

¿Ethernet es capa 2?

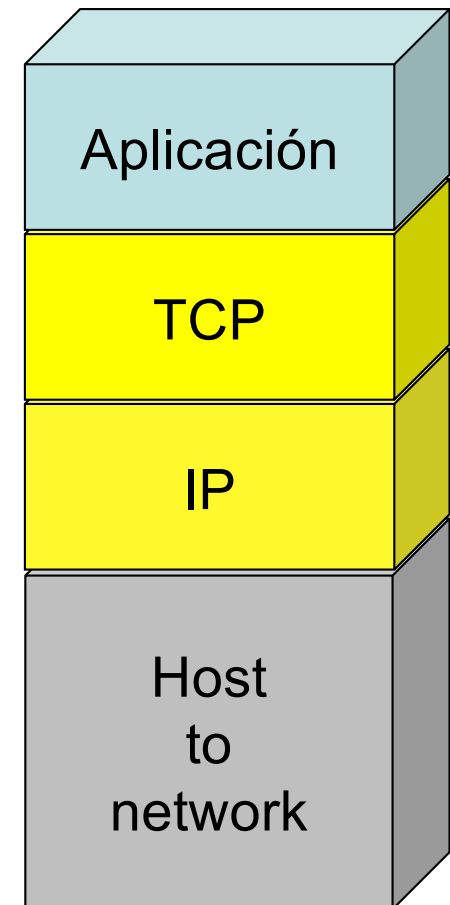
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Máster en Ingeniería de Telecomunicación

Arquitecturas de capas de protocolos

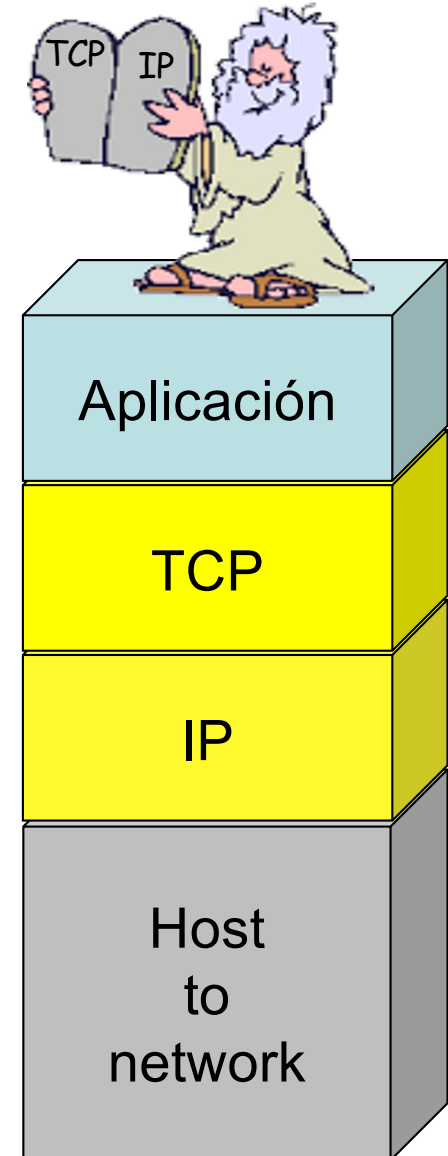
TCP/IP

- Vamos a hablar de Internet
- Eso quiere decir hablar de TCP/IP



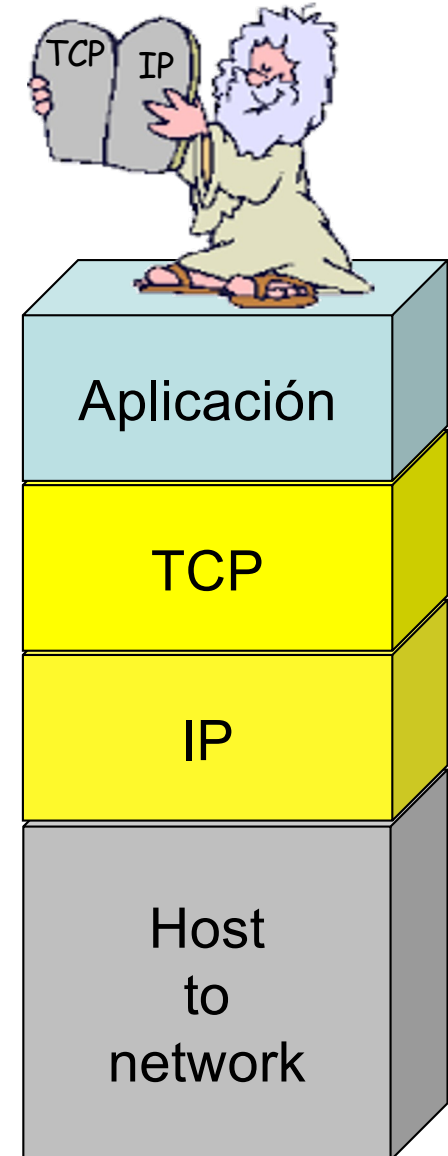
TCP/IP

- Vamos a hablar de Internet
- Eso quiere decir hablar de TCP/IP
- ¿TCP/IP cayó del cielo?



TCP/IP

- Hay otras arquitecturas de protocolos
- La arquitectura OSI
- IBM con SNA tenía la suya (que inspiró OSI)
- También Apple
- Novell
- Digital
- (...)

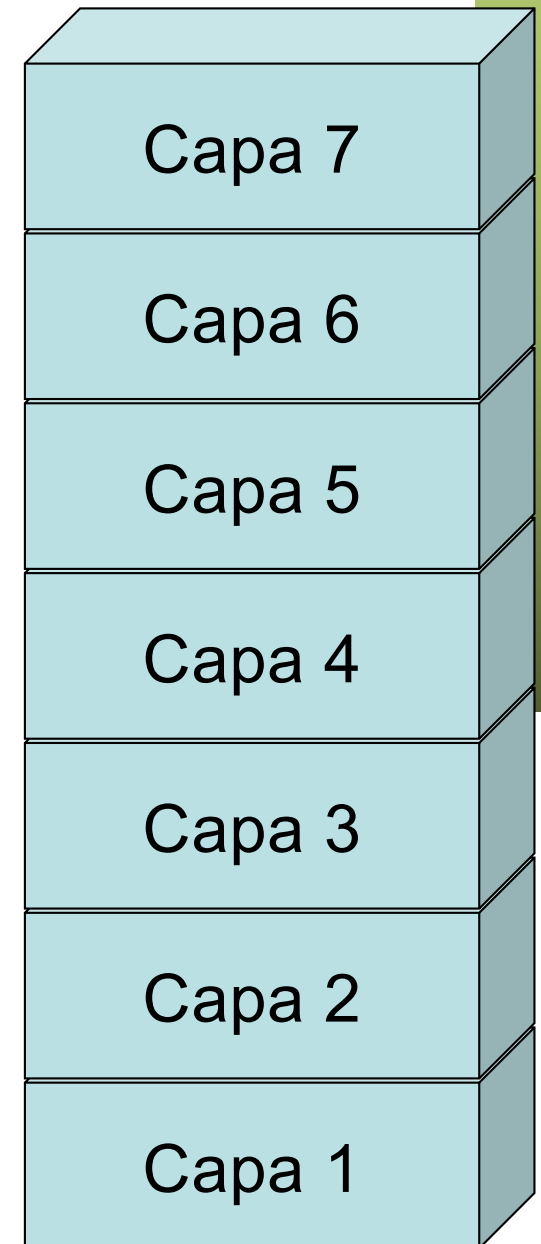


WildPackets

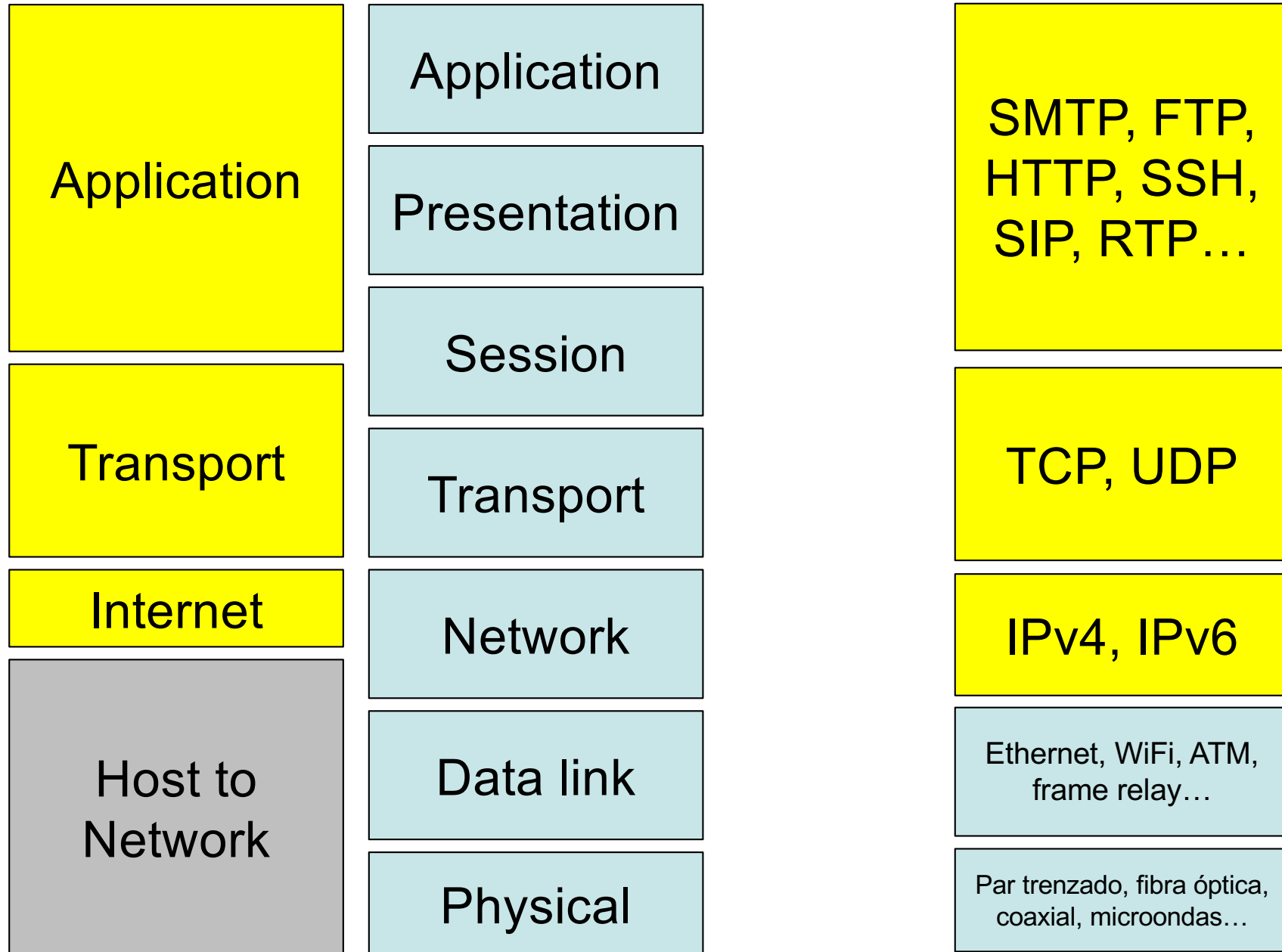


OSI

- ISO intentó resolver la arquitectura en base a una estructura de capas
- Permite independencia, reutilización, evolución parcial
- Define interfaces y servicios que ofrecen las capas
- Fue demasiado ambiciosa, el resultado era demasiado complejo
- Había otros desarrollos en paralelo
- A día de hoy hablamos de capas 1, 2, 3 y 4, así como de capa 7
- Las capas 5 y 6 se han perdido en la literatura, aunque conceptualmente existan protocolos que se asemejen

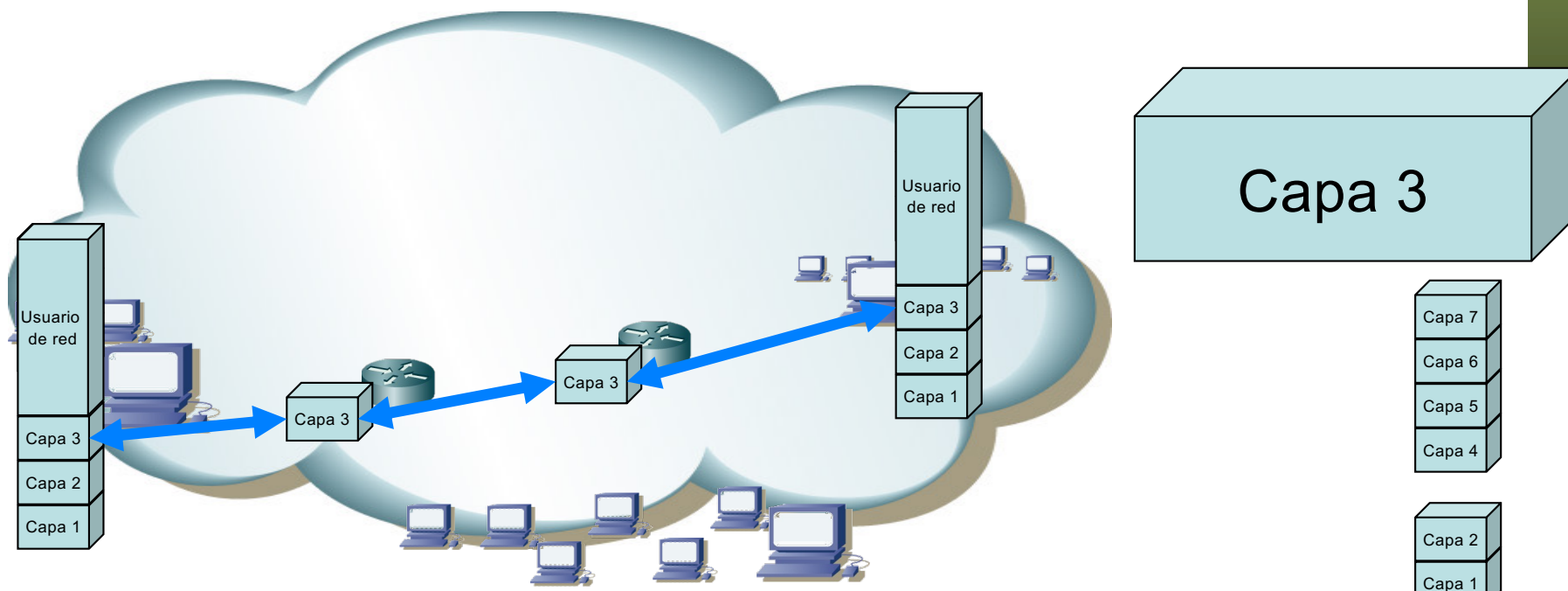


TCP/IP y OSI: Ejemplos



Layer 3: Network layer

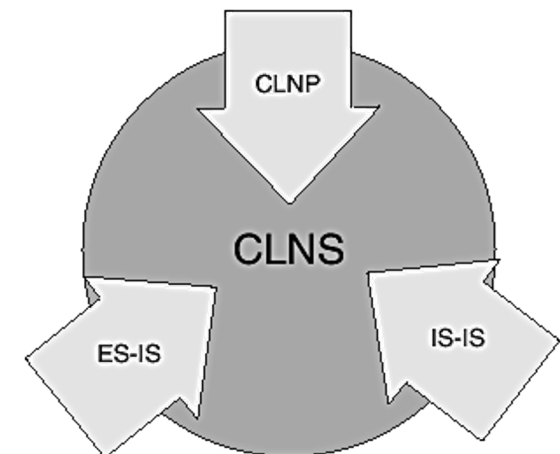
- La red (“network”) es esa infraestructura que ofrece comunicación entre los hosts extremo (equipos de usuario de la red)
- Ofrece independencia a las capas superiores de la tecnología de conmutación y transmisión
- Ciertos equipos forman esa “red” y pueden ser por ejemplo conmutadores de paquetes en una tecnología de ese tipo
- Responsable de establecer, mantener y terminar conexiones (sí, soluciones como X.25 o ATM se pueden ver como capa 3 orientada a conexión)



Layer 3 vs Layer 3



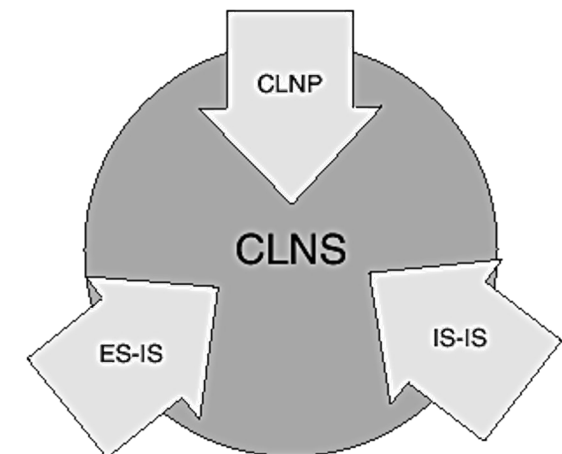
- ¿Sabéis qué es CLNP?
- *ConnectionLess Network Protocol*
- Protocolo de capa 3 de la pila OSI orientado a datagramas
- O sea, como IP pero en la familia OSI
- ¿Sabéis de qué tamaño son sus direcciones?
- (...)



Layer 3 vs Layer 3



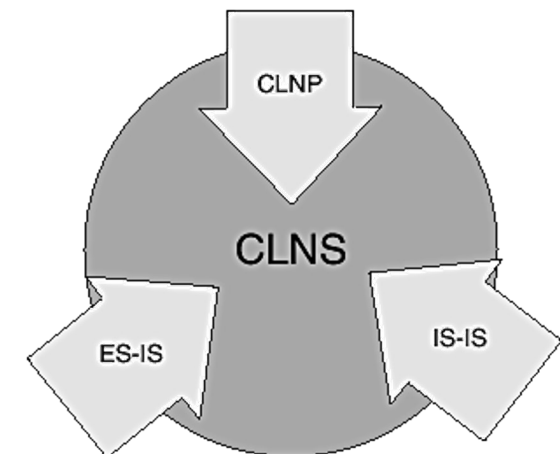
- ¿Sabéis qué es CLNP?
- *ConnectionLess Network Protocol*
- Protocolo de capa 3 de la pila OSI orientado a datagramas
- O sea, como IP pero en la familia OSI
- ¿Sabéis de qué tamaño son sus direcciones?
- 20 bytes (longitud variable)
- Las de IPv4 son de 4 bytes, las de IPv6 son de 16 bytes
- ¿Y qué tiene de malo?
- (...)



Layer 3 vs Layer 3

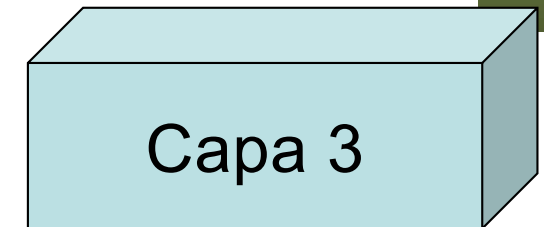
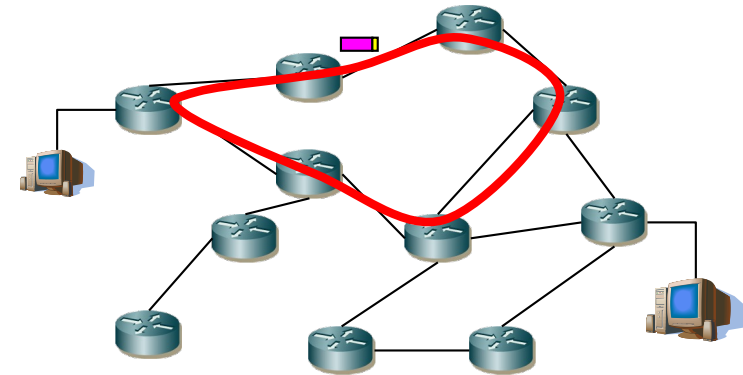


- ¿Sabéis qué es CLNP?
- *ConnectionLess Network Protocol*
- Protocolo de capa 3 de la pila OSI orientado a datagramas
- O sea, como IP pero en la familia OSI
- ¿Sabéis de qué tamaño son sus direcciones?
- 20 bytes (longitud variable)
- Las de IPv4 son de 4 bytes, las de IPv6 son de 16 bytes
- ¿Y qué tiene de malo?
- En su día (en los 90s) de hecho era mejor que IPv6 (mejores mecanismos de autoconfiguración, IS-IS, etc)
- ¿Por qué no se cambió a IPv6 entonces?
- ¿Y para qué se iba a cambiar?



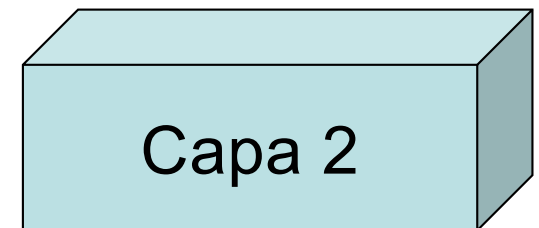
Layer 3: PDU básica

- Una dirección origen y destino
- Los datos
- Y también una cuenta de saltos
 - Algo que limite el número de saltos que dé el paquete, ¿por qué?
 - Con un algoritmo distribuido que calcula las rutas puede haber transitorios
 - Durante los cuales hay bucles
 - Y quieres que los paquetes atrapados en uno se descarten pronto



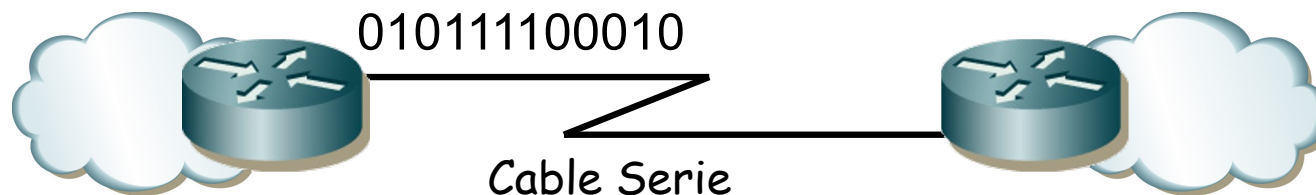
Layer 2

- OSI Data Link layer
 - Ofrece transferencia fiable a través de un enlace físico
 - Envía bloques (tramas)
 - Incluye sincronización, control de errores y control de flujo
- IEEE 802
 - Resuelve el control de acceso al medio (MAC)
 - Funcionalidades de control de conexión, flujo y errores (LLC)
- Veamos dos ejemplos: PPP y Ethernet



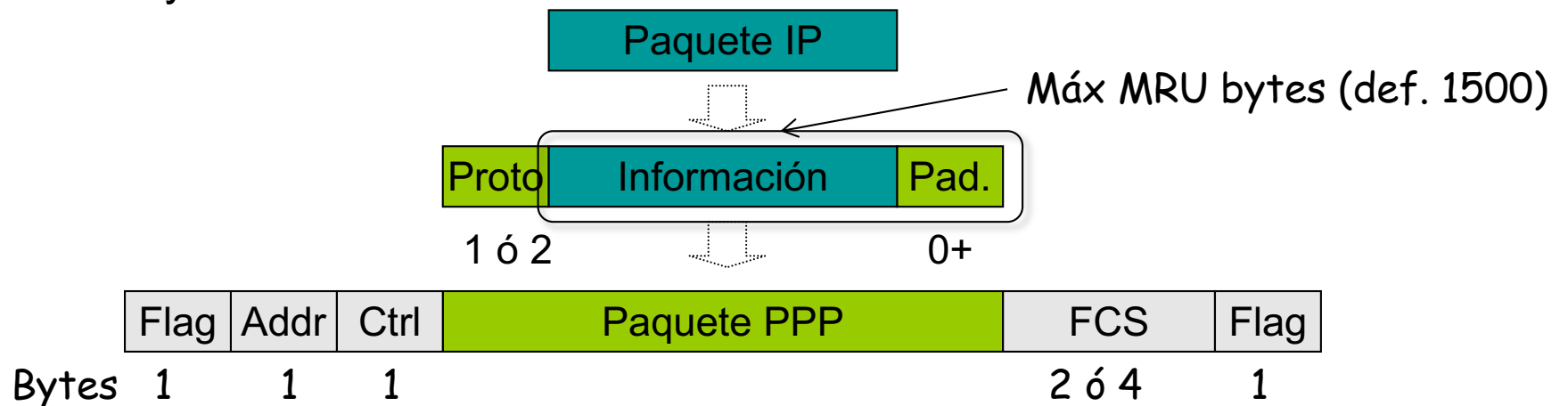
PPP como layer 2

- Tenemos un canal físico entre los dos extremos del enlace que provee el servicio de transporte de bits
- *Point-to-Point Protocol* (RFC 1661)
- Los enlaces deben ofrecer full-duplex y entrega en orden
- PPP ofrece:
 - Framing
 - Multiplexación de varios protocolos
 - Protocolo de control del enlace (LCP) para establecer, configurar y comprobar el enlace de datos
 - Protocolos de control específicos para cada protocolo de red (NCP)



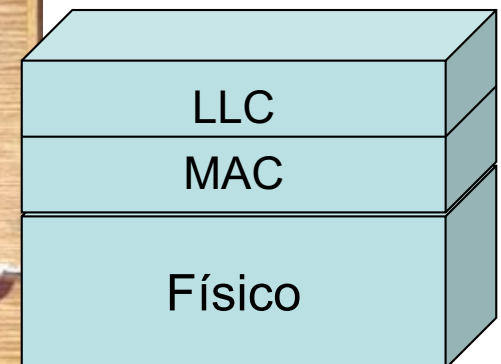
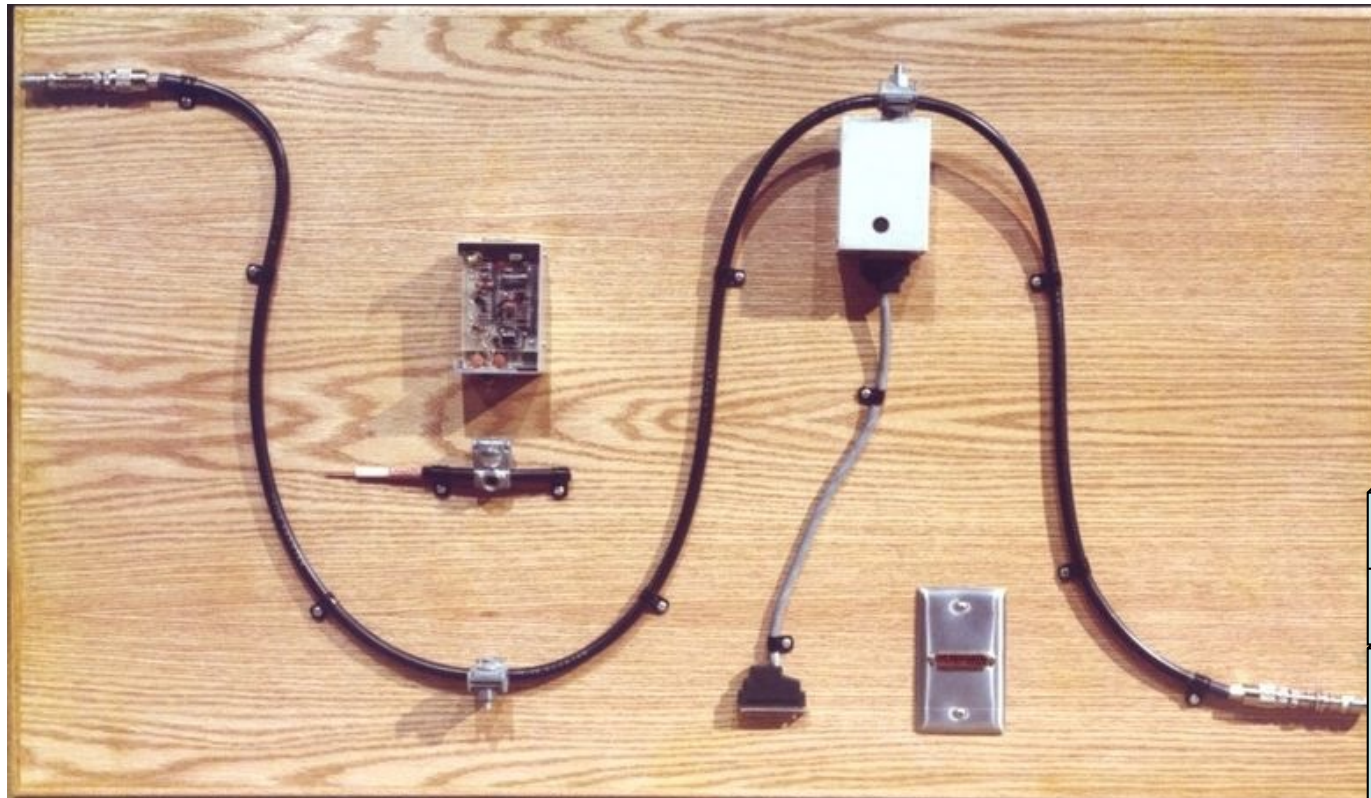
PPP: encapsulado

- Marca el comienzo y final de cada trama porque tal vez el nivel físico no sea capaz
- Por defecto encapsulado HDLC (RFC 1662)
 - Flag (0x7e)
 - Address (solo 0xff = All-Stations)
 - Control (solo 0x03 = Unnumbered Information con bit Poll/Final a cero)
 - FCS (calculado desde el campo Address)
- Byte Stuffing
 - Carácter de escape = 0x7d
 - En la secuencia entre los Flags se escapan todos los caracteres 0x7d y 0x7e



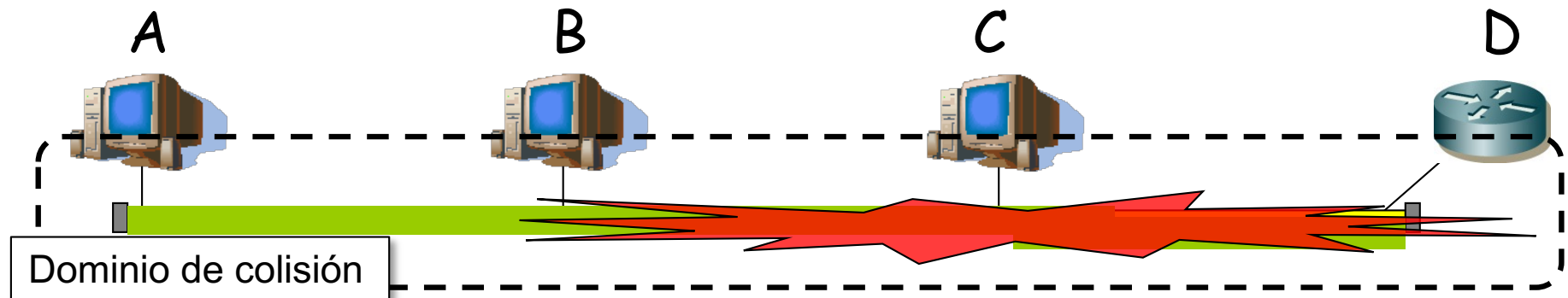
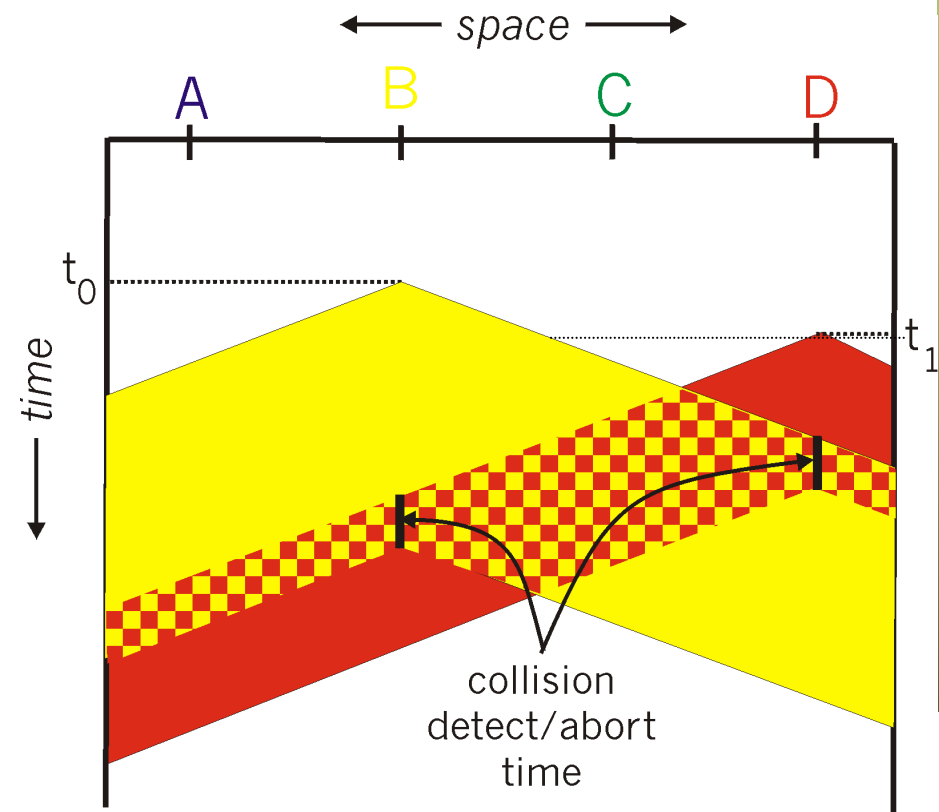
Ethernet “original”

- Bus coaxial (no hay conmutadores ni hubs, la “auténtica” Ethernet)
- Hay un medio físico al que se conectan (dos polos de un circuito) todas las estaciones (hosts)
- Requiere un control de acceso al medio: CSMA/CD (basado en ALOHA)



CSMA/CD

- *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*
- Canal inactivo: transmitir la trama
- C. ocupado: retrasar la transmisión
- Debido al retardo puede que un nodo no note que otro está transmitiendo
- Detecta si se produce una colisión mientras transmite
- Si hay colisión reintenta tras un tiempo aleatorio (*backoff*)

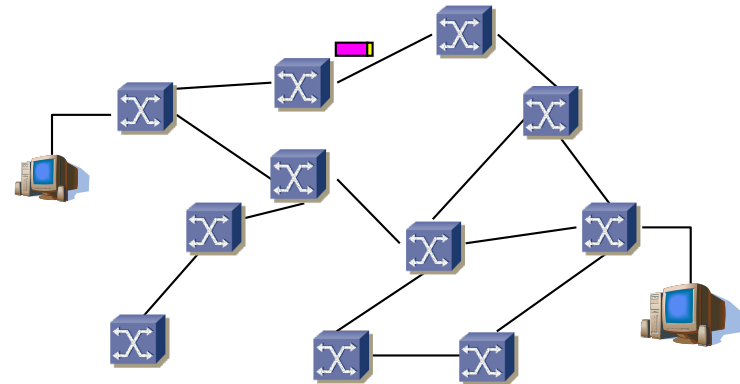


Arquitecturas de capas de protocolos

Ethernet hoy en día

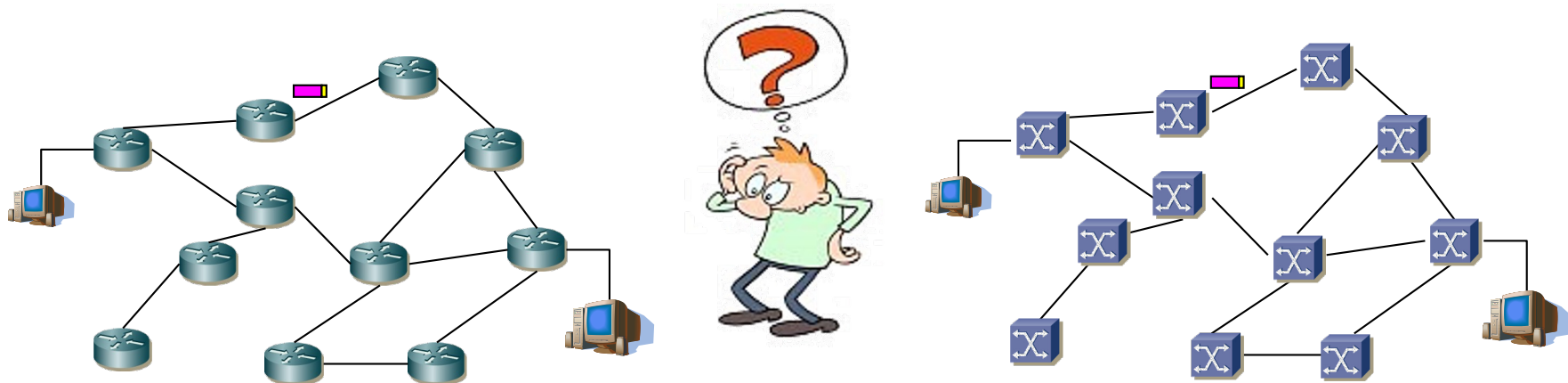
Ethernet hoy en día

- Decimos que es una solución de capa 2
- Pero hoy en día tenemos conmutadores de paquetes: bridges
- La trama Ethernet se parece mucho a una PDU capa 3
- Aunque no hay un TTL
- (...)



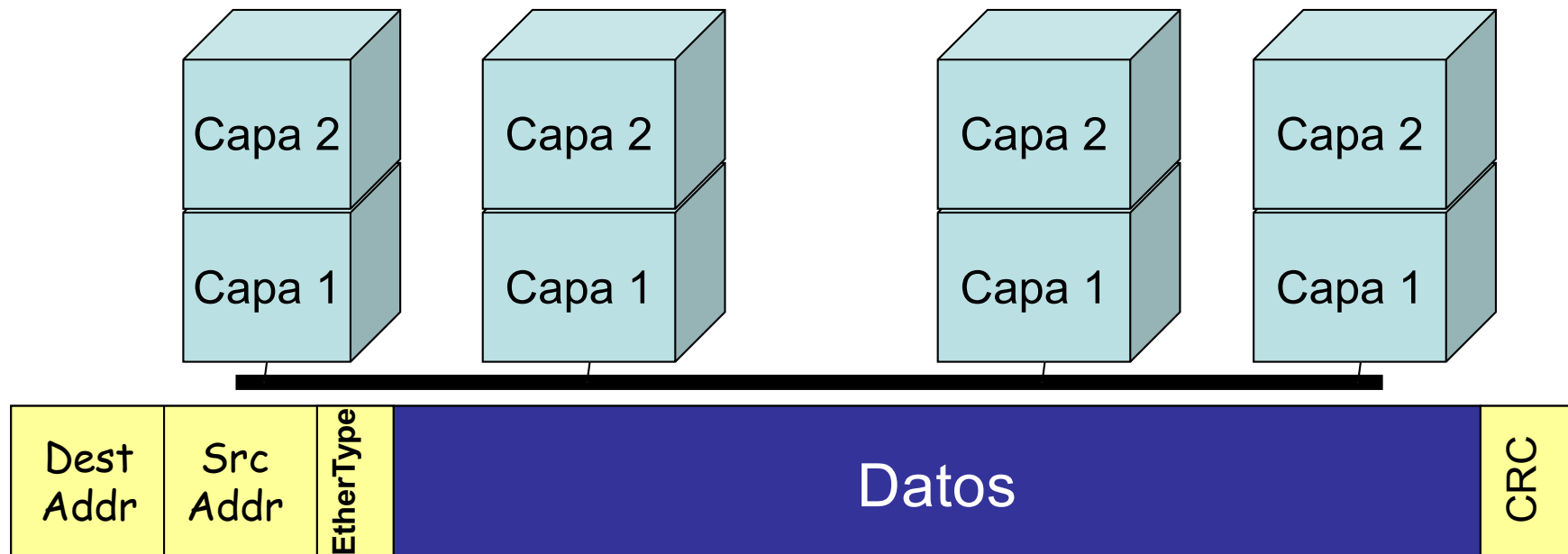
Ethernet hoy en día

- Decimos que es una solución de capa 2
- Pero hoy en día tenemos conmutadores de paquetes: bridges
- La trama Ethernet se parece mucho a una PDU capa 3
- Aunque no hay un TTL
- ¿Por qué decimos que es capa 2? ¿Los conmutadores de paquetes no son algo de capa 3? ¿Cuál es exactamente la diferencia entre la capa 2 y la capa 3?



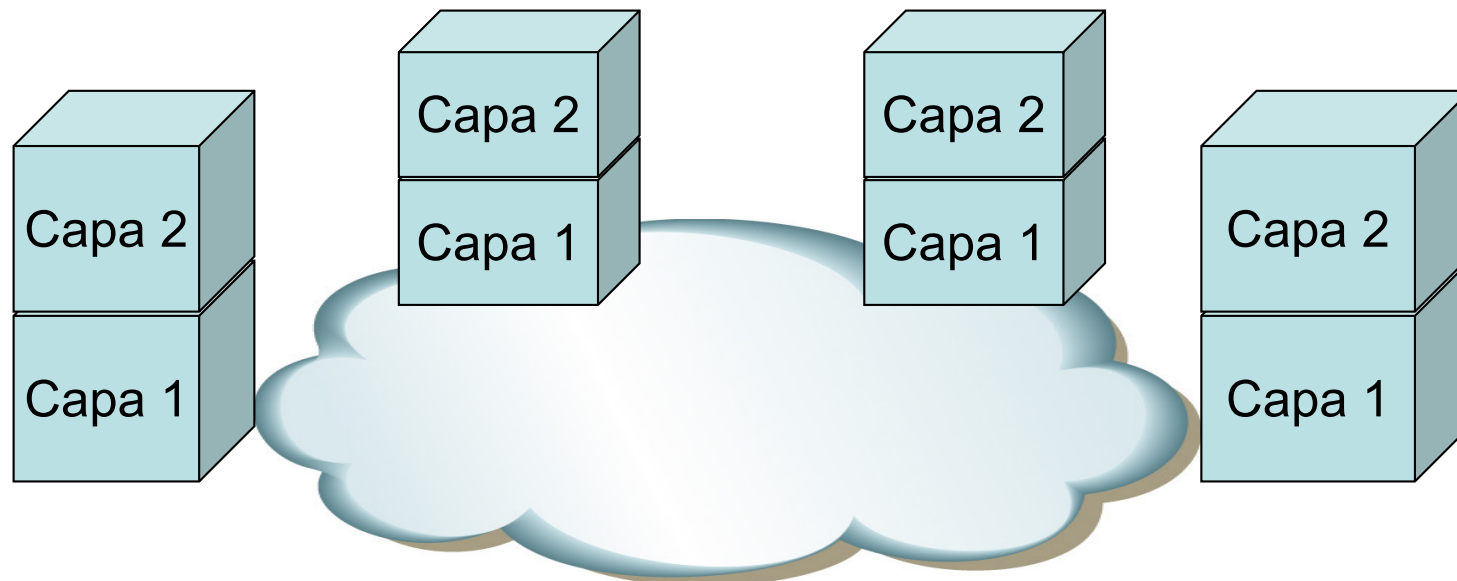
Ethernet

- Ethernet es para comunicar estaciones en el mismo enlace
- No se les ocurrió que alguien pudiera querer reenviar estos paquetes
- Necesita direcciones porque el medio es compartido con varias posibles estaciones
- No necesita TTL porque no hay posibilidad de bucles, no hay saltos, nadie lo decrementaría



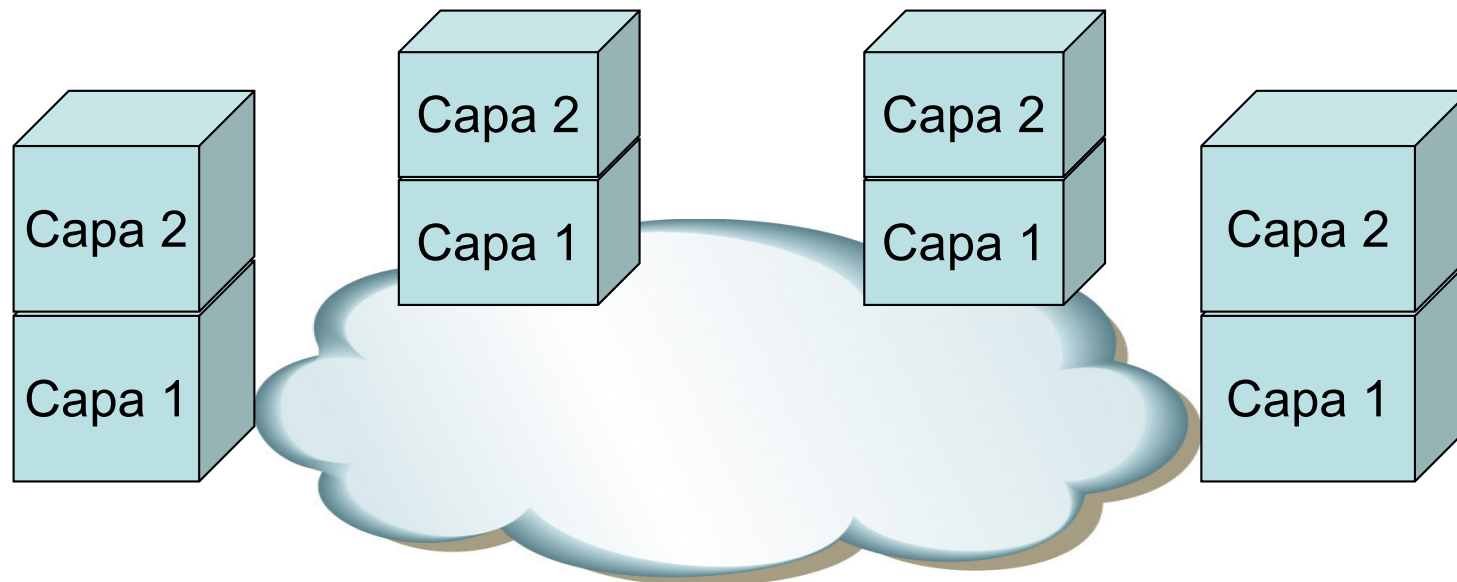
Ethernet es capa 2

- Pero la Ethernet original no era para un enlace, había una “Red de Área Local”, ¿no?
- (...)



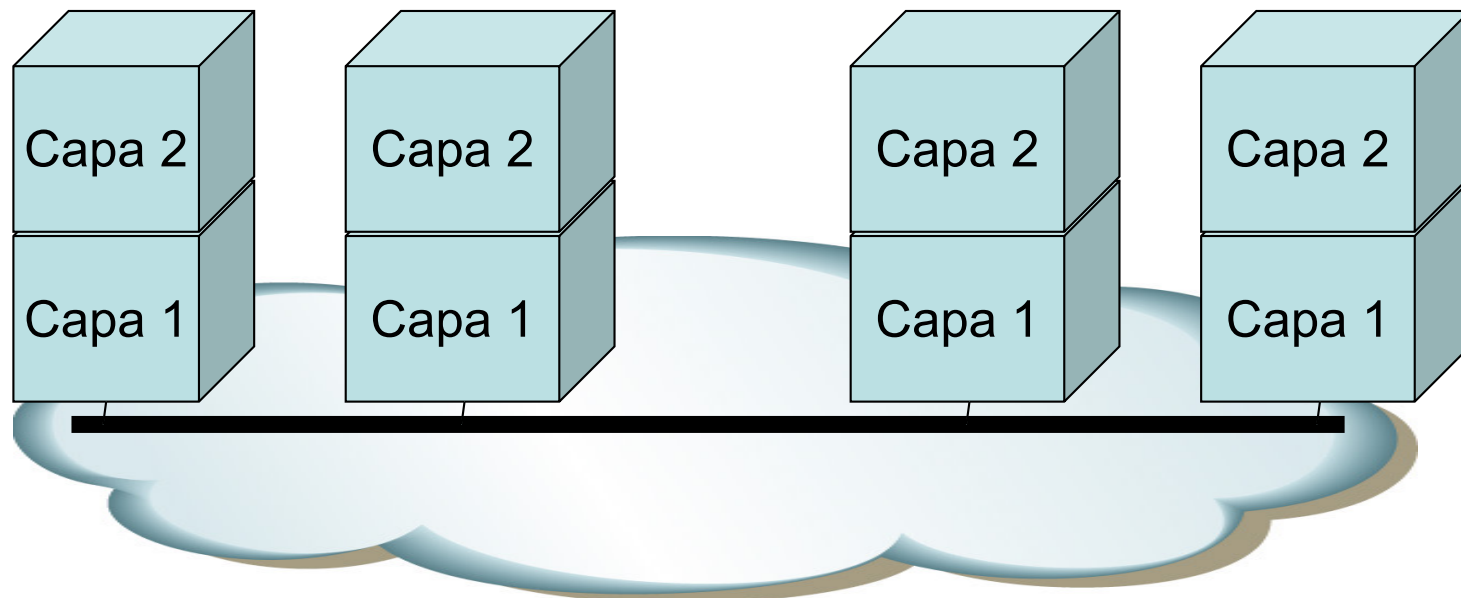
Ethernet es capa 2

- Pero la Ethernet original no era para un enlace punto-a-punto, había una “Red de Área Local”, ¿no?
- Claro, el nivel de enlace resuelve el problema de estaciones que tienen un medio físico entre ellas (recordad el bus coaxial)
- La red de área local es ese segmento de coaxial o esos hubs (...)



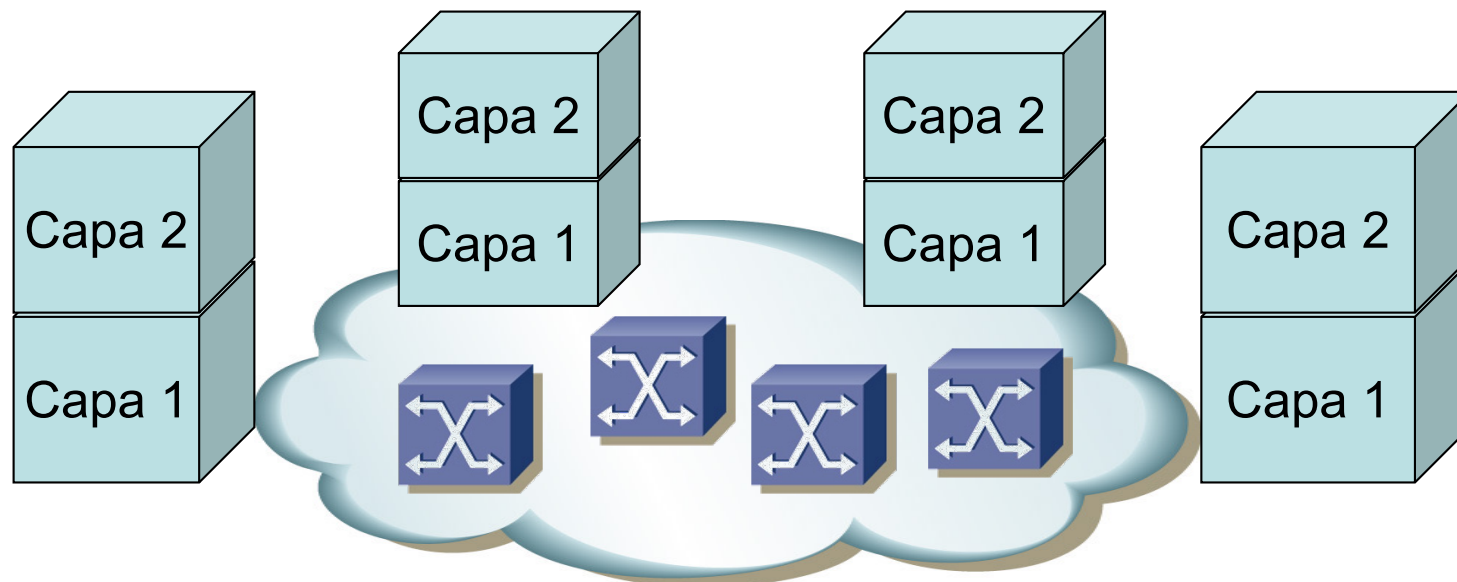
Ethernet es capa 2

- Pero la Ethernet original no era para un enlace punto-a-punto, había una “Red de Área Local”, ¿no?
- Claro, el nivel de enlace resuelve el problema de estaciones que tienen un medio físico entre ellas (recordad el bus coaxial)
- La red de área local es ese segmento de coaxial o esos hubs



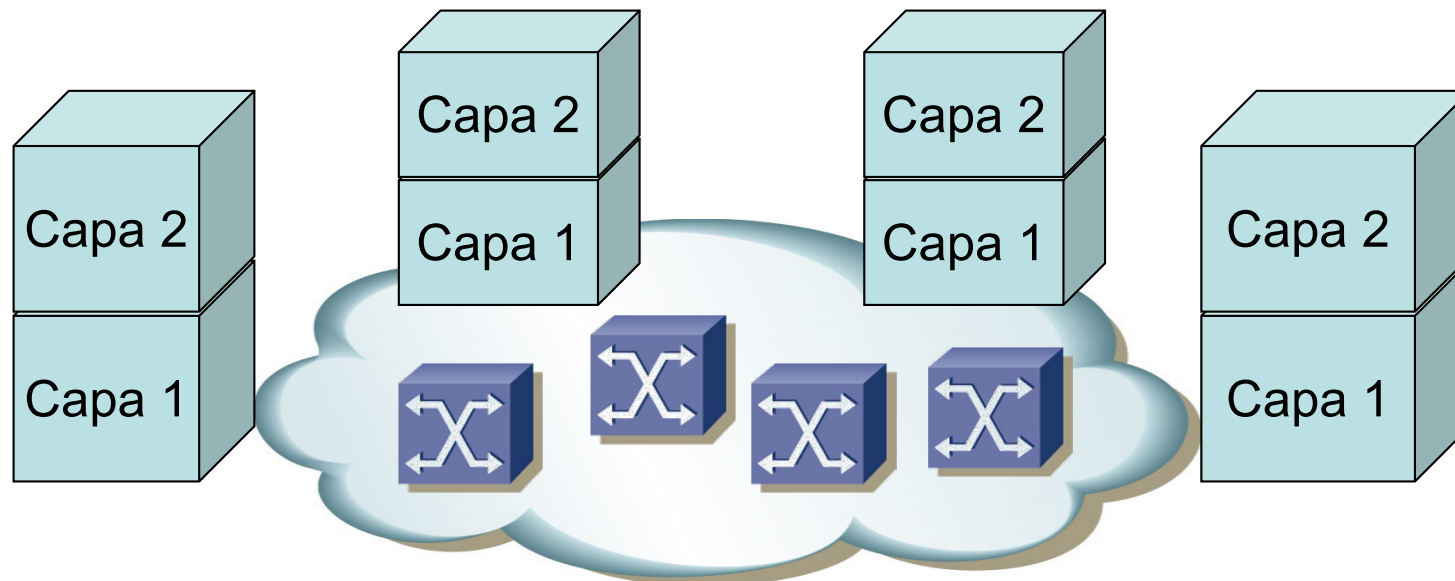
Ethernet es capa 2

- ¡ Pero esa red tiene conmutadores ! ¡ Haciendo almacenamiento y reenvío ! ¡ No me líes ! ¡ Que yo aprobé el Grado de Teleco !



Ethernet es capa 2

- ¡ Pero esa red tiene conmutadores ! ¡ Haciendo almacenamiento y reenvío ! ¡ No me lées ! ¡ Que yo aprobé el Grado de ...
- ¿LAN Ethernet con conmutadores?
- Eso tiene de Ethernet 2 cosas:
 - El formato de la trama
 - El nombre
- La Ethernet como tal “murió” en los 90s con la introducción de los conmutadores y pronto veremos cómo, pero antes ...



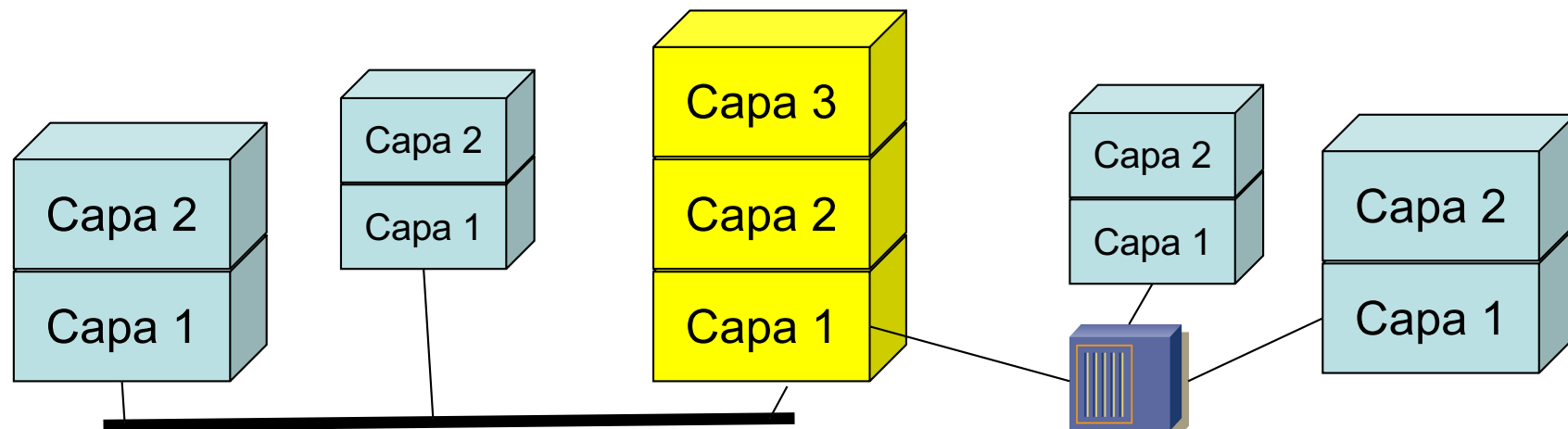
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría/debería” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y/o el/los hubs (...)



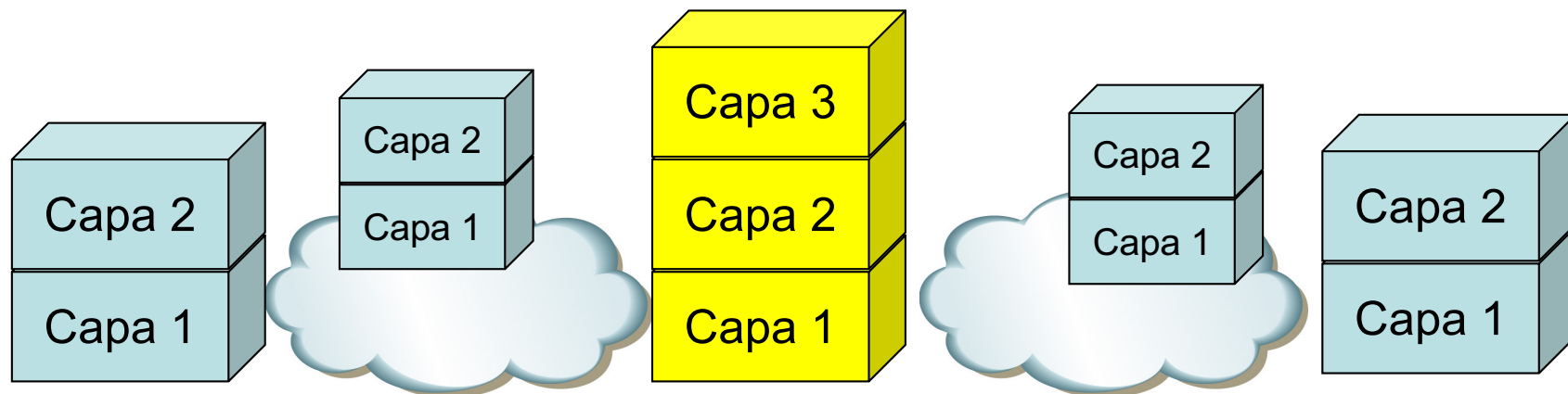
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría/debería” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y/o el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3 (...)
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- (...)



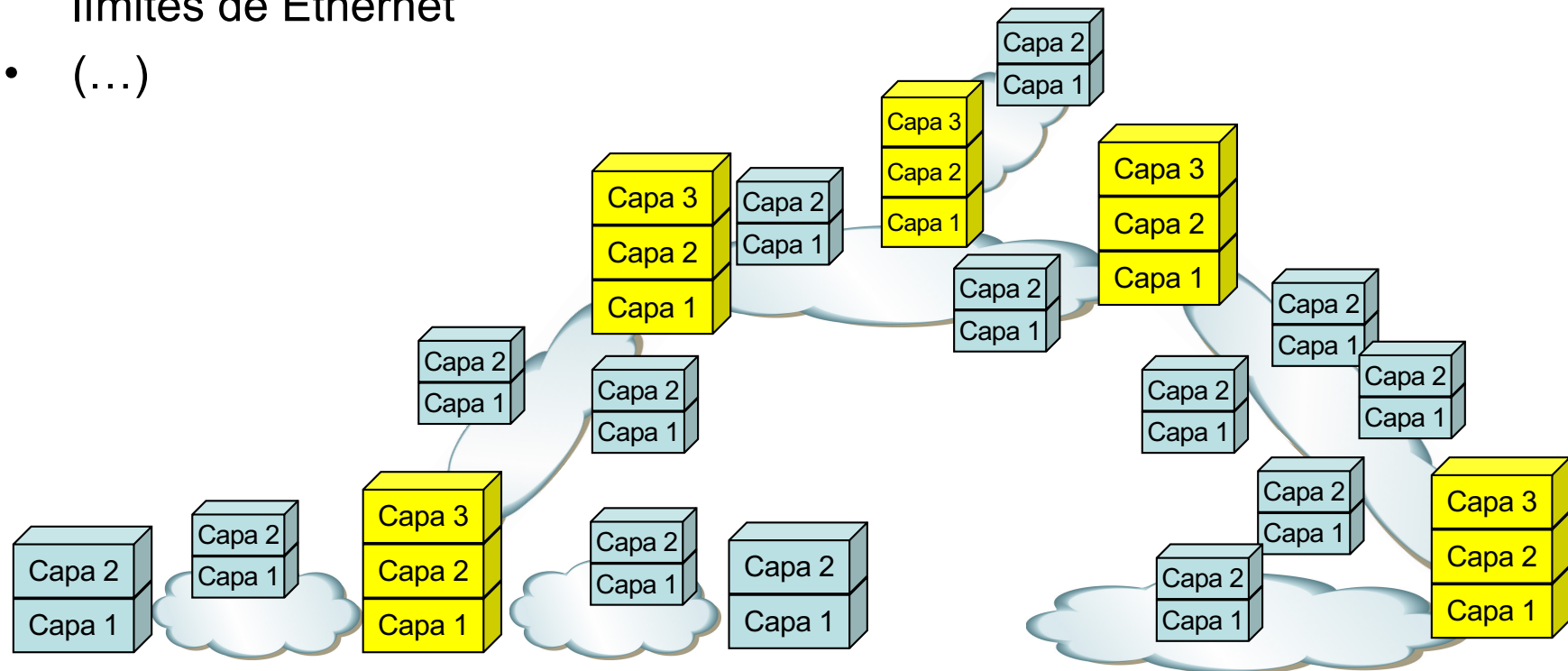
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría/debería” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y/o el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- Necesitaríamos el formato para el protocolo de capa 3



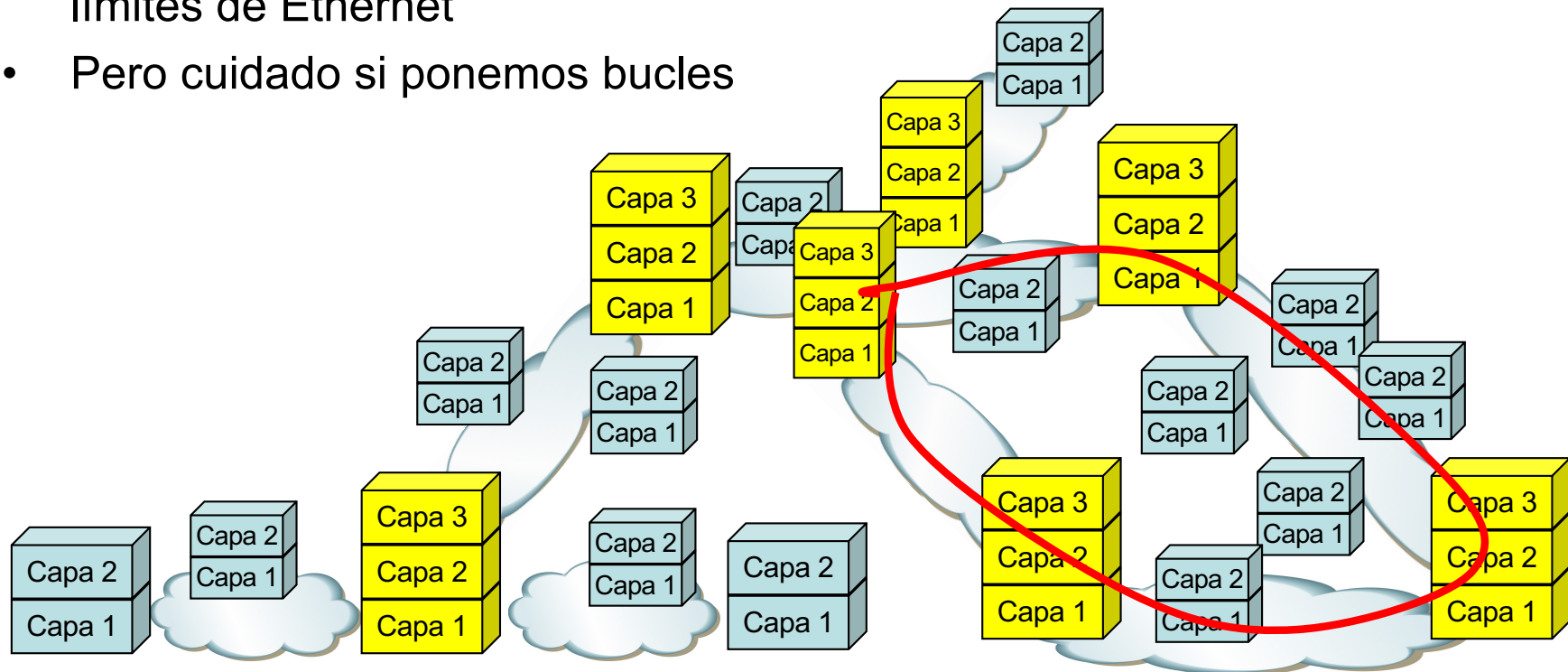
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría/debería” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y/o el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- Necesitaríamos el formato para el protocolo de capa 3
- Y podríamos hacer más grande la topología pues no tenemos los límites de Ethernet
- (...)



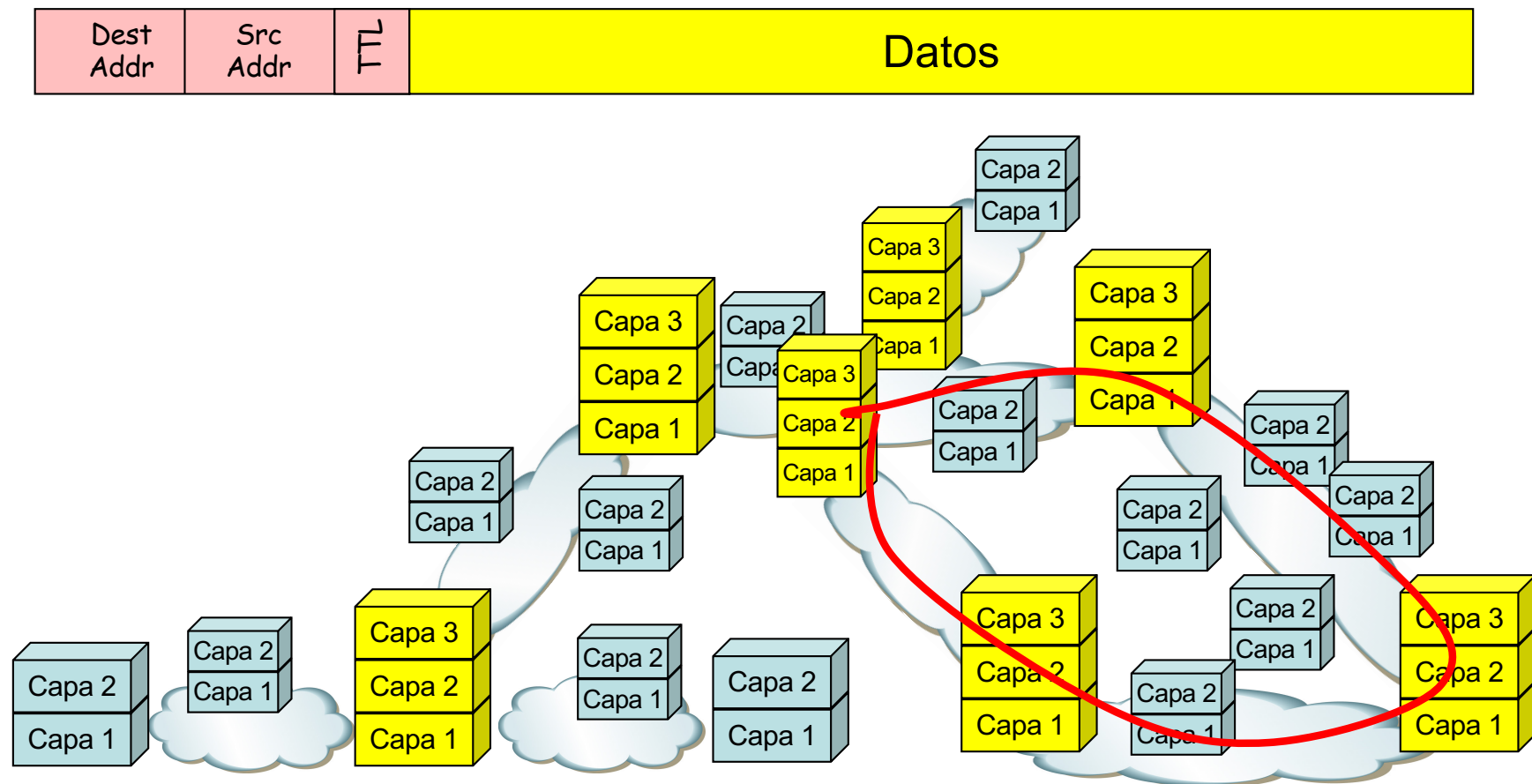
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría/debería” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y/o el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- Necesitaríamos el formato para el protocolo de capa 3
- Y podríamos hacer más grande la topología pues no tenemos los límites de Ethernet
- Pero cuidado si ponemos bucles



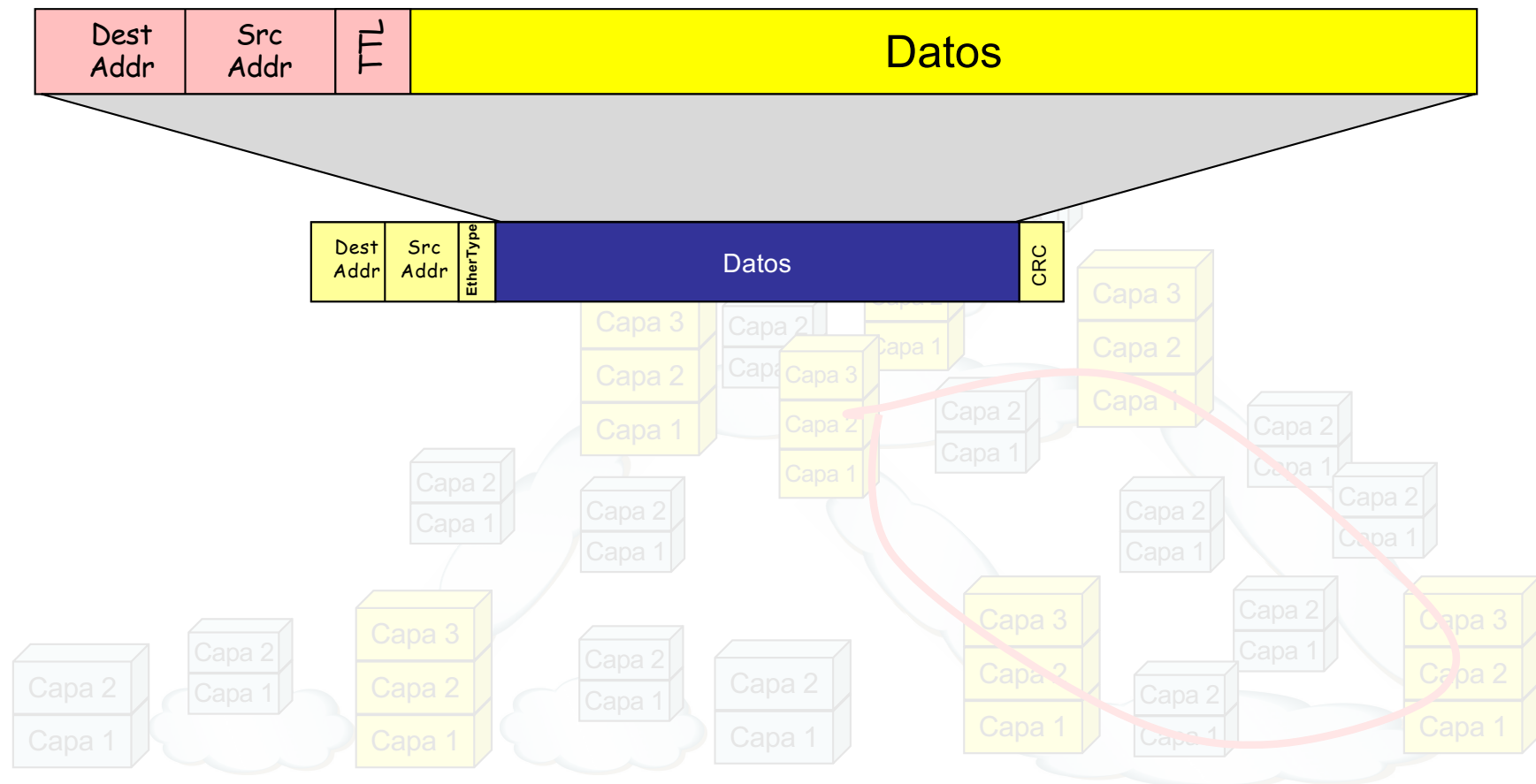
Ethernet vs Layer 3

- Ok, necesitamos protocolos de encaminamiento dinámico
- Y mejor que le pongamos un TTL a esa PDU de capa 3
- (...)



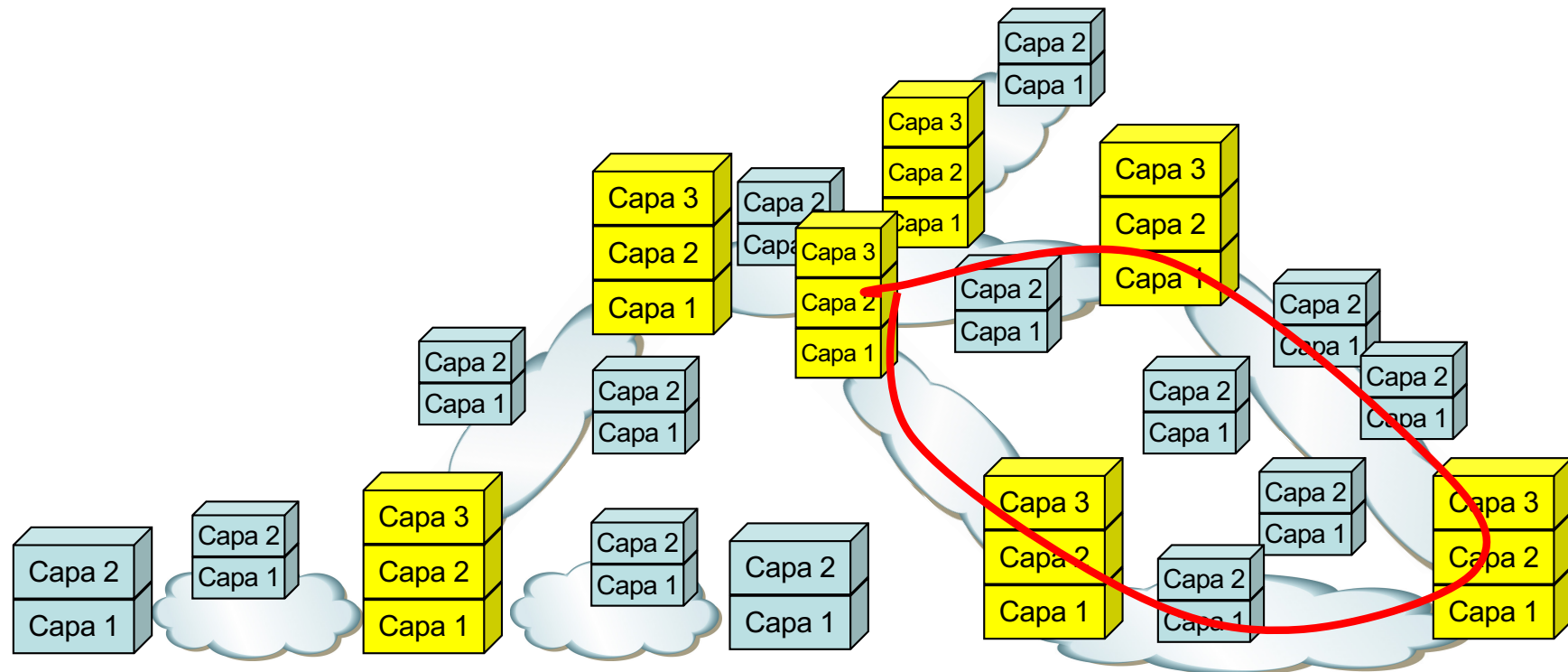
Ethernet vs Layer 3

- Ok, necesitamos protocolos de encaminamiento dinámico
- Y mejor que le pongamos un TTL a esa PDU de capa 3
- Por supuesto esta PDU de capa 3 va dentro de la PDU de capa 2 en cada enlace
- O sea, en el caso Ethernet dentro de la trama Ethernet



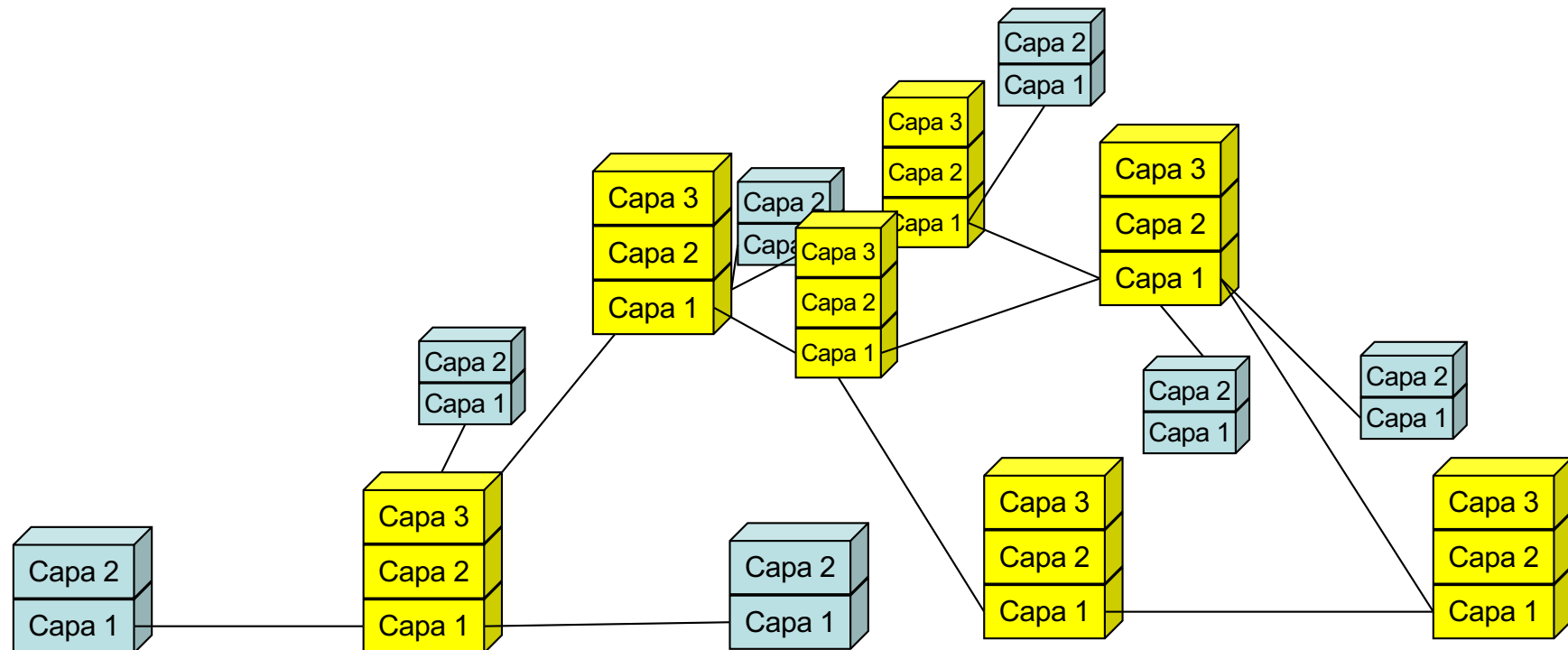
Ethernet vs Layer 3

- ¿Y es esto lo que tenemos hoy en día en las LANs Ethernet?
- (...)



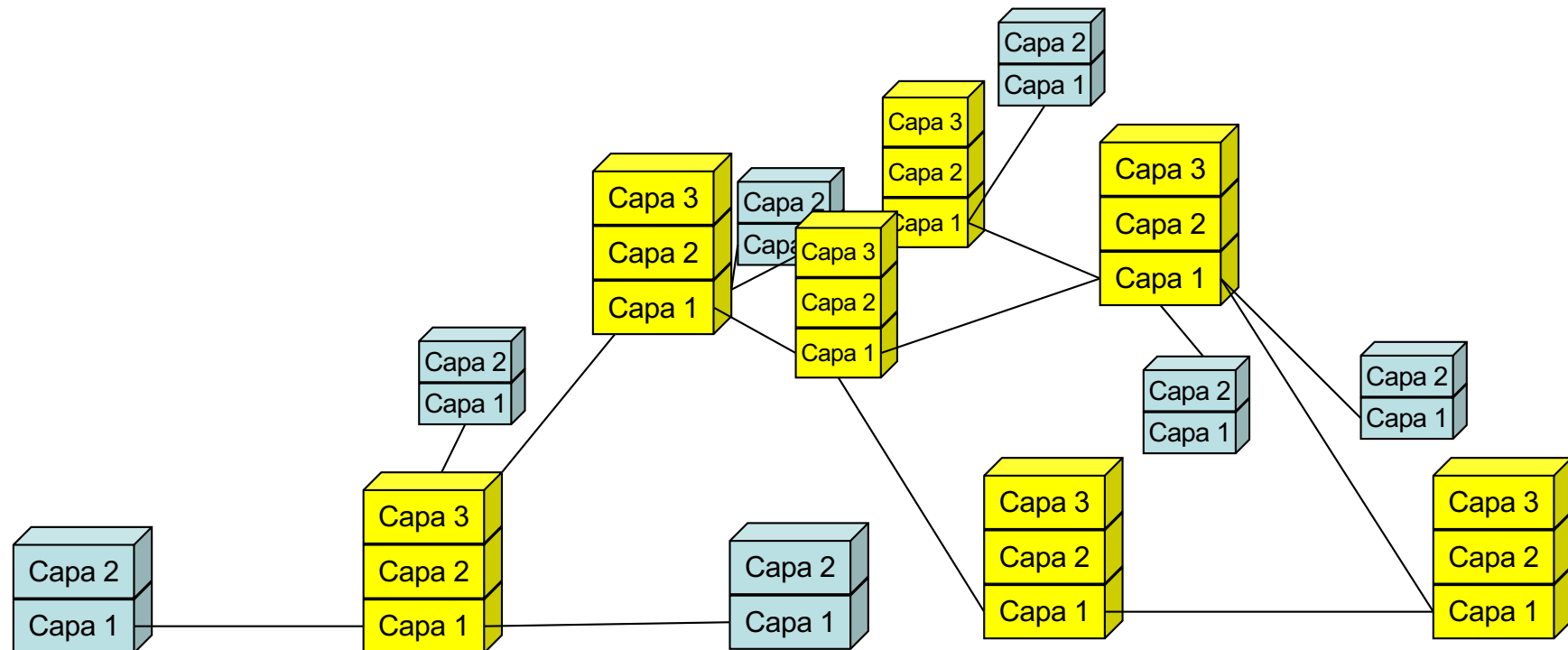
1. *Journal of Management Studies*, 1990, 27, 1, 1-15.

- 100



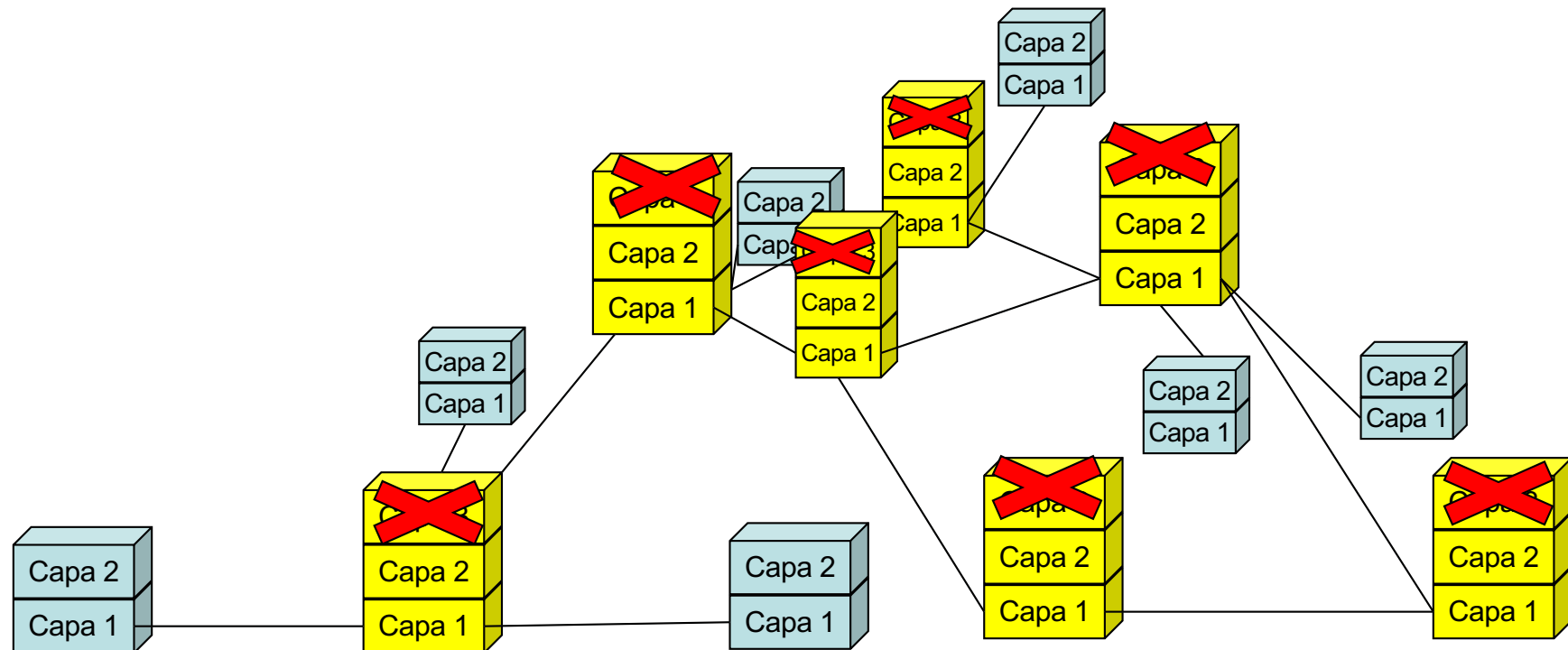
100

- 100



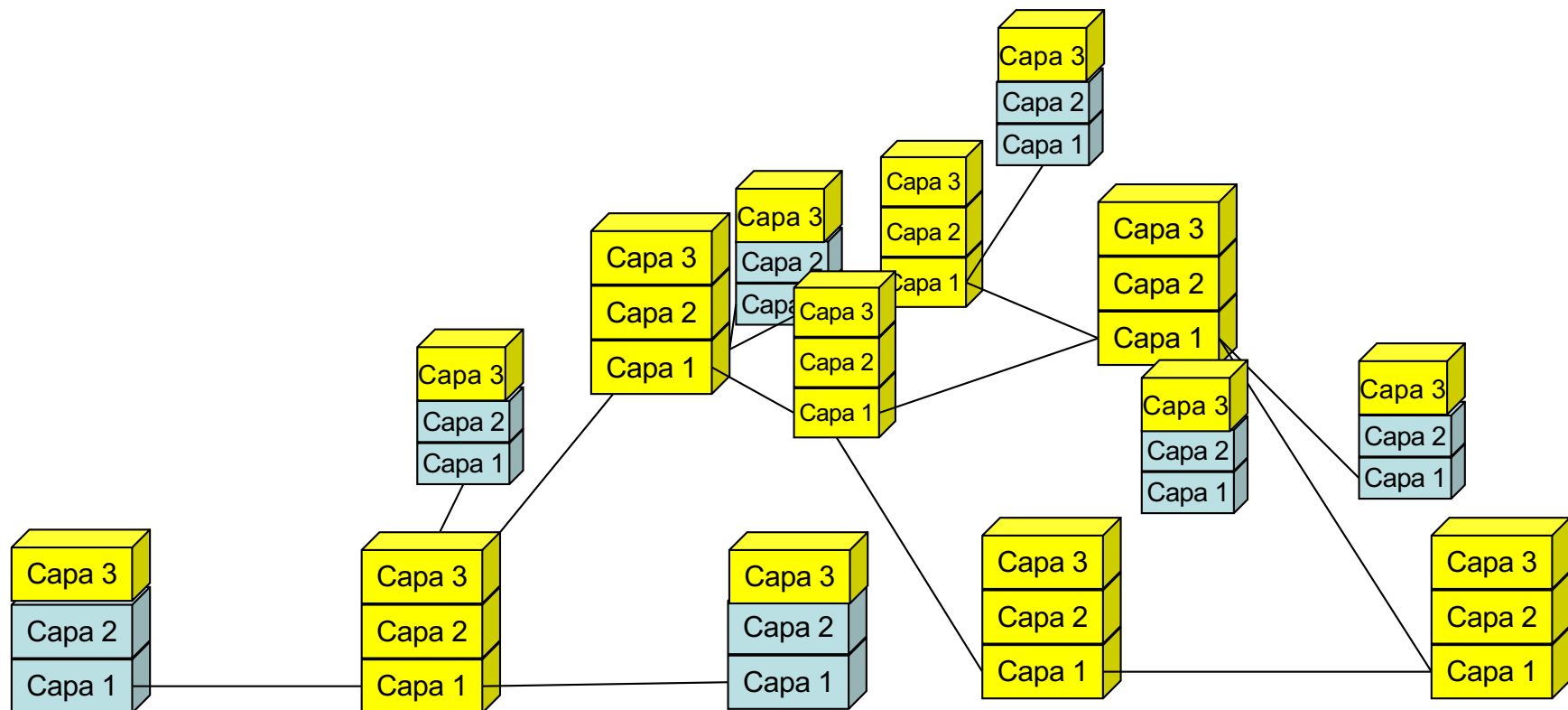
Ethernet vs Layer 3

- Mayormente los equipos son conmutadores capa 2
- ¿Por qué?
- (...)



Ethernet vs Layer 3

- Mayormente los equipos son conmutadores capa 2
- ¿Por qué?
- Emplear conmutadores capa 3 requiere que los hosts implementen ese protocolo de capa 3
- Veamos esto con perspectiva histórica...

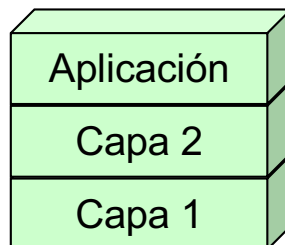


Ethernet hoy en día

Historia de dos puentes

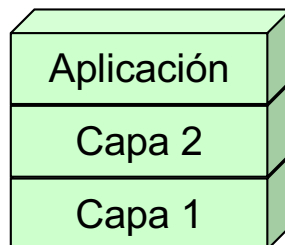
Ethernet vs Layer 3

- En los 80s-90s Ethernet tenía éxito
- Se quería mejorar su rendimiento
- Aislar los dominios de colisión lo permitiría
- ¿Con un conmutador de capa 3?
- El problema de un protocolo de capa 3 es que lo tienen que implementar los hosts
- No había un protocolo dominante en capa 3 (bueno, tampoco lo había todavía en capa 2 para LAN, pero eso es otro tema)



Ethernet vs Layer 3

- Podéis oír la historia por Radia Perlman:
 - https://youtu.be/L_zacX9DcZA
- Trabajaba en la capa 3 (en los 80s en Digital Eq. Corp.)
- Pero entonces parecía que valía con la capa 2 de Ethernet
- Muchas aplicaciones se construían sobre la capa 2
- (...)



Ethernet vs Layer 3

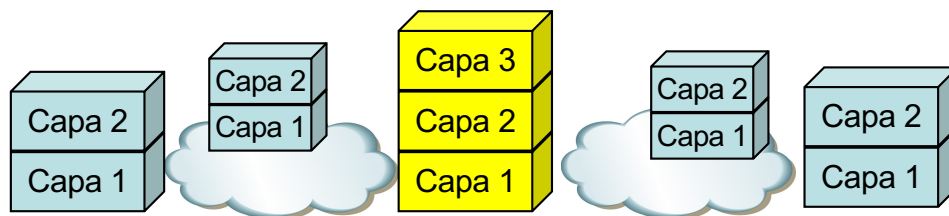
- Podéis oír la historia por Radia Perlman:
 - https://youtu.be/L_zacX9DcZA
- Trabajaba en la capa 3 (en los 80s en Digital Eq. Corp.)
- Pero entonces parecía que valía con la capa 2 de Ethernet
- Muchas aplicaciones se construían sobre la capa 2
- *“...and I said: but you may wanna talk from one Ethernet to another! And they said: our customers will never wanna do that”*
- (...)



Ethernet vs Layer 3



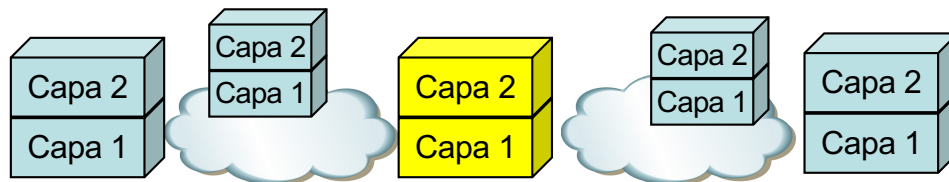
- Podéis oír la historia por Radia Perlman:
 - https://youtu.be/L_zacX9DcZA
- Trabajaba en la capa 3 (en los 80s en Digital Eq. Corp.)
- Pero entonces parecía que valía con la capa 2 de Ethernet
- Muchas aplicaciones se construían sobre la capa 2
- *“...and I said: but you may wanna talk from one Ethernet to another! And they said: our customers will never wanna do that”*
- *“...my manager says to me: Radia we need to design a magic box that will sit between two Ethernets and let somebody on one talk to somebody on another. Which is of course a router, but a router only works if the end-node is doing the same layer 3 protocol as the router”*
- *“We had to invent a box that was not allowed to modify the Ethernet packet in any way”*



Ethernet vs Layer 3

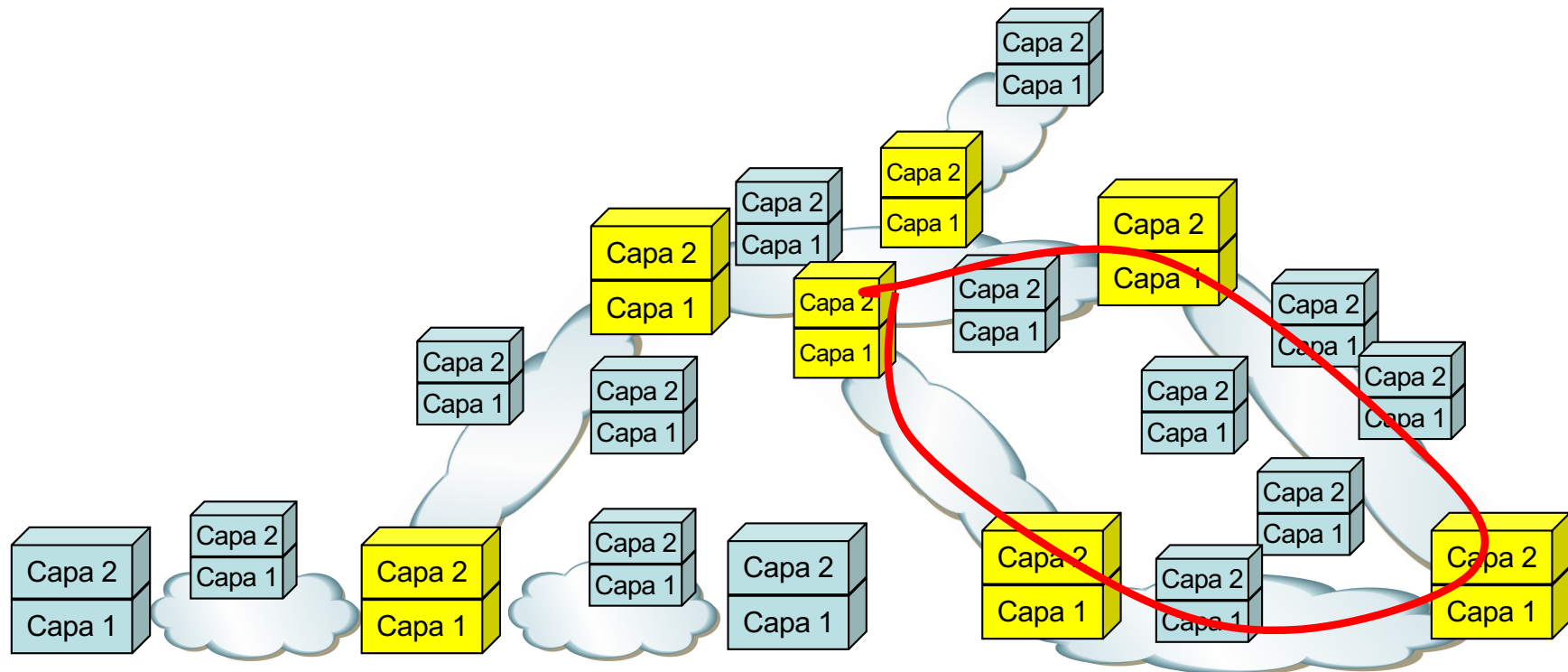


- Podéis oír la historia por Radia Perlman:
 - https://youtu.be/L_zacX9DcZA
- Trabajaba en la capa 3 (en los 80s en Digital Eq. Corp.)
- Pero entonces parecía que valía con la capa 2 de Ethernet
- Muchas aplicaciones se construían sobre la capa 2
- *“...and I said: but you may wanna talk from one Ethernet to another! And they said: our customers will never wanna do that”*
- *“...my manager says to me: Radia we need to design a magic box that will sit between two Ethernets and let somebody on one talk to somebody on another. Which is of course a router, but a router only works if the end-node is doing the same layer 3 protocol as the router”*
- *“We had to invent a box that was not allowed to modify the Ethernet packet in any way”*
- Y así nació el puente Ethernet (y con él más tarde el conmutador)



Ethernet vs Layer 3

- ¿Y los bucles?
- Tendríamos problemas con un protocolo de encaminamiento como los de capa 3 pues la trama Ethernet no tiene un TTL
- Así que se diseñó (Radia, en un par de días) un protocolo para eliminar esos ciclos
- (...)



Ethernet vs Layer 3

- ¿Y los bucles?
- Tendríamos problemas con un protocolo de encaminamiento como los de capa 3 pues la trama Ethernet no tiene un TTL
- Así que se diseñó (Radia, en un par de días) un protocolo para eliminar esos ciclos
- Sí, el “*Spanning Tree Protocol*”
- Radia Perlman firma más de 100 patentes, ha recibido premios como los “Lifetime Achievement award” tanto de Usenix como del ACM SIGCOMM y está en el “Internet Hall of fame” de la ISOC

Algorhyme

*I think that I shall never see
A graph more lovely than a tree.
A tree whose crucial property
Is loop-free connectivity.
A tree that must be sure to span
So packets can reach every LAN.
First, the root must be selected.
By ID, it is elected.
Least-cost paths from root are traced.
In the tree, these paths are placed.
A mesh is made by folks like me,
Then bridges find a spanning tree.*

Radia Perlman



Historia de dos puentes

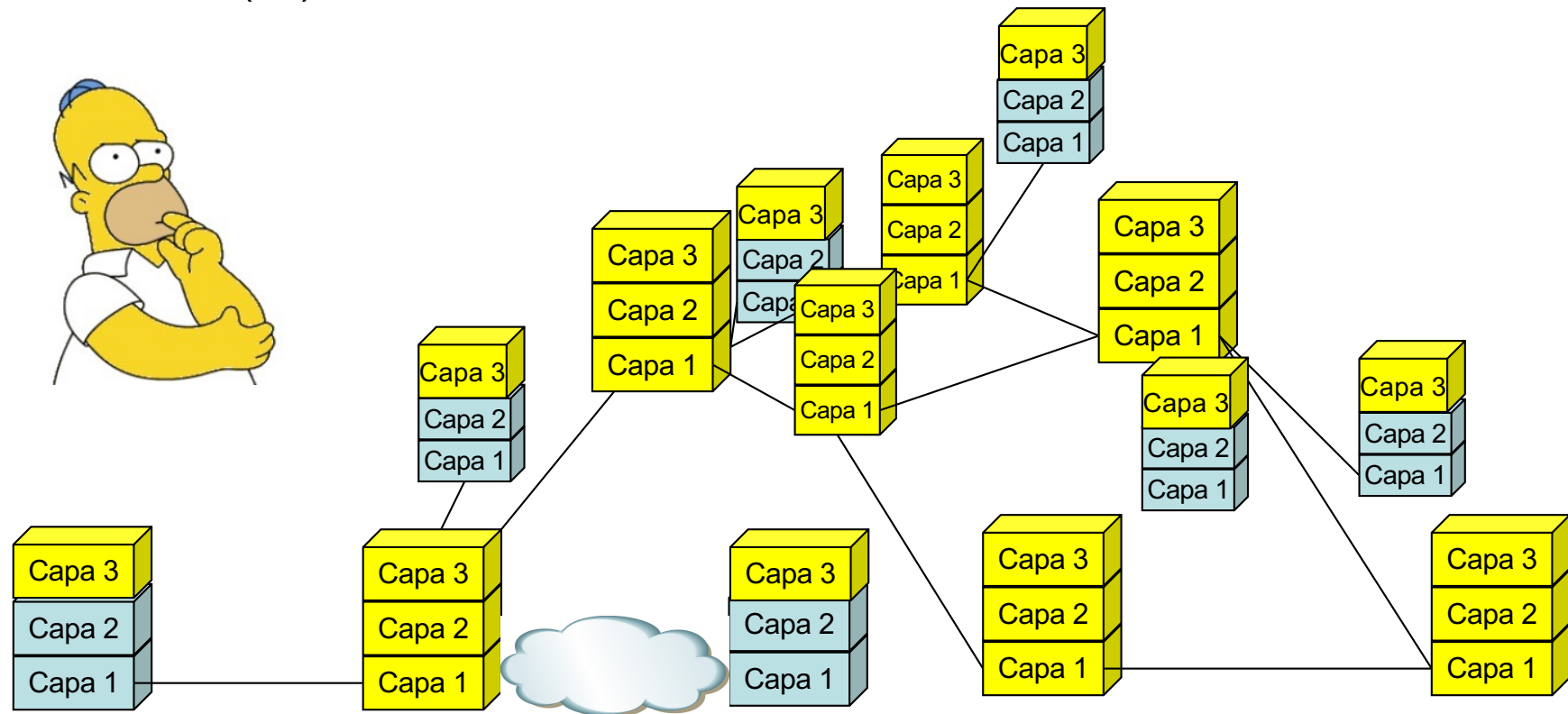


Layer 2 ↔ Layer 3



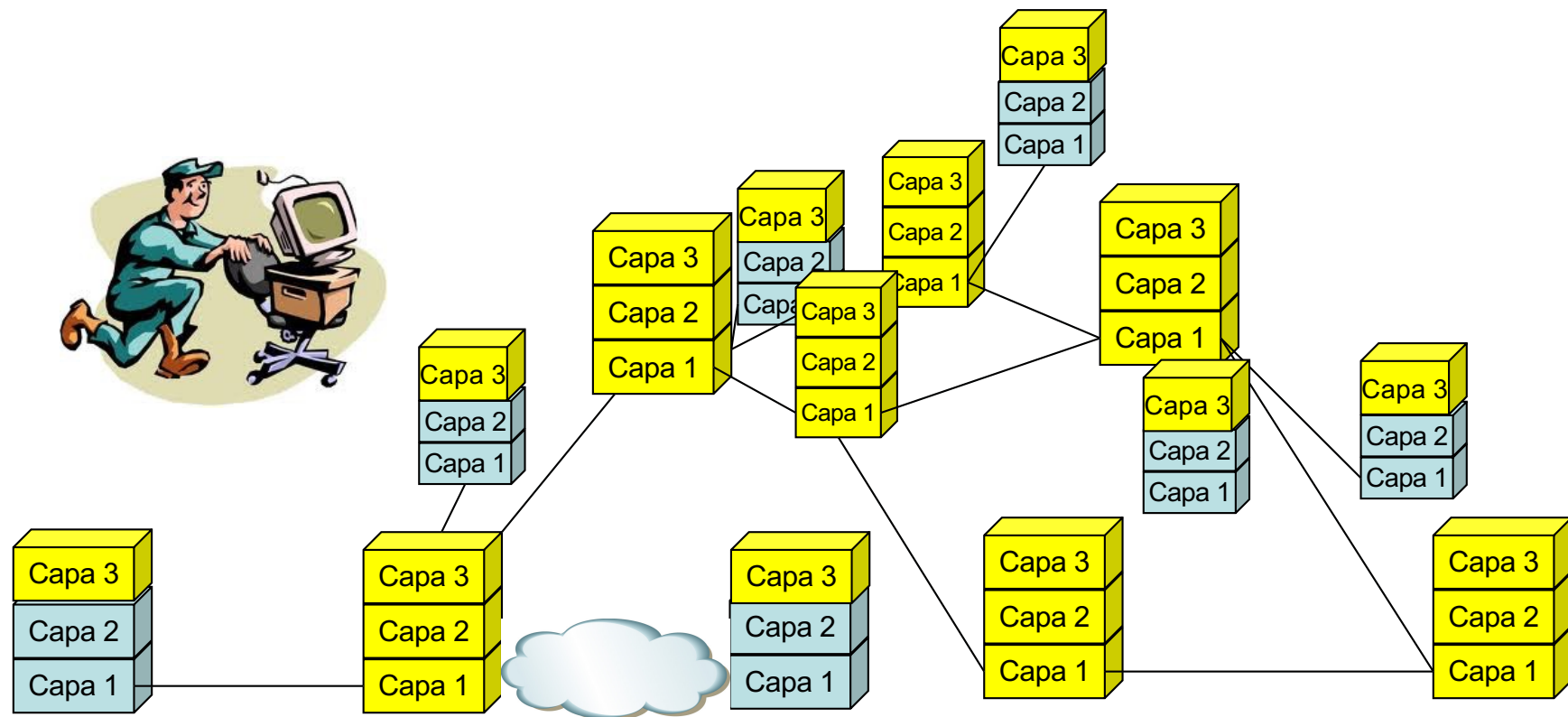
Layer 2 vs Layer 3

- ¿Quiere decir todo esto que sería mejor tener todos conmutadores en capa 3?
- Algunos enlaces serían punto-a-punto y otros serían medios compartidos (¿WiFi?)
- Es cierto que ahora sí tenemos un protocolo de capa 3 implementado en todos los hosts (IPv4)
- Mmmm (...)



Layer 2 vs Layer 3

- Hay ventajas en mantener una LAN
- Por ejemplo, el movimiento de hosts
- Con IPv4 tenemos un problema:
 - Cada enlace es una subred
 - Si un host cambia de enlace debe cambiar su dirección capa 3
 - ¿Por qué? (...)



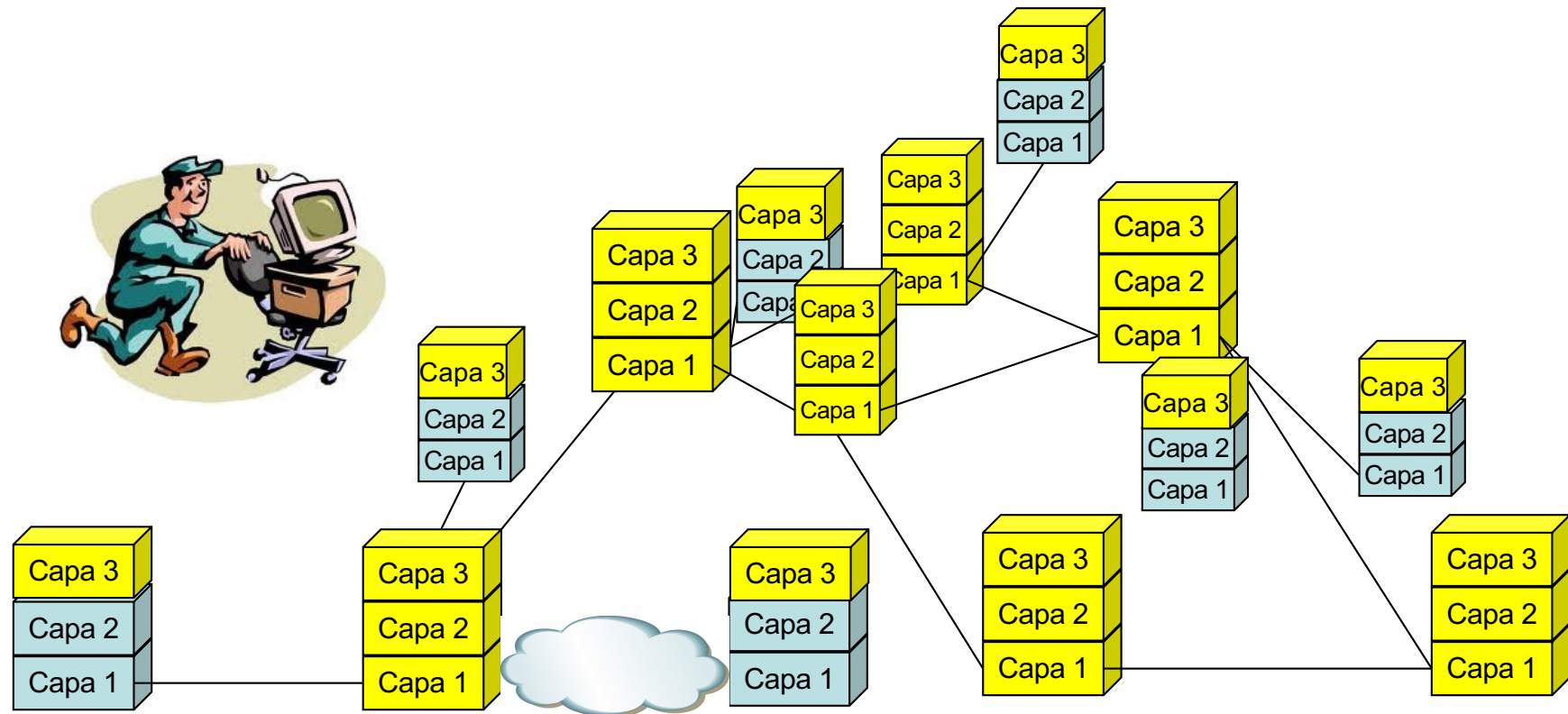
Names, IDs, Locators

- Existen diferentes tipos de “direcciones” (*addresses*)
- En el sentido de que diferentes protocolos las definen y emplean de distinta forma
- IDs
 - Identifican al nodo
 - No cambian al trasladar al nodo
 - Por ejemplo las direcciones MAC Ethernet, el número de teléfono de un móvil
- Locators
 - Identifican al nodo relativo a dónde se encuentra en la topología
 - Cambian al trasladar al nodo a otra posición en la topología
 - Por ejemplo las direcciones IP, un número de teléfono fijo
- Names
 - Puede no haber unicidad de nodo de red
 - Ejemplo: nombres DNS, nombres CIFS



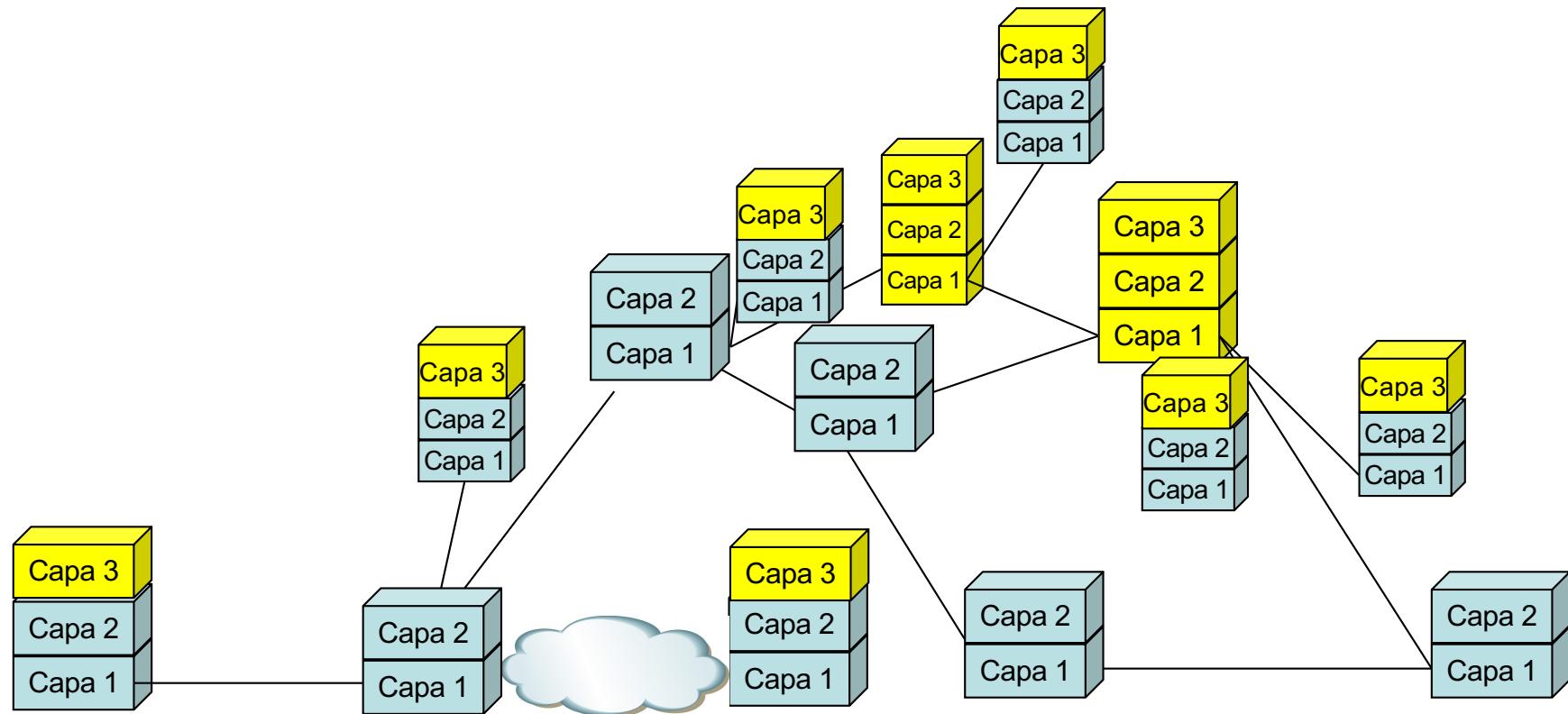
Layer 2 vs Layer 3

- Con IPv4 no podemos mover un host y mantener su dirección de capa 3 fácilmente
- ¿Pero queremos mover hosts frecuentemente?
 - Veremos que movemos máquinas virtuales
 - Para que mantengan la dirección IP tienen que seguir en la misma subred IP, es decir en la misma LAN (VLAN)



Layer 2 vs Layer 3

- Entonces tenemos que mantener ciertos dominios capa 2
- Pero dentro del dominio capa 2 Ethernet tendremos STP y eso nos deshabilita enlaces
- Veremos soluciones para mejorar la LAN Ethernet sin emplear STP

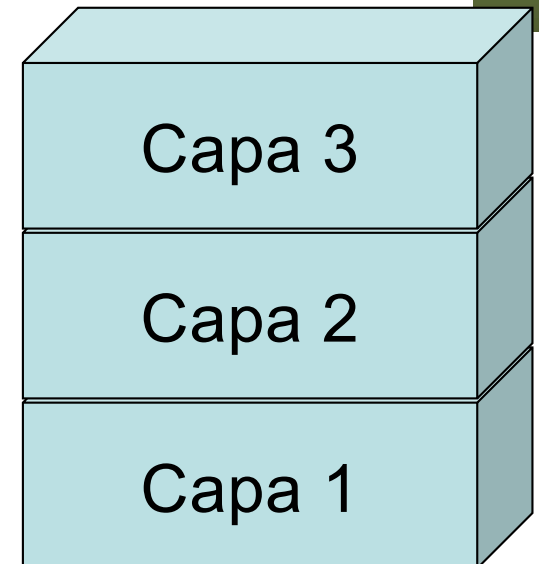


Es decir

- Ethernet era para un medio compartido, pero ahora tenemos conmutadores con enlaces punto-a-punto a cada host
- Ethernet empleaba CSMA/CD, pero eso ya no hace falta por el full-duplex
- Los conmutadores Ethernet intentan hacer el trabajo de un equipo que conmute en capa 3
- Pero no había un protocolo de capa 3 así que tenía que hacerlo sin él y sin modificar la trama
- Esto llevó al funcionamiento del *learning bridge* que conocemos y al *Spanning Tree Protocol*
- ¿ Ethernet es capa 2 ?

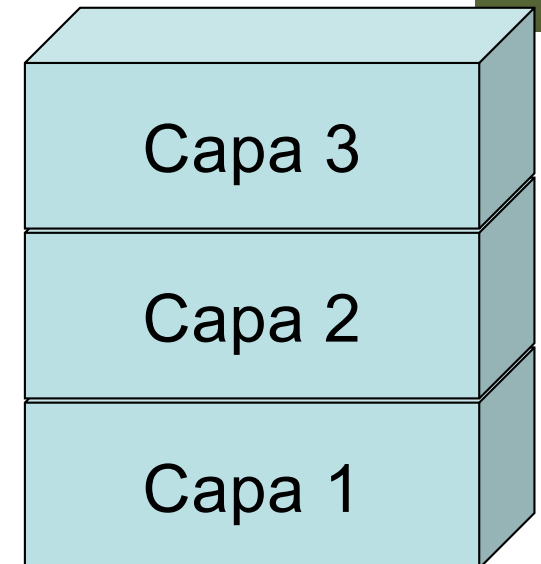
¿ Ethernet es capa 2 ?

- Originalmente sí, y seguimos llamándolo así
- ¡ No le digáis a nadie que no lo sea !
- Pero que entendáis que lo que hace se sale de lo que sería capa 2 (veremos más adelante los cambios que le hemos hecho en los últimos años)
- ¿ Es capa 2 porque lleva dentro IP que es capa 3 ?
- ¿ Es capa 2 porque por debajo está un nivel físico ?



¿ Ethernet es capa 2 ?

- ¿ Es capa 2 porque lleva dentro IP que es capa 3 ?
 - ¿ IP es capa 3 ? No me hagáis hablar...
- ¿ Es capa 2 porque por debajo está un nivel físico ?
 - Podemos transportar Ethernet sobre MPLS
 - MPLS pueden ser simples paquetes IP

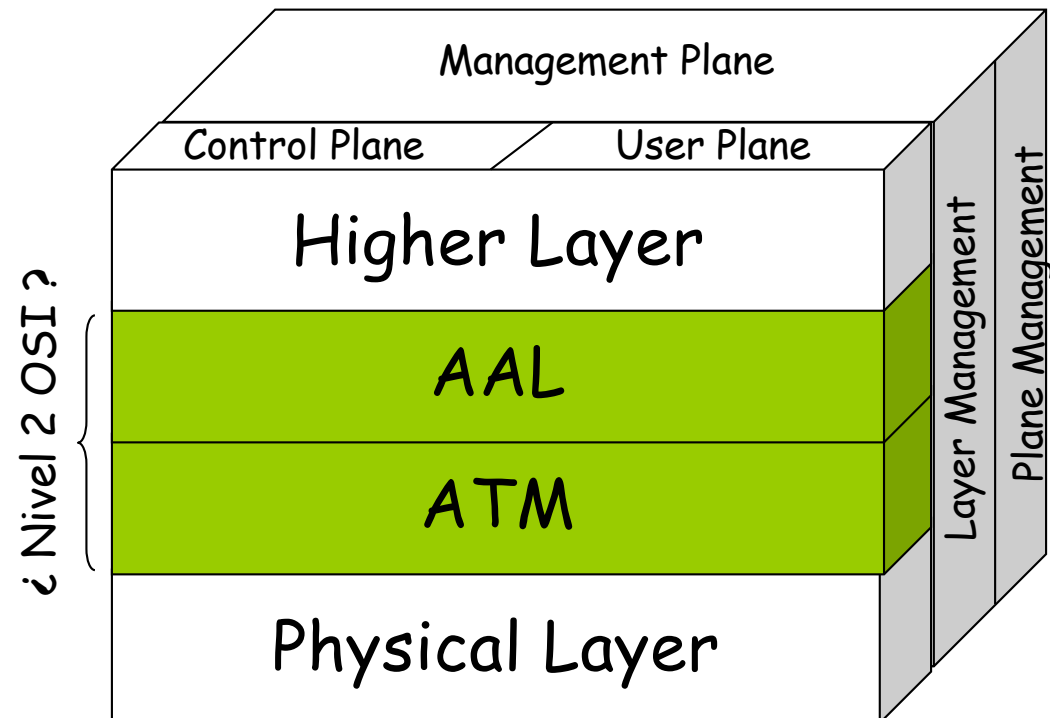


¿ Ethernet es capa 2 ?

- Vale, pero no hay más casos...

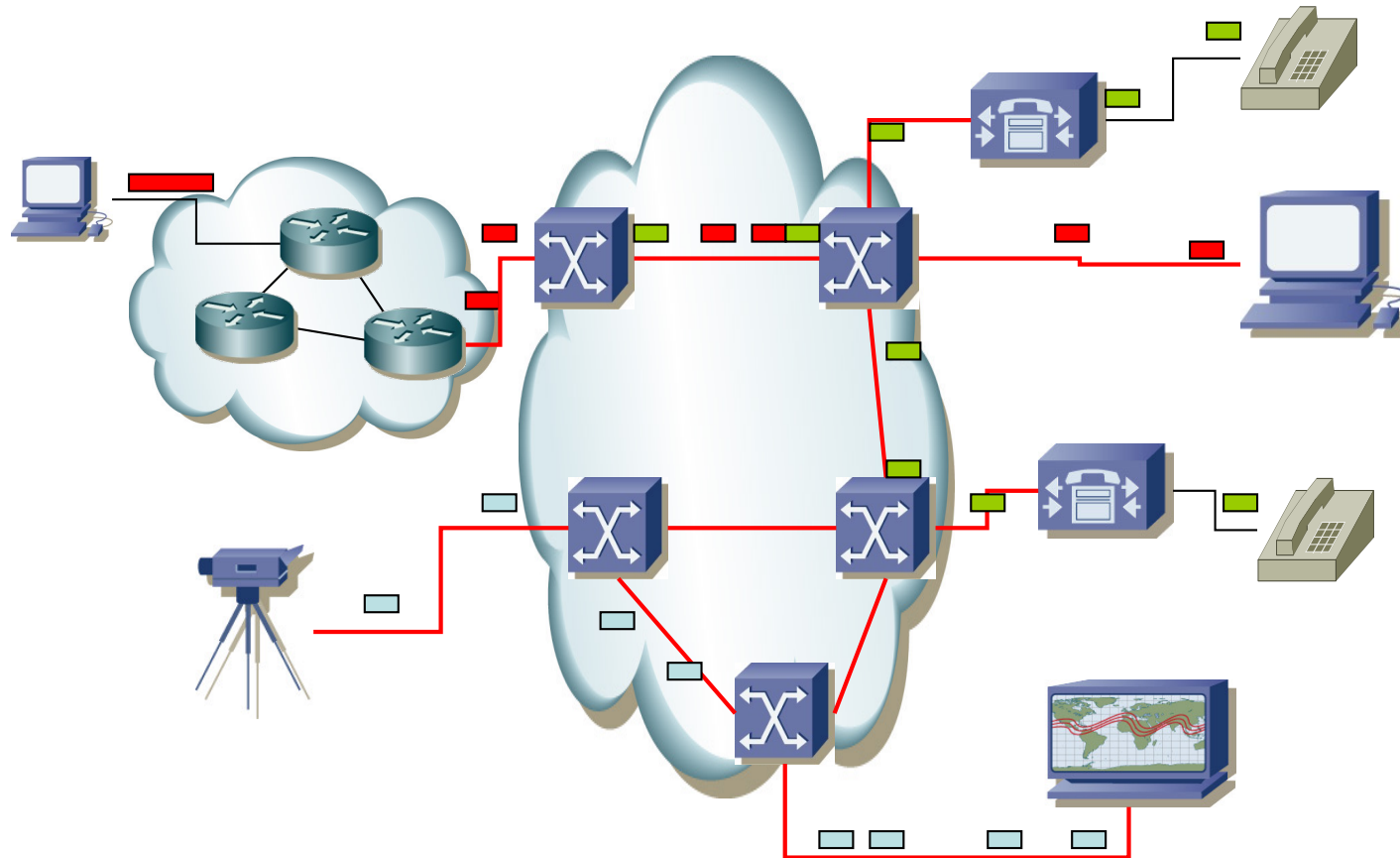
¿ ATM de qué capa es ?

- Tiene su propia arquitectura
- Nivel ATM se representa sobre nivel físico así que es capa 2, claro...



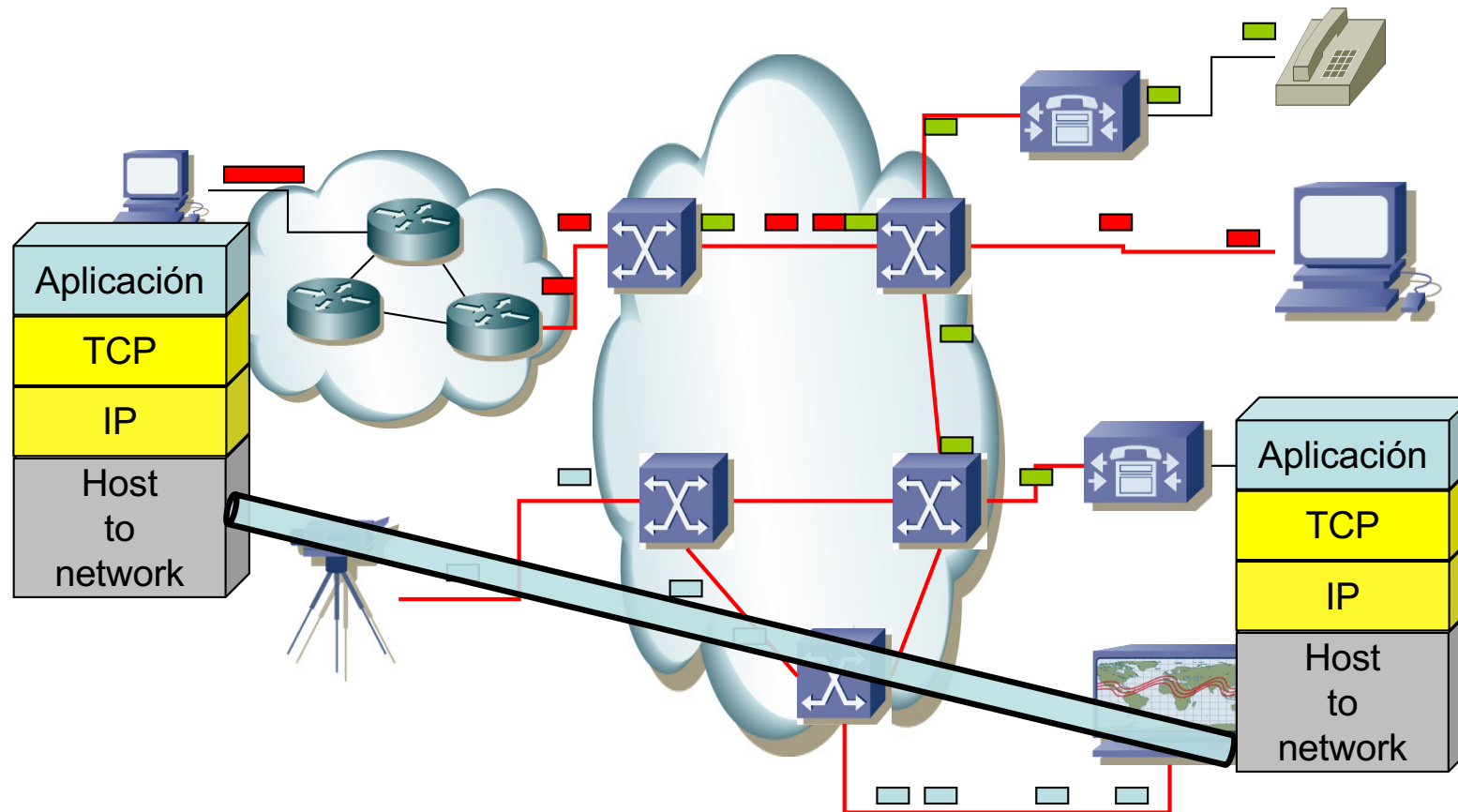
¿ ATM de qué capa es ?

- Tenemos conmutación
- Hay circuitos virtuales
- Hay protocolo de encaminamiento dinámico
- Esto parecen funciones de una capa 3



¿ ATM de qué capa es ?

- Pero si lo empleamos para establecer circuitos punto a punto
- Y transportar IP sobre ellos
- Para IP parece una capa 2 en un enlace punto a punto
- Da las funciones del nivel de acceso del host a la red





Layer 2 ↔ Layer 3



Resumiendo

- ¿ Ha quedado claro ?
- Si la respuesta es que sí entonces algo ha ido mal



TCP/IP y Ethernet