Módulo 04
La Capa de Red
(Pt. 2)

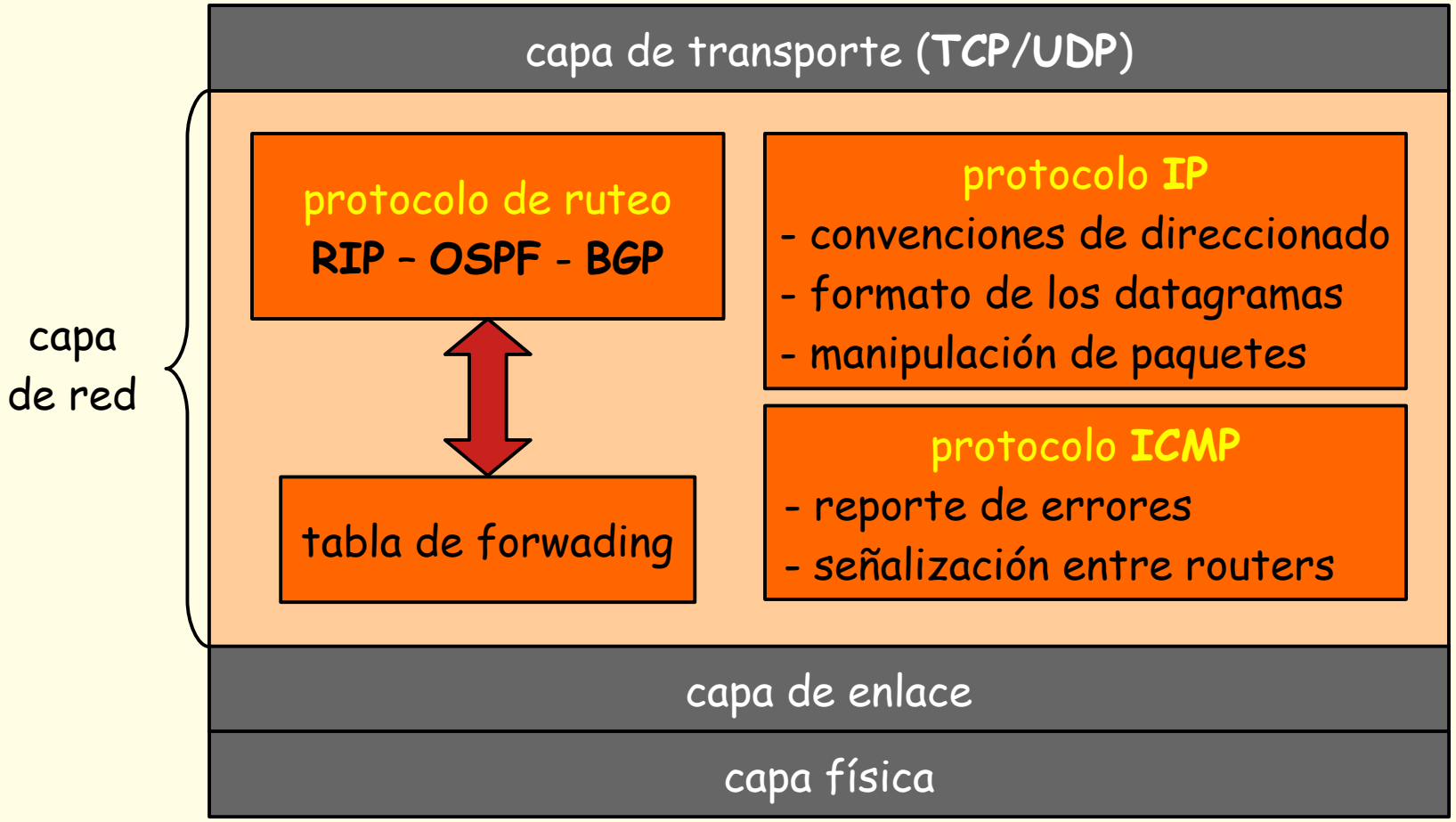
Redes de Computadoras
Depto. de Cs. e Ing. de la Comp.
Universidad Nacional del Sur

Copyright

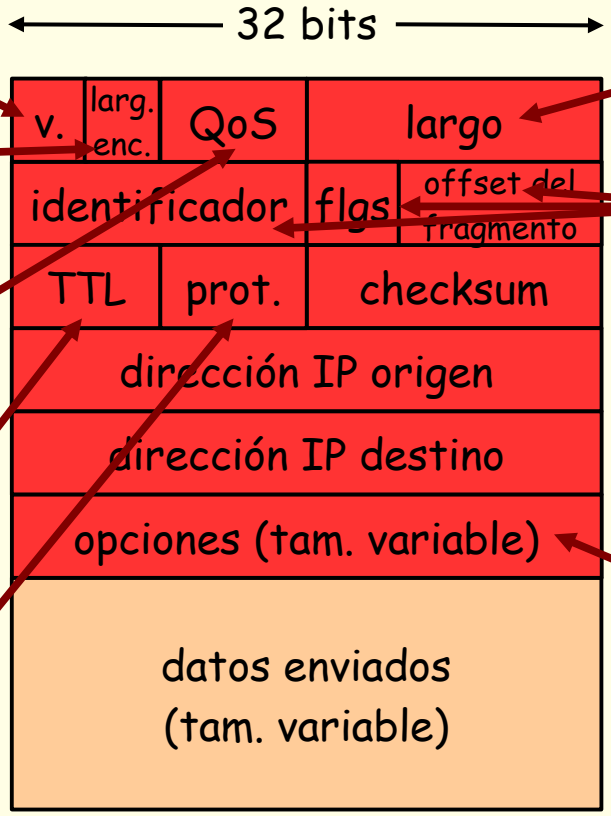
Contenidos

- Modelos de servicios de la capa de red
- Estructura interna de un router
- El protocolo **IP**
- **IPv4** vs. **IPv6**
- Protocolos de ruteo
- Ruteo jerárquico
- Ruteo en internet
- Multicast

Capa de red de internet



Formato de los datagramas



número de versión del protocolo

largo del encabezado (en múltiplos de 4)

tipo de servicio provisto (implementa **QoS**)

máx. número de routers a atravesar

protocolo de la capa de transporte

largo del datagrama (en bytes)

usados al fragmentar y rearmar datagramas

por caso, registro de la ruta tomada, estampillas de tiempo, etc.

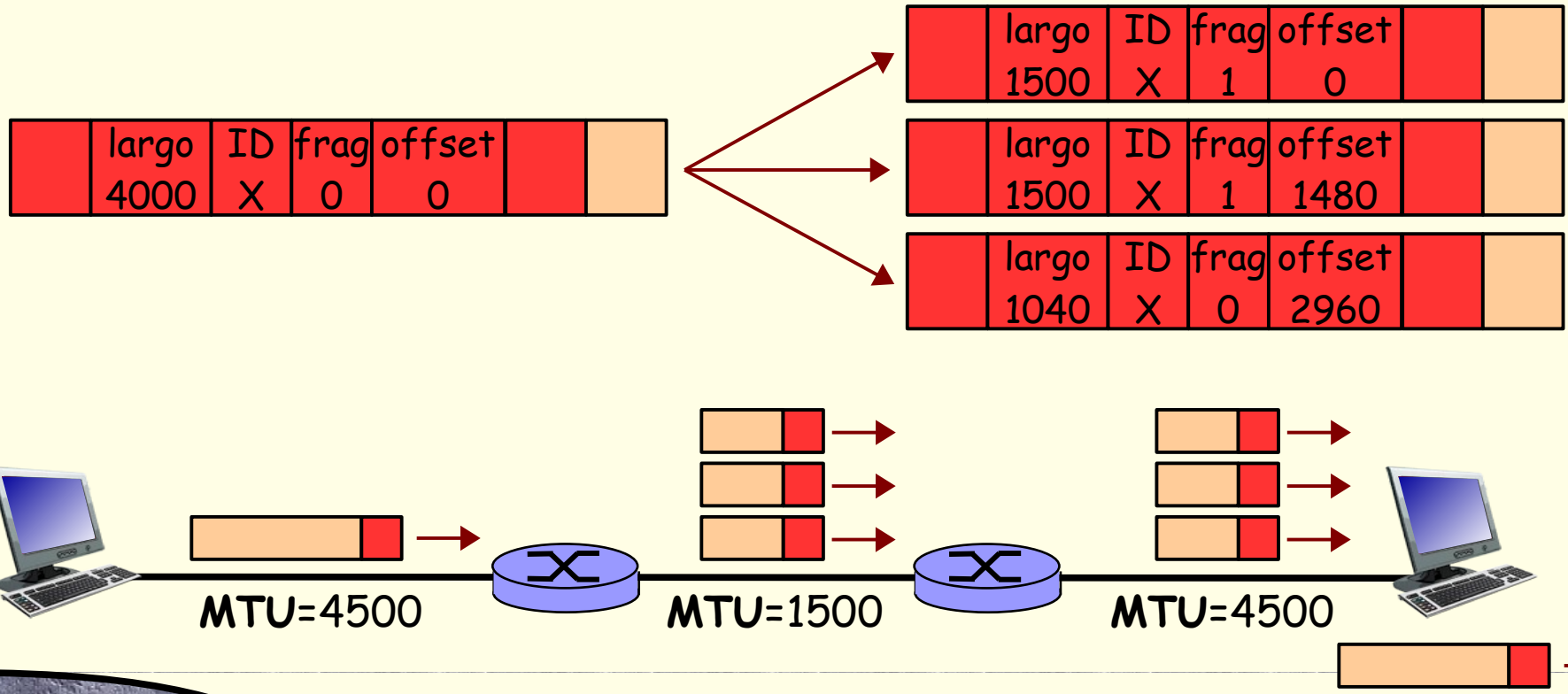
formato de un datagrama **IP**

Fragmentación de datagramas

- La capa de enlace determina el máximo tamaño de datagrama que cabe en una trama
- Cada enlace tiene asociado un dado valor de **MTU** (Maximum Transmission Unit)
- Para transmitir un datagrama de gran tamaño se lo fragmenta en múltiples datagramas de tamaño menor
  - Cada fragmento viaja a través de la red por separado
  - El datagrama original se rearma recién en el destino

Fragmentación de datagramas

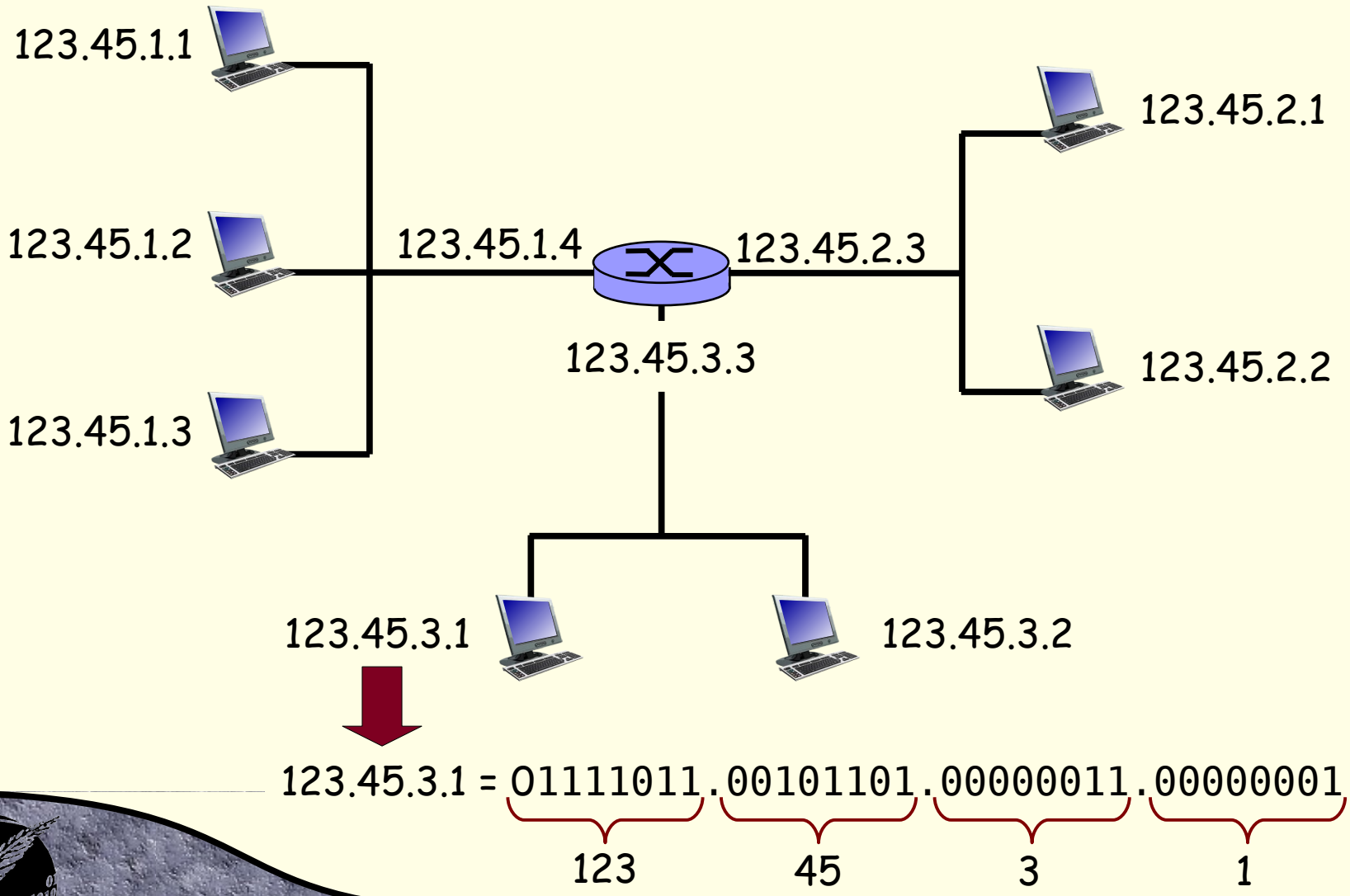
- Supongamos que se desean enviar 4000 bytes sobre un enlace con un **MTU** de 1500 bytes



Direccionado IP

- Denominaremos dirección **IP** a la secuencia de 32 bits que identifica unívocamente una interfaz de una computadora o de un router
- Denominaremos interfaz a la conexión entre una computadora o router con el enlace físico
  - Los routers típicamente tienen múltiples interfaces
  - Las computadoras usualmente tienen una única interfaz pero también pueden tener más de una
  - Cada interfaz tiene una dirección **IP** propia

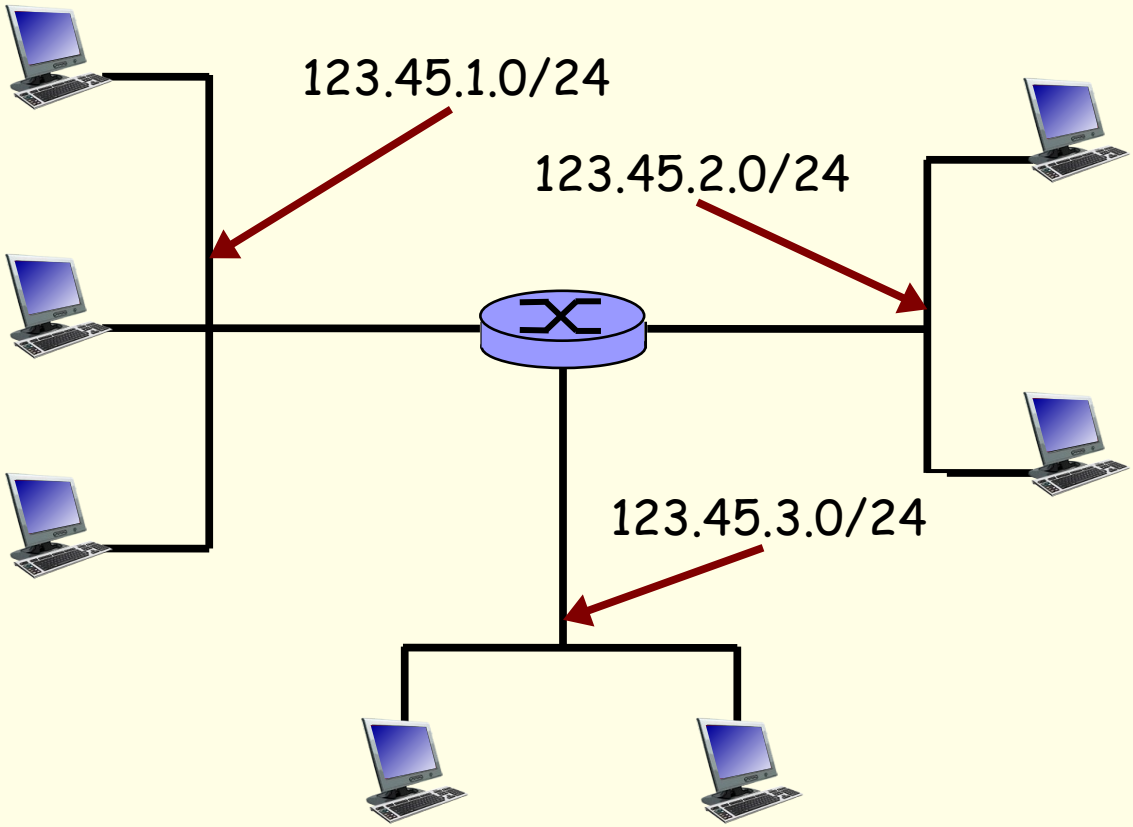
Direccionado IP



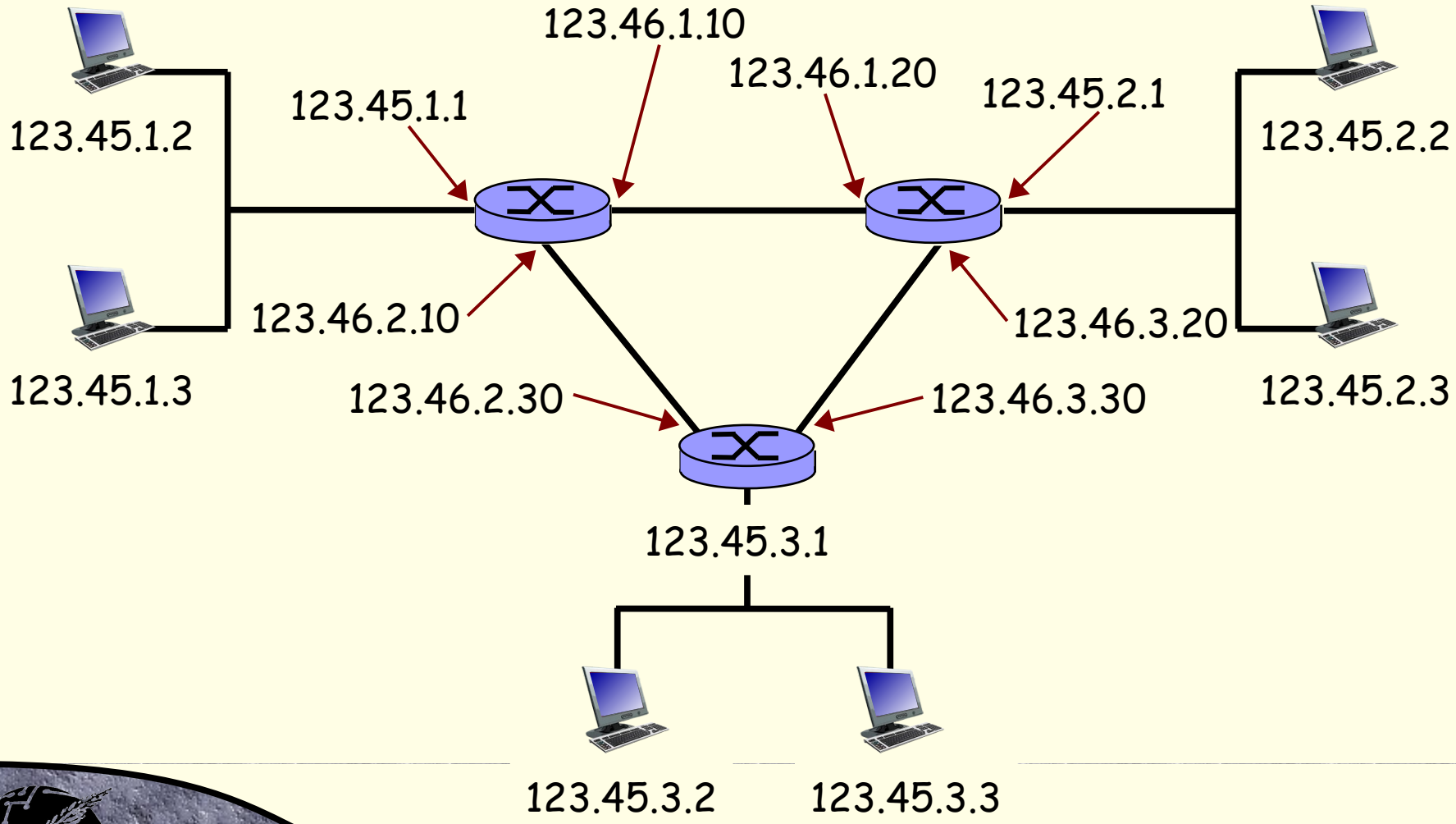
Redes y computadoras

- Toda dirección **IP** se compone de dos partes:
  - Los bits más significativos identifican la red
  - Los bits menos significativos identifican a la computadora
- Bajo este enfoque, ¿en qué consiste una red?
  - Un conjunto de interfaces que comparten el mismo identificador de red
  - Las computadoras dentro de una misma red tienen que poder accederse una a otra de forma directa

Redes y computadoras

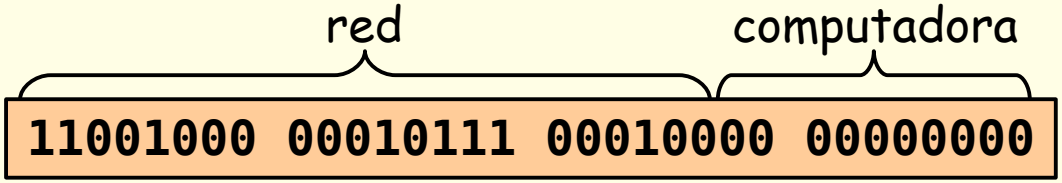


Redes y computadoras



Direccionamiento sin clases

- La clave del direccionamiento sin clases (**CIDR**) consiste en permitir una cantidad arbitraria de bits para identificar la red.

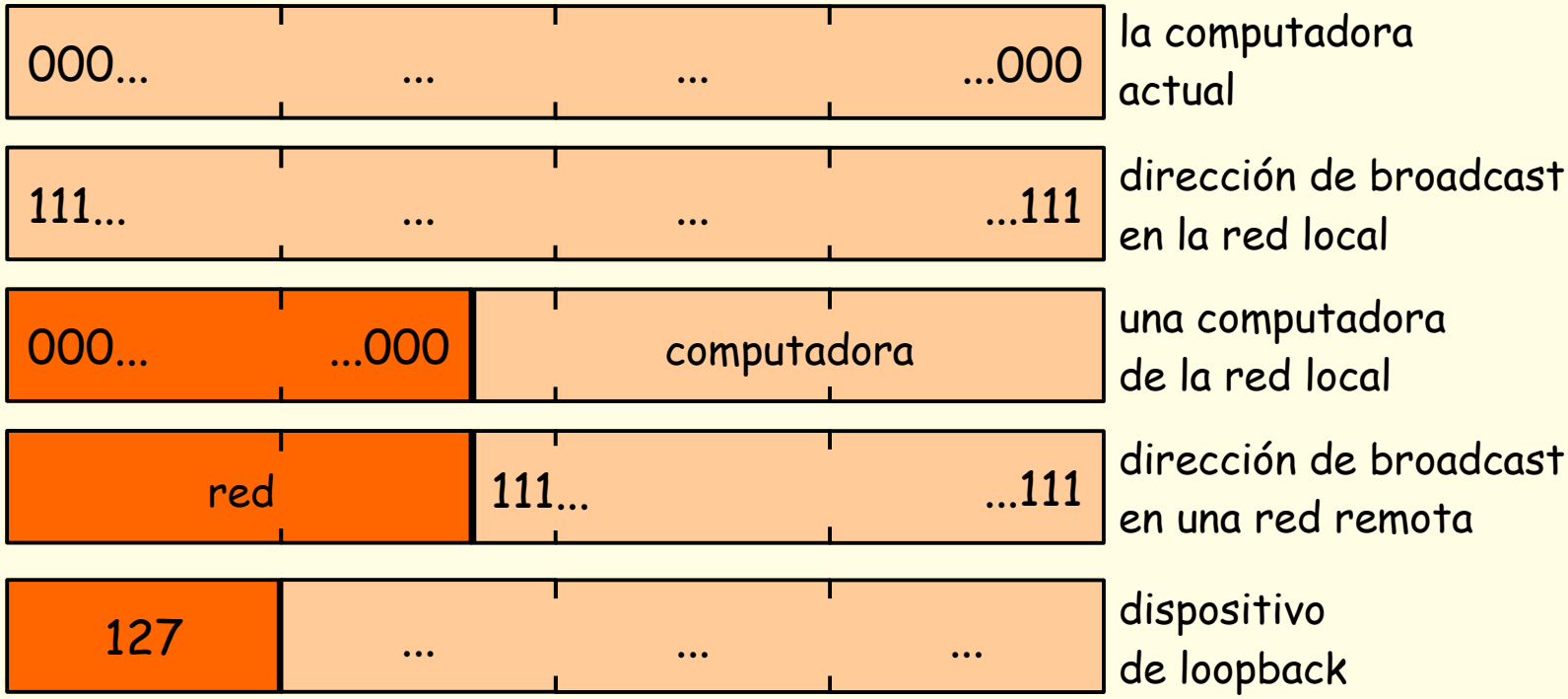


200.23.16.0/22

- La notación adoptada es **a.b.c.d/x**, donde **x** indica la cantidad de bits a ser usados para identificar la red.

IP especiales

- Algunas direcciones **IP** tienen preasignado un significado en particular:



IP privados

- La **RFC 1918** establece tres rangos de direcciones **IP** que no son ruteables
  - De **10.0.0.0** a **10.255.255.255**
  - De **172.16.0.0** a **172.31.255.255**
  - De **192.168.0.0** a **192.168.255.255**
- En otras palabras, el tráfico de estas redes jamás atravesará router alguno
  - Resulta altamente convenientes hacer uso de las mismas dentro de las redes locales

Obtención de una dirección IP

- ¿Cómo hace una computadora para asignar una dirección **IP** a cada una de sus interfaces?
- Pueden estar determinadas previamente por el administrador del sistema
  - Por caso, en Windows accediendo al panel de control o bajo **UNIX** dentro del archivo **/etc/rc.conf**
- También pueden determinarse dinámicamente cada vez que se enciende la computadora
  - Por caso, usando el protocolo **DHCP**

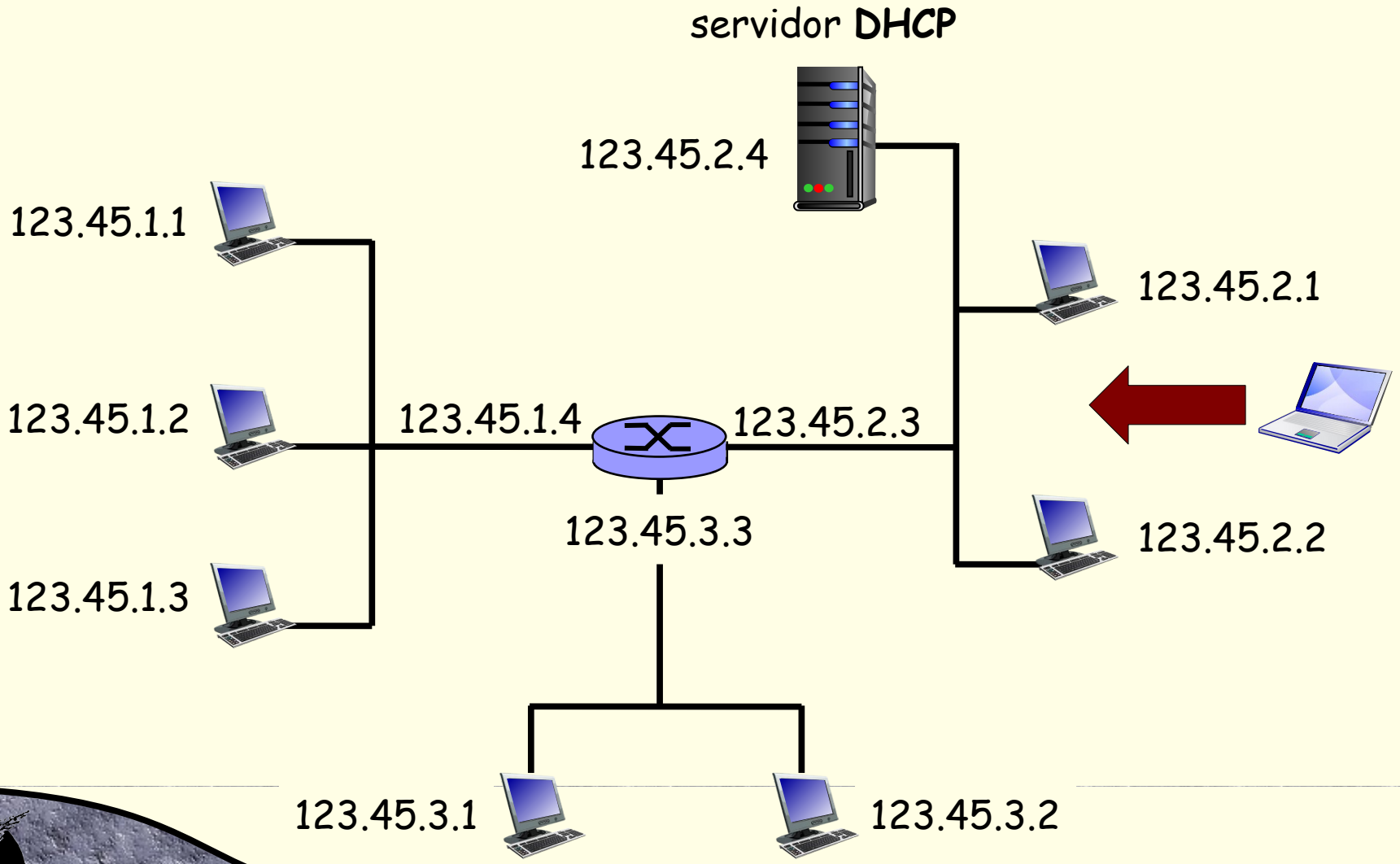
Protocolo DHCP

- El protocolo **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol) fue introducido para permitir que las computadoras reciban dinámicamente una dirección de **IP** al unirse a una cierta red
  - Se define formalmente en el **RFC 2131**
  - Un servidor centralizado lleva el registro de las direcciones **IP** “prestadas” a las computadoras
  - Permite reutilizar direcciones, ya que quedan reservadas sólo mientras estén en uso
  - También puede ser usado en computadoras móviles

Intercambio de mensajes

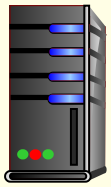
- Para obtener una dirección **IP** el cliente **DHCP** debe intercambiar los siguientes mensajes con el servidor:
  - El cliente emite un mensaje "**DHCP discovery**" con destino toda la red (broadcast)
  - El servidor **DHCP** responde al cliente con una oferta dentro de un mensaje "**DHCP offer**"
  - El cliente solicita una dirección **IP** en particular al servidor a través de un mensaje "**DHCP request**"
  - El servidor confirma la delegación de esa dirección **IP** a través de un mensaje "**DHCP ack**"

Intercambio de mensajes

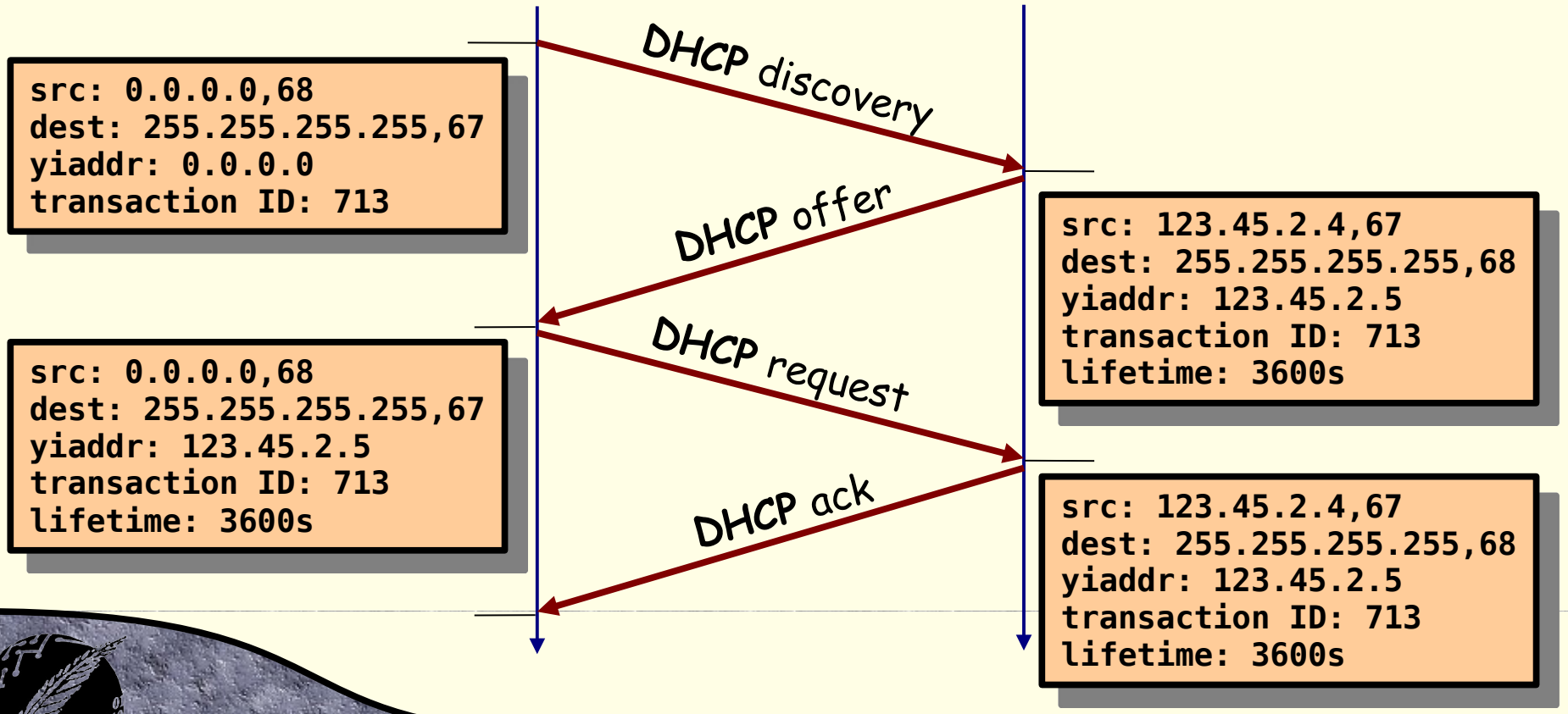


Intercambio de mensajes

cliente **DHCP**



servidor **DHCP**



Funcionalidades adicionales

- El protocolo **DHCP** puede automatizar la configuración de otros parámetros de la red, tales como:
  - Asignar la máscara **IP** actualmente en uso en la red local, la cual permite distinguir qué porción de los bits de una dirección representan la red local
  - Configurar el nombre y la dirección **IP** del servidor **DNS** por defecto en uso en la red local
  - Registrar la dirección **IP** del router local a cargo de encaminar el tráfico hacia otras redes (gateway)

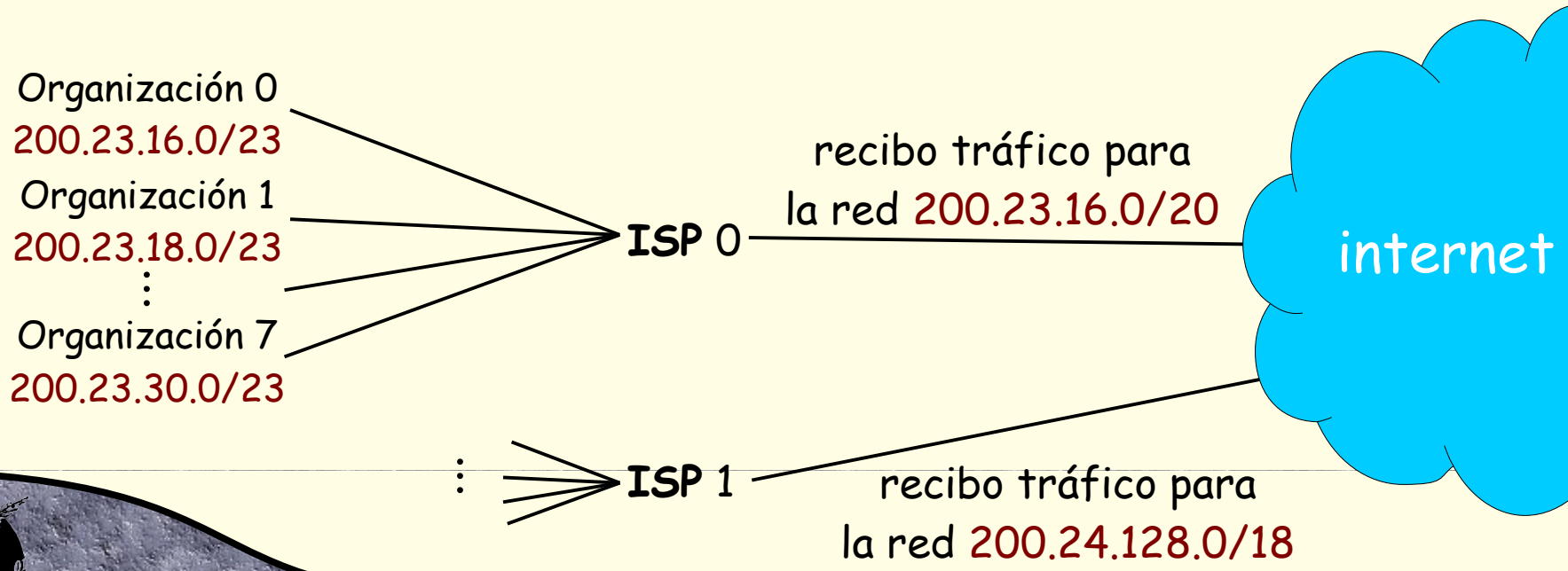
Direcciones de red

- Determinada la dirección de una computadora dentro de la red local, sólo resta determinar qué dirección de red usar para completar la misma
  - La respuesta es simple: haremos uso de una de las direcciones de red asignadas a nuestro proveedor de internet

ISP	**11001000**	**00010111**	**00010000**	**00000000**	200.23.16.0/20
Organización 0	**11001000**	**00010111**	**00010000**	**00000000**	200.23.16.0/23
Organización 1	**11001000**	**00010111**	**00010010**	**00000000**	200.23.18.0/23
...					
Organización 7	**11001000**	**00010111**	**00011110**	**00000000**	200.23.30.0/23

Agrupado de rutas

- El direccionado jerárquico permite publicitar de manera eficiente a las rutas
  - Distintas redes se pueden agrupar y publicitar como una única entidad, reduciendo el tamaño de las tablas de forwarding involucradas

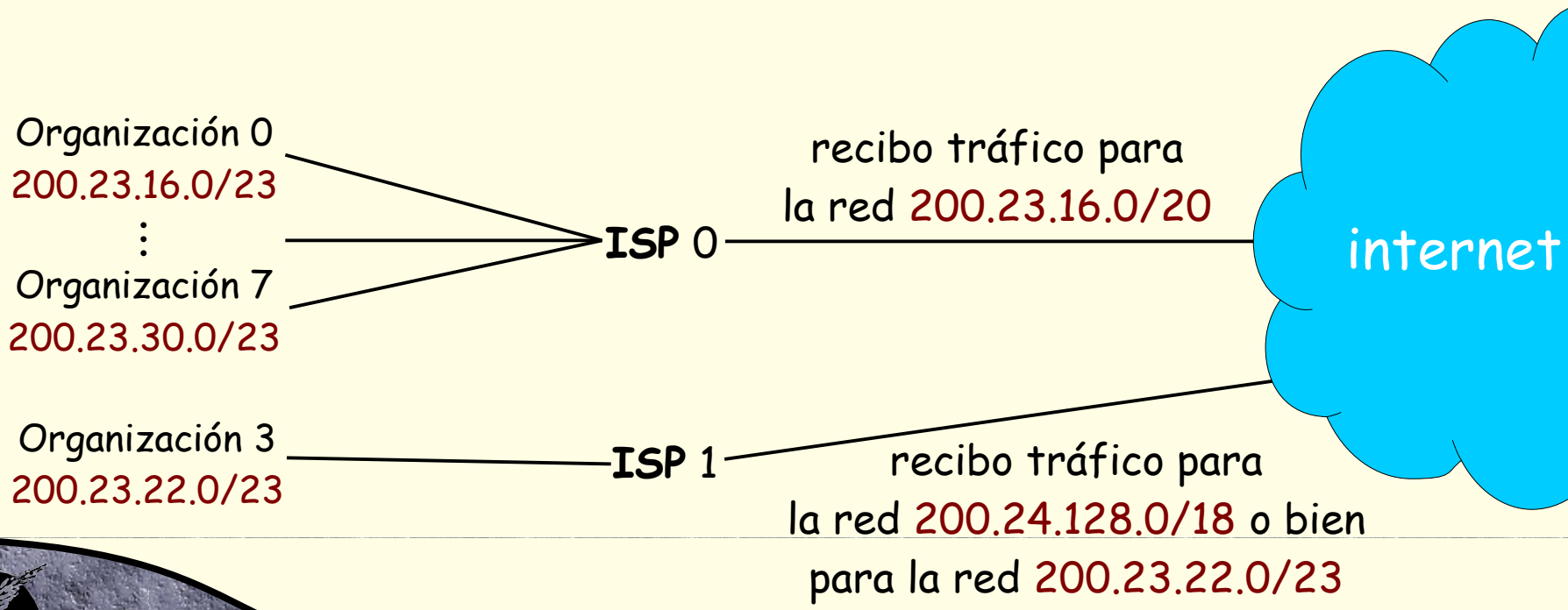


Si, otra "car analogy"

- Como no podía ser de otra forma, es posible que otra analogía usando autos nos clarifique este último concepto
- El agregado de rutas es análogo a lo que hace un **GPS** al resolver el camino que debemos usar por ejemplo para ir una dirección concreta en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires
  - Sin importar la calle y altura que indiquemos, el **GPS** siempre nos va a recomendar tomar por caso la ruta nacional nro. 3 para llegar a destino

Preferencia entre rutas

- ¿Qué sucede si múltiples **ISP** publicitan bloques de direcciones **IP** que se superponen?
  - Se adopta como criterio elegir la ruta que presente mayor nivel de concordancia a nivel de red

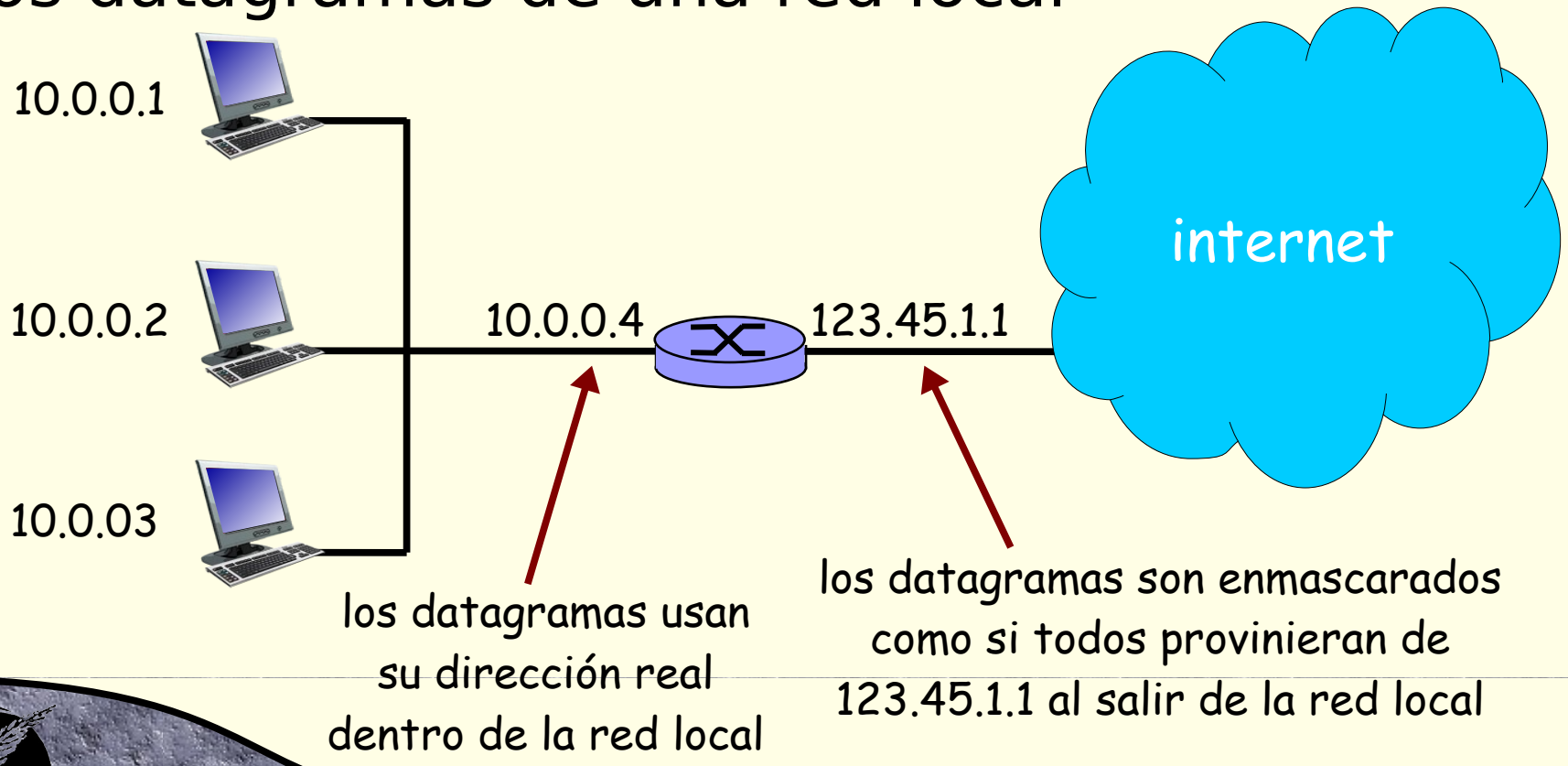


Obtención de un bloque IP

- ¿Cómo hace un proveedor de internet para que le asignen un bloque de direcciones **IP**?
  - Se tramita ante el **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
- El **ICANN** tiene a cargo varias tareas:
  - Asigna los bloques de direcciones
  - Asigna los nombre de dominios
  - Administra los servidores raíz **DNS**
  - Resuelve las disputas relativas a los dominios

Network Address Translation

- La técnica **NAT** (Network Address Translation) consiste en enmascarar el origen real de los datagramas de una red local



Motivación

- Todos los usuarios locales comparten la misma dirección **IP** al ser vistos desde afuera
  - No es necesario comprar un rango de dirección de nuestro proveedor, con una sola dirección basta
  - Podemos modificar las direcciones locales sin tener que notificar a nadie por fuera de la organización
  - Podemos cambiar de proveedor de internet sin tener que modificar la configuración de los dispositivos
  - Los dispositivos en la red local no son direccionables desde afuera, mejorando la seguridad de la red

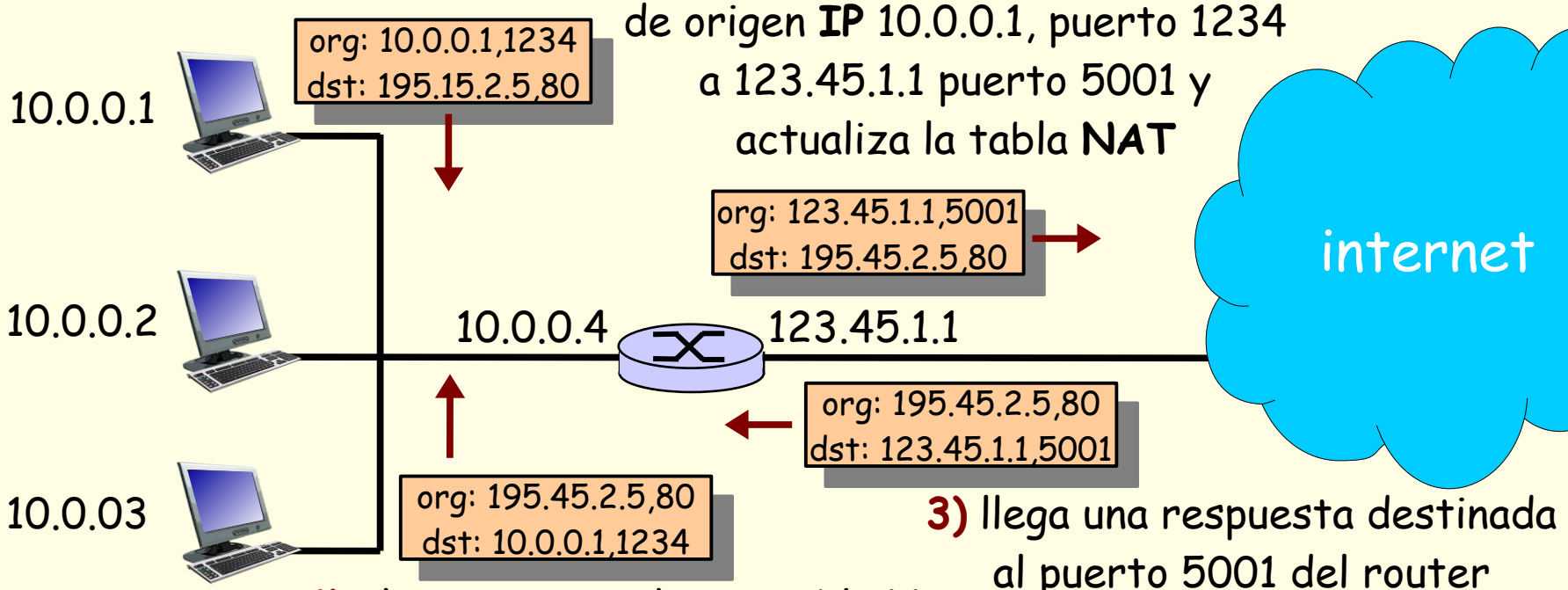
Implementación

- Para implementar la técnica **NAT**, se debe:
  - En los datagramas salientes: reemplazar el **IP** de origen y el puerto de origen por el **IP** del router y un número de puerto no en uso
  - Los clientes o servidores remotos van a contestar usando el **IP** del router y al nuevo puerto usado (se debe recordar cada mapeo entre direcciones **IP** y puertos locales con el puerto usado en el router)
  - En los datagramas entrantes: reemplazar el par (**IP** del router, puerto del router) por el correspondiente (**IP** local, puerto original), consultando la tabla **NAT**

Implementación

1) la computadora 10.0.0.1 manda un datagrama destinado a 195.15.2.5

2) el router cambia la dirección de origen **IP** 10.0.0.1, puerto 1234 a 123.45.1.1 puerto 5001 y actualiza la tabla **NAT**



3) llega una respuesta destinada al puerto 5001 del router

4) el router consulta su tabla **NAT** y cambia la dirección de destino 123.45.1.1, puerto 5001 a los valores originales

Análisis

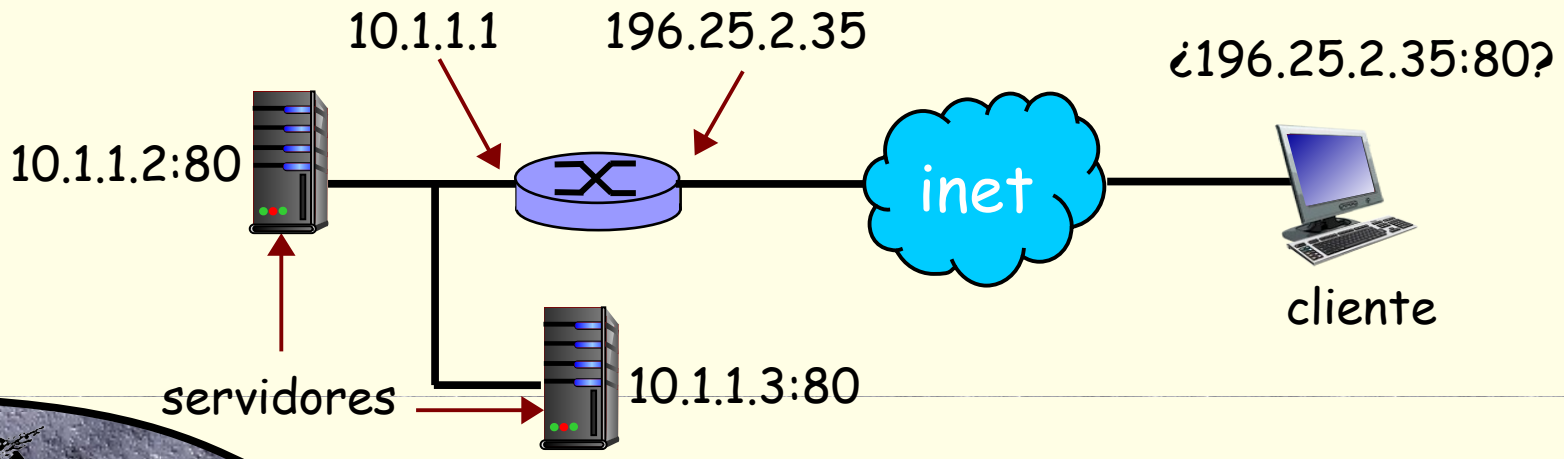
- Recordemos que en **TCP** y **UDP** se dispone de 16 bits para codificar números de puertos
  - Esto implica que **NAT** puede soportar más de **60000** conexiones en simultáneo por cada **IP** público
- No obstante, **NAT** resulta controversial:
  - Los routers no deberían involucrarse con la capa de transporte
  - Las aplicaciones deben modificarse para tener en cuenta a esta técnica
  - La falta de direcciones **IP** se debe resolver con **IPv6**

Atravesando el NAT

- El principal inconveniente al hacer uso de la técnica de **NAT** se torna evidente al intentar acceder desde afuera de la organización a alguna de las computadoras de la red local
  - Por caso, ¿cómo hacen los routers para resolver el enrutado hacia el **IP** privado de la red local?
  - Una posibilidad es usar el **IP** público, configurando en el router **NAT** que lo paquetes recibidos en un determinado puerto sean acercados a ese **IP** privado
  - Esta técnica se denomina port forwading

Solución estática

- La alternativa más evidente consiste en configurar a mano cada uno de los forwardings de puertos que sean requeridos
  - Esta tarea no es trivial, requiere un conocimiento de bajo nivel y una adecuada organización en la preasignación de los puertos disponibles



Solución dinámica

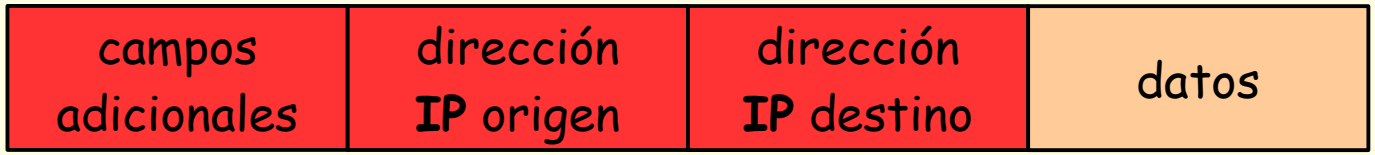
- Otra alternativa consiste en que el router **NAT** implemente el protocolo **IGD** (Internet Gateway Device), para permitir la configuración por demanda de los distintos port forwardings
  - El protocolo **IGD** forma parte del parte del estándar **UPnP** (Univesal Plug and Play)
  - Permite que una aplicación tome conocimiento de cuál es el **IP** público del router **NAT**
  - Si una aplicación necesita ser accedida desde fuera de la red local, puede solicitar al router **NAT** que configure dinámicamente un cierto port forwarding

Solución tercerizada

- Existe una tercer alternativa a la hora de atravesar un router **NAT**, la cual consiste en hacer uso de un intermediario
  - El intermediario debe tener acceso directo a la red (es decir, debe no estar detrás de otro **NAT**)
  - En primer lugar, el servidor detrás del **NAT** se conecta al intermediario (recordemos que la técnica de **NAT** funciona correctamente con las conexiones salientes)
  - Luego, cuando el cliente desee contactar al servidor se conecta directamente al intermediario y éste se encarga de que ambos se puedan comunicar entre sí

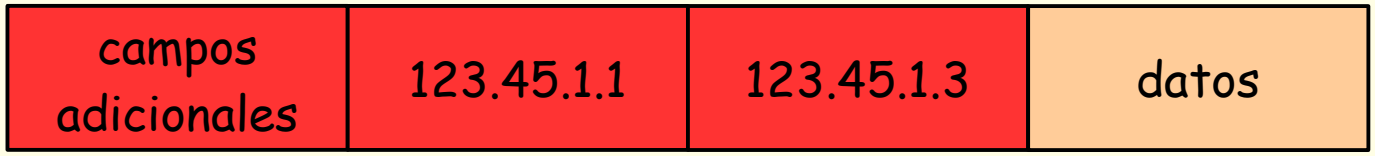
Enrutado de datagramas

- A continuación ensayaremos un primer intento de integrar lo hasta aquí abordado
- Recordemos que los datagramas **IP** han de atravesar la red sin sufrir grandes cambios
  - Esto obedece a que los routers sólo necesitan inspeccionar la dirección **IP** de origen y de destino



Ejemplo de enrutado

- Se desea enrutar un datagrama **IP** desde la computadora **A** hacia la computadora **B**

