



Bloque V: El nivel de enlace

Tema 11: TCP/IP y el nivel de enlace





Índice

- Bloque V: El nivel de enlace
 - Tema 11: TCP/IP y el nivel de enlace
 - Introducción
 - Direcciones MAC
 - ARP
 - Formato
 - Ejemplo
 - Caché
- **Lecturas recomendadas:**
 - Capítulo 5, secciones 5.1 y 5.4 de “Redes de Computadores: Un enfoque descendente”. James F. Kurose, Keith W. Ross. Addison Wesley.
 - Capítulo 4 de “TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols”, W. Richard Stevens, Addison Wesley.



Introducción

- TCP/IP es una arquitectura de red que define los niveles de red, transporte y aplicación, pero opera sobre el nivel de enlace (y físico).
- IP ofrece un servicio best-effort → No tiene “grandes” exigencias para el nivel de enlace: no necesita garantizar retardos mínimos, mantener el orden, la entrega de los paquetes, ...
- TCP/IP puede operar con muchas tecnologías del nivel de enlace, sólo tienen que ser capaces de: (1) enviar y recibir datagramas IP y (2) enviar y recibir peticiones y respuestas ARP.
- Tecnologías del nivel de enlace:
 - Punto a punto: dos dispositivos directamente conectados a través de un medio dedicado.
 - Broadcast o difusión: múltiples dispositivos conectados mediante un medio compartido.
- Notación:
 - Hosts y routers = nodos.
 - Enlace: canal de comunicación.
 - Tramas (o frames): unidad de datos intercambiada.



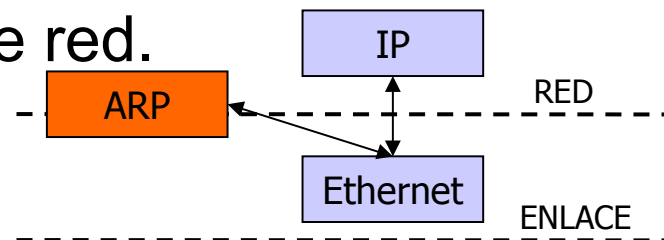
Direcciones MAC

- En Internet, cada host tiene una dirección lógica IP.
- En las redes físicas, cada host tiene una dirección hardware, física o MAC.
- En la mayoría de redes LAN, una dirección MAC son 48 bits. Por ejemplo, 1A:23:F9:CD:06:9B.
 - Primeros 24 bits: Organizationally Unique Identifier (OUI)
 - Últimos 24 bits: asignados por el fabricante
- La dirección de una tarjeta de red es única a nivel mundial.
- Al transmitir una trama, se indica la dirección MAC de destino. En una red de broadcast:
 - Todos los nodos reciben la trama.
 - La interfaz comprueba si la dirección de destino coincide con la suya → Se envía al nivel de red.
 - Si no, se descarta.
- Dirección MAC de **broadcast**: FF:FF:FF:FF:FF:FF



ARP

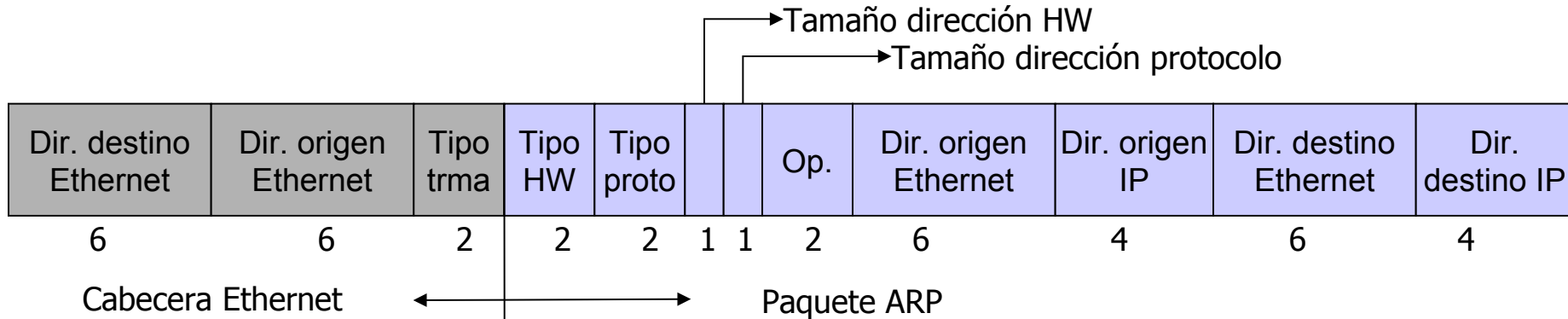
- ¿Cómo se convierte/mapea una dirección lógica en una dirección MAC? Es decir, ¿cómo se convierte una dirección IP de 32 bits en una dirección Ethernet de 48 bits?
- ARP proporciona la correspondencia entre direcciones IP y direcciones MAC:
 - ARP: Address Resolution Protocol (RFC 826)
- ARP proporciona correspondencia dinámica (no concierne al usuario ni al administrador de la red) entre direcciones IP y direcciones MAC usadas por distintas tecnologías de red.





