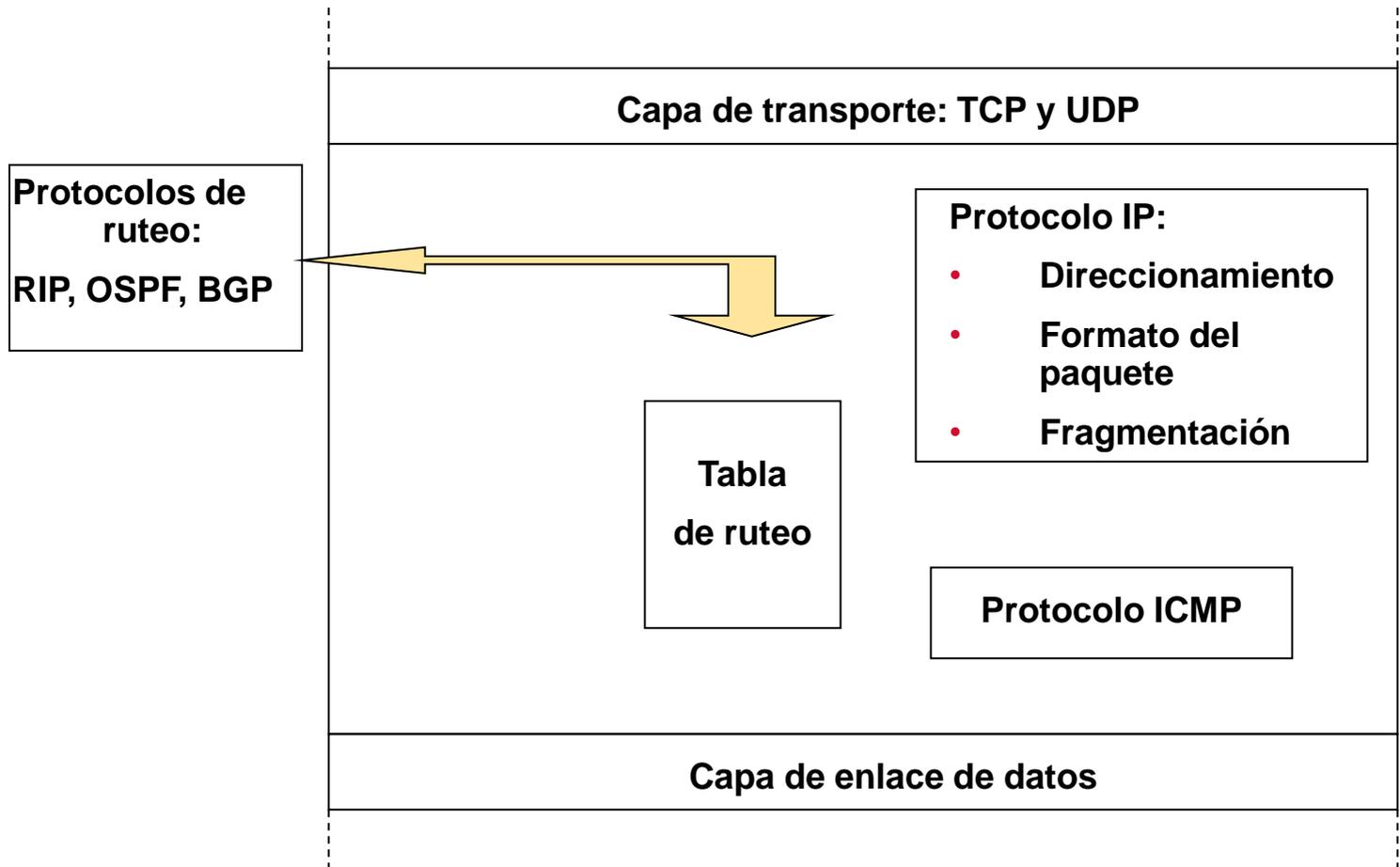


Protocolo IP (v4)

Agenda (1)

- **Capa de red en Internet**
- **Protocolo IP**
- **Direcciones IPv4**
- **Encaminamiento de paquetes**
- **Fragmentación**
- **Protocolo ICMP**

Capa de red en Internet



Componentes de la capa de red

- **Protocolo de red: Internet Protocol (IP)**
 - Esquema de direccionamiento
 - Formato de la PDU
- **Encaminamiento de paquetes**
 - **Función de ruteo**: determina el contenido de la tabla de ruteo
 - **Función de forwarding**: decide en base al contenido de la tabla de ruteo el próximo salto de cada paquete
- **Protocolo de control ICMP**
 - Mensajes de reporte de “errores” e información adicional sobre la red

Agenda (2)

- **Capa de red en Internet**
- **Protocolo IP**
- **Direcciones IPv4**
- **Encaminamiento de paquetes**
- **Fragmentación**
- **Protocolo ICMP**

Protocolo IP

- **La capa de red en Internet provee solamente un servicio de datagramas**
- **Es un servicio “best-effort”.**
No hay garantía de entrega, ni de retardos, ni de orden
- **El protocolo utilizado es el protocolo IP**
- **La versión de IP “en producción” es la versión 4**

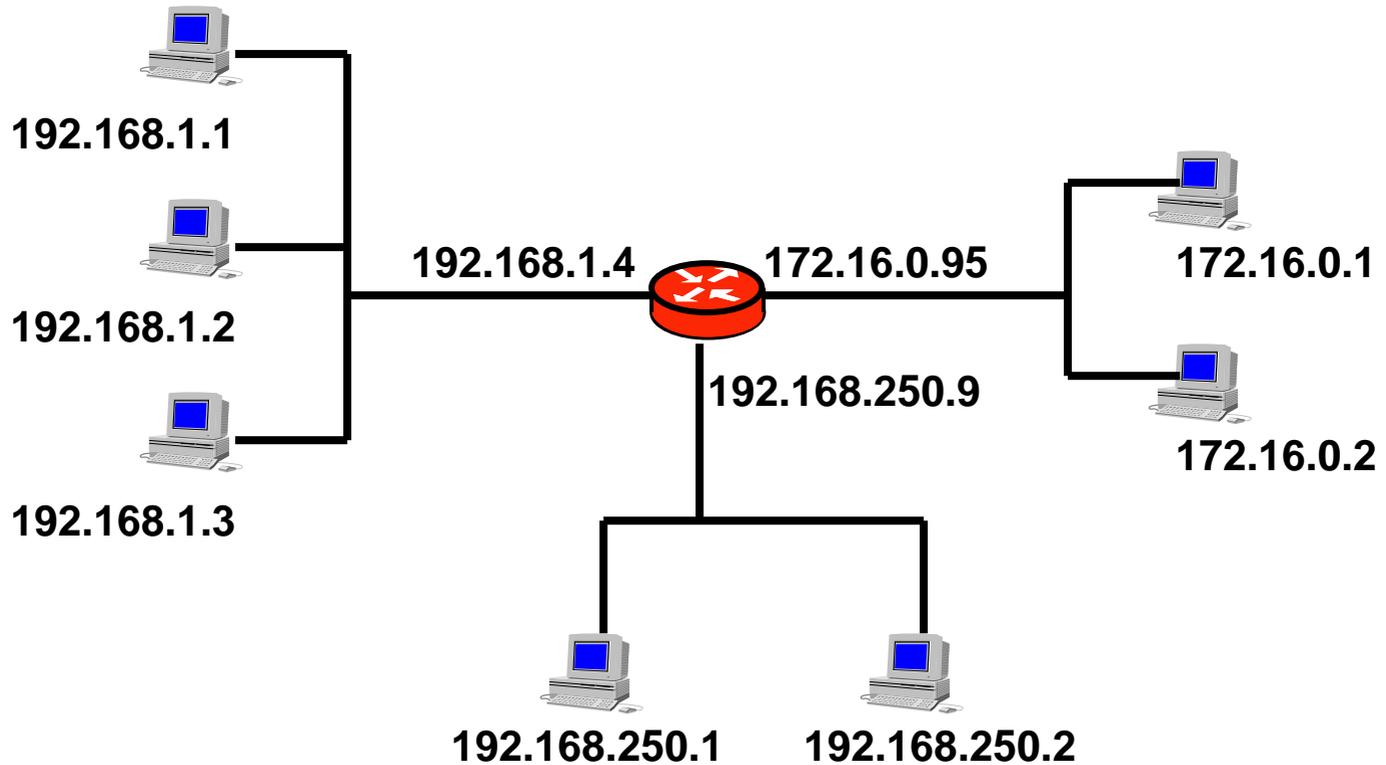
Agenda (3)

- **Capa de red en Internet**
- **Protocolo IP**
- **Direcciones IPv4**
- **Encaminamiento de paquetes**
- **Fragmentación**
- **Protocolo ICMP**

Direccionamiento IPv4

- Los datagramas requieren una dirección de destino para poder ser encaminados por la red
- En general esa dirección debe ser única en la red
- En IPv4 esta dirección es de 32 bits (4 bytes)
- Normalmente se representan en el formato “dotted-decimal notation”
Ej. 192.168.1.10
- La asignación se realiza por rangos para minimizar las tablas de ruteo

Ej. de asignación de direcciones



Redes y subredes

- Los equipos que pertenecen al mismo rango comparten una parte de la dirección IP, llamada prefijo
- El largo del prefijo lo indica la máscara de la red
- La máscara divide la dirección en:
 - parte de red o prefijo
 - parte de host o de interfaz
- En los bits correspondientes al prefijo la máscara tiene “1” y en los correspondientes a la parte de host tiene “0”
- Notación 192.168.1.0/24 (máscara de largo 24, equivalente a 255.255.255.0)

Clases (classful addressing)

- Originalmente las direcciones se dividían en clases de acuerdo al largo del prefijo

A	0	Red		Host		1.0.0.0 a 127.255.255.255
B	10	Red		Host		128.0.0.0 a 191.255.255.255
C	110	Red		Host		192.0.0.0 a 223.255.255.255
D	1110		Multicast			224.0.0.0 a 239.255.255.255
E	1111		Reservadas			240.0.0.0 a 255.255.255.255

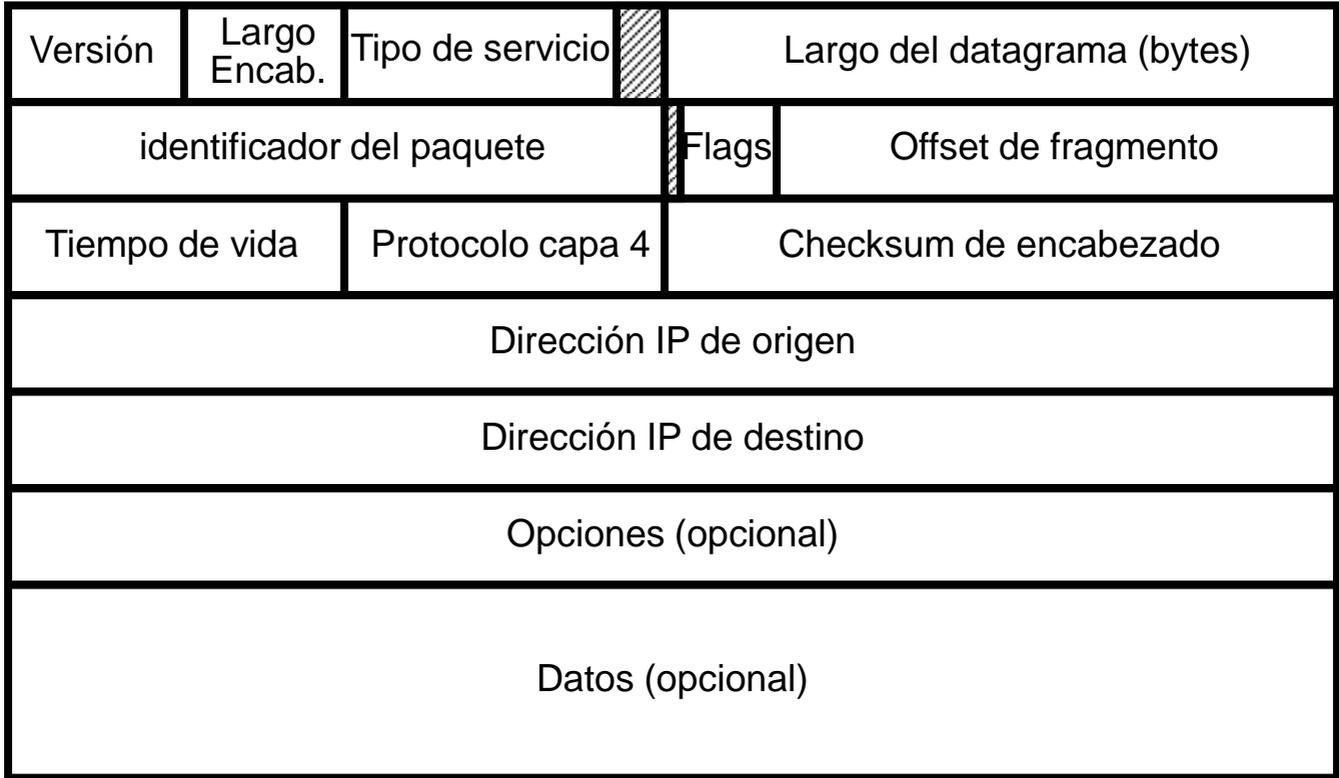
CIDR

(classless interdomain routing)

- **La rigidez del esquema original de clases llevaba a una subutilización de las direcciones, por lo que se adoptó la modalidad de prefijo de largo variable**
- **Las máscaras ya no están restringidas a las /8, /16 y /24 correspondientes a las clases A, B y C respectivamente**

Datagrama IPv4

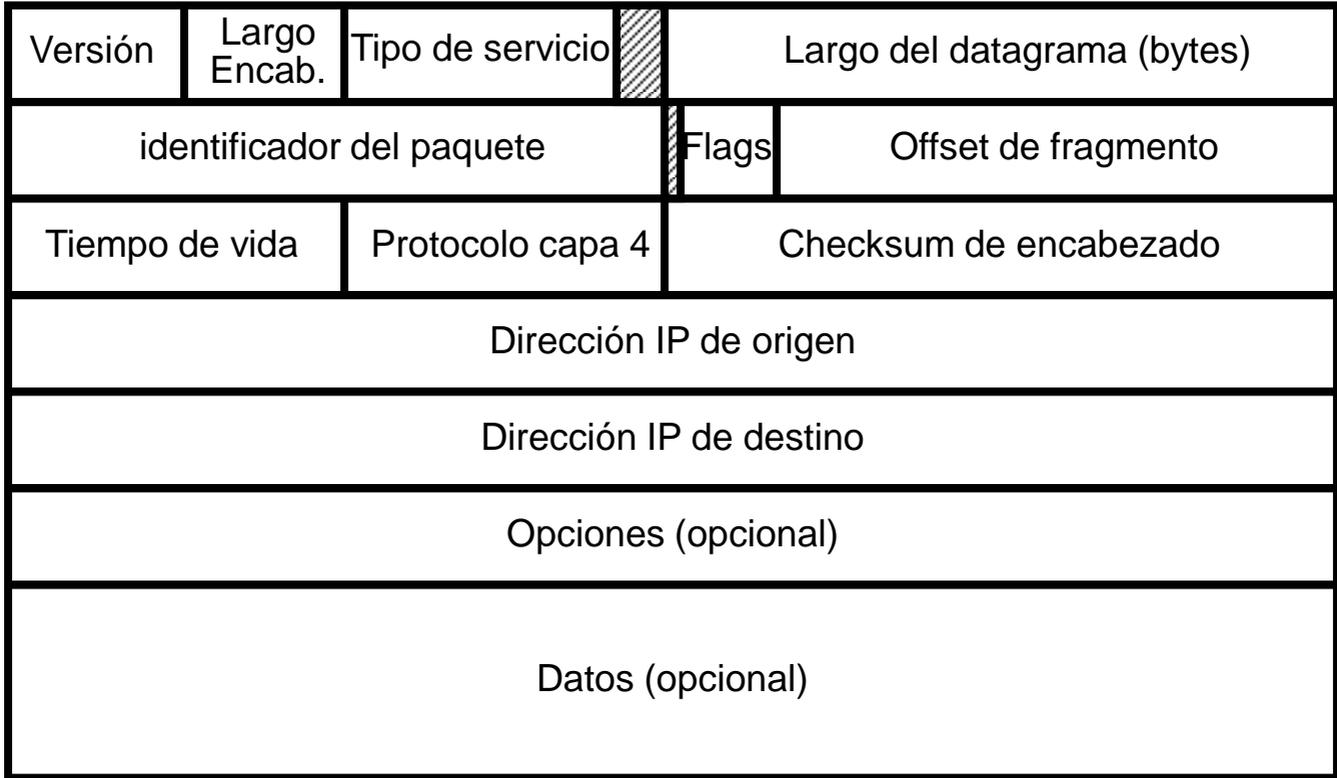
← Orden de transmisión



← 32 bits →

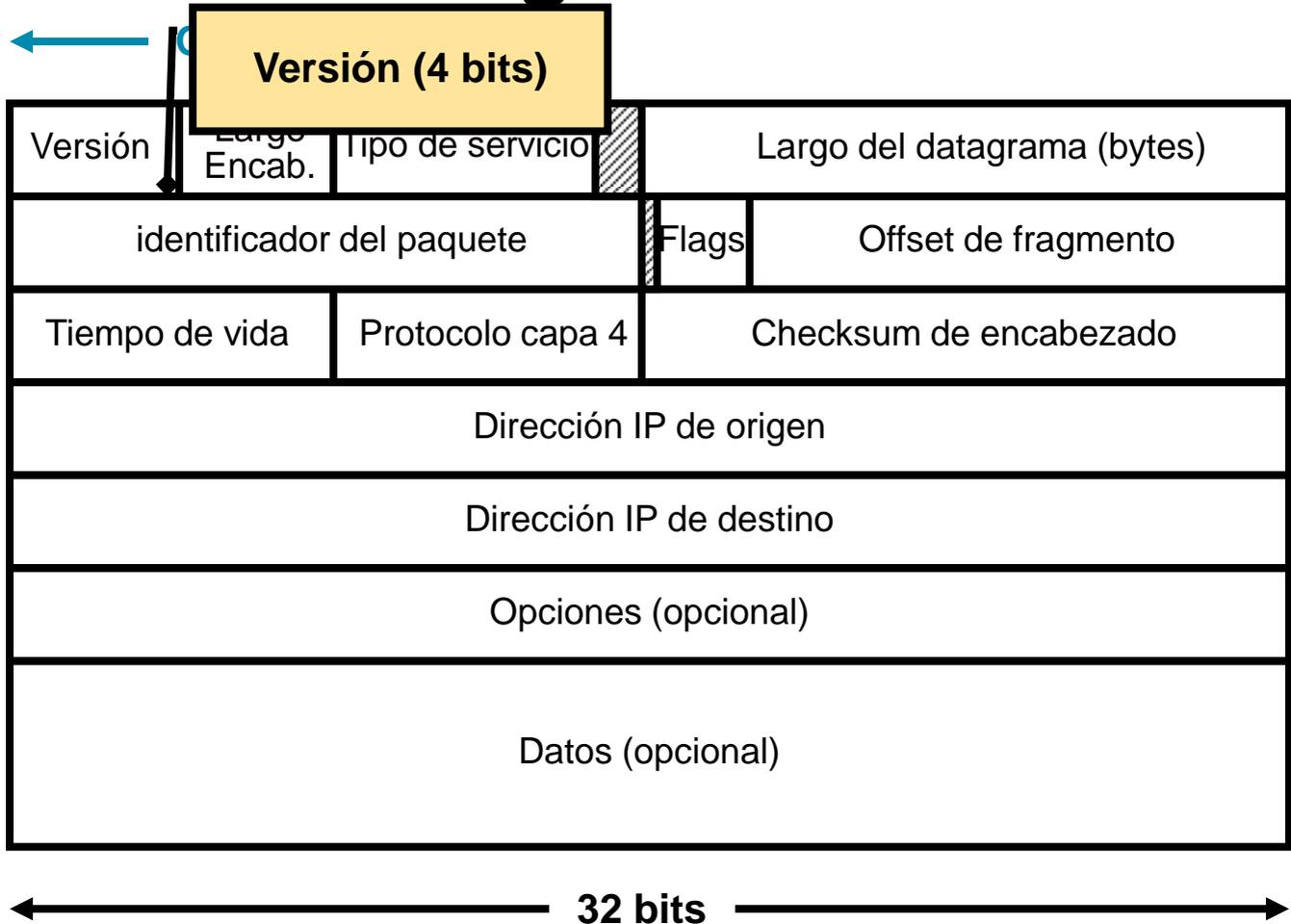
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



← 32 bits →

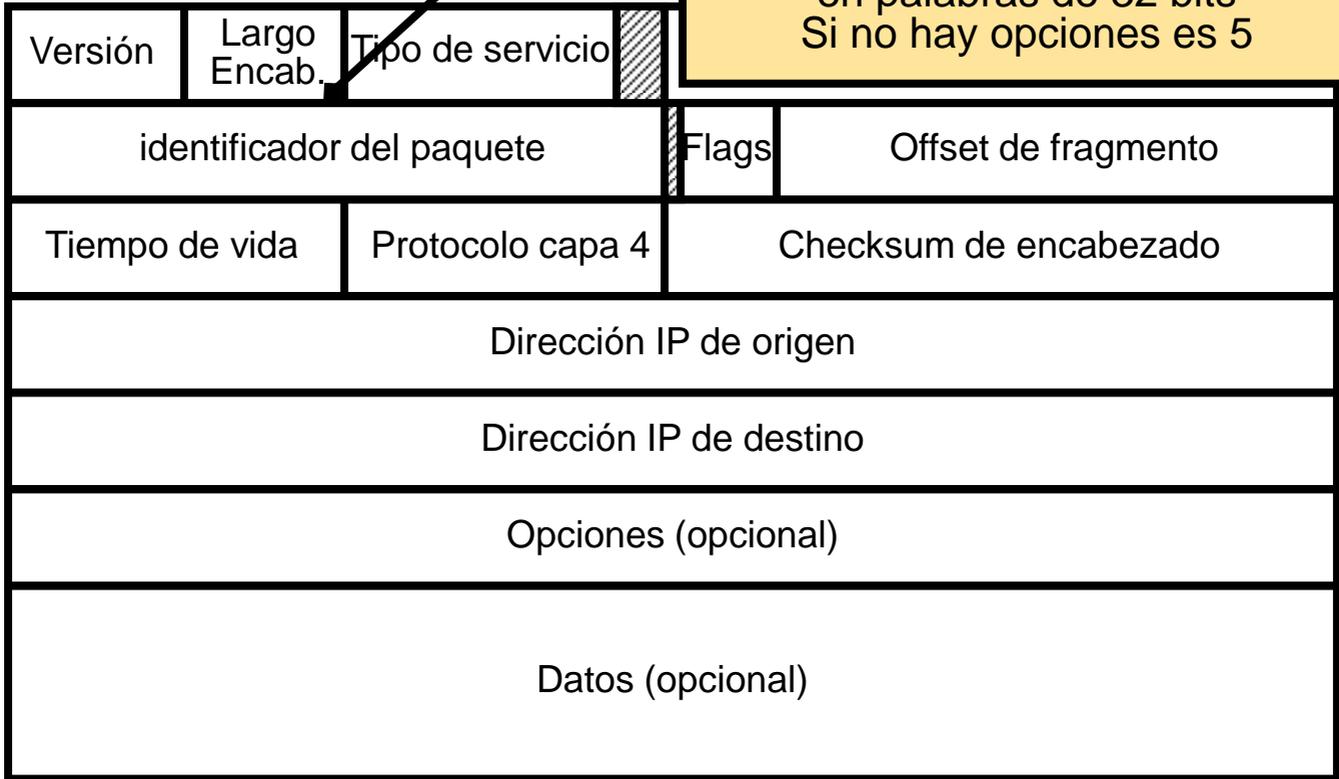
Datagrama IPv4



Datagrama IPv4

← Orden de transmisión

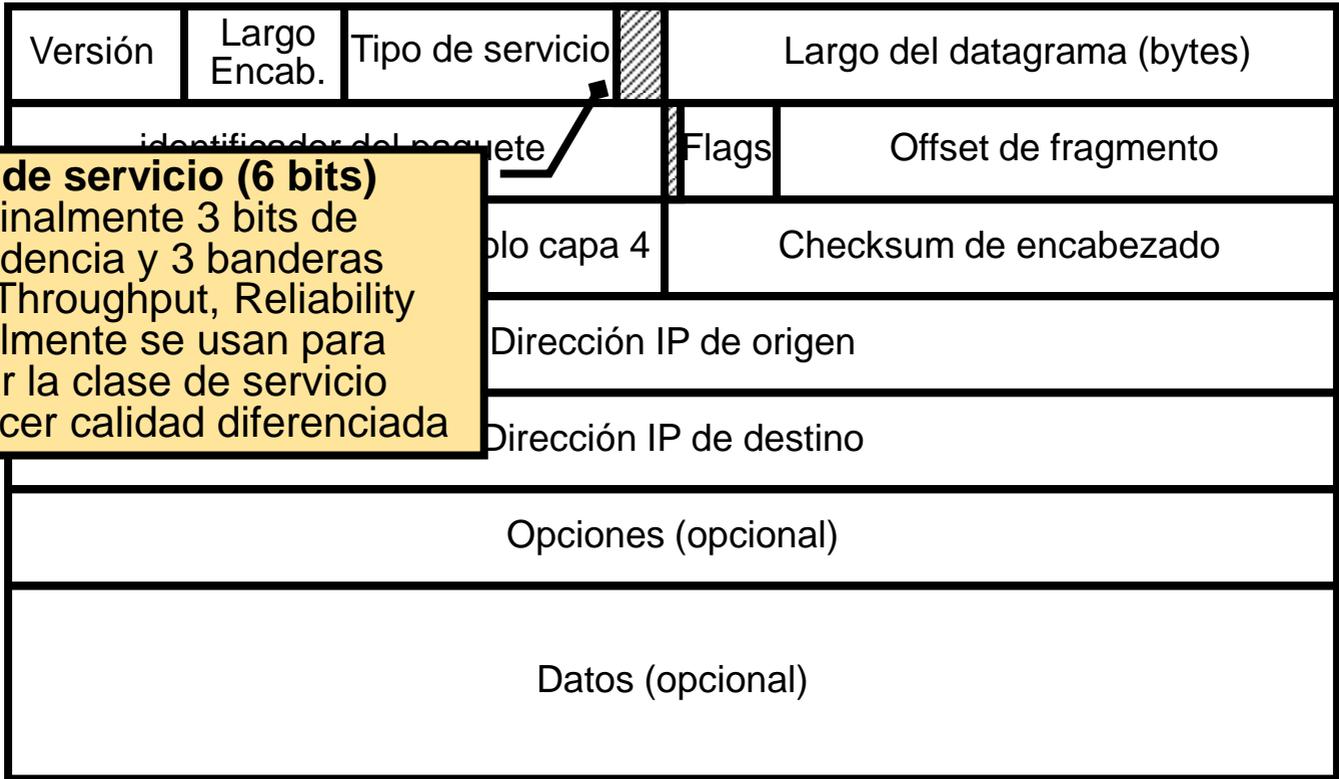
Largo del encabezado (4 bits)
en palabras de 32 bits
Si no hay opciones es 5



← 32 bits →

Datagrama IPv4

← Orden de transmisión

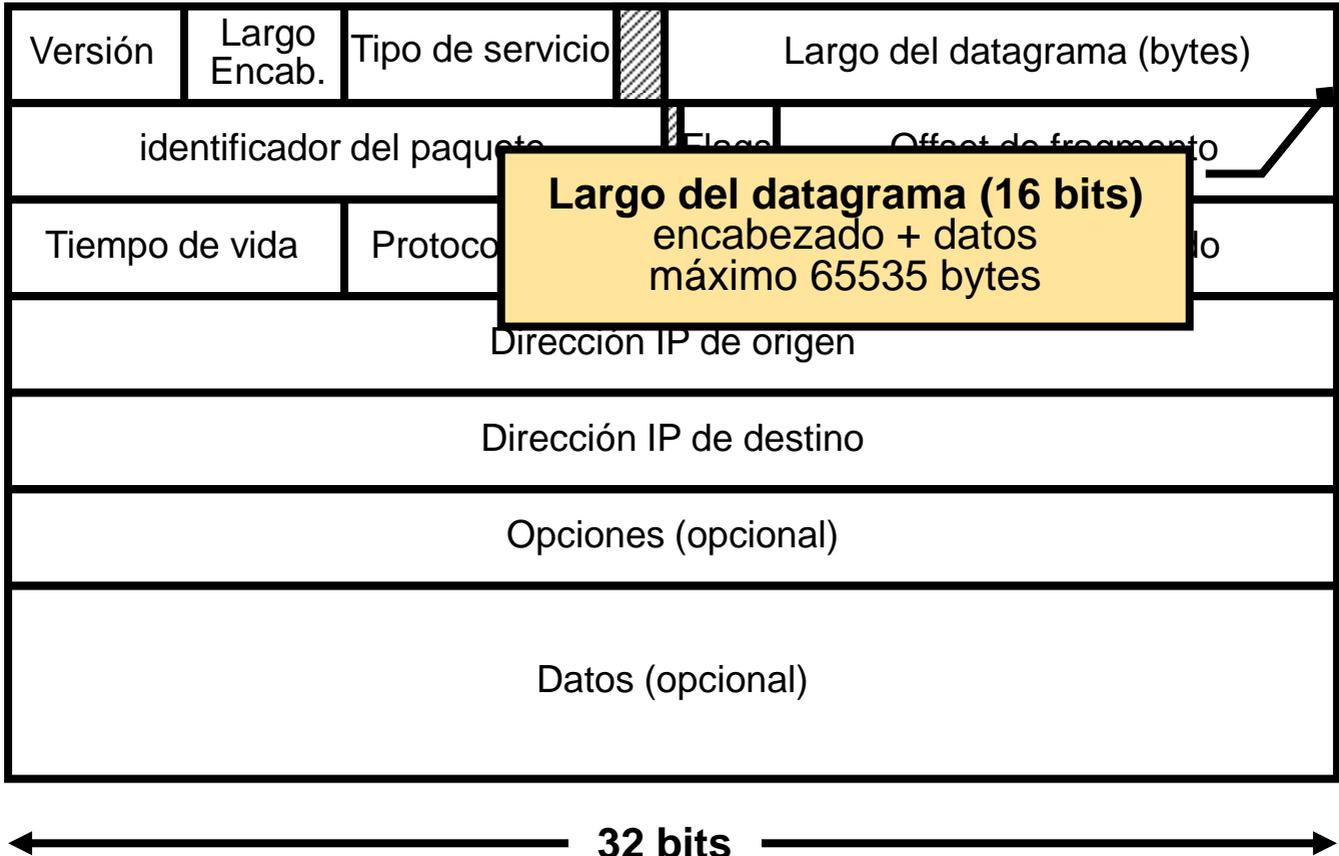


Tipo de servicio (6 bits)
Originalmente 3 bits de precedencia y 3 banderas Delay, Throughput, Reliability
Actualmente se usan para indicar la clase de servicio para ofrecer calidad diferenciada

← 32 bits →

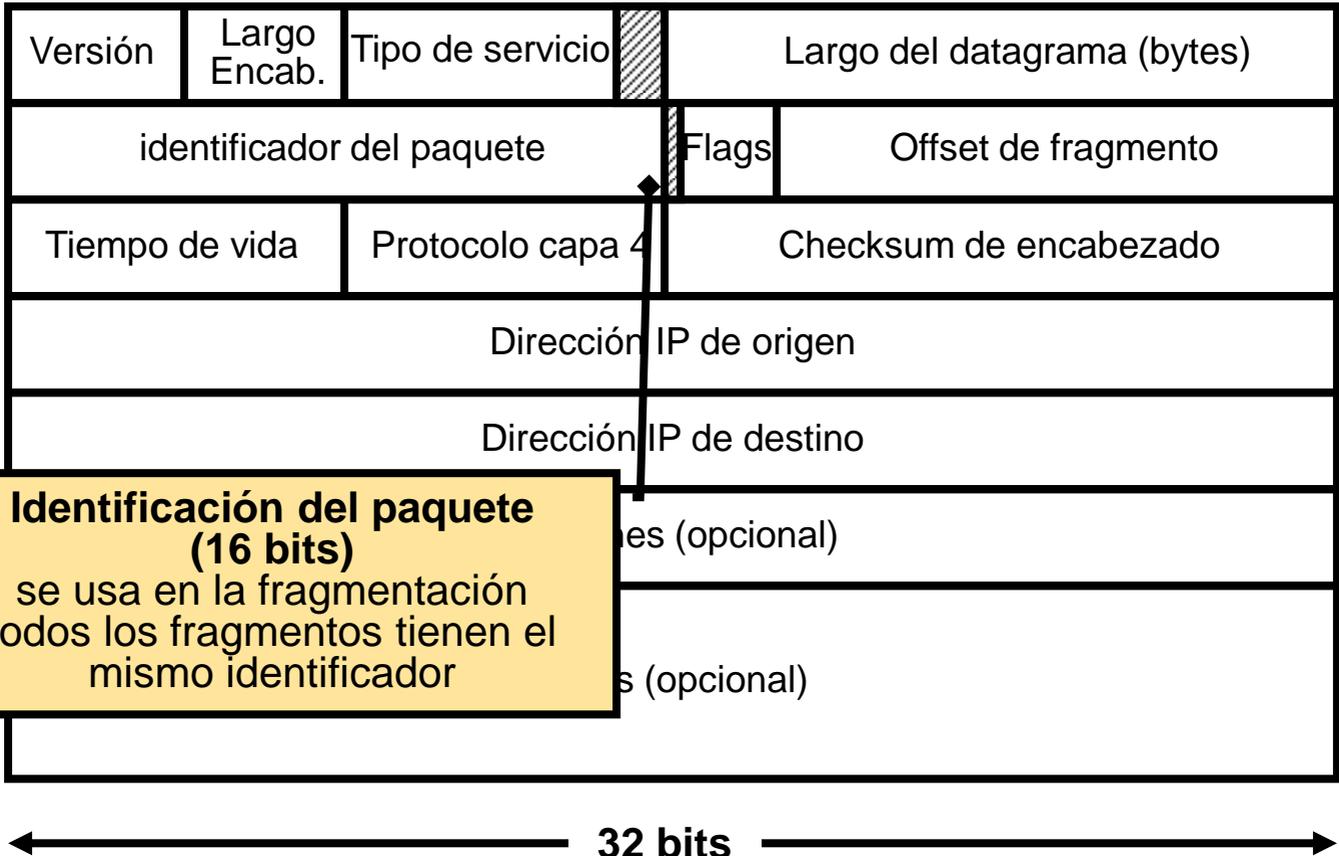
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



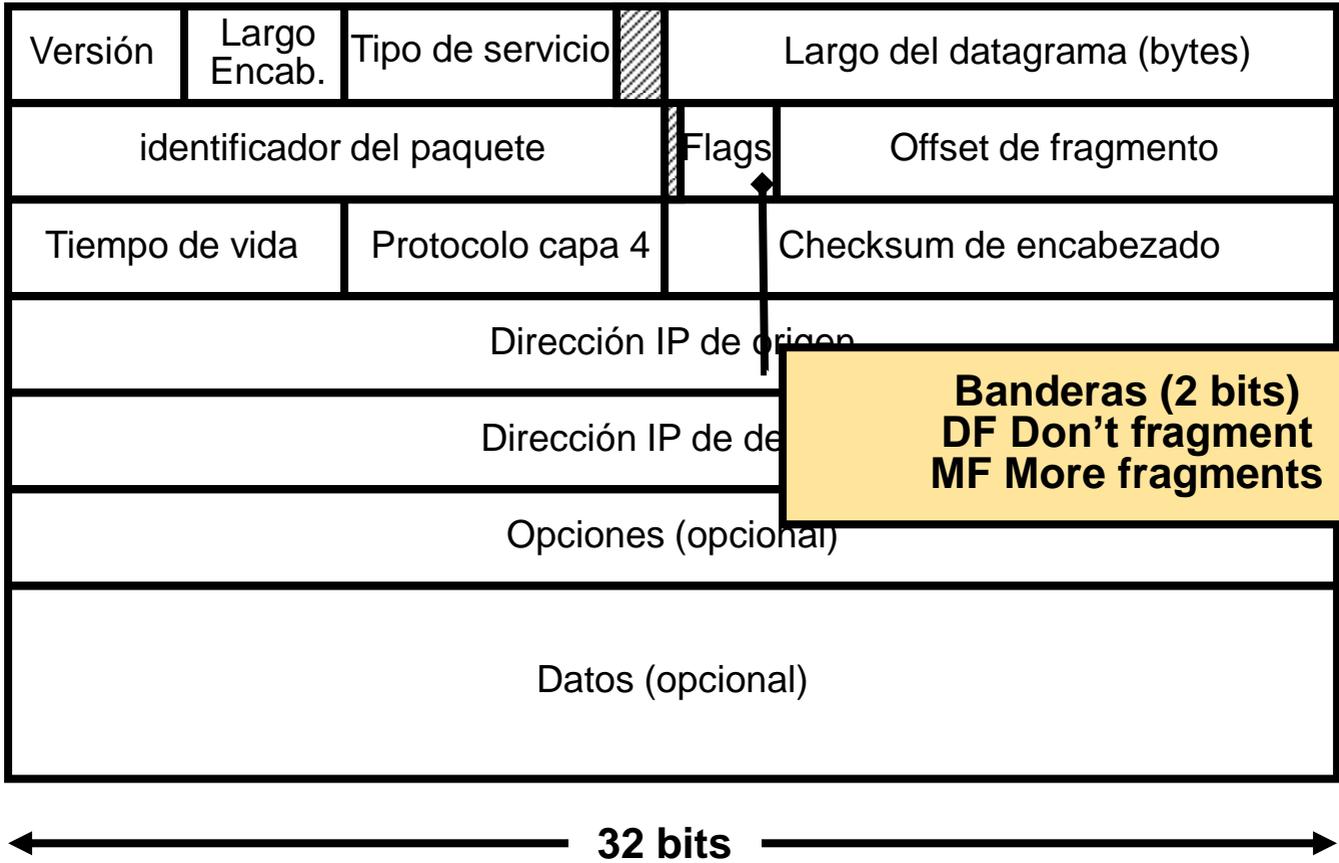
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



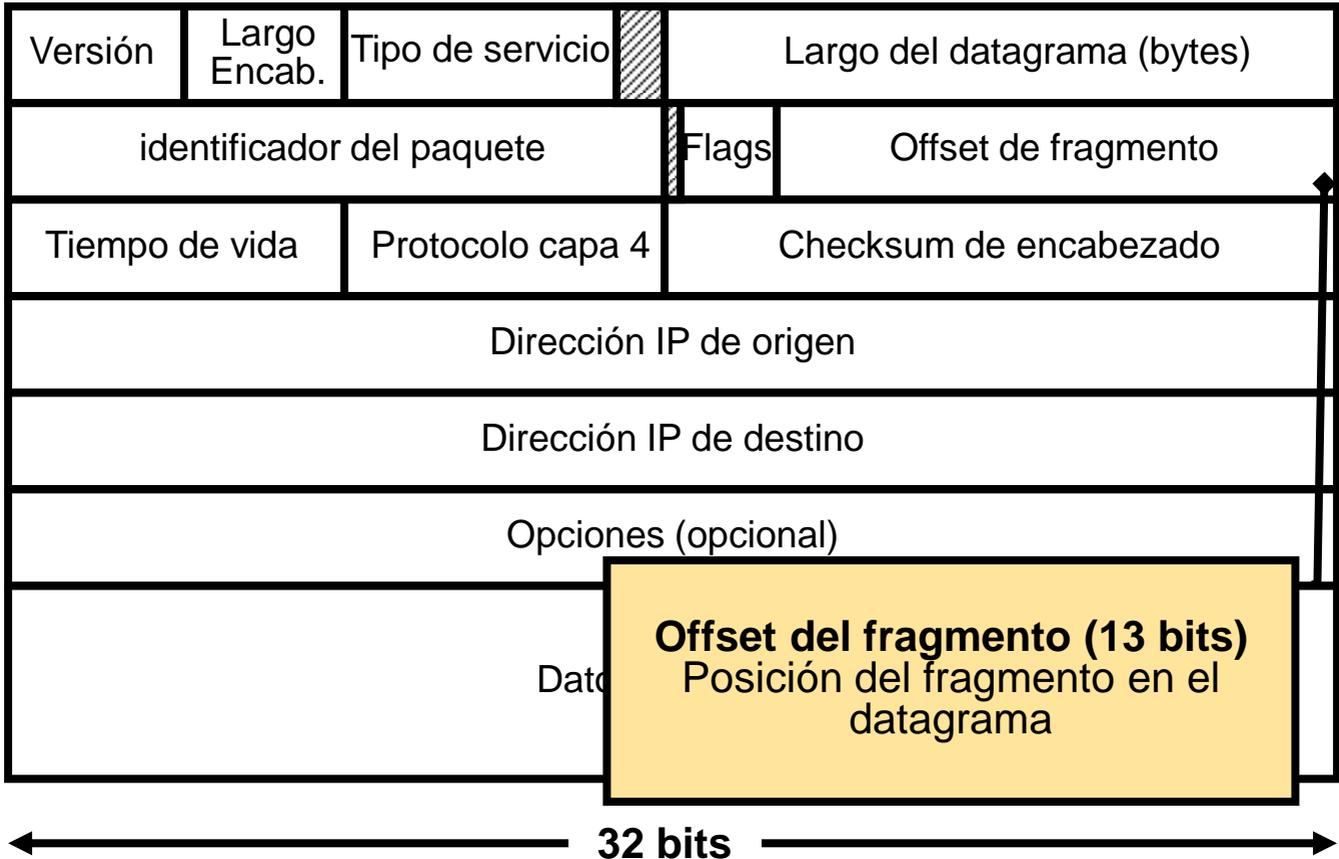
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



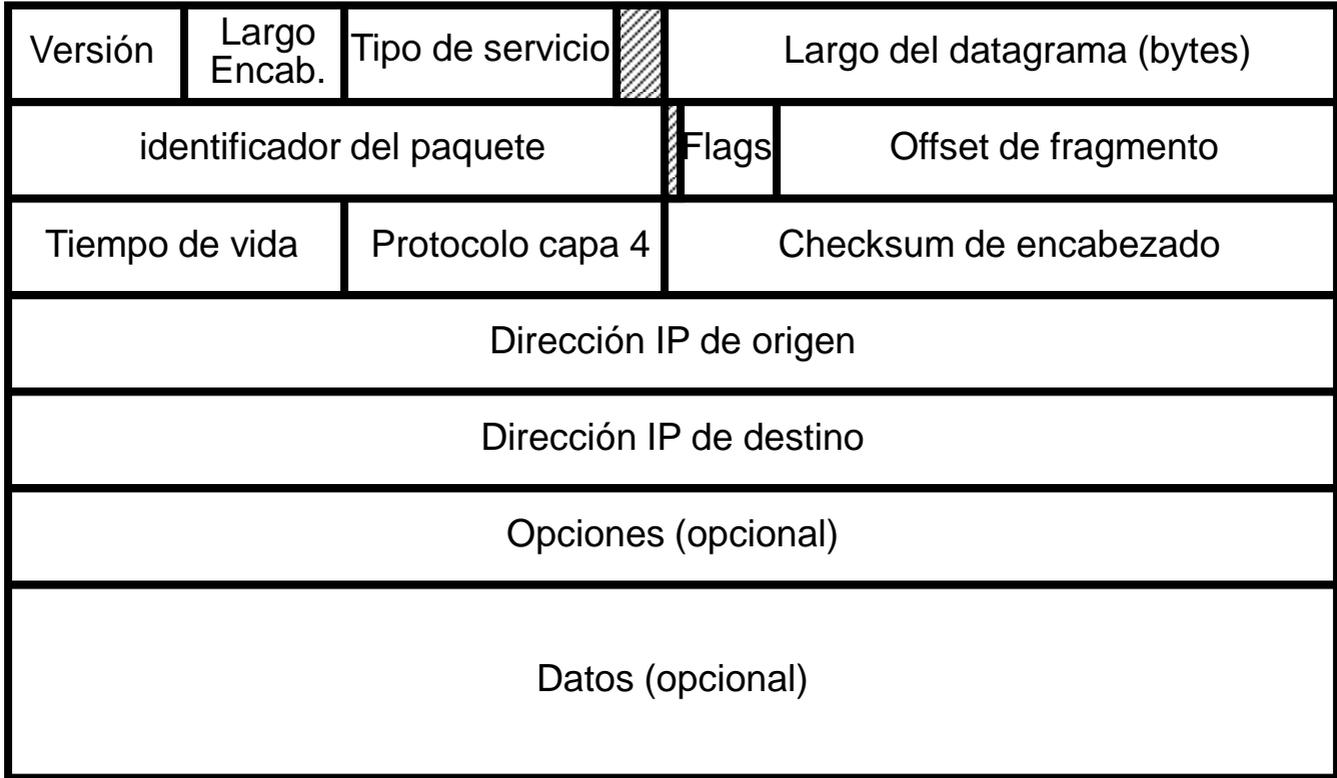
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



Datagrama IPv4

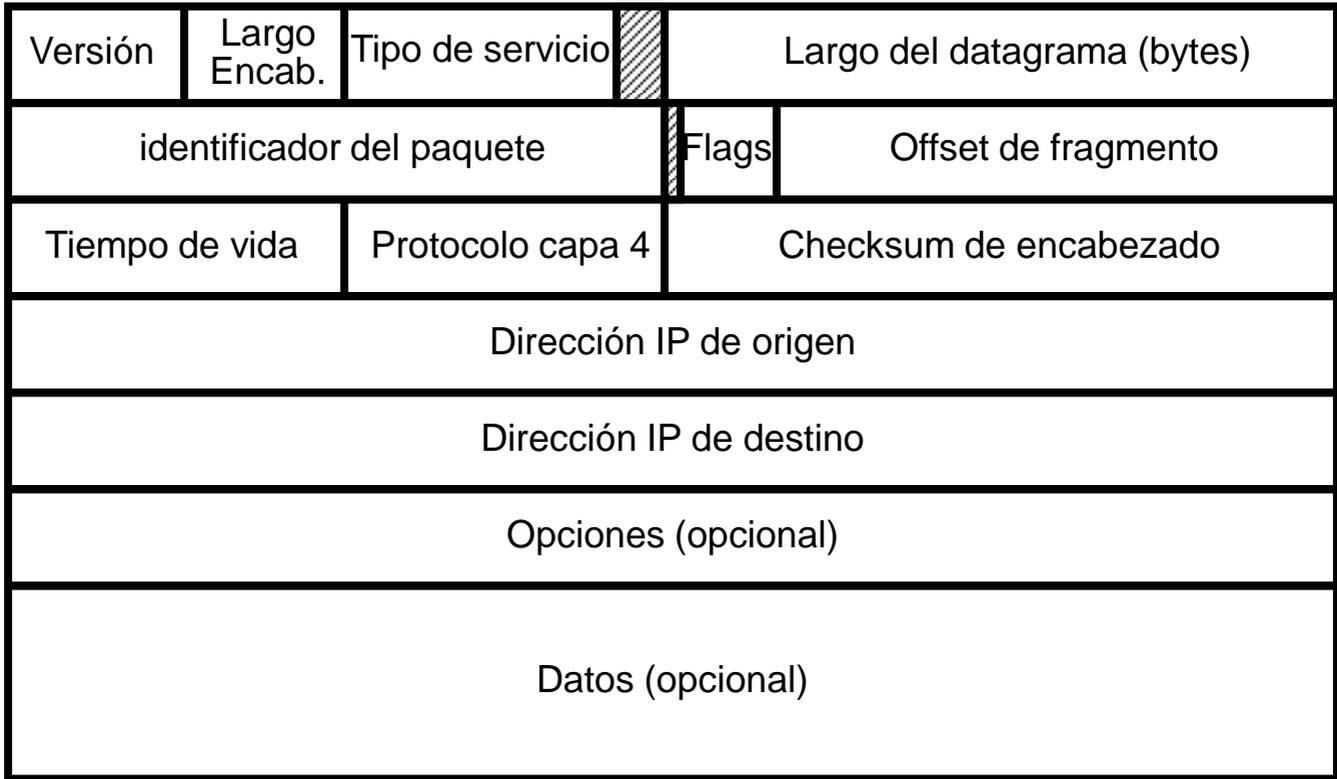
← Orden de transmisión



← 32 bits →

Datagrama IPv4

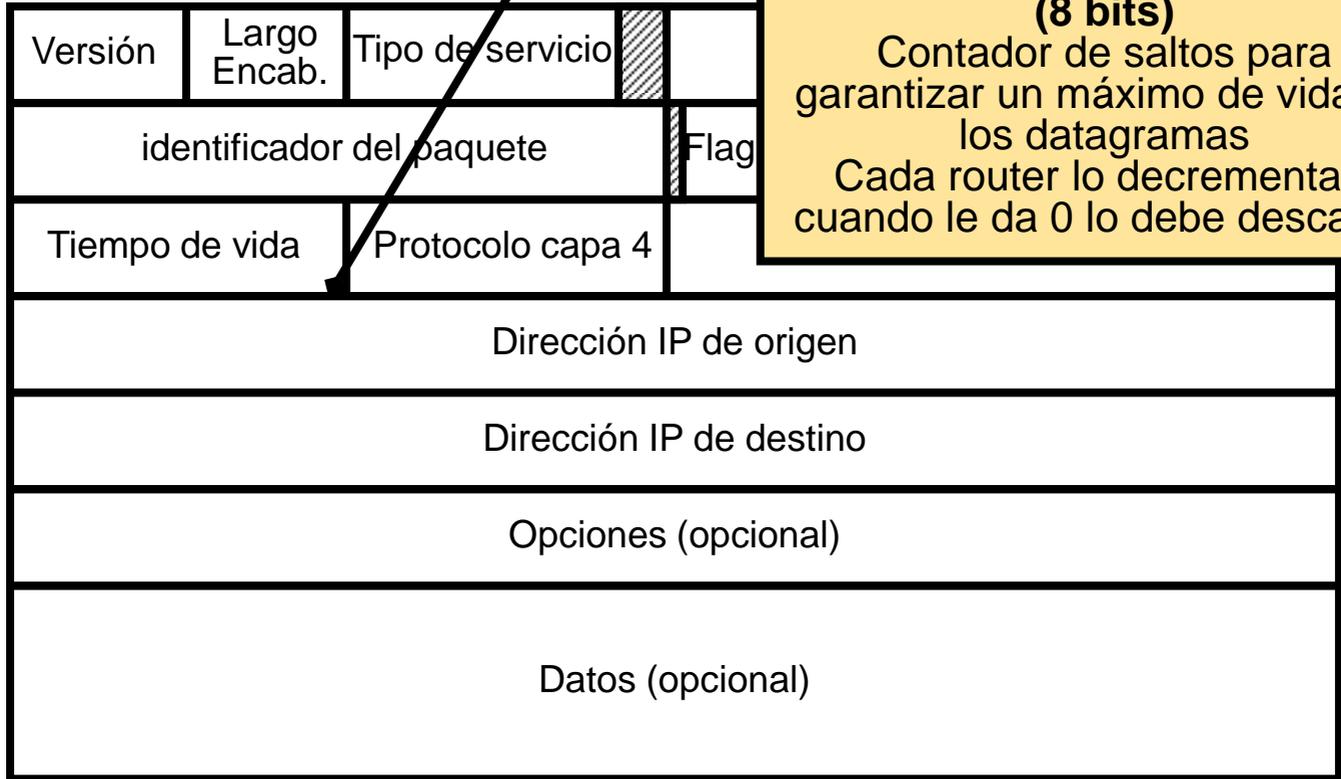
← Orden de transmisión



← 32 bits →

Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



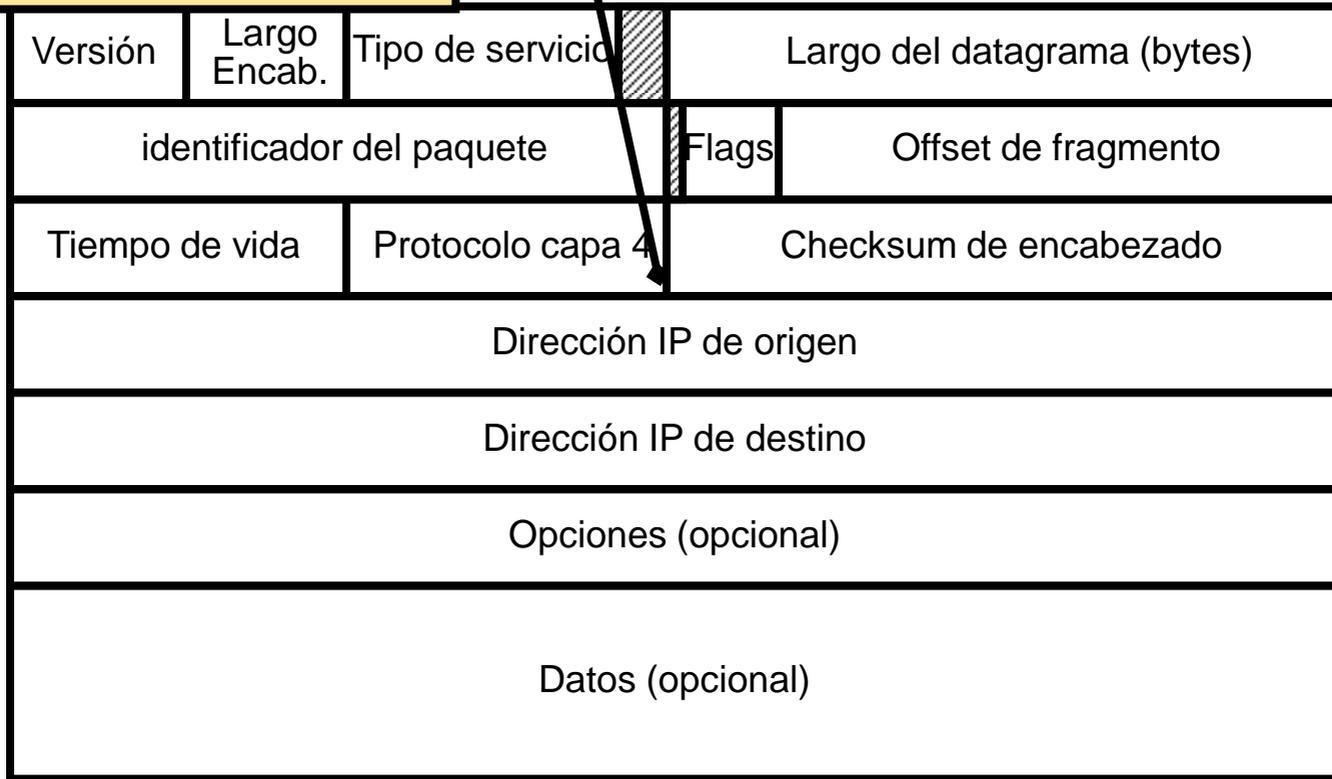
Tiempo de vida (time-to-live o TTL) (8 bits)
Contador de saltos para garantizar un máximo de vida de los datagramas
Cada router lo decremента y cuando le da 0 lo debe descartar

← 32 bits →

Protocolo de capa 4 (8 bits)
Indica a que entidad de capa 4 debe entregarse el datagrama en el destino

Datagrama IPv4

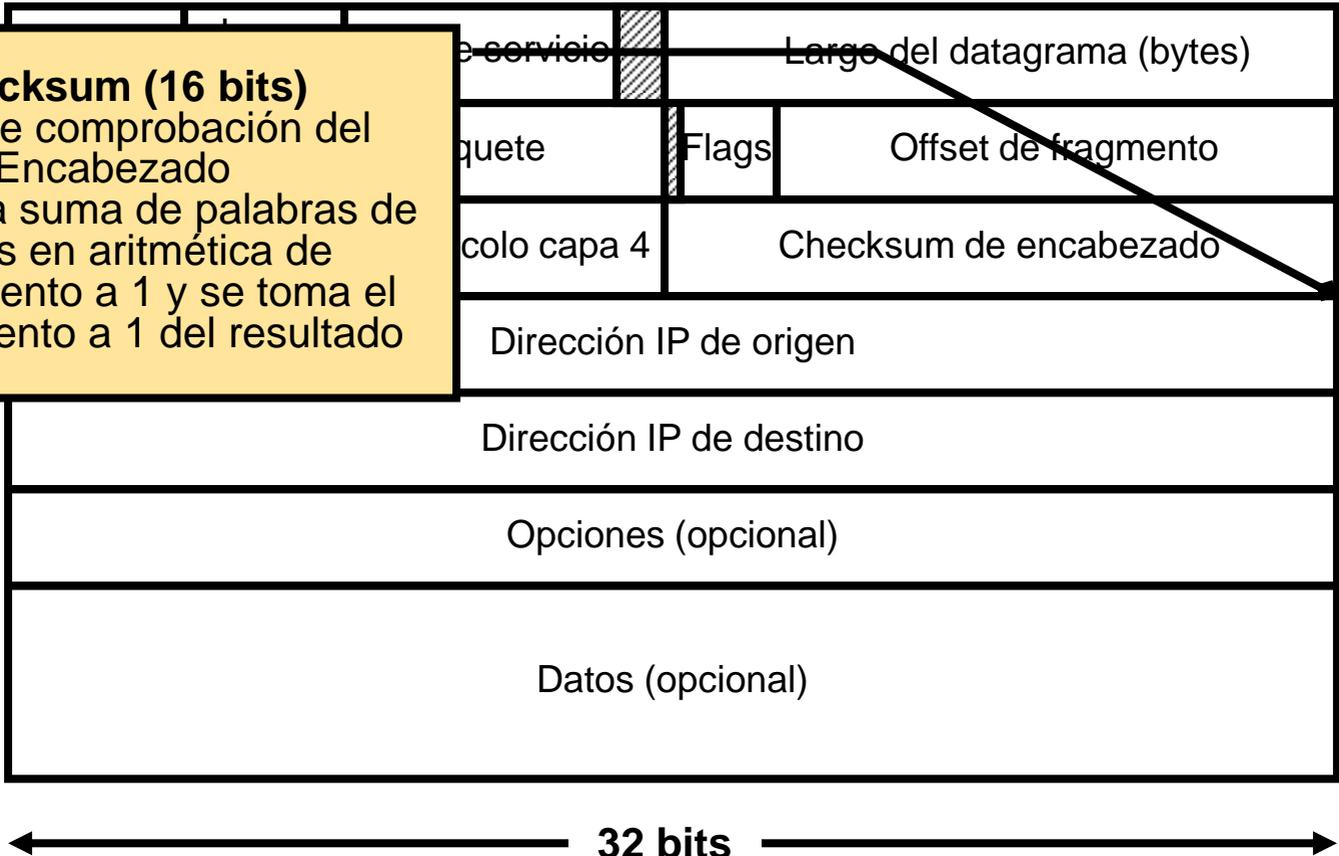
Transmision



← 32 bits →

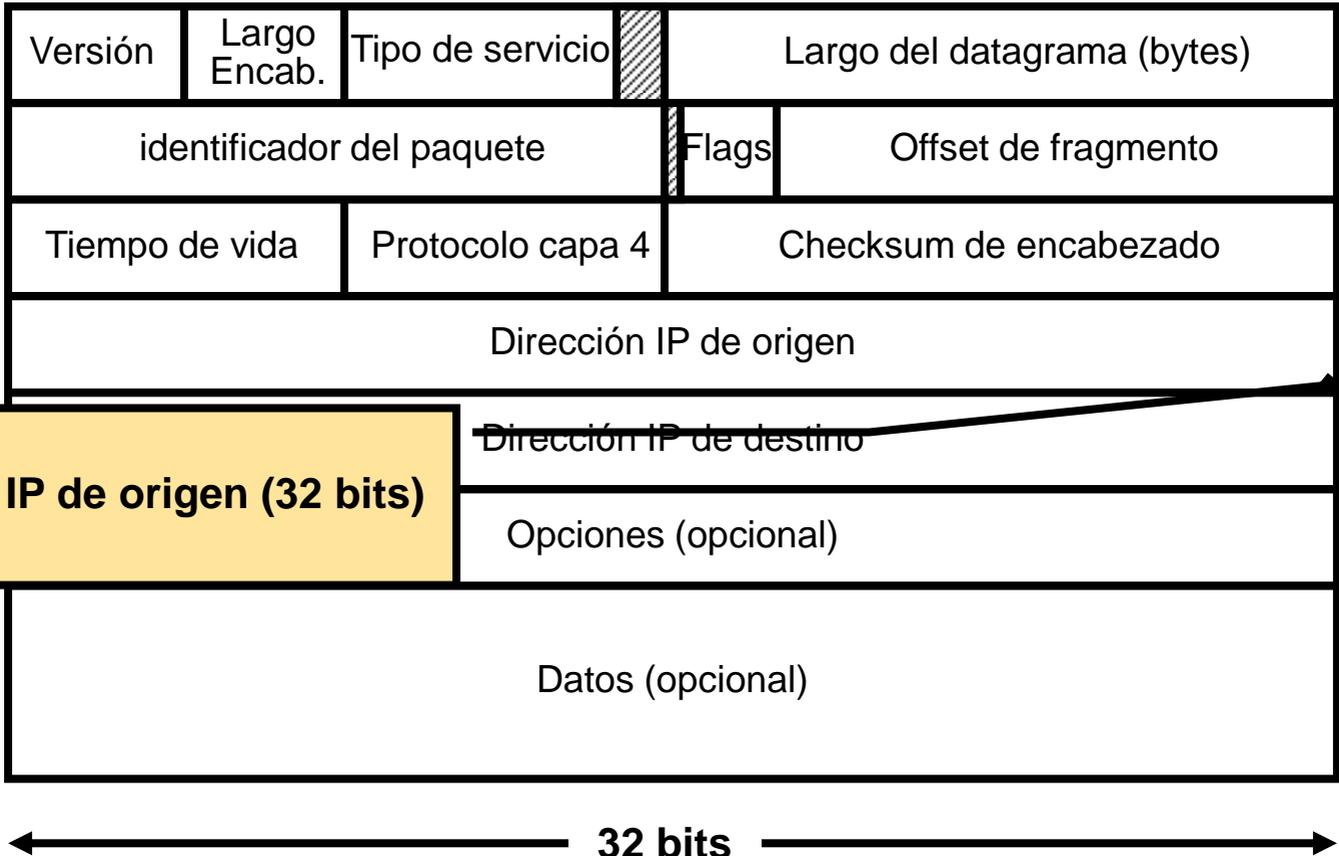
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



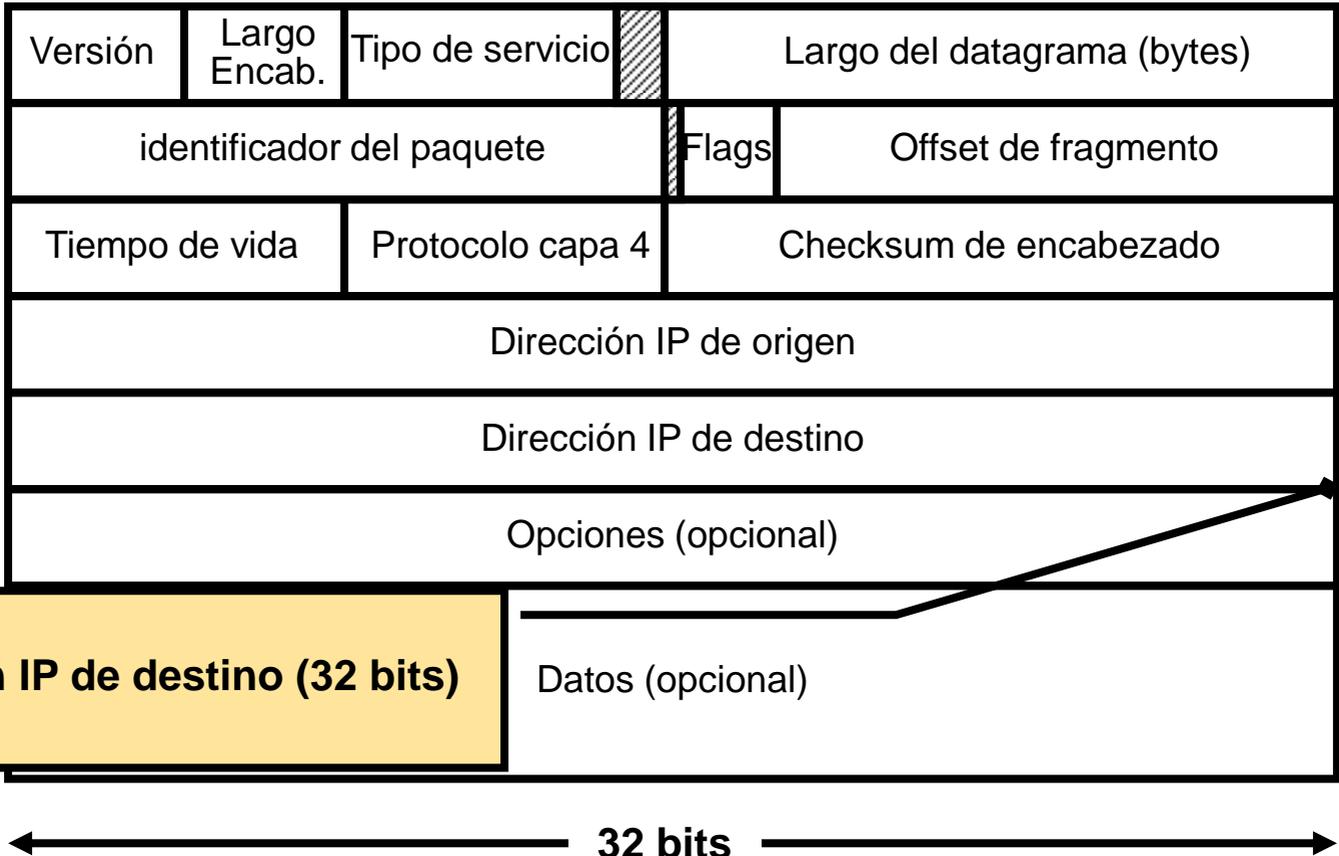
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



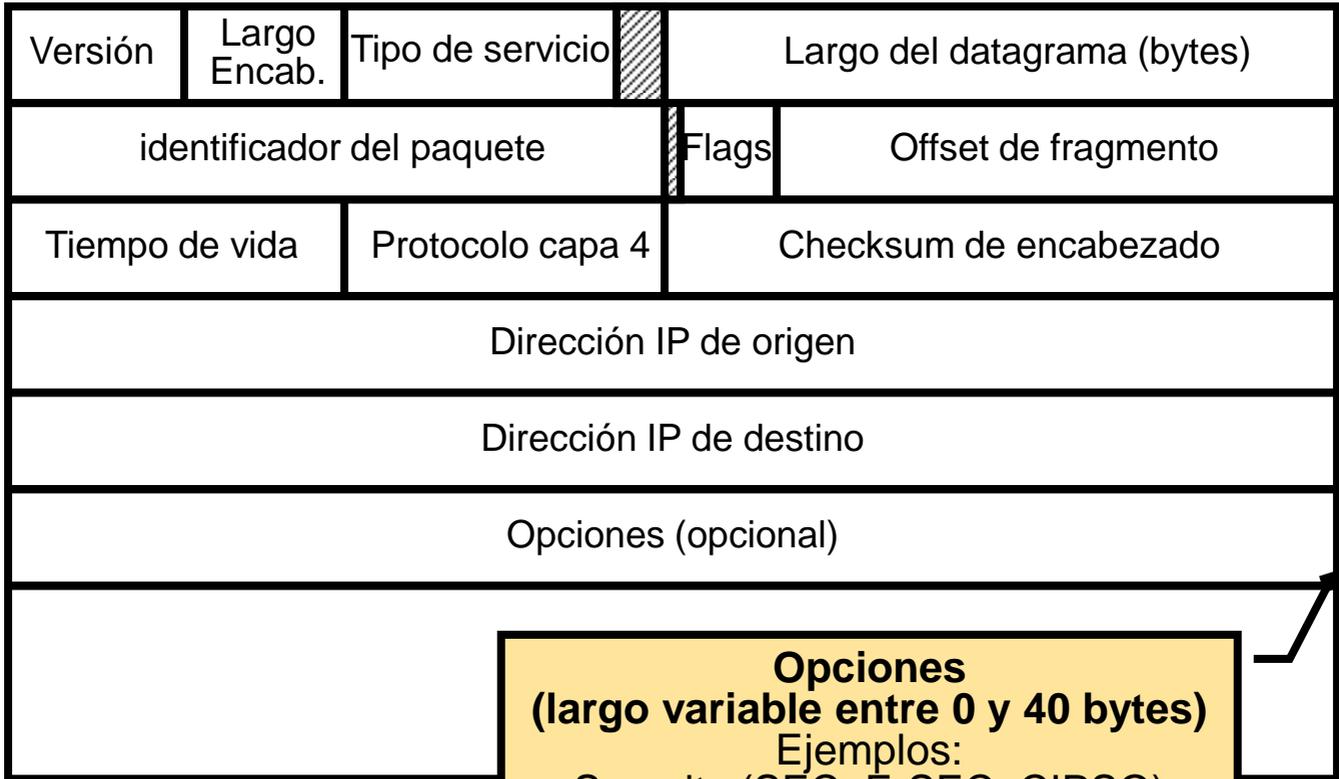
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



Datagrama IPv4

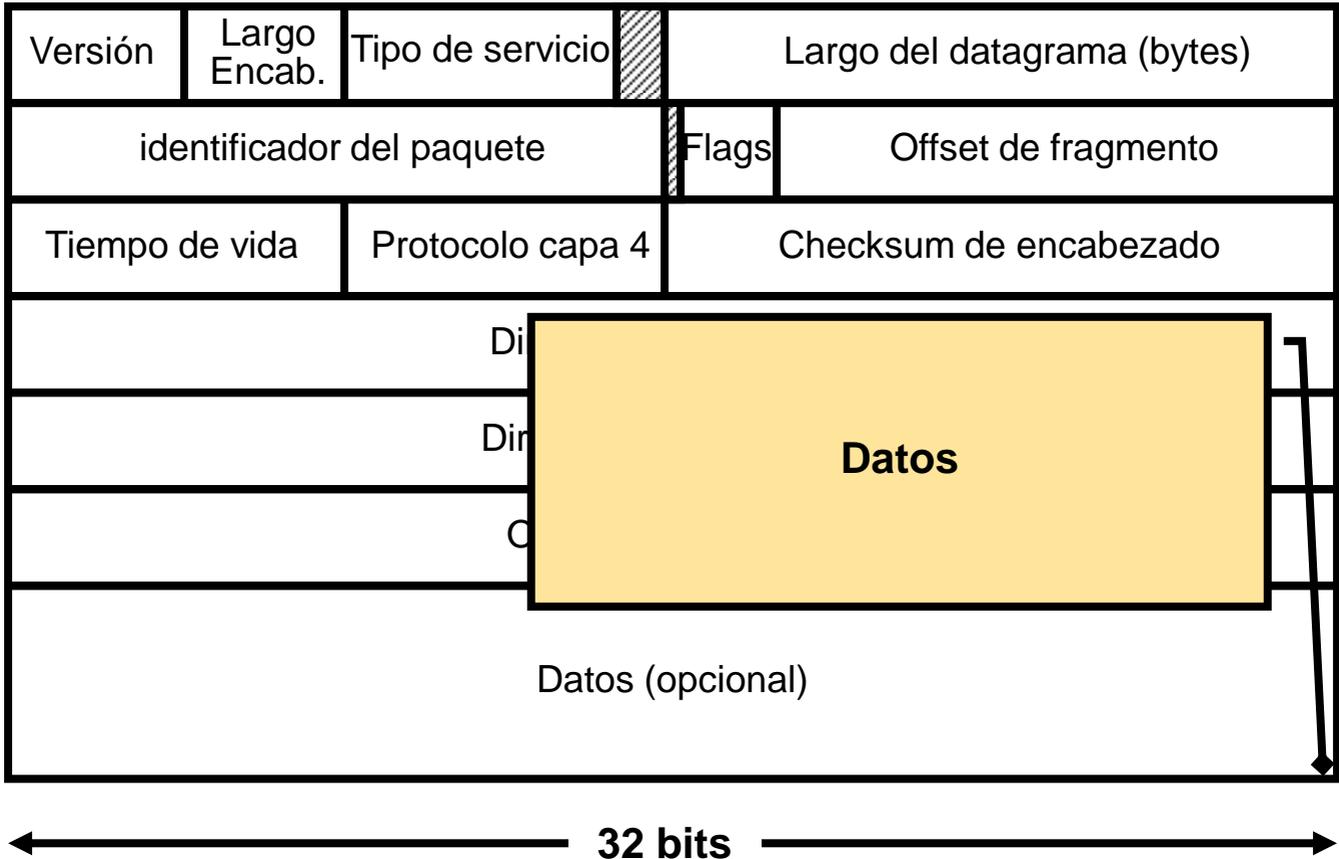
← Orden de transmisión



Opciones
(largo variable entre 0 y 40 bytes)
Ejemplos:
Security (SEC, E-SEC, CIPSO)
Strict source routing (SSR)
Loose source routing (LSR)
Record route (RR)
Timestamp (TS)
....

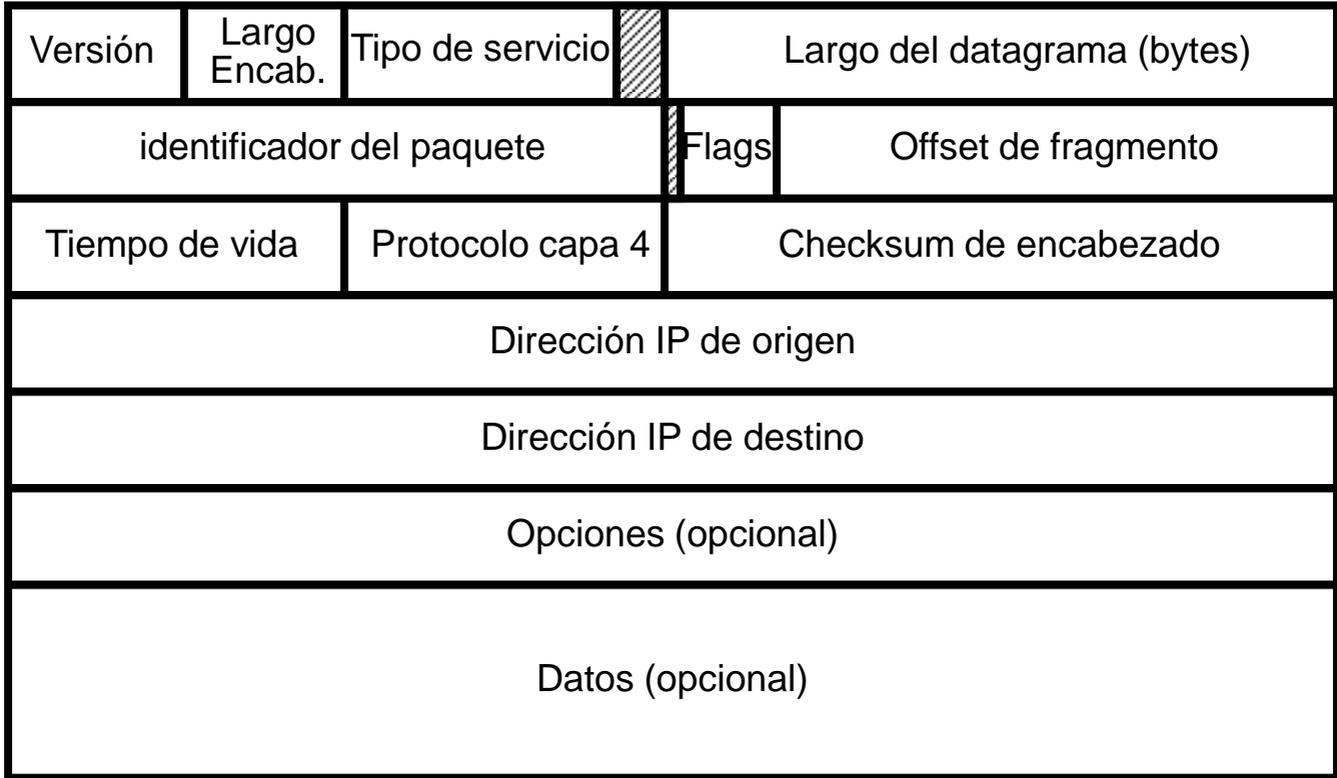
Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



Datagrama IPv4

← Orden de transmisión



← 32 bits →

Agenda (4)

- **Capa de red en Internet**
- **Protocolo IP**
- **Direcciones IPv4**
- **Encaminamiento de paquetes**
- **Fragmentación**
- **Protocolo ICMP**

Función de ruteo

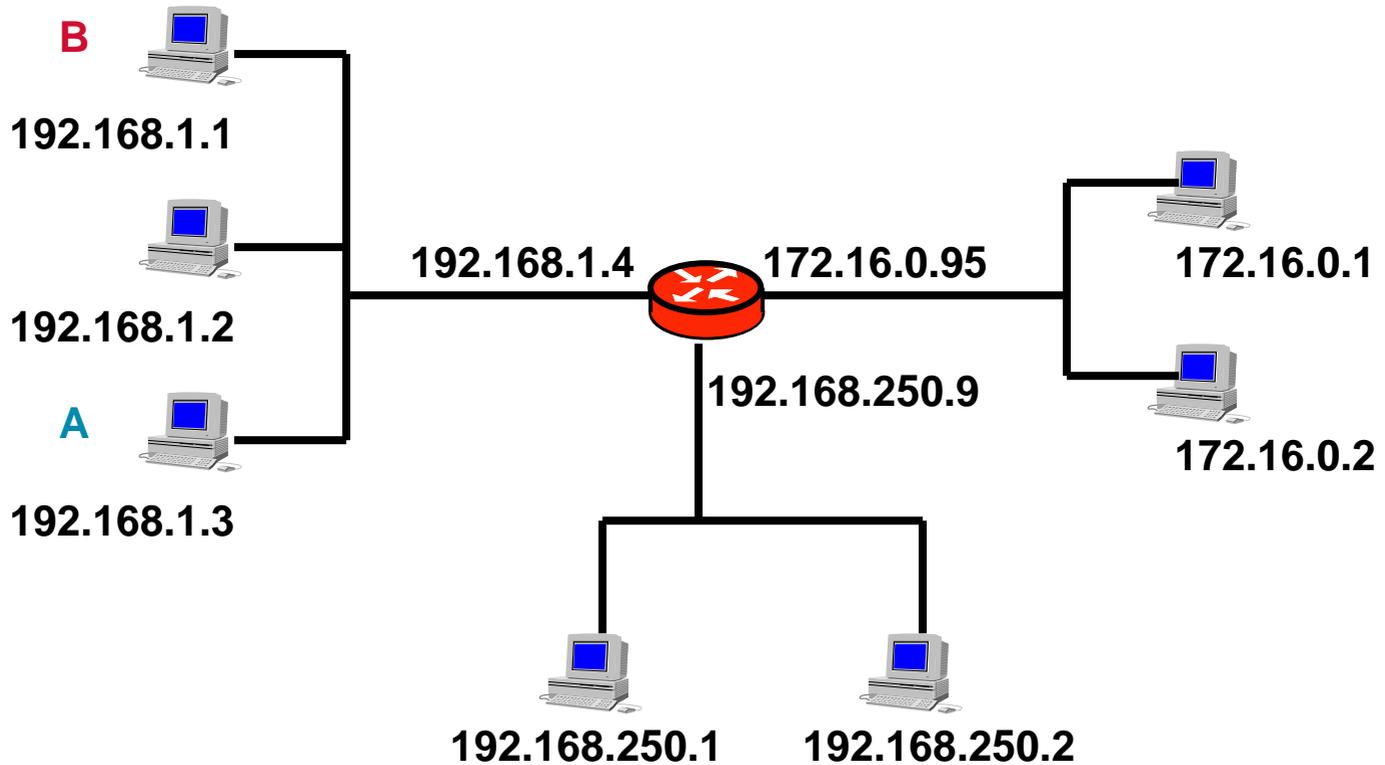
- **Se encarga de construir la tabla de ruteo**
- **La tabla de ruteo puede ser estática o dinámica**
- **Para la actualización dinámica se utilizan protocolos de ruteo que intercambiando información entre los enrutadores de la red y utilizando algoritmos establecen el contenido de la tabla**
- **Normalmente, la actualización de la tabla se realiza periódicamente a intervalos del orden de decenas de segundos o ante la ocurrencia de cambios**
- **Los protocolos de ruteo dinámico intercambian información entre equipos usando protocolos de capas superiores**

Función de forwarding

- **Se encarga de encaminar los paquetes consultando a la tabla de ruteo**
- **La consulta a la tabla de ruteo se realiza paquete a paquete**
- **En la tabla de ruteo se indica para cada destino, el siguiente router (próximo salto) al que debe enviarse el paquete**
- **Hay mecanismos para aumentar la performance de la función de forwarding usando por ejemplo un caché**

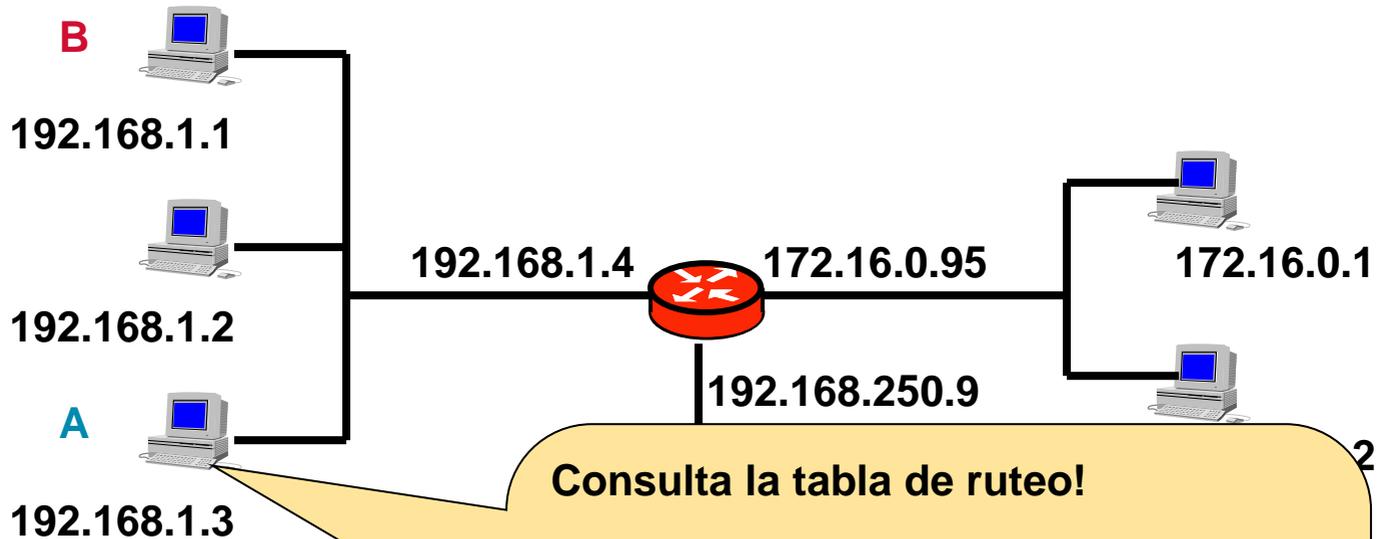
Encaminamiento de datagramas

A hacia B



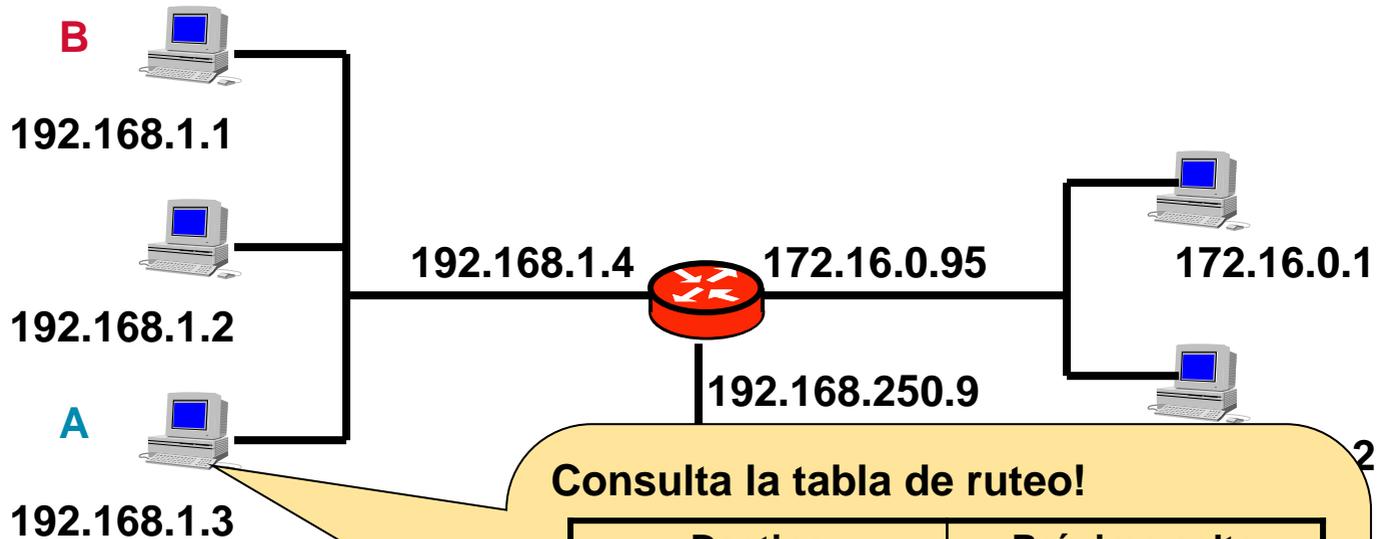
Encaminamiento de datagramas

A hacia B



Encaminamiento de datagramas

A hacia B

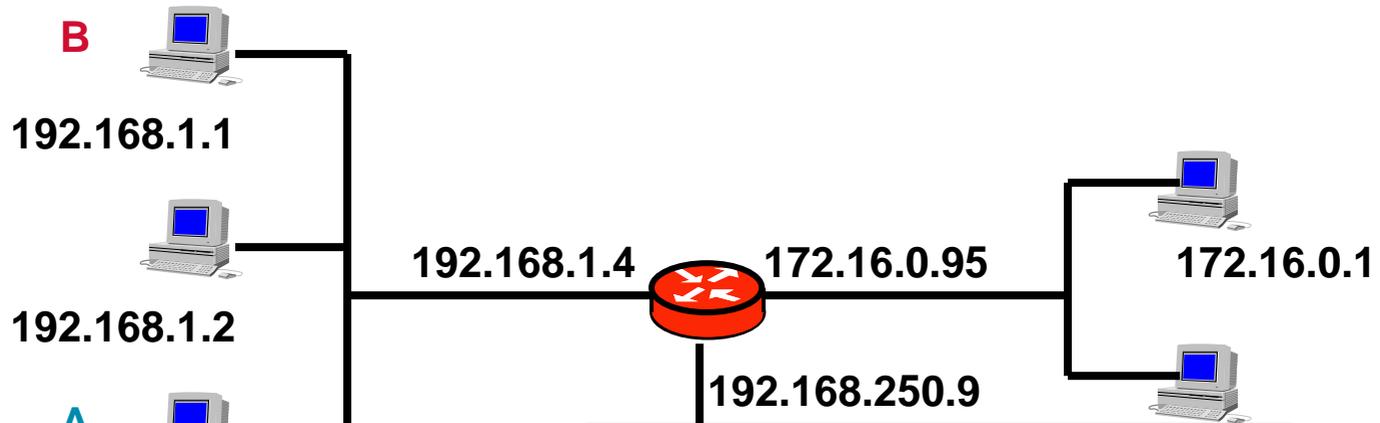


Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encaminamiento de datagramas

A hacia B

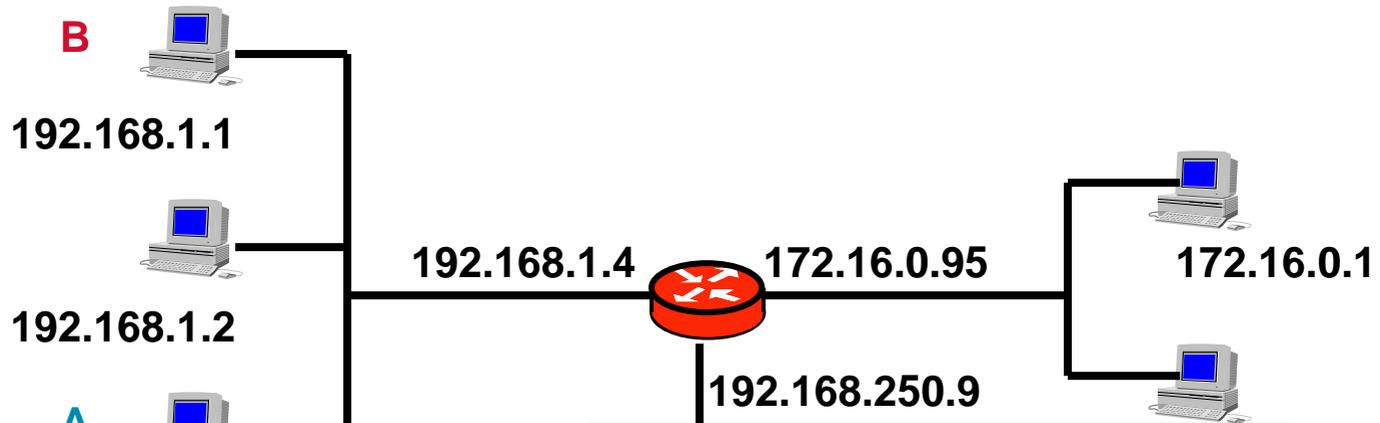


Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encaminamiento de datagramas

A hacia B



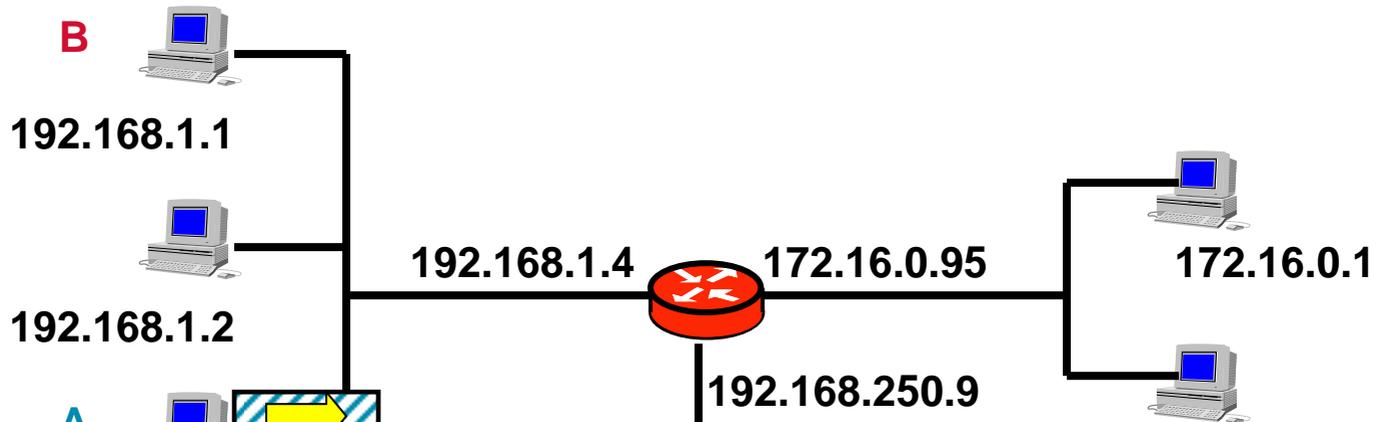
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Entrega a capa de enlace para que se encargue

Encaminamiento de datagramas

A hacia B



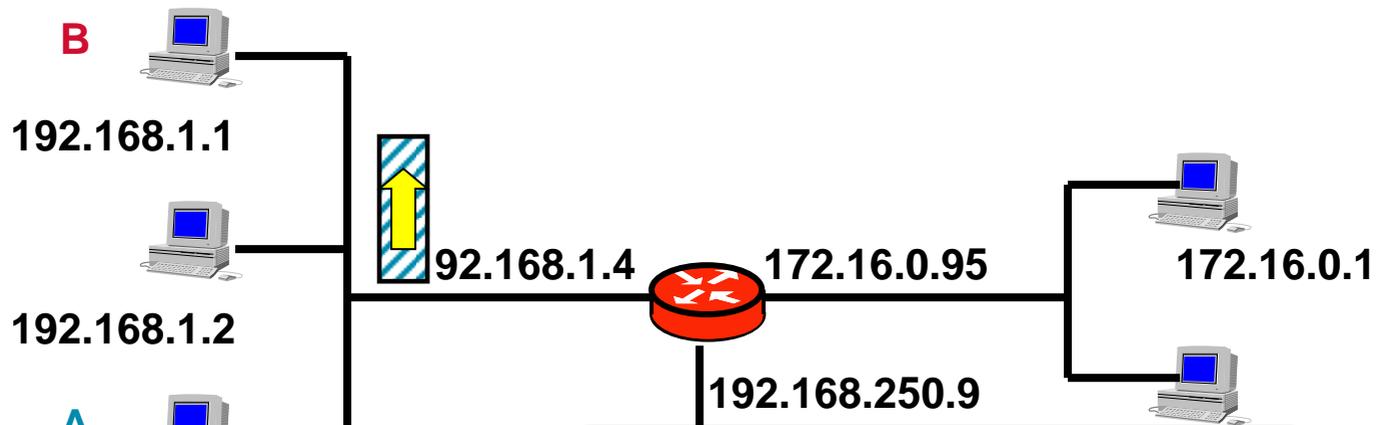
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Entrega a capa de enlace para que se encargue

Encaminamiento de datagramas

A hacia B



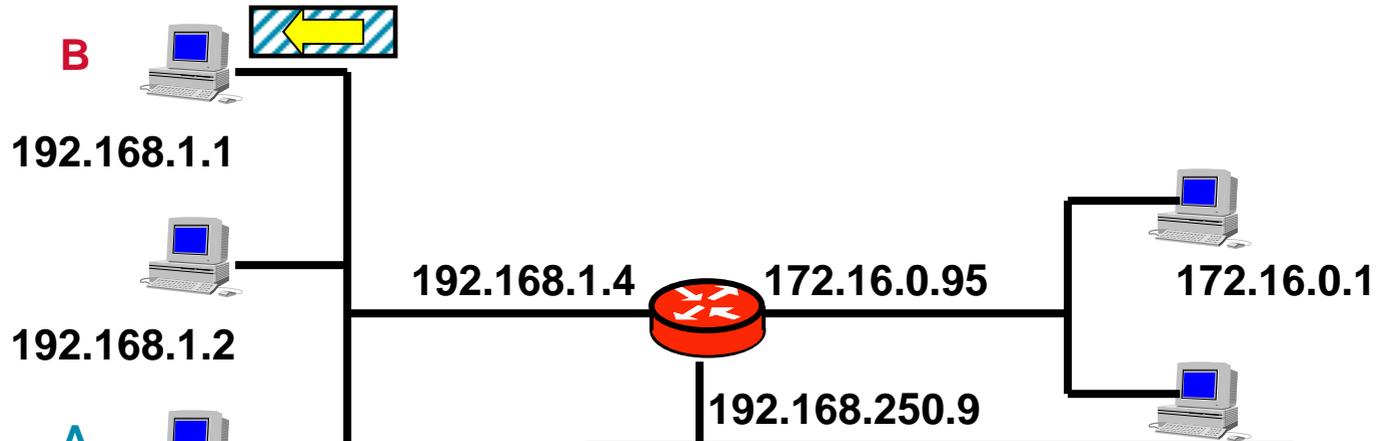
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Entrega a capa de enlace para que se encargue

Encaminamiento de datagramas

A hacia B



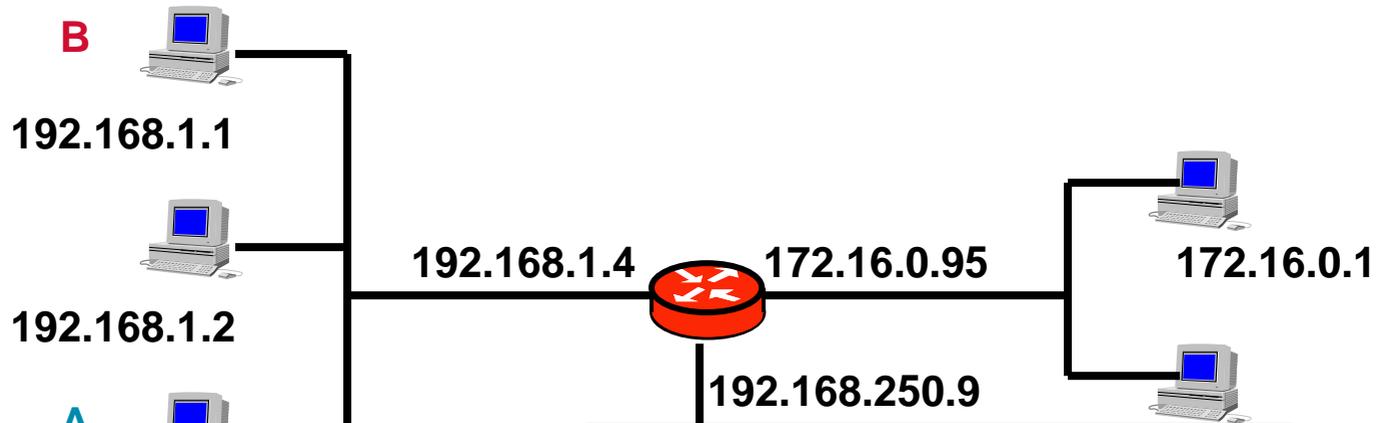
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Entrega a capa de enlace para que se encargue

Encaminamiento de datagramas

A hacia B



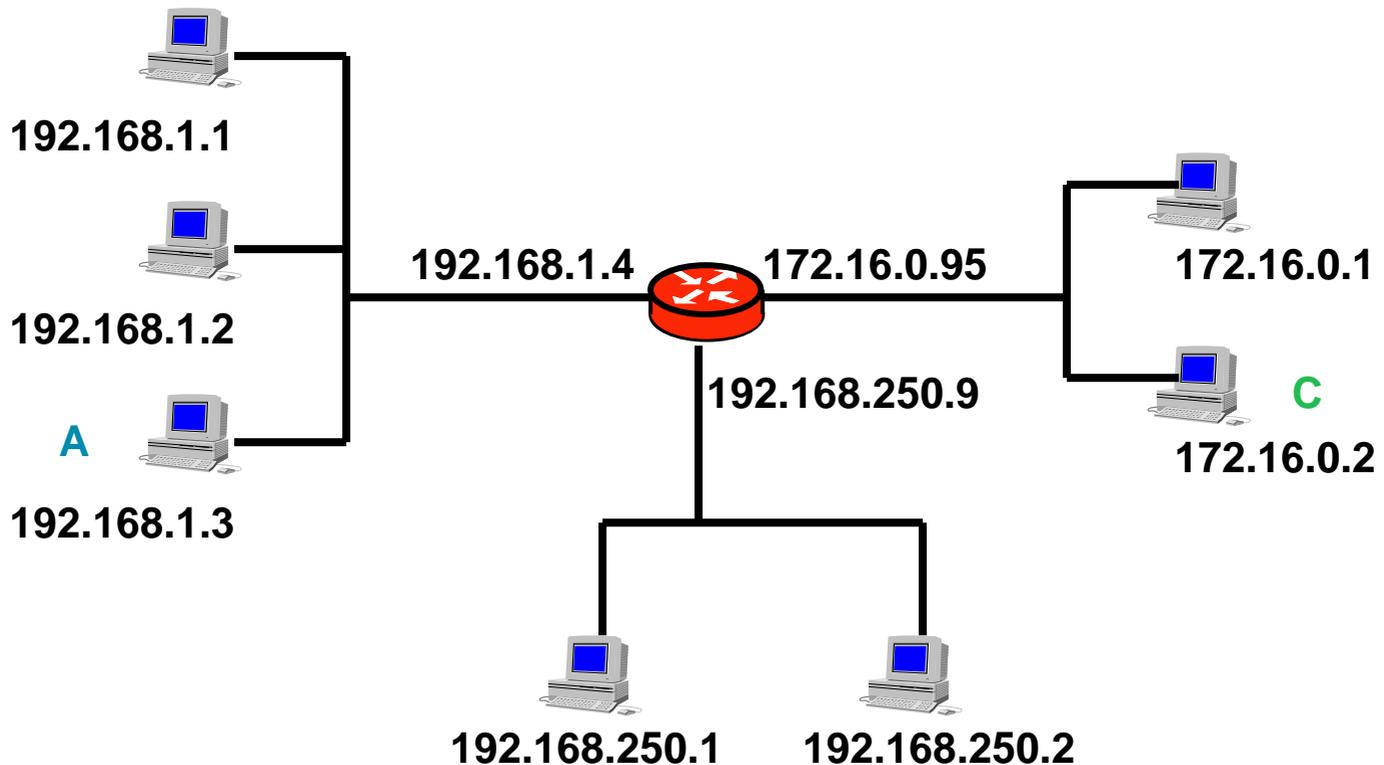
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Entrega a capa de enlace para que se encargue

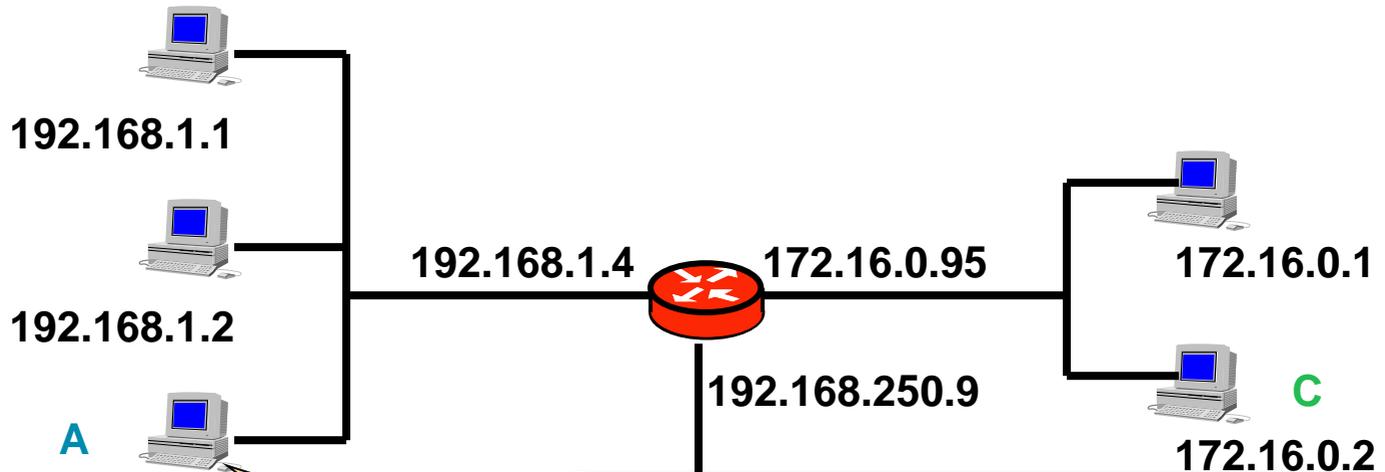
Encaminamiento de datagramas

A hacia C



Encaminamiento de datagramas

A hacia C

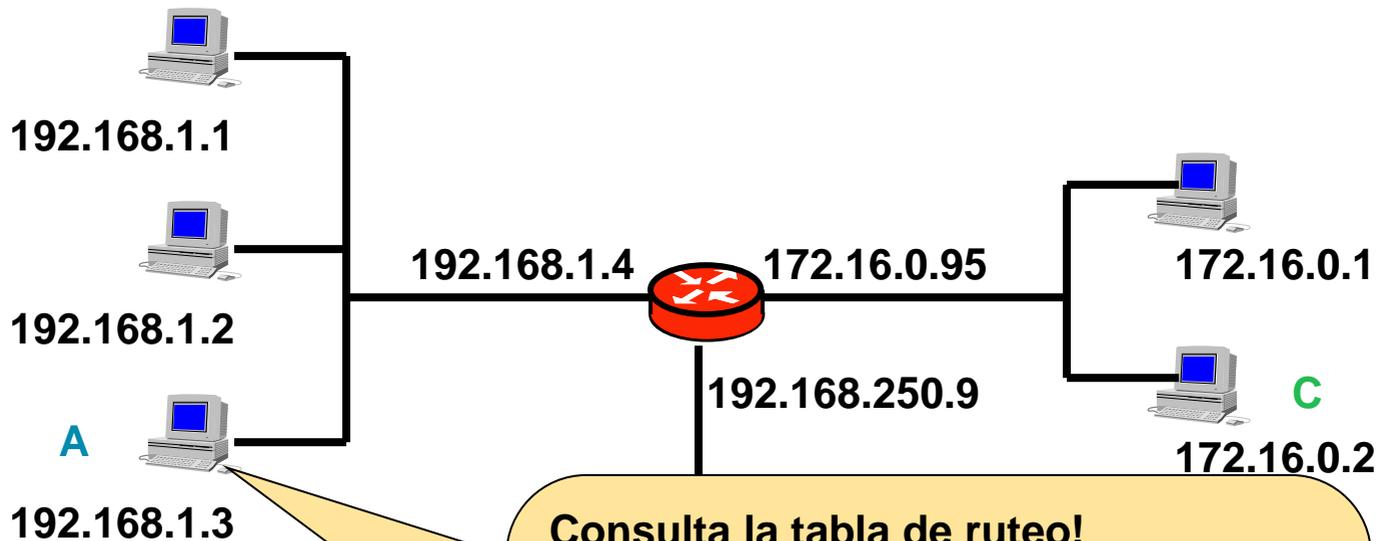


Consulta la tabla de ruteo!

192

Encaminamiento de datagramas

A hacia C

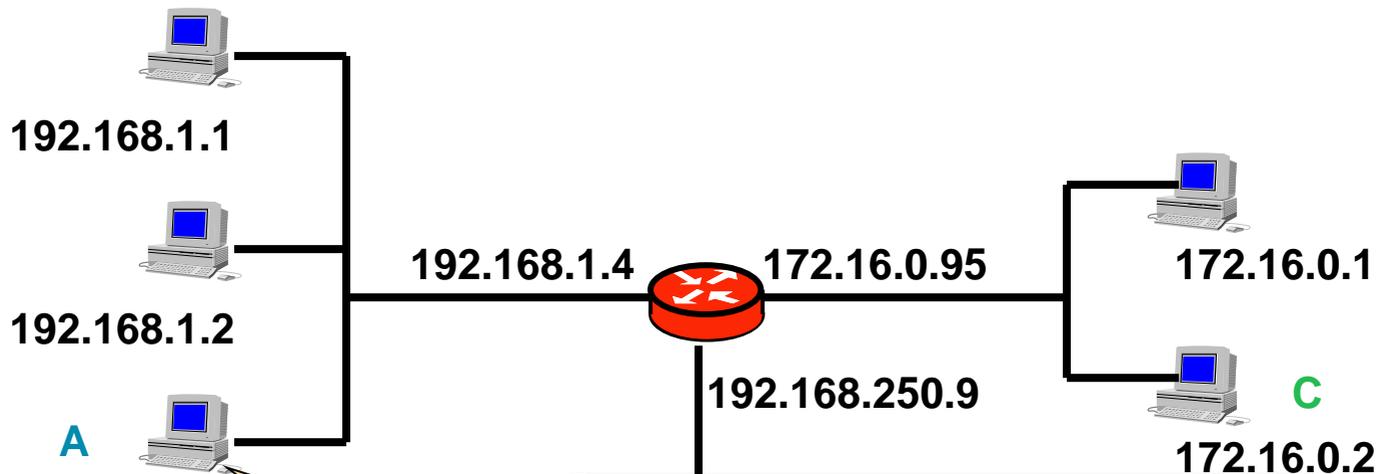


Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encaminamiento de datagramas

A hacia C

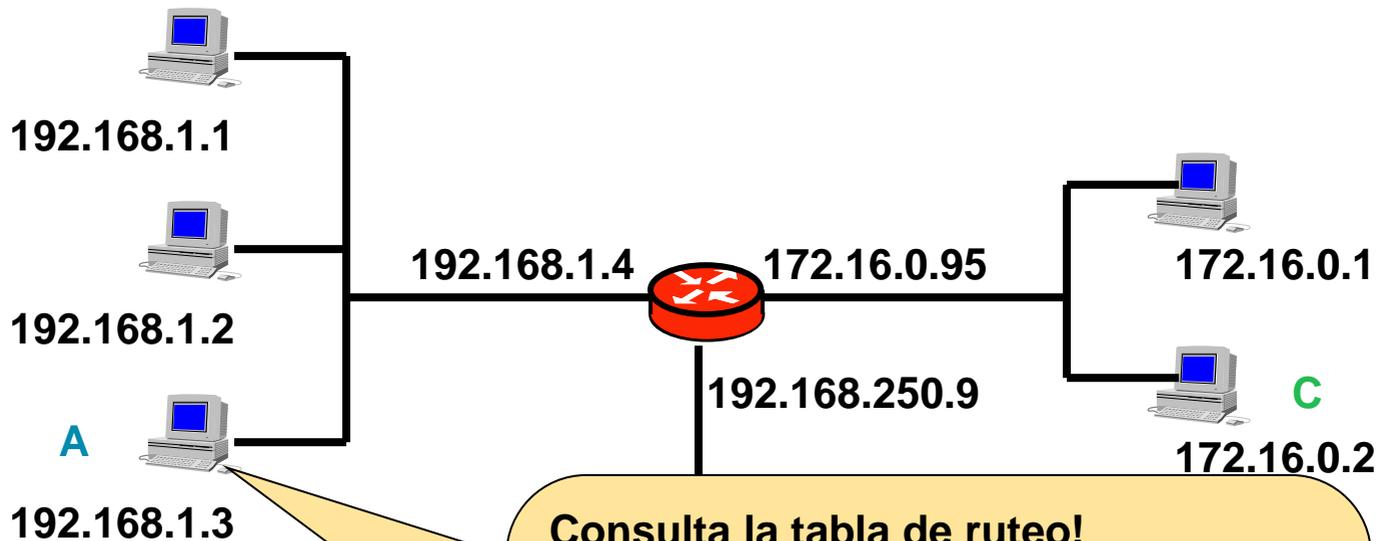


Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encaminamiento de datagramas

A hacia C



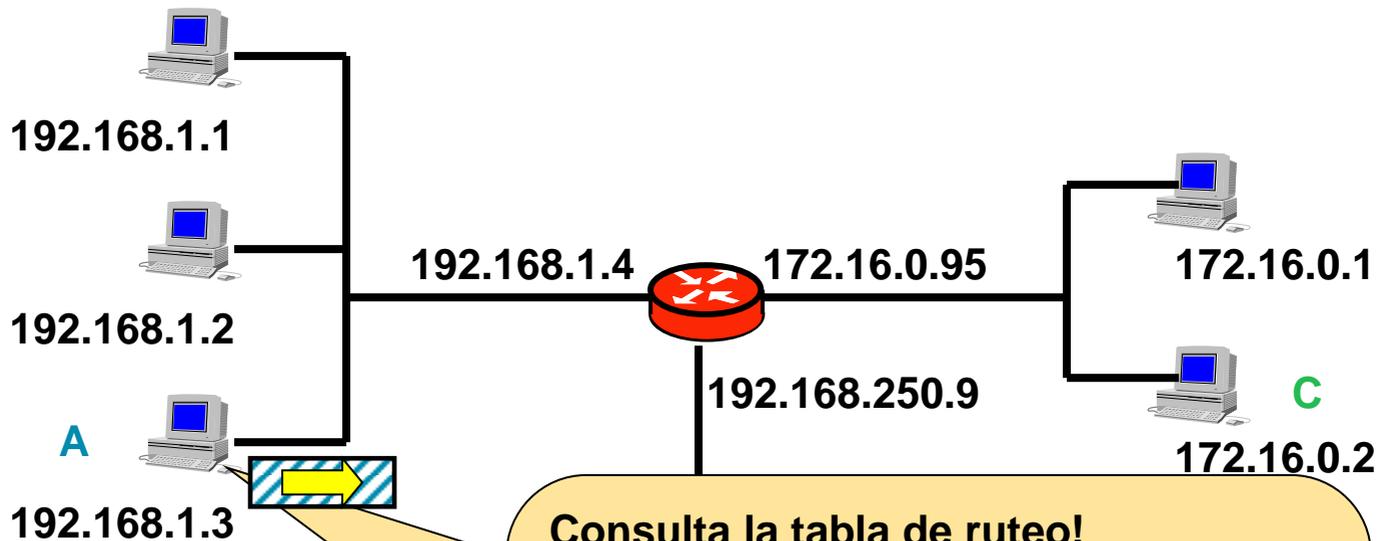
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encamina el paquete hacia el próximo salto

Encaminamiento de datagramas

A hacia C



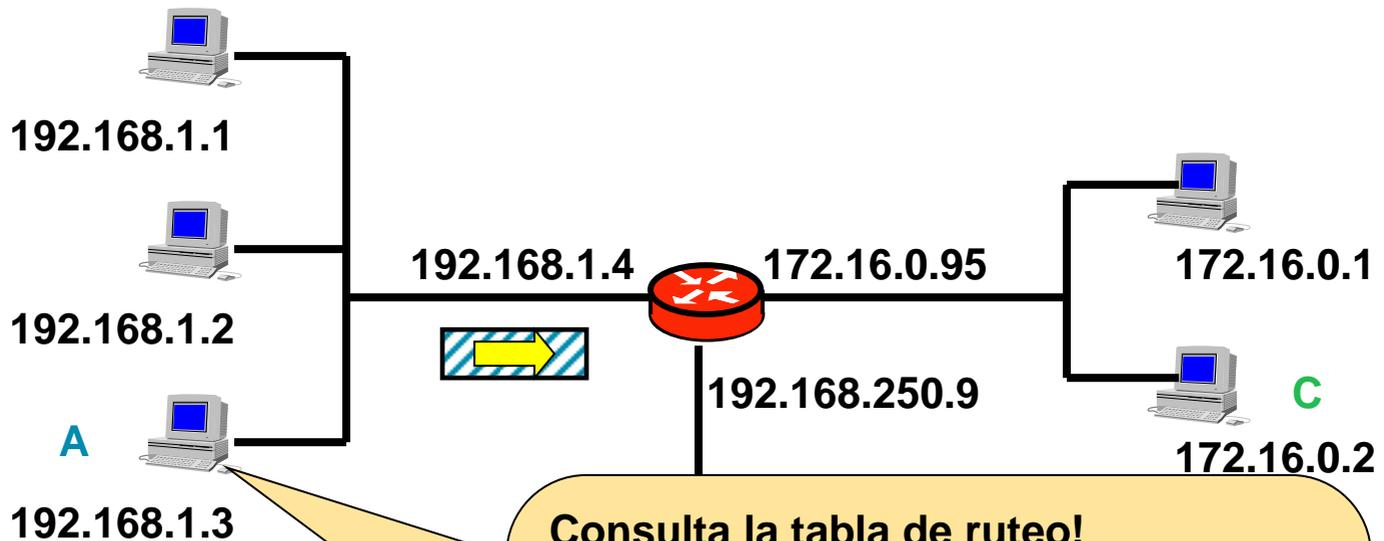
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encamina el paquete hacia el próximo salto

Encaminamiento de datagramas

A hacia C



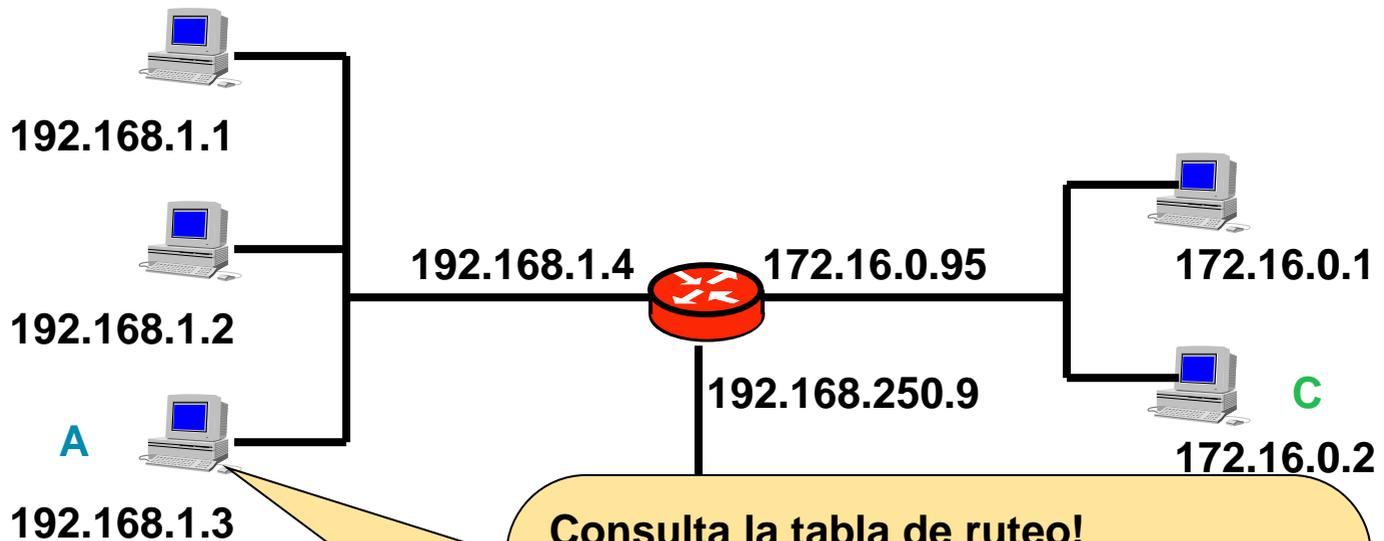
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encamina el paquete hacia el próximo salto

Encaminamiento de datagramas

A hacia C



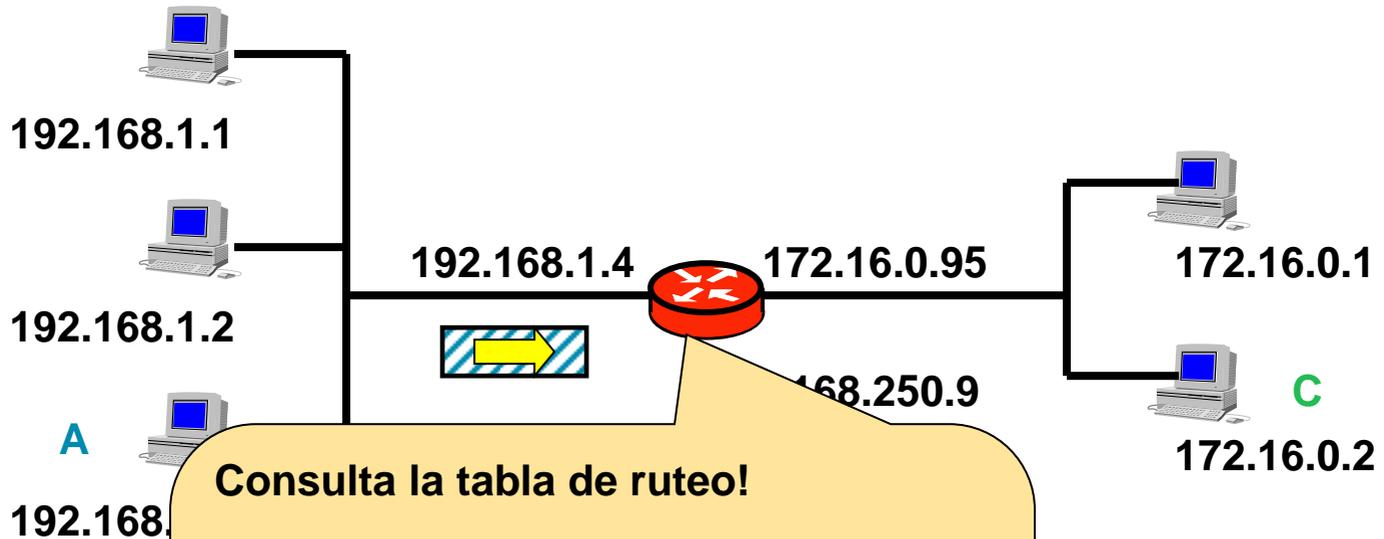
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local
192.168.250.0/24	192.168.1.4
172.16.0.0/24	192.168.1.4

Encamina el paquete hacia el próximo salto

Encaminamiento de datagramas

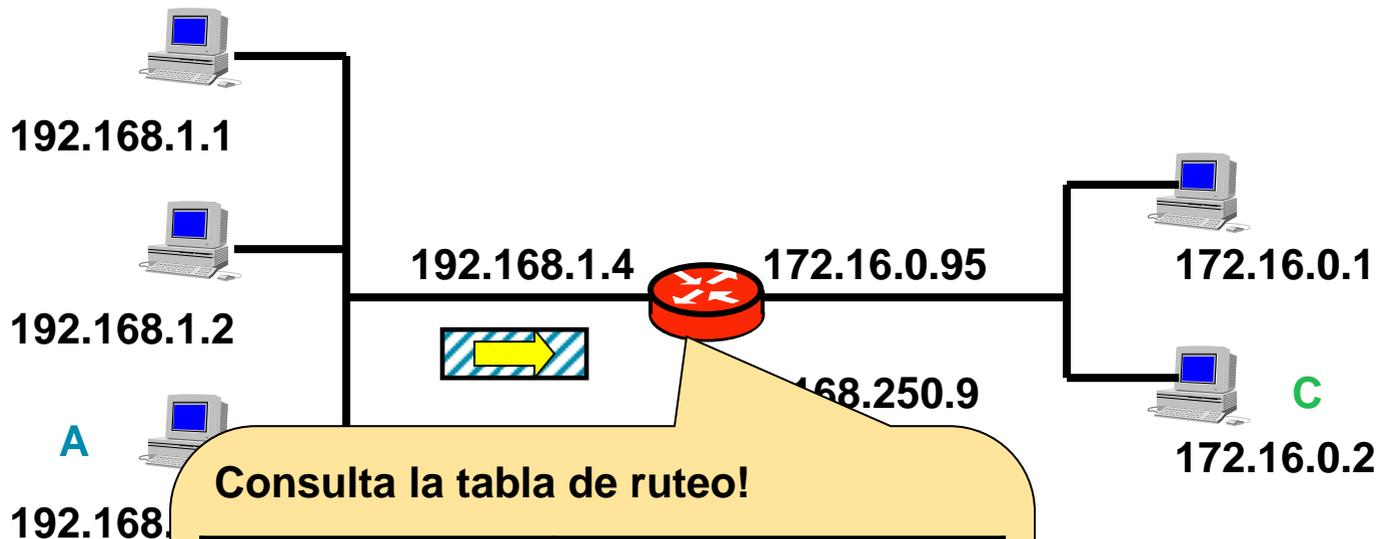
A hacia C



Consulta la tabla de ruteo!

Encaminamiento de datagramas

A hacia C

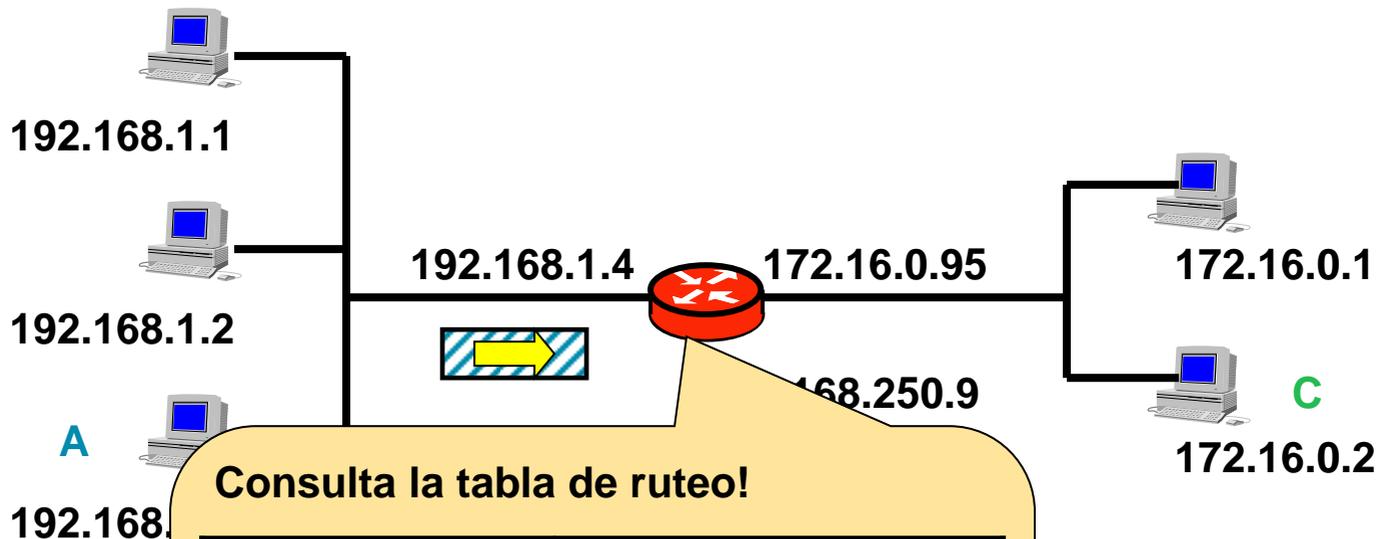


Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local 1
192.168.250.0/24	interfaz de red local 2
172.16.0.0/24	interfaz de red local 3

Encaminamiento de datagramas

A hacia C

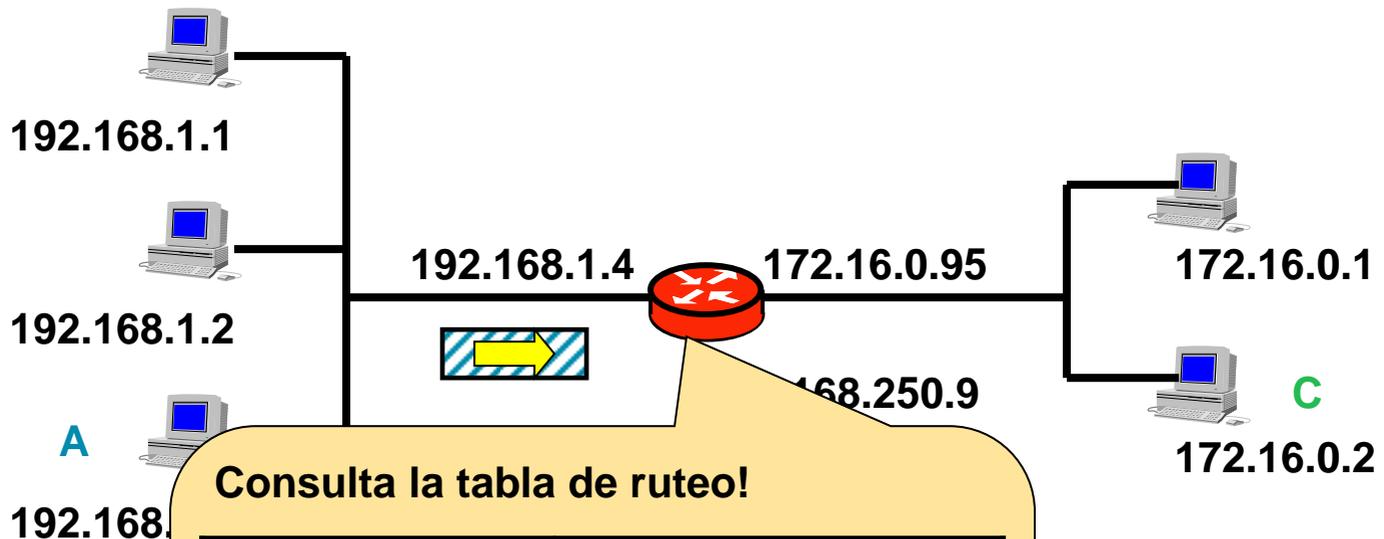


Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local 1
192.168.250.0/24	interfaz de red local 2
172.16.0.0/24	interfaz de red local 3

Encaminamiento de datagramas

A hacia C



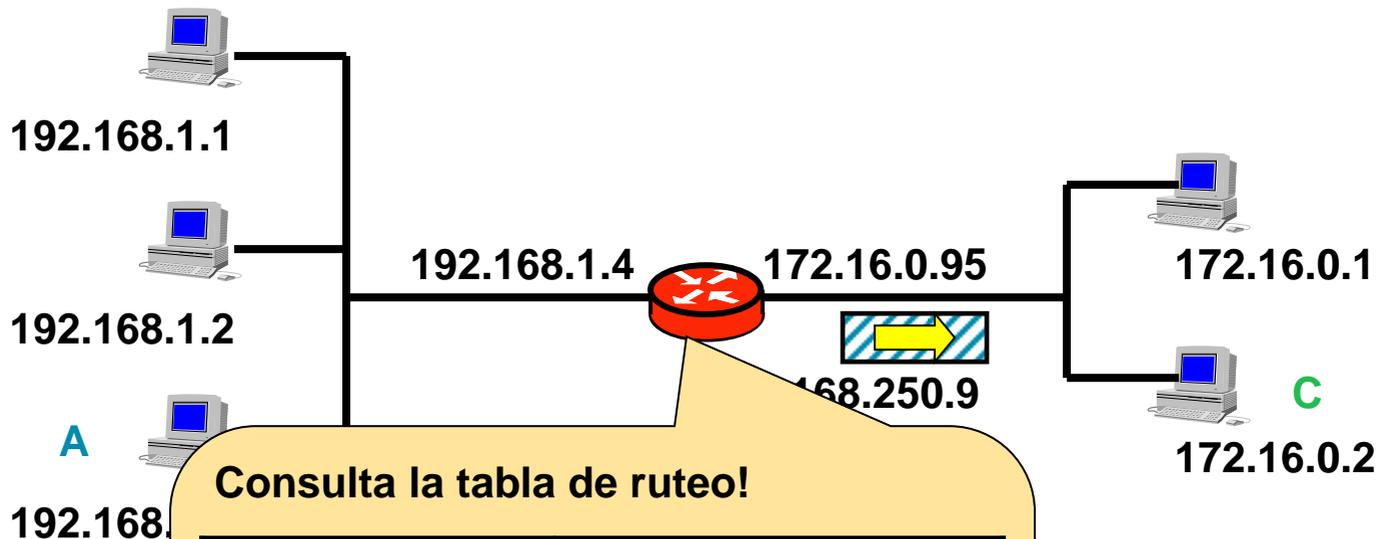
Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local 1
192.168.250.0/24	interfaz de red local 2
172.16.0.0/24	interfaz de red local 3

Entrega a capa de enlace para que se encargue

Encaminamiento de datagramas

A hacia C



Consulta la tabla de ruteo!

Destino	Próximo salto
192.168.1.0/24	interfaz de red local 1
192.168.250.0/24	interfaz de red local 2
172.16.0.0/24	interfaz de red local 3

Entrega a capa de enlace para que se encargue

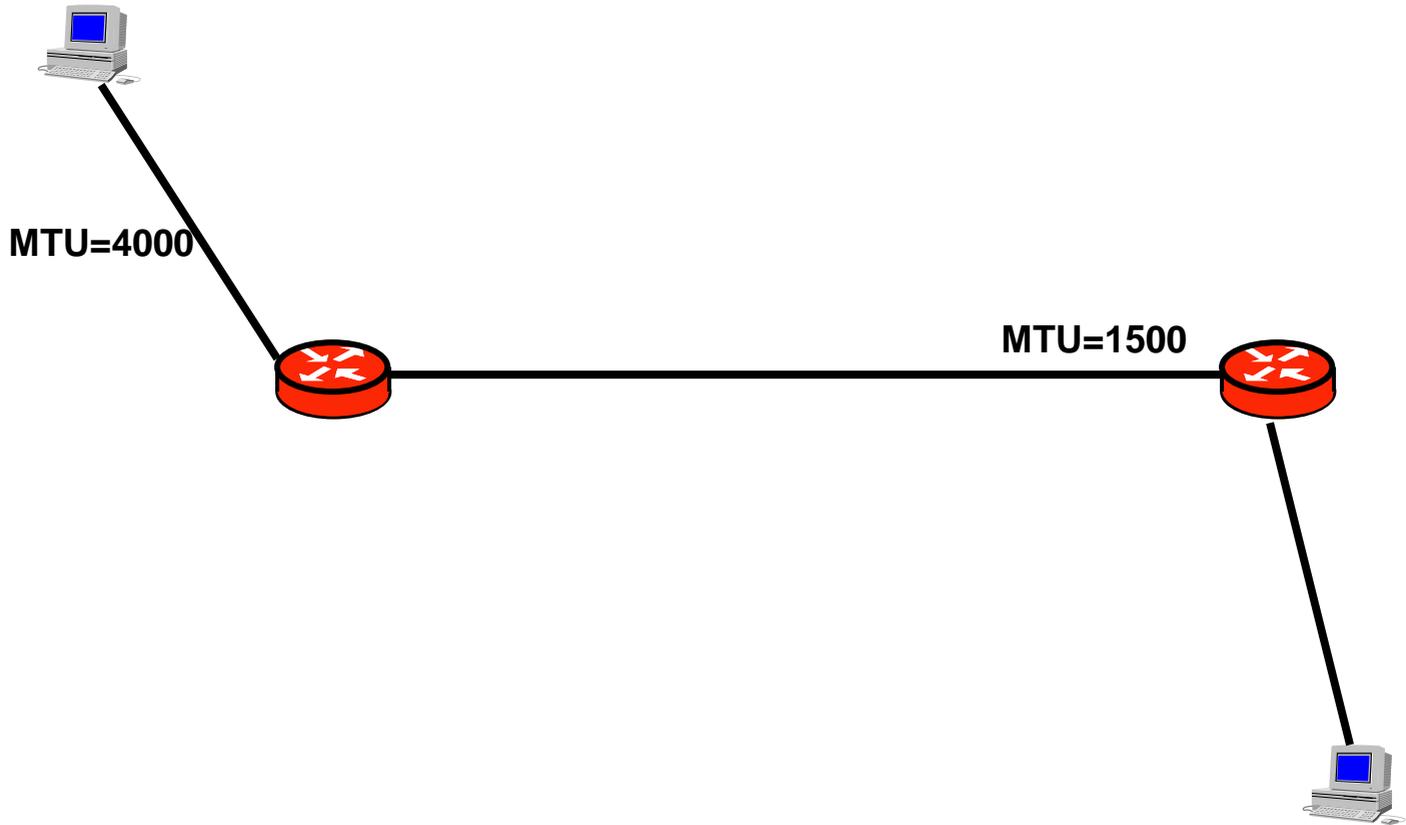
Agenda (5)

- **Capa de red en Internet**
- **Protocolo IP**
- **Direcciones IPv4**
- **Encaminamiento de paquetes**
- **Fragmentación**
- **Protocolo ICMP**

