730d	0a55	7365	
722d	4167	656e	743a	204d	6f7a	696c	6c61	2f35	2e30	2028	4d61	6369	
6e74	6f73	683b	2055	3b20	5050	4320	4d61	6320	4f53	2058	204d	6163	
682d	4f3b	2065	6e2d	5553	3b20	7276	3a31	2e38	2e30	2e37	2920	4765	
636b	6f2f	3230	3036	3039	3131	2043	616d	696e	6f2f	312e	302e	330d	
0a41	6363	6570	743a	2074	6578	742f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	
696f	6e2f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	696f	6e2f	7868	746d	6c2b	
786d	6c2c	7465	7874	2f68	746d	6c3b	713d	302e	392c	7465	7874	2f70	
6c61	696e	3b71	3d30	2e38	2c69	6d61	6765	2f70	6e67	2c2a	2f2a	3b71	
3d30	2e35	0d0a	4163	6365	7074	2d4c	616e	6775	6167	653a	2065	732c	
656e	3b71	3d30	2e39	2c64	653b	713d	302e	372c	6672	3b71	3d30	2e36	
2c6e	6c3b	713d	302e	342c	6974	3b71	3d30	2e33	2c6a	613b	713d	302e	
310d	0a41	6363	6570	742d	456e	636f	6469	6e67	3a20	677a	6970	2c64	
6566	6c61	7465	0d0a	4163	6365	7074	2d43	6861	7273	6574	3a20	4953	
4f2d	3838	3539	2d31	2c75	7466	2d38	3b71	3d30	2e37	2c2a	3b71	3d30	
2e37	0d0a	4b65	6570	2d41	6c69	7665	3a20	3330	300d	0a43	6f6e	6e65	
6374	696f	6e3a	206b	6565	702d	616c	6976	650d	0a43	6f6f	6b69	653a	
2050	5245	463d	4944	3d35	3164	3636	3038	3832	3362	3839	3831	653a	
544d	3d31	3135	3031	3239	3033	333a	4c4d	3d31	3135	3031	3239	3033	
333a	533d	7939	7575	7a66	4452	416a	396d	4e32	2d77	0d0a	4361	6368	
652d	436f	6e74	726f	6c3a	206d	6178	2d61	6765	3d30	0d0a	0d0a		

Cabecera Ethernet

Ethertype 2048 (IP)

Ejemplo: IP over Ethernet

0000 0c07 ac03 000d 9331 59fa 0800 4500 0262 5983 4000 4006 5fbc 82ce

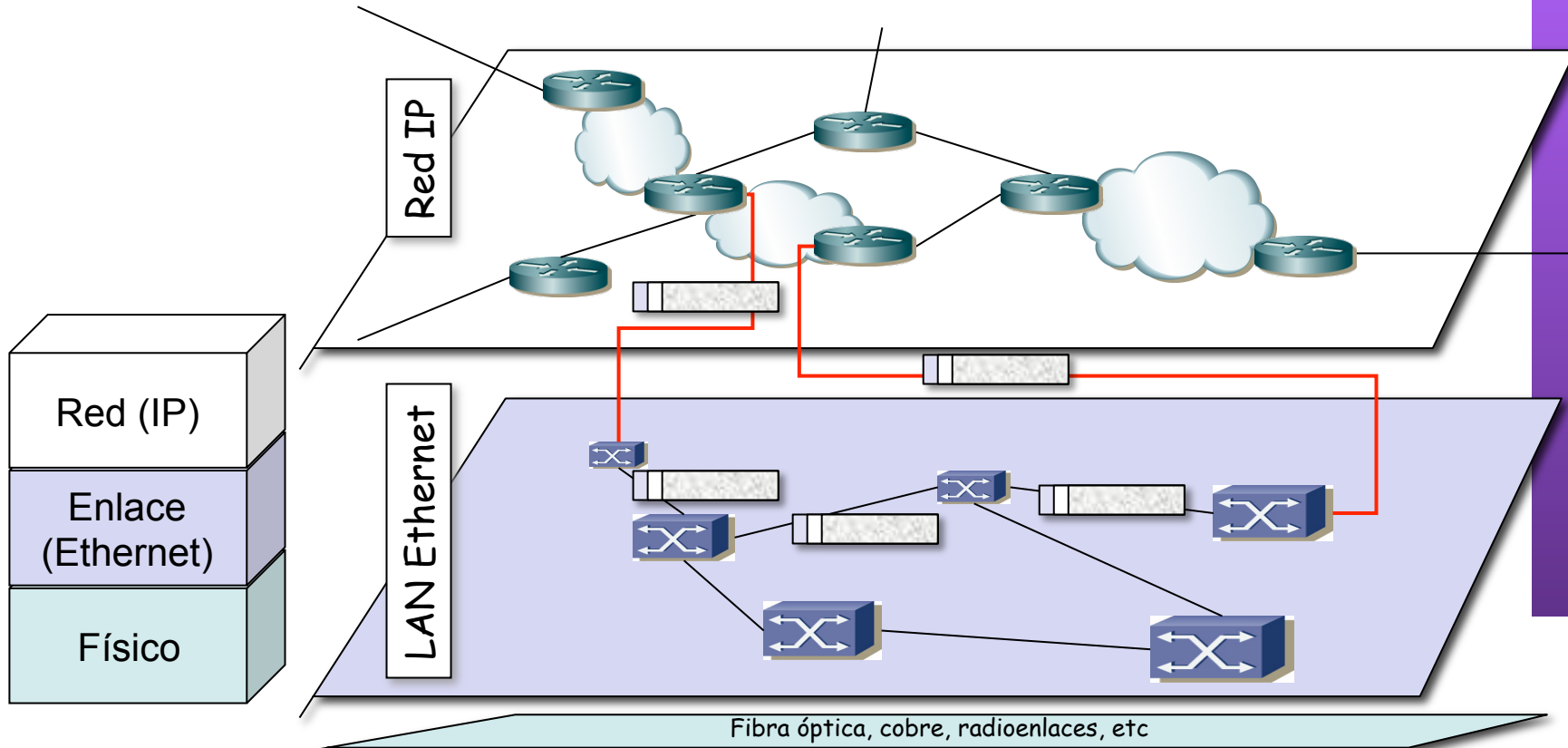
a99f	d155	8193	d19a	0050	6a45	0175	28d8	c360	8018	ffff	81a0	0000
0101	080a	2a86	df2e	1426	9e6d	4745	5420	2f20	4854	5450	2f31	2e31
0d0a	486f	7374	3a20	7777	772e	676f	6f67	6c65	2e65	730d	0a55	7365
722d	4167	656e	743a	204d	6f7a	696c	6c61	2f35	2e30	2028	4d61	6369
6e74	6f73	683b	2055	3b20	5050	4320	4d61	8320	4f53	2058	204d	6163
682d	4f3b	2065	6e2d	5553	3b20	7276	3a31	2e38	2e30	2e37	2920	4765
636b	6f2f	3230	3036	3039	3131	2043	616d	696e	6f2f	312e	302e	330d
0a41	6363	6570	743a	2074	6578	742f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174
696f	6e2f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	696f	6e2f	7868	746d	6c2b
786d	6c2c	7465	7874	2f68	746d	6c3b	713d	302e	392c	7465	7874	2f70
6c61	696e	3b71	3d30	2e38	2c69	6d61	6765	2f70	6e67	2c2a	2f2a	3b71
3d30	2e35	0d0a	4163	6365	7074	2d4c	616e	6775	6167	653a	2065	732c
656e	3b71	3d30	2e39	2c64	657b	713d	302e	372c	6672	3b71	3d30	2e36
2c6e	6c3b	713d	302e	342c	6974	3b71	3d30	2e33	2c6a	613b	713d	302e
310d	0a41	6363	6570	742d	456e	636f	6469	6e67	3a20	677a	6970	2c64
6566	6c61	7465	0d0a	4163	6365	7074	2d43	6861	7273	6574	3a20	4953
4f2d	3838	3539	2d31	2c75	7466	2d38	3b71	3d30	2e37	2c2a	3b71	3d30
2e37	0d0a	4b65	6570	2d41	6c69	7665	3a20	3330	300d	0a43	6f6e	6e65
6374	696f	6e3a	206b	6565	702d	616c	6976	650d	0a43	6f6f	6b69	653a
2050	5245	463d	4844	3d35	3164	3636	3038	3832	3362	3839	3831	653a
544d	3d31	3135	3031	3239	3033	333a	4c4d	3d31	3135	3031	3239	3033
333a	533d	793b	7575	7a66	4452	416a	396d	4e32	2d77	0d0a	4361	6368
652d	436f	6e74	726f	6c3a	206d	6178	2d61	6765	3d30	0d0a	0d0a	

Cabecera IP

Dirección IP destino

Paquete IP

Ejemplo: IP over Ethernet



- Sin cambios en la trama

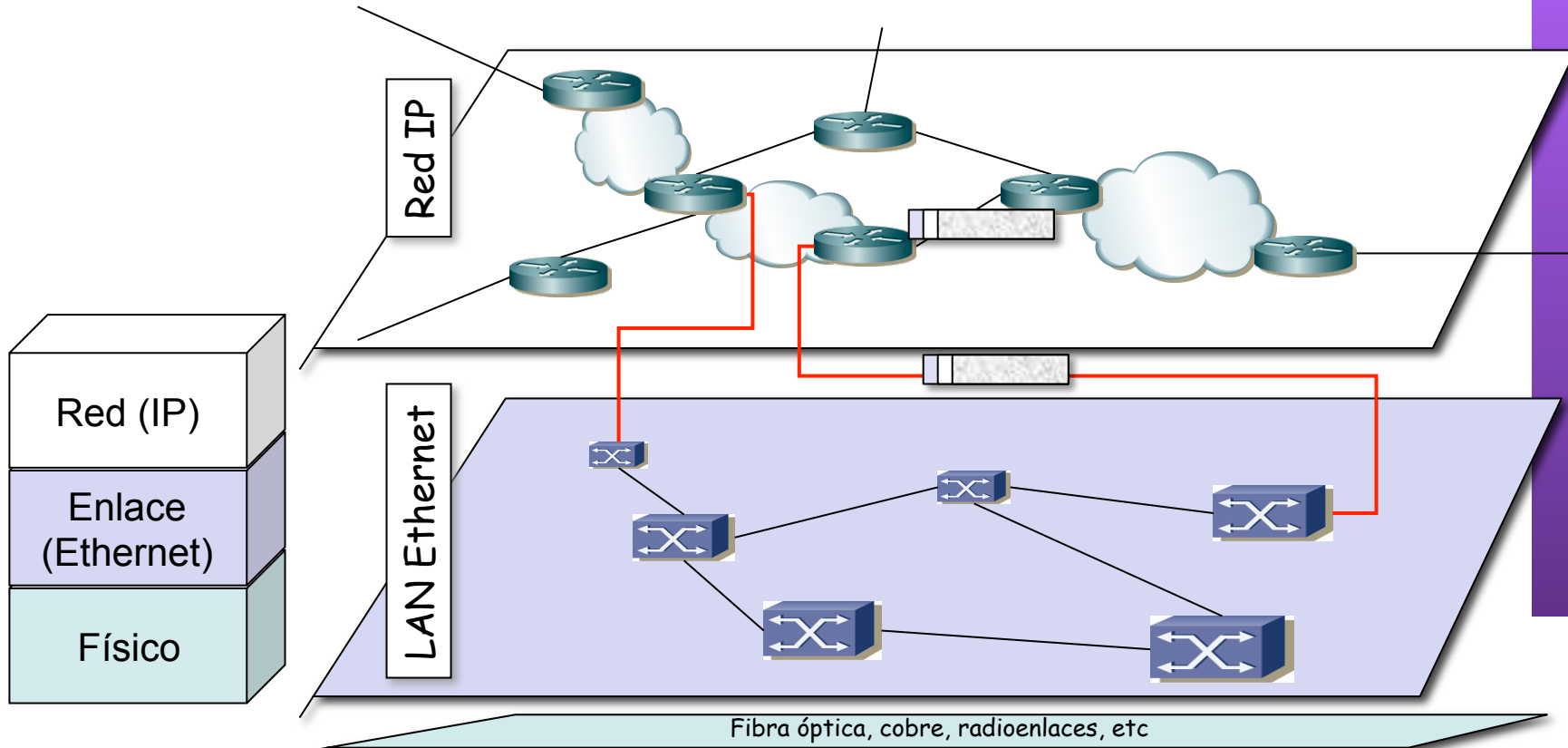
Ejemplo: IP over Ethernet

Elimina encapsulado Ethernet

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000												4500	0262	5983	4000	4006	5fbc	82ce
a99f	d155	8193	d19a	0050	6a45	0f75	28d8	c360	8018	ffff	81ab	0000						
0101	080a	2a86	df2e	1426	9e6d	4745	5420	2f20	4854	5450	2f31	2e31						
0d0a	486f	7374	3a20	7777	772e	676f	6f67	6c65	2e65	730d	0a55	7365						
722d	4167	656e	743a	204d	6f7a	696c	6c61	2f35	2e30	2028	4d61	6369						
6e74	6f73	683b	2055	3b20	5050	4320	4d61	6320	4f53	2058	204d	6163						
682d	4f3b	2065	6e2d	5553	3b20	7276	3a31	2e38	2e30	2e37	2920	4765						
636b	6f2f	3230	3036	3039	3131	2043	616d	696e	6f2f	312e	302e	330d						
0a41	6363	6570	743a	2074	6578	742f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174						
696f	6e2f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	696f	6e2f	7868	746d	6c2b						
786d	6c2c	7465	7874	2f68	746d	6c3b	713d	302e	392c	7465	7874	2f70						
6c61	696e	3b71	3d30	2e38	2c69	6d61	6765	2f70	6e67	2c2a	2f2a	3b71						
3d30	2e35	0d0a	4163	6365	7074	2d4c	616e	6775	6167	653a	2065	732c						
656e	3b71	3d30	2e39	2c64	653b	713d	302e	372c	6672	3b71	3d30	2e36						
2c6e	6c3b	713d	302e	342c	6974	3b71	3d30	2e33	2c6a	613b	713d	302e						
310d	0a41	6363	6570	742d	456e	636f	6469	6e67	3a20	677a	6970	2c64						
6566	6c61	7465	0d0a	4163	6365	7074	2d43	6861	7273	6574	3a20	4953						
4f2d	3838	3539	2d31	2c75	7466	2d38	3b71	3d30	2e37	2c2a	3b71	3d30						
2e37	0d0a	4b65	6570	2d41	6c69	7665	3a20	3330	300d	0a43	6f6e	6e65						
6374	696f	6e3a	206b	6565	702d	616c	6976	650d	0a43	6f6f	6b69	653a						
2050	5245	463d	4944	3d35	3164	3636	3038	3832	3362	3839	3831	653a						
544d	3d31	3135	3031	3239	3033	333a	4c4d	3d31	3135	3031	3239	3033						
333a	533d	7939	7575	7a66	4452	416a	396d	4e32	2d77	0d0a	4361	6368						
652d	436f	6e74	726f	6c3a	206d	6178	2d61	6765	3d30	0d0a	0d0a							