ARP: Formato

- Formato del paquete ARP:

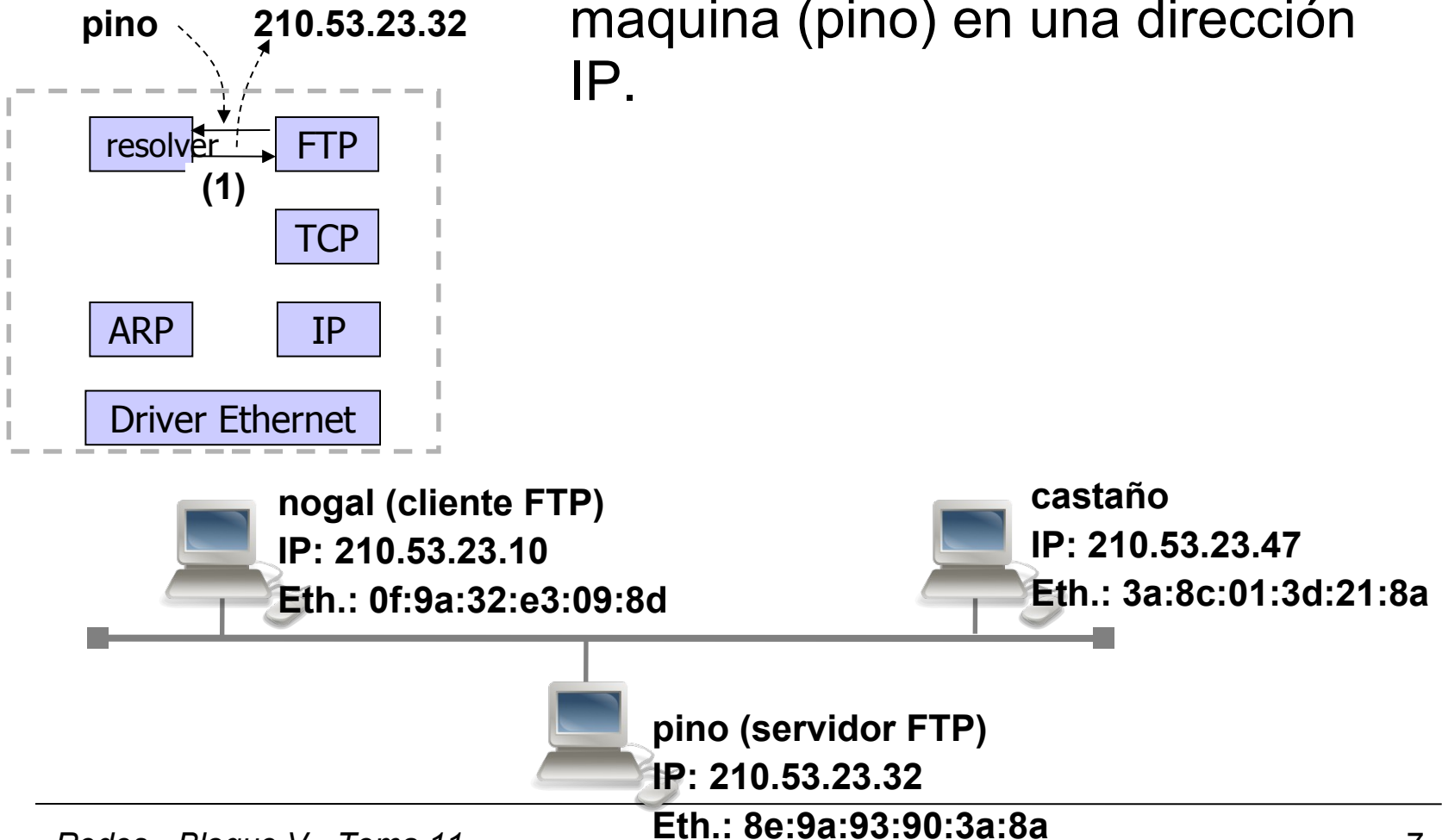


- Tipo trama: ARP (0x0806)
- Tipo de HW: Ethernet (0x0001)
- Tipo de protocolo: IP (0x0800)
- Tamaño de direcciones: Ethernet (6 bytes), IP (4 bytes)
- Op.: Especifica el tipo de operación a realizar
 - ARP request (1) / ARP reply (2)
- Direcciones Ethernet e IP de origen y destino.
 - La dirección Ethernet de origen está duplicada en el frame Ethernet, porque ya aparece en la cabecera Ethernet.
 - La dirección Ethernet de destino también se duplicará en las respuestas (en las peticiones se usa la dirección de broadcast).