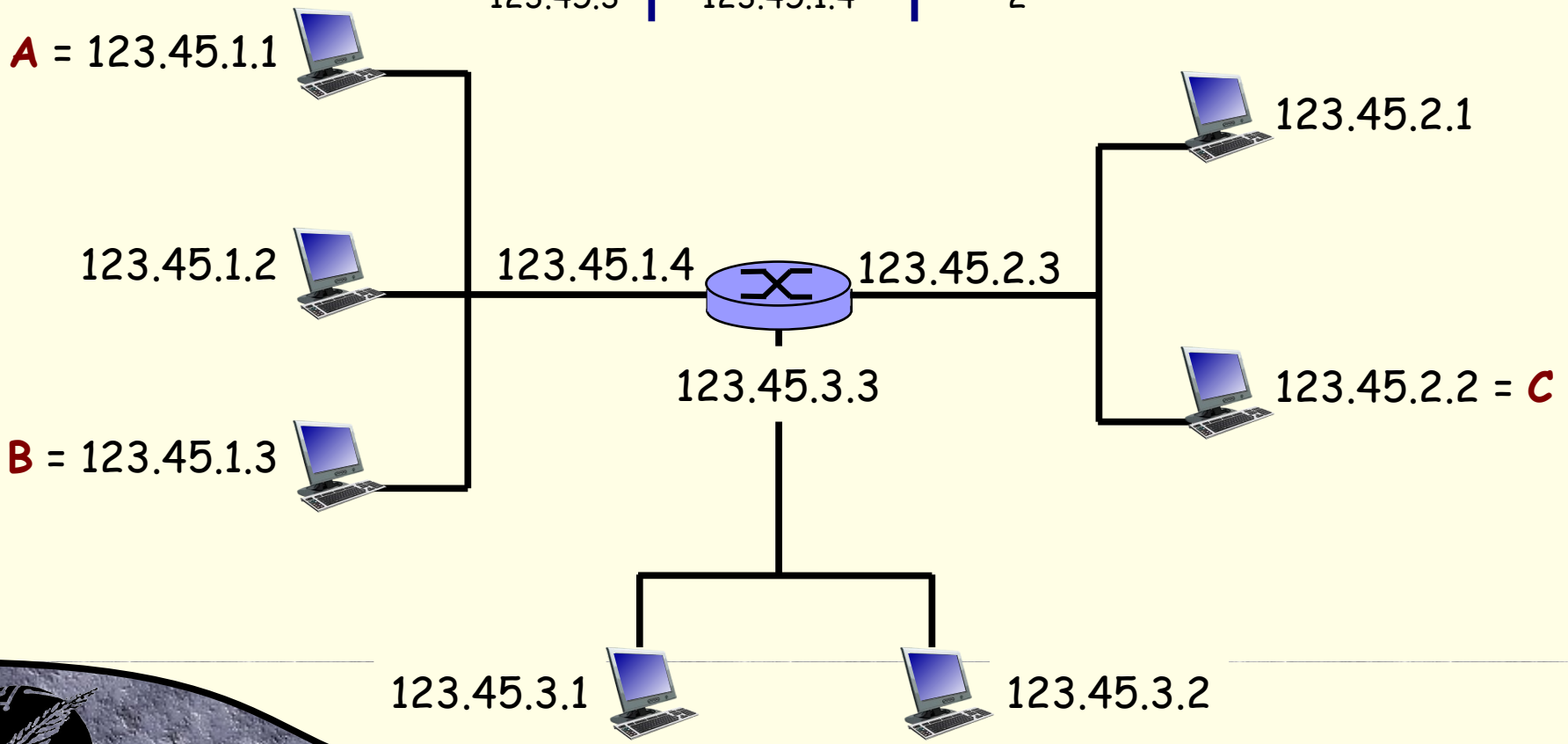


  - En primer lugar se busca la entrada asociada a la red del destino **B** en la tabla de forwarding de **A**
  - Mirando la tabla de forwarding se determina que **B** está en la misma red que **A**
  - Finalmente, la capa de enlace envía el datagrama directamente a **B** dentro de una o varias tramas

Ejemplo de enrutado

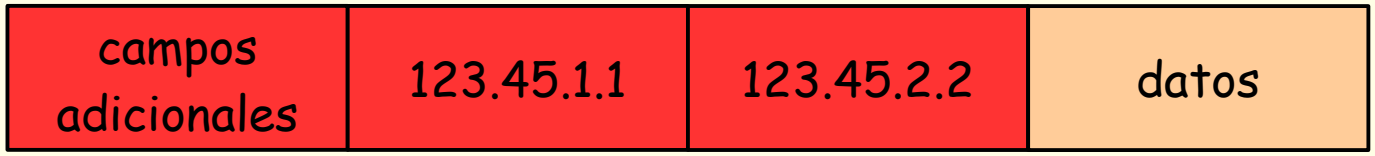
tabla de forwarding de la computadora **A**

red dest.	próx. router	distancia
123.45.1	-	1
123.45.2	123.45.1.4	2
123.45.3	123.45.1.4	2



Ejemplo de enrutado

- Ahora se desea enrutar un datagrama **IP** desde la computadora **A** hacia la computadora **C**



  - En primer lugar se busca la entrada asociada a la red del destino **C** en la tabla de forwarding de **A**
  - Mirando la tabla de forwarding se determina que **C** no está en la misma red que **A**
  - La tabla de forwarding señala que el tráfico para **C** tiene que ser enviado a través del router **123.45.1.4**

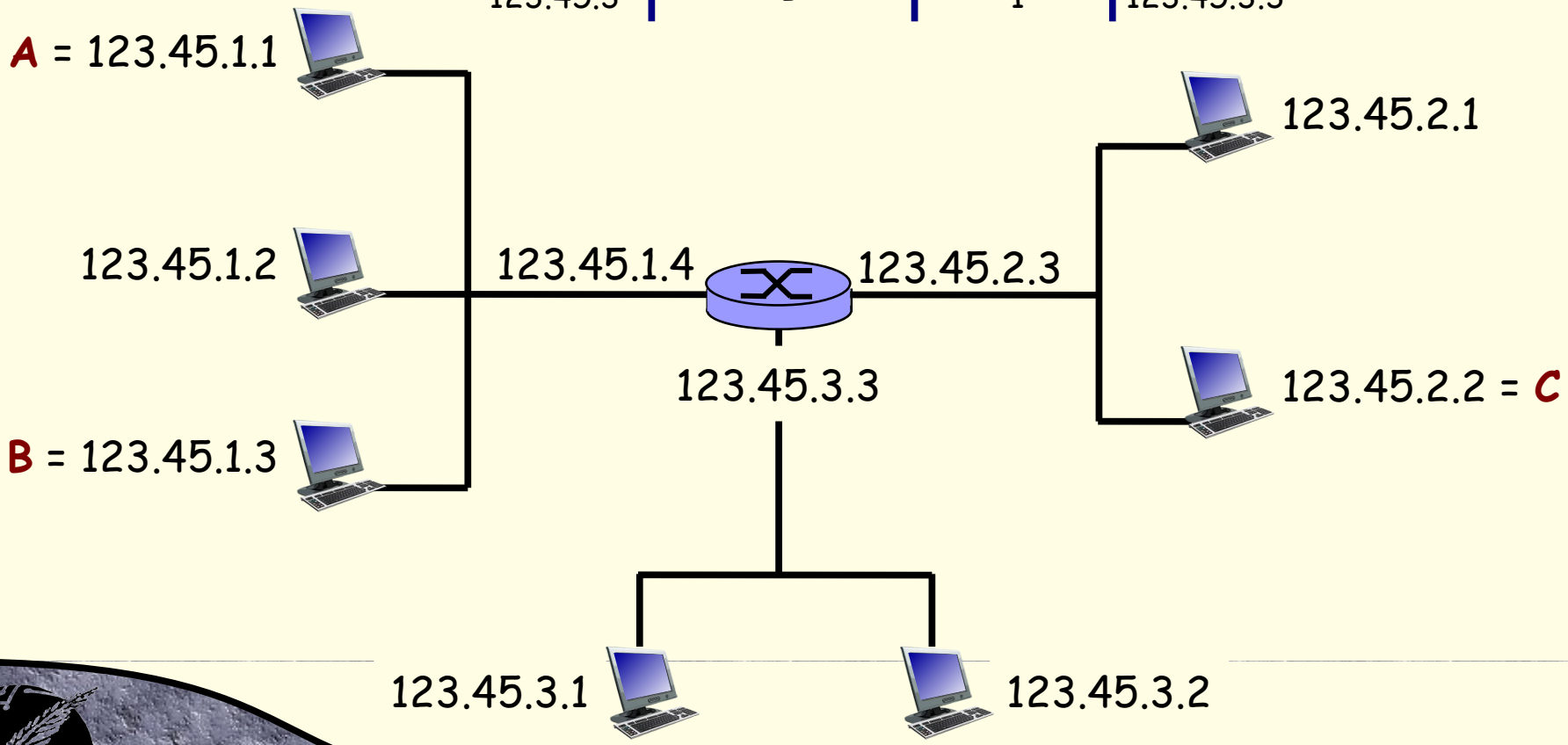
Ejemplo de enrutado

- La capa de enlace envía el datagrama al router **123.45.1.4** dentro de una o más tramas
- El datagrama llega al router por una de sus interfaces
- Se consulta la entrada asociada a la red del destino **C** en la tabla de forwarding del router
- Mirando la tabla de forwarding se determina que **C** está en la misma red que la interfaz **123.45.2.3**
- La capa de enlace envía el datagrama directamente a **C** dentro de una o más tramas
- Finalmente, el datagrama llega a la computadora **C**

Ejemplo de enrutado

tabla de forwarding del router

red dest.	próx. router	distancia	interfaz
123.45.1	-	1	123.45.1.4
123.45.2	-	1	123.45.2.3
123.45.3	-	1	123.45.3.3



¿Preguntas?