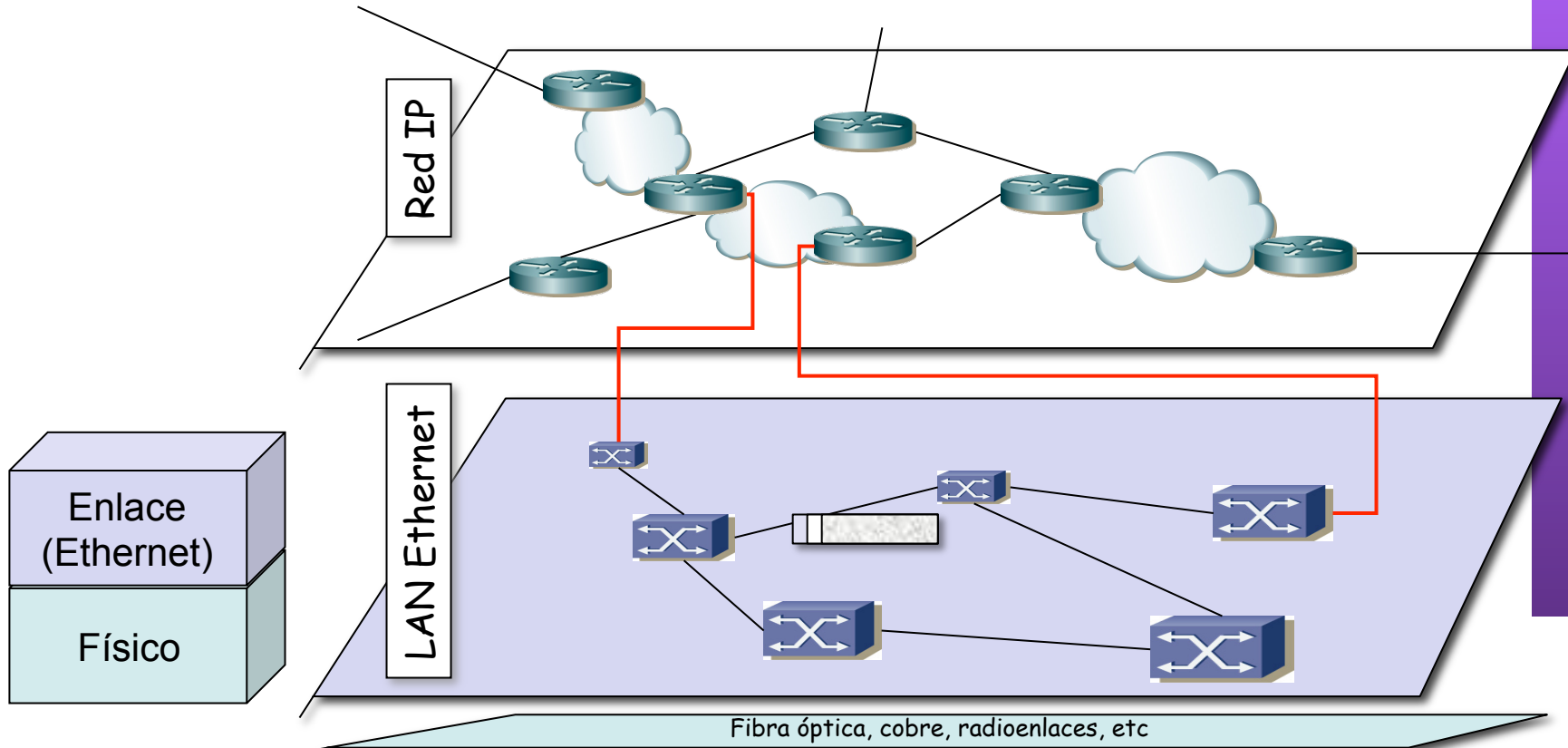
- Llega al siguiente router

Ejemplo: IP over Ethernet



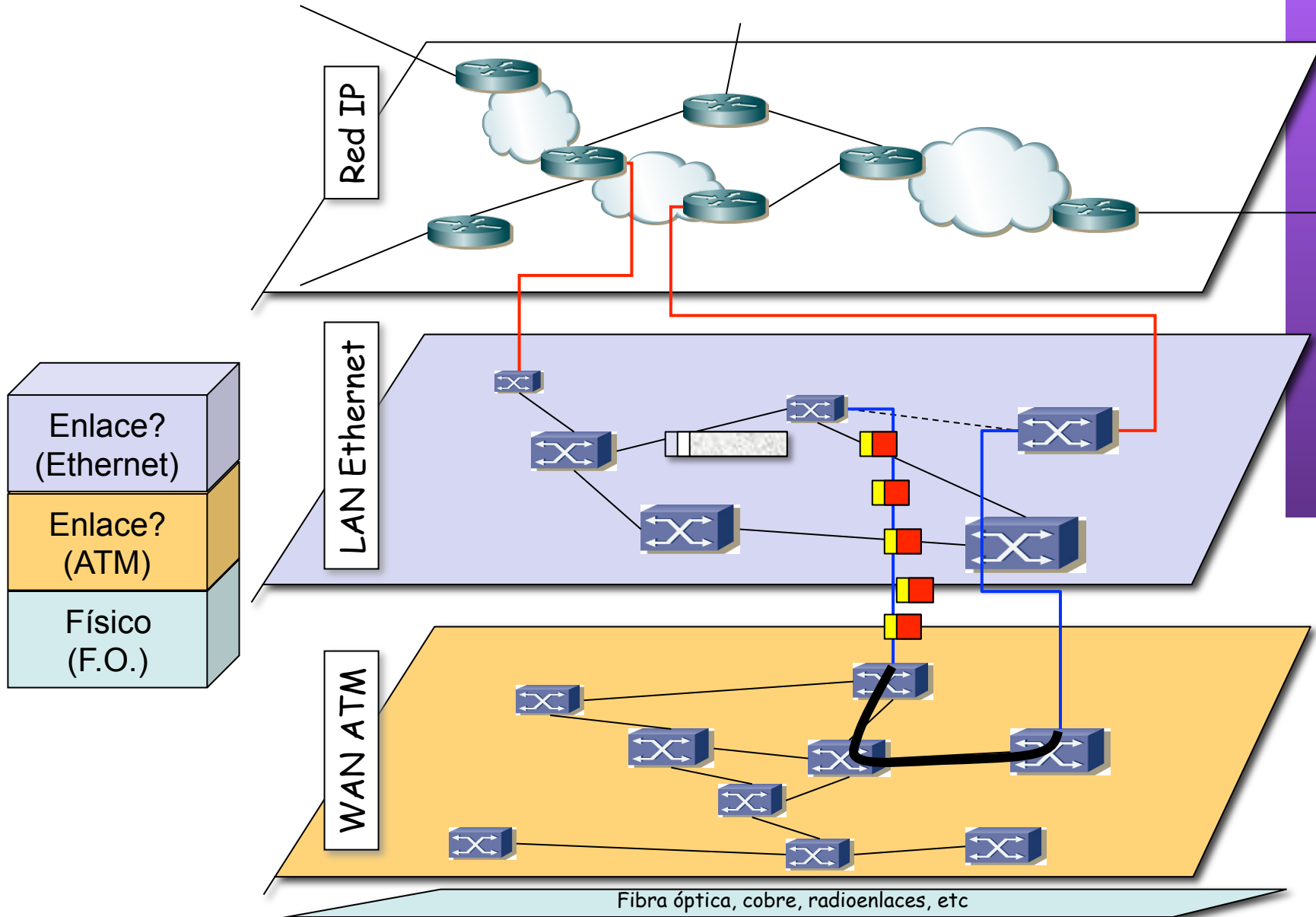
- Reenvía el paquete
- Cambios:
 - TTL (-1)
 - Checksum

Volvamos a este paso...



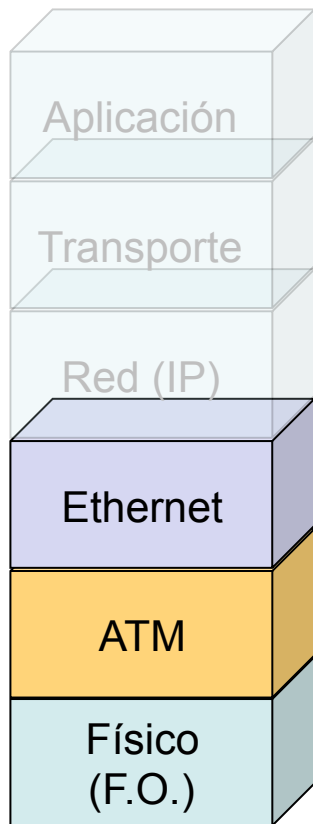
- Supongamos que el siguiente enlace entre conmutadores atraviesa una WAN

Ejemplo: IPoEth over ATM

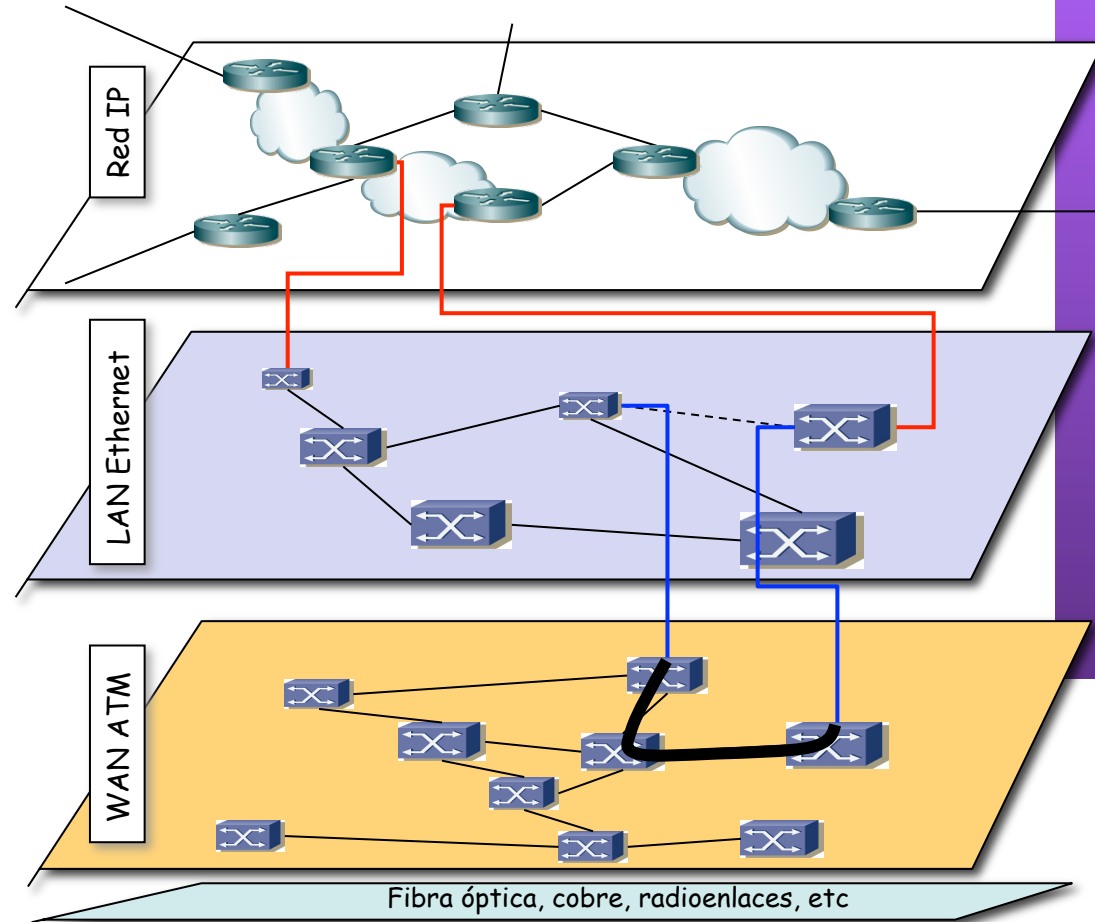


Ejemplo: IPoEth over ATM

REDES
 Área de Ingeniería Telemática

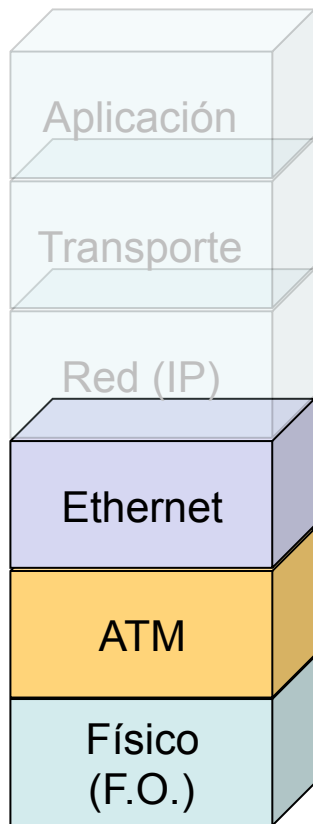


Host
 to
 Network

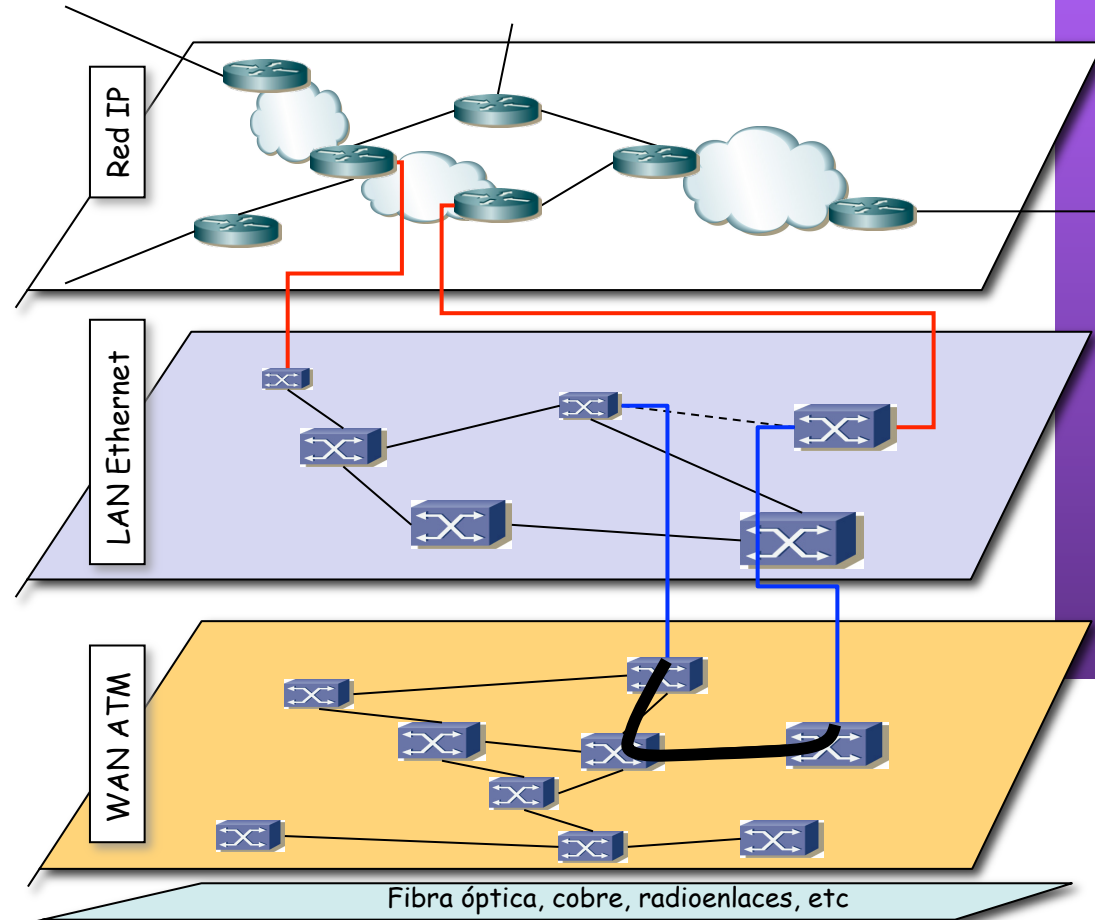


- Internet de nivel IP hacia arriba
- De ahí hacia abajo nivel de “host to network”
- De cara a IP solo le importa que pueda llegar a cualquier máquina de esa red (en este caso la Ethernet)

Ejemplo: IPoEth over ATM



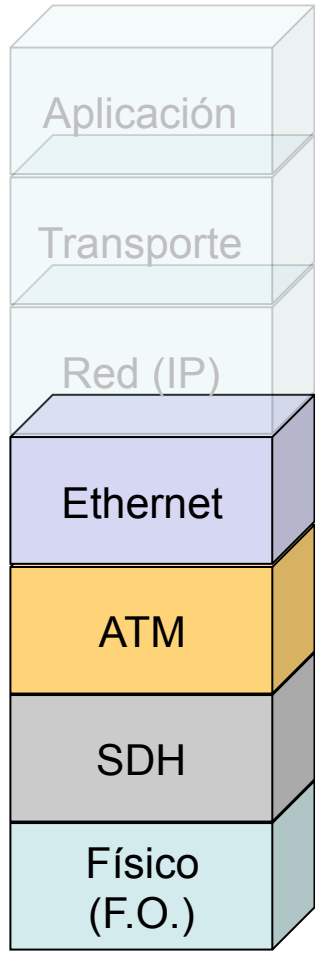
Host
to
Network



- La WAN ATM le ofrece un “Túnel” que emula un enlace punto-a-punto entre los dos conmutadores Ethernet
- Ese túnel (*circuito virtual*) atraviesa la Red ATM (veremos su complejidad)
- Pero esto puede no acabar aquí...

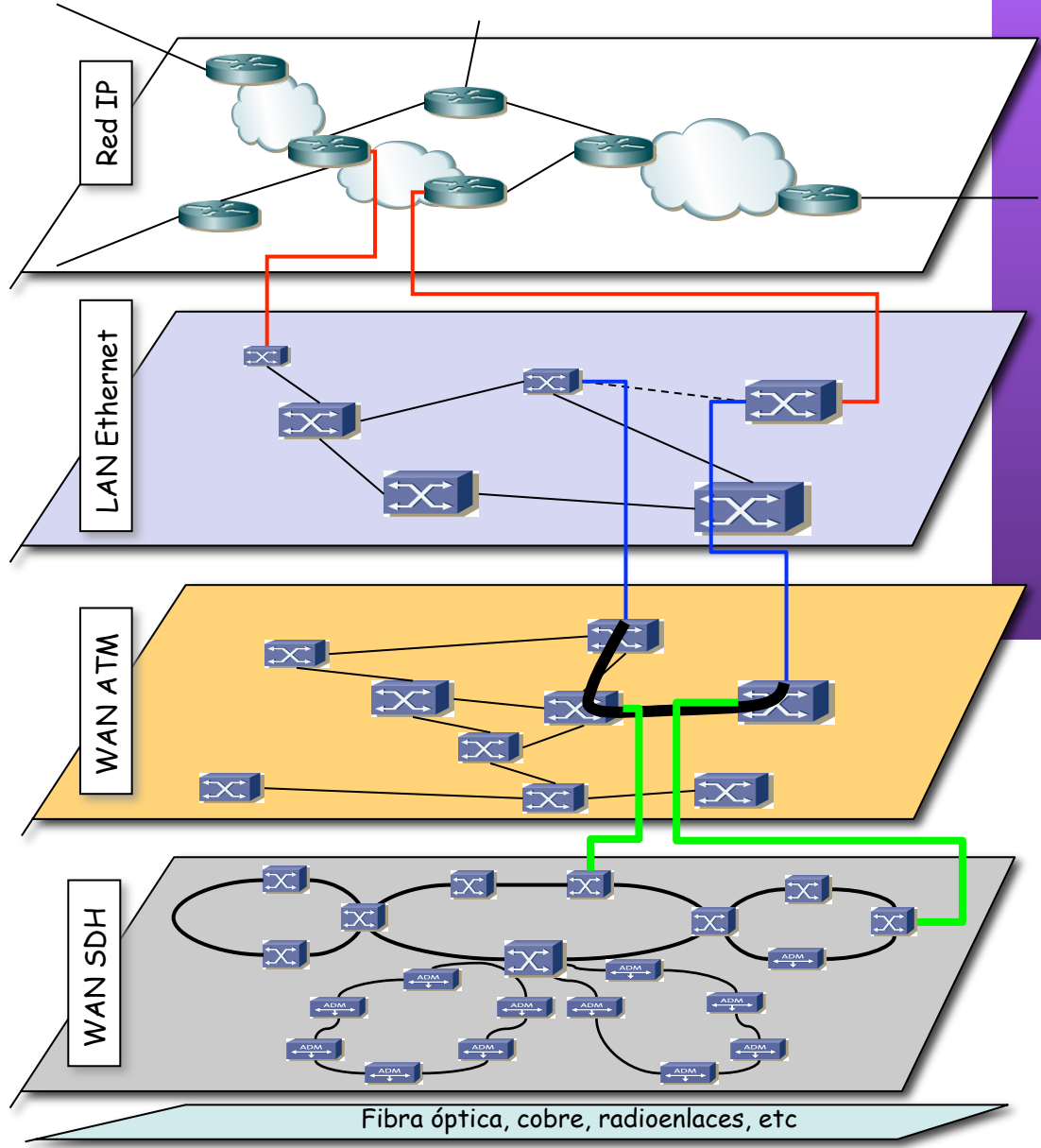
Ejemplo: IP over ...

REDES
 Área de Ingeniería Telemática



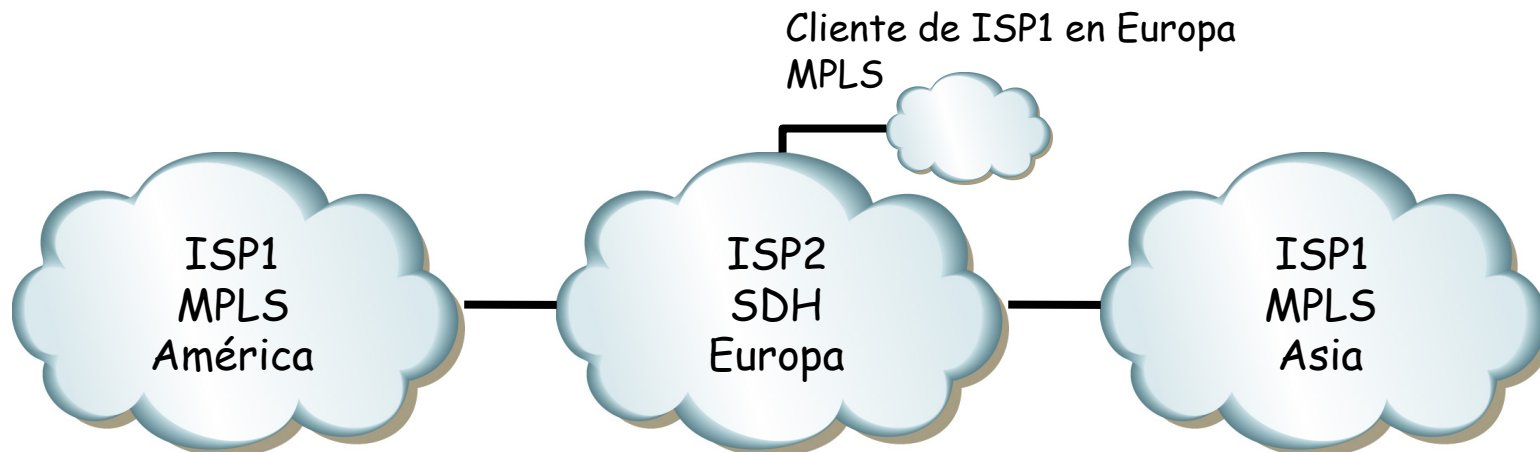
Host to Network

- Y puede “empeorar”



¿ Por qué tantas capas ?

- En ocasiones son tecnologías que ofrecen diferentes características
 - Ethernet LAN vs ATM WAN
 - Flexibilidad ATM vs sencilla integración voz+datos en SDH
- En otros casos es que la disponibilidad de conectividad entre los dos extremos es la que es
- O un ISP compra las redes de otro ISP e intenta reaprovechar la conectividad que le dan manteniendo sus servicios extremo a extremo
 - Por ejemplo ISP1 emplea MPLS
 - Fusión con ISP2 con una WAN SDH (...)
 - Puede unir sus sedes a través de Europa
 - Puede dar servicio MPLS en Europa (...)



Organizaciones y estándares

Tipos de estándares

- De facto:
 - Alta penetración y aceptación en el mercado
 - No son oficiales
- De jure:
 - Definidos por grupos u organizaciones oficiales (ITU, OSI, ANSI, etc)
- Propietarios:
 - Propiedad de una corporación
 - Estrategia de captación y supeditación de usuarios
 - Si tiene éxito puede alzarse como estándar de facto

Tipos de organizaciones de estándares

- **Oficiales:**
 - Consultores independientes
 - Miembros de secretarías de estado de diferentes países
 - Diseñan recomendaciones a partir de cero
 - Ajenos a impulsos comerciales
 - Idealistas
 - Ejemplos: ITU, ISO, ANSI, IEEE, etc.
- **Consortios de fabricantes:**
 - Compañías fabricantes de equipos de comunicaciones y desarrolladores de software
 - Estándares para sus productos para conquistar un mercado
 - Contacto con el mundo real
 - Buscan implementaciones sencillas
 - Llevan antes los beneficios del estándar al usuario final
 - Promueven la interoperatividad entre sus productos
 - Ejemplos: ATM Forum, Frame Relay Forum, ADSL Forum, Gigabit Ethernet Alliance, etc.

ITU

- International Telecommunication Union
- <http://www.itu.int>
- Sede en Ginebra
- Dentro de las Naciones Unidas
- Compuesto por:
 - ITU-T (antes CCITT)
 - ITU-R (antes CCIR)
 - ITU-D
- Disponible en la biblioteca un DVD con todas las normas publicadas



ETSI

- European Telecommunications Standards Institute
- <http://www.etsi.org>
- Sede en Sophia-Antípolis
- Estandarización en las ICT (TIC) dentro de Europa
- ICT = Information and Communication Technologies
- Miembros incluyen fabricantes, operadores, administradores, proveedores de servicios, investigadores, usuarios, etc.



IEEE

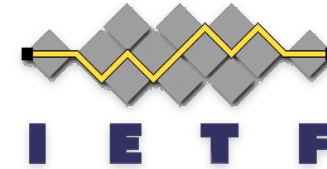
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- “Eye-triple-E”
- <http://www.ieee.org>
- Abarca desde sistemas aeroespaciales, computadores, telecomunicaciones a ingeniería biomédica, electrónica de consumo, etc.
- Establecido en EE.UU. en 1884
- Comité 802 (redes de área local)
- Publica estándares y 128 revistas
- Esponsoriza más de 300 conferencias cada año



¿ Internet ?

IETF

- Internet Engineering Task Force
- <http://www.ietf.org>



ISOC

- Internet society
- <http://www.isoc.org>



IAB

- Internet Architecture Board
- <http://www.iab.org>

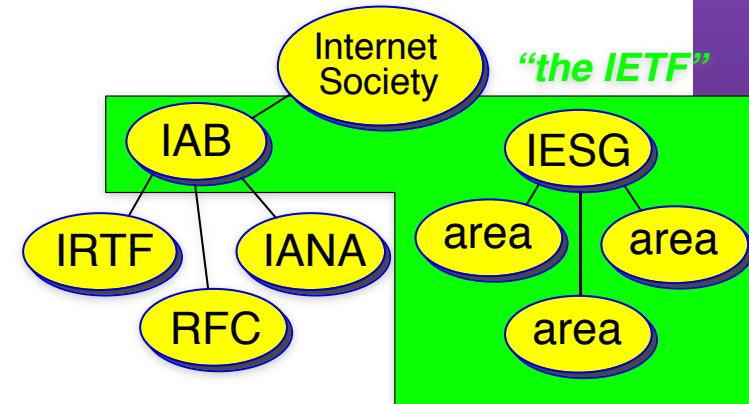
IANA

- Internet Assigned Number Authority
- <http://www.iana.org>



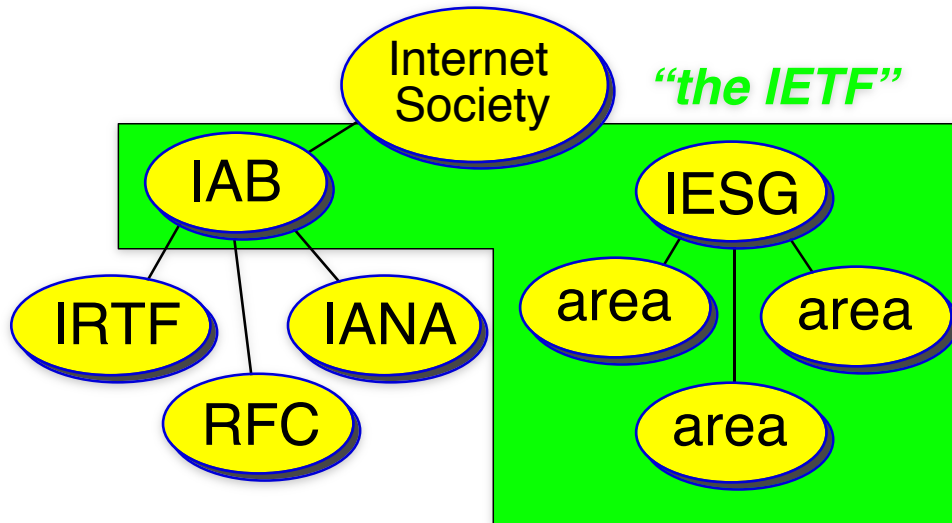
ICANN

- Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
- <http://www.icann.org>



¿ Internet ?

- RFC
 - Request For Comments
 - <http://www.rfc-editor.org>
- Drafts, STDs, FYIs, BCPs



Jon Postel

6/8/1943-16/10/1998

"Be liberal in what you accept and conservative in what you send" [RFC760]

Editor de los RFC durante 30 años

We reject kings, presidents and voting. We believe in rough consensus and running code.

Dave Clark [MIT]

Próximo día

Conceptos fundamentales en tecnologías de conmutación

- Lecturas recomendadas:
 - [Kurose08] secciones 1.3-1.4 (pags 48-71)
 - ó [Kurose10] secciones 1.3-1.4 (pags 51-74)
 - [Stallings07] secciones 10.1-10.2 (pags 298-303) y 10.5 (pags 309-317)