ARP: Ejemplo

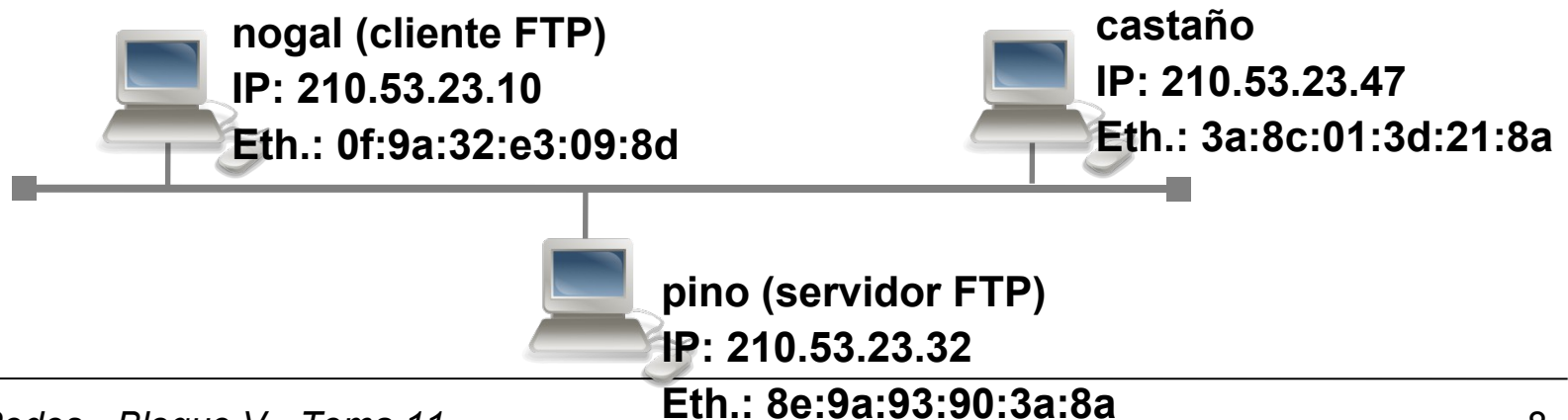
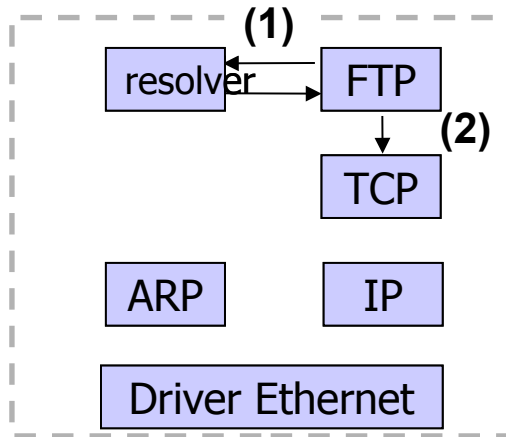
1.El cliente de ftp llama al *resolver* para convertir el nombre de la maquina (pino) en una dirección IP.





ARP: Ejemplo

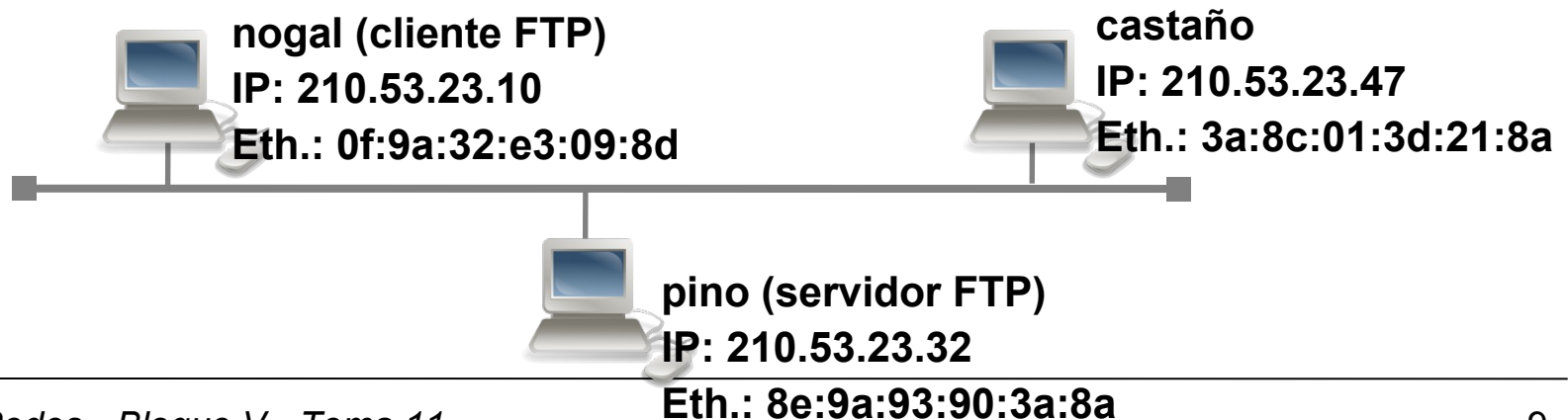
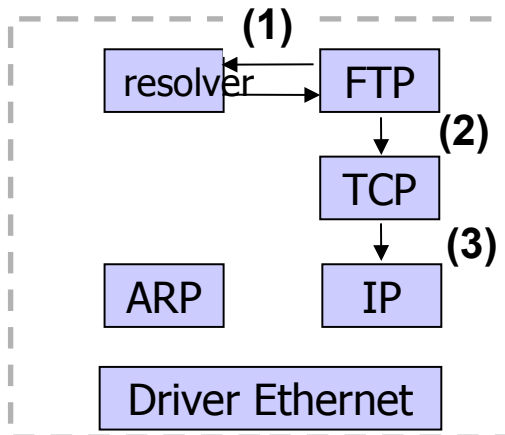
2. El cliente ftp pide a TCP que establezca una conexión con la dirección IP 210.53.23.32 al puerto 21





ARP: Ejemplo

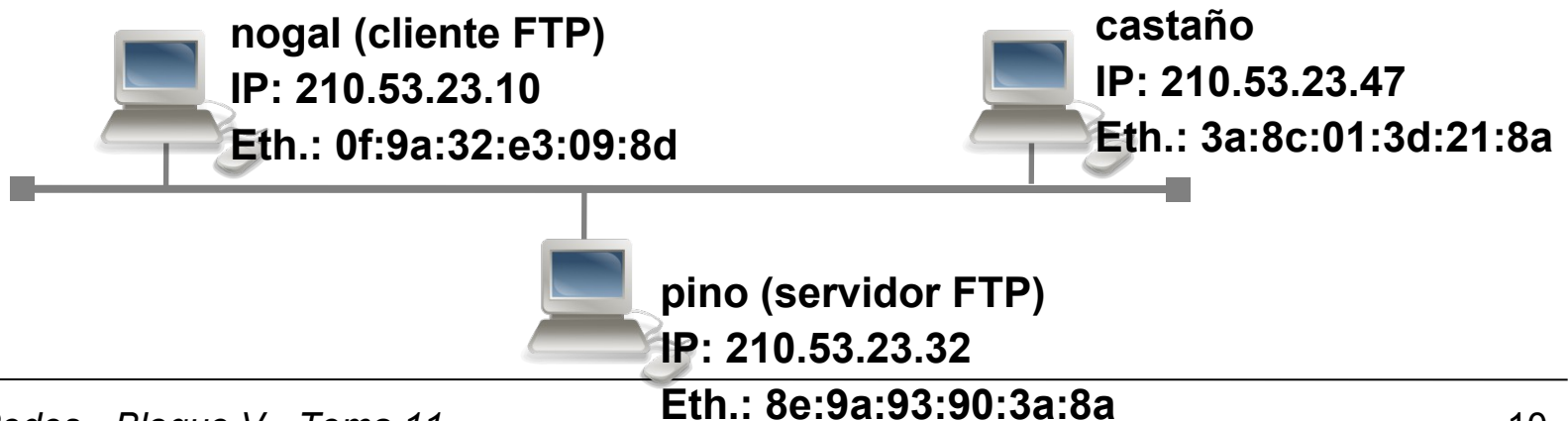
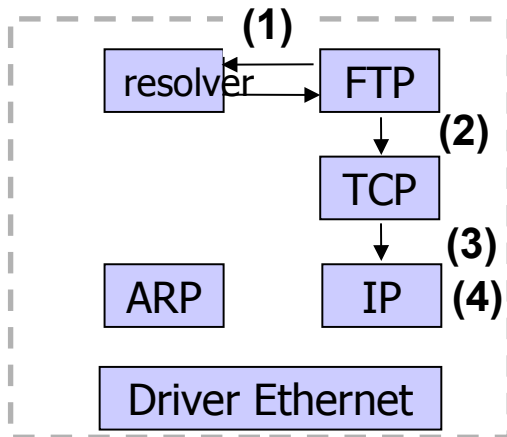
3. TCP solicita a IP el envío de un datagrama a la dirección IP 210.53.23.32





ARP: Ejemplo

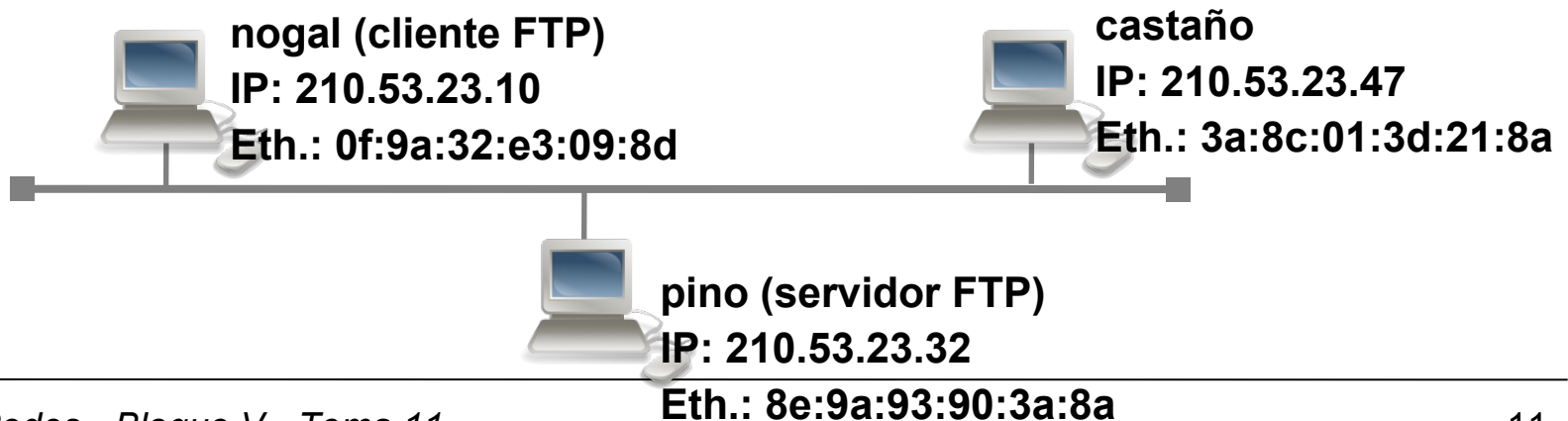
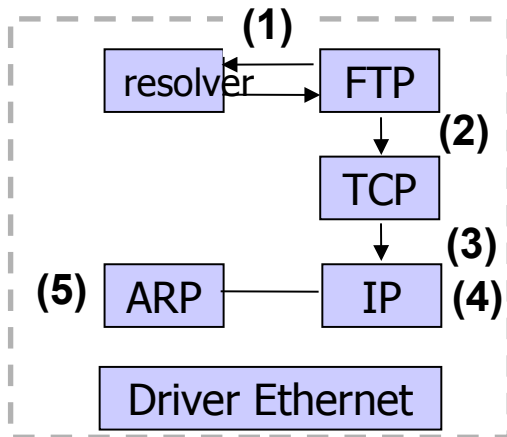
4. Enrutamiento IP: decide si el destino está directamente conectado o a través de un router
→ 210.53.23.32 directamente conectada





ARP: Ejemplo

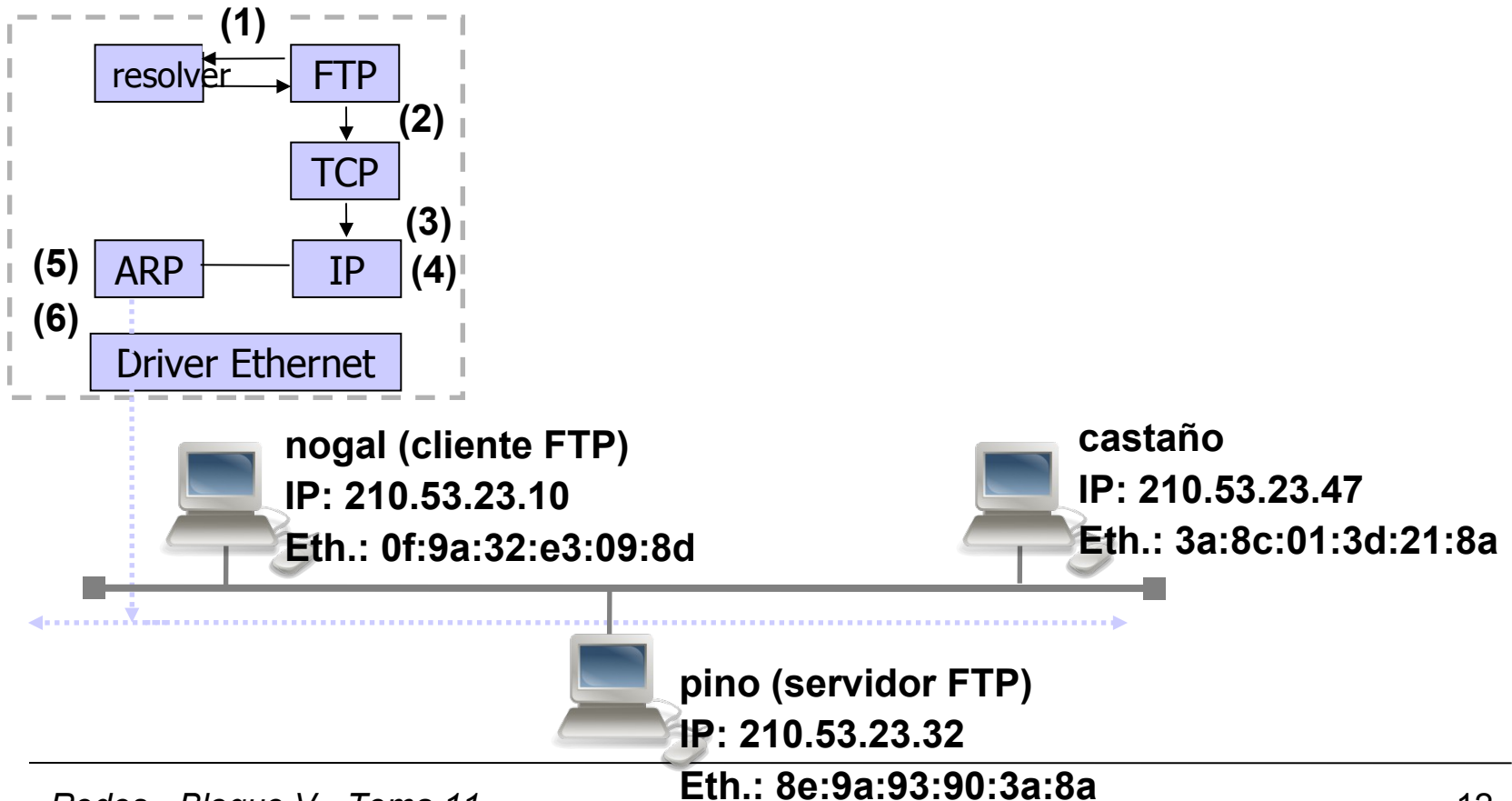
5. Es necesario convertir la dirección IP (210.53.23.32) en una dirección Ethernet → ARP





ARP: Ejemplo

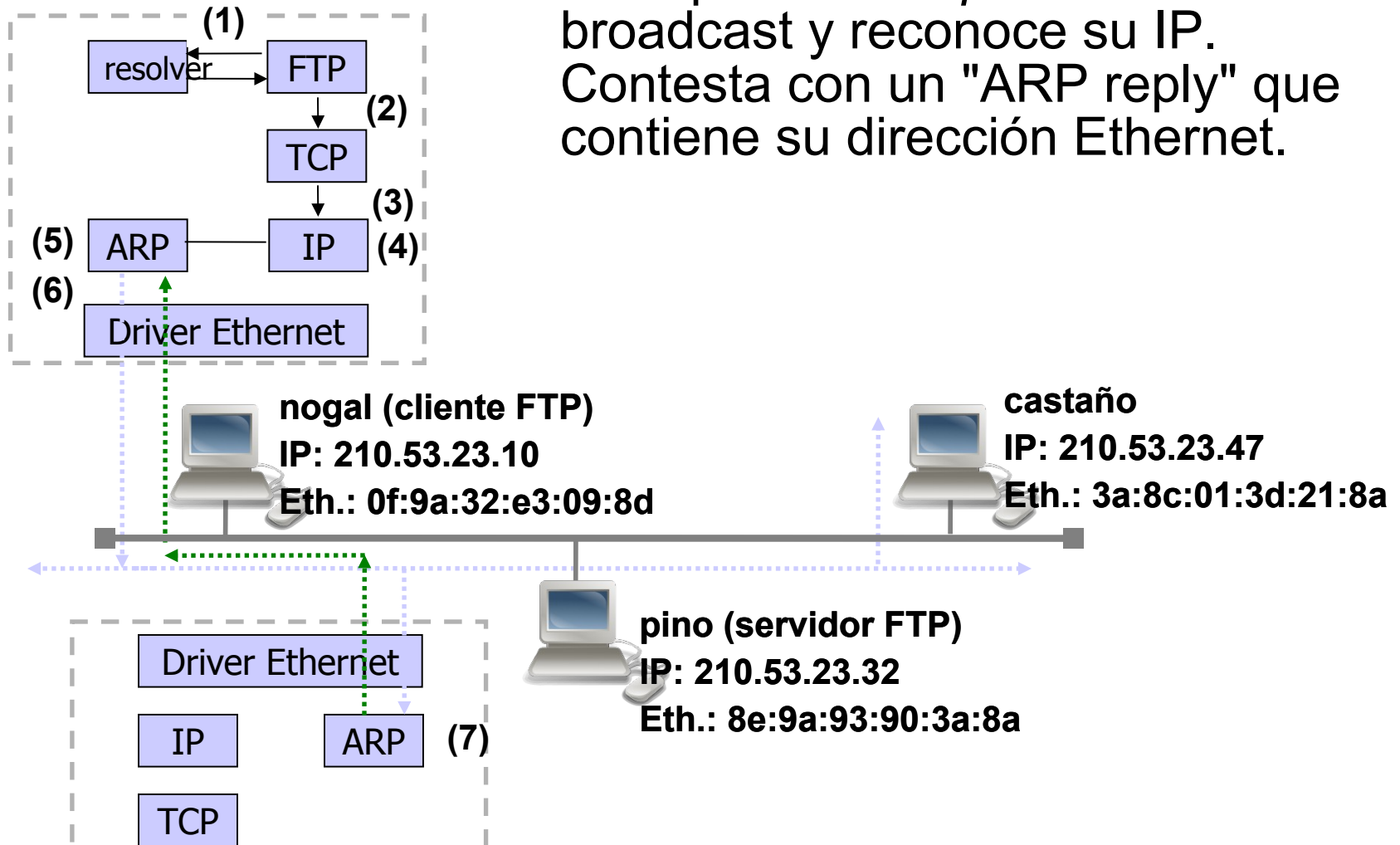
6. Envío del ARP Request a todas las máquinas de la red local (broadcast)





ARP: Ejemplo

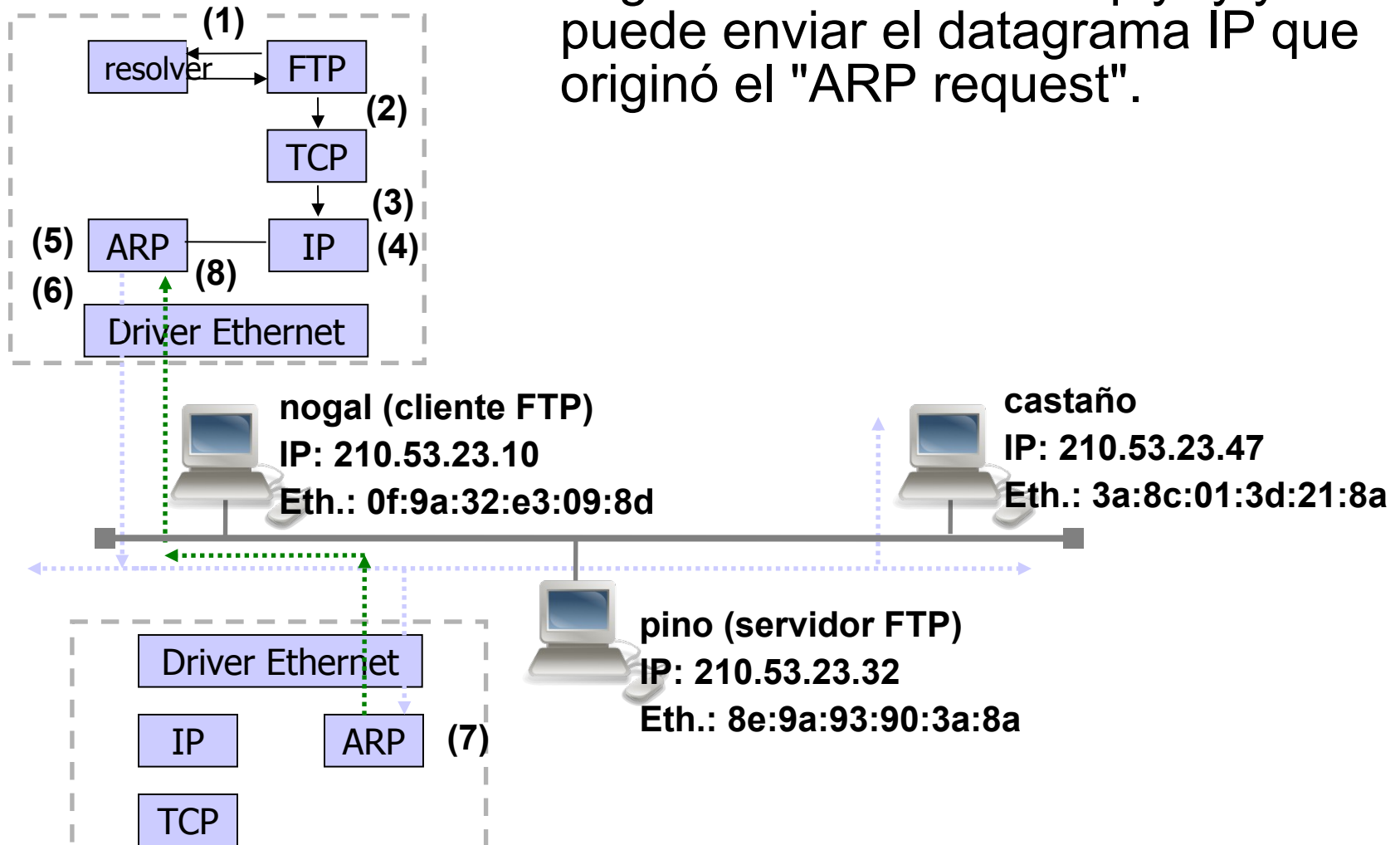
7. La capa ARP de *pino* recibe el broadcast y reconoce su IP. Contesta con un "ARP reply" que contiene su dirección Ethernet.





ARP: Ejemplo

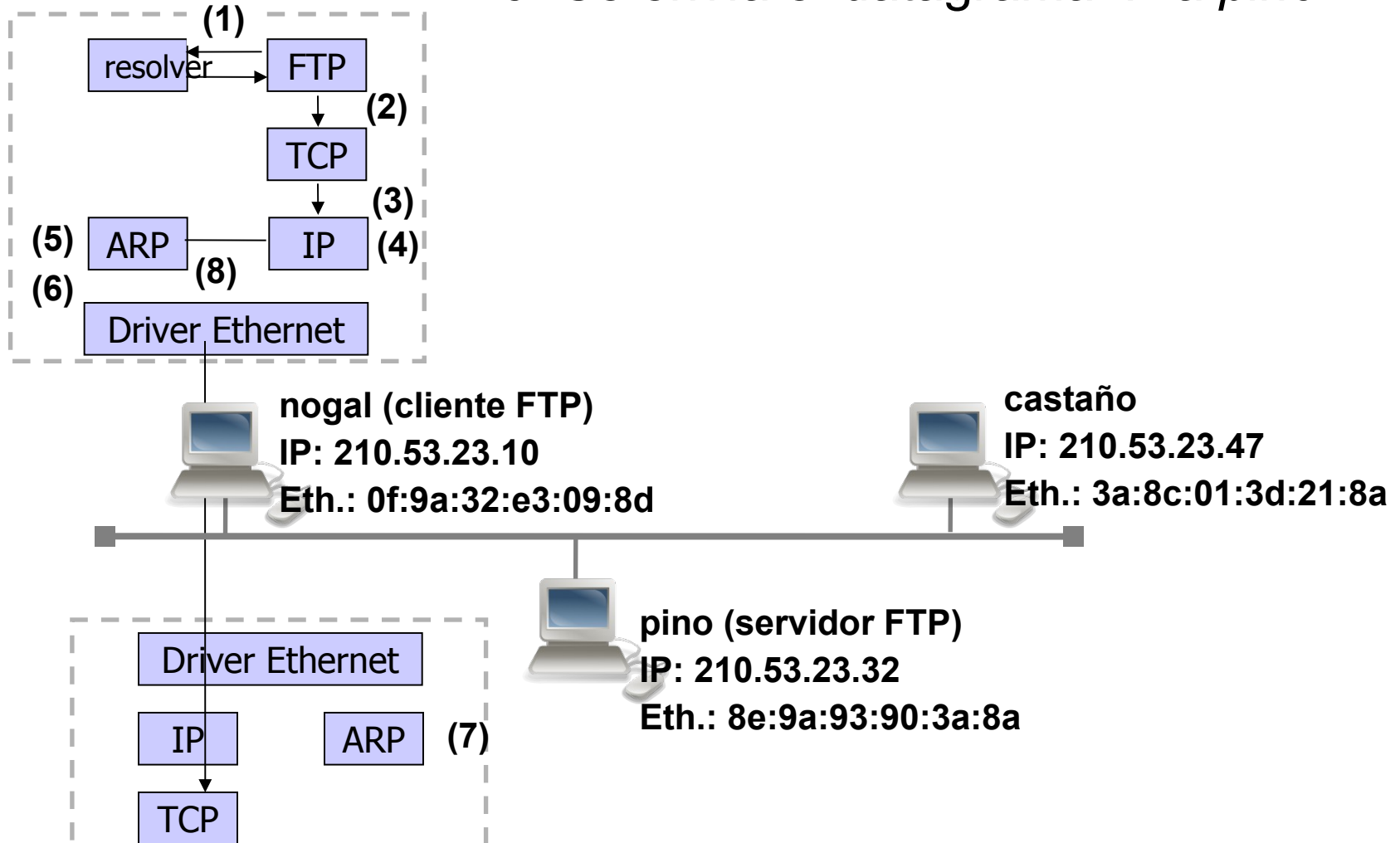
8. nogal recibe el "ARP reply" y ya puede enviar el datagrama IP que originó el "ARP request".





ARP: Ejemplo

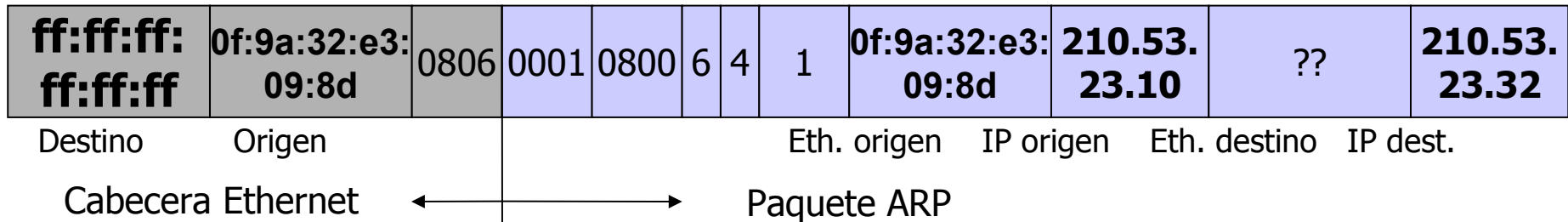
9. Se envía el datagrama IP a *pino*



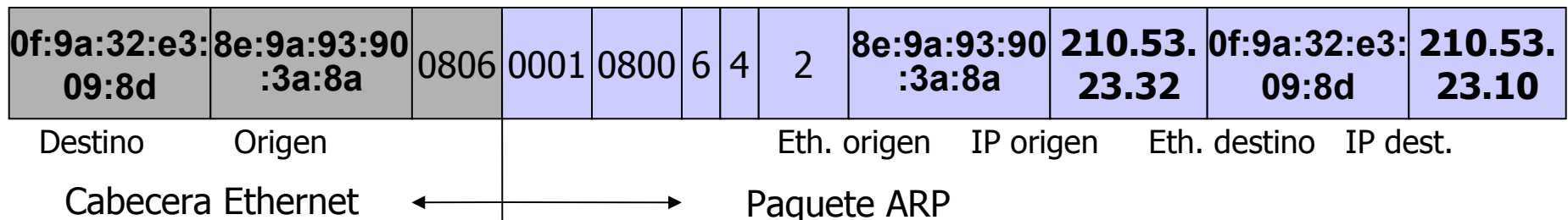


ARP: Ejemplo

- ARP Request (nogal → broadcast)



- ARP Reply (pino → nogal)





ARP: Caché

- El broadcast de los ARP Request es costoso ya que todos los receptores tienen que procesar este paquete → Cache ARP
- Mantiene las conversiones recientes entre direcciones de red y direcciones hardware.
- En un mensaje ARP Request, si la IP del emisor ya está en la cache → Se actualiza con la dirección HW del emisor.
- El tiempo normal de vida es de 20 minutos (desde que se creó la entrada).
- *arp [-a -d -s]*



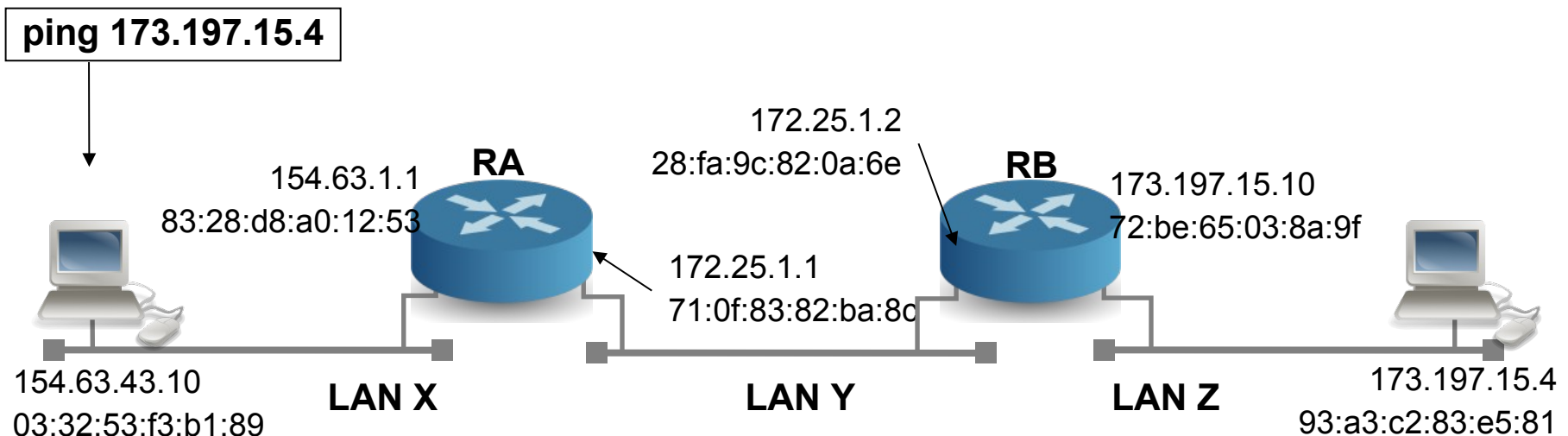
ARP gratuito y ACD

- **ARP gratuito:** un host envía un ARP Request preguntando por su propia IP.
 - Se envían al configurar una interfaz para comprobar que la IP no está siendo usada.
- Address Conflict Detection (**ACD**): RFC 5227
 - Mecanismo para detectar conflictos de IPs y actuar.
 - ARP probe: comprobar si alguien está usando una IP (sin “molestar” las cachés ARP).
 - ARP announcement: indica la intención de seleccionar una IP.



ARP: Ejercicio

- Indicar TODAS las tramas que se generan en las siguientes redes al ejecutar el comando **ping 173.197.15.4** desde la máquina 154.63.43.10
 - La máquina origen y RA acaban de reiniciarse → Cache ARP vacía
 - Indica las tramas que circulan por cada LAN (X, Y y Z)





ARP: Ejercicio

| LAN | Cabecera Enlace | | | Cabecera IP/Trama ARP | | | Mensaje |
|-----|-----------------|---------|------|-----------------------|------------|-------|---------|
| | Origen | Destino | Tipo | IP Origen | IP Destino | Prot. | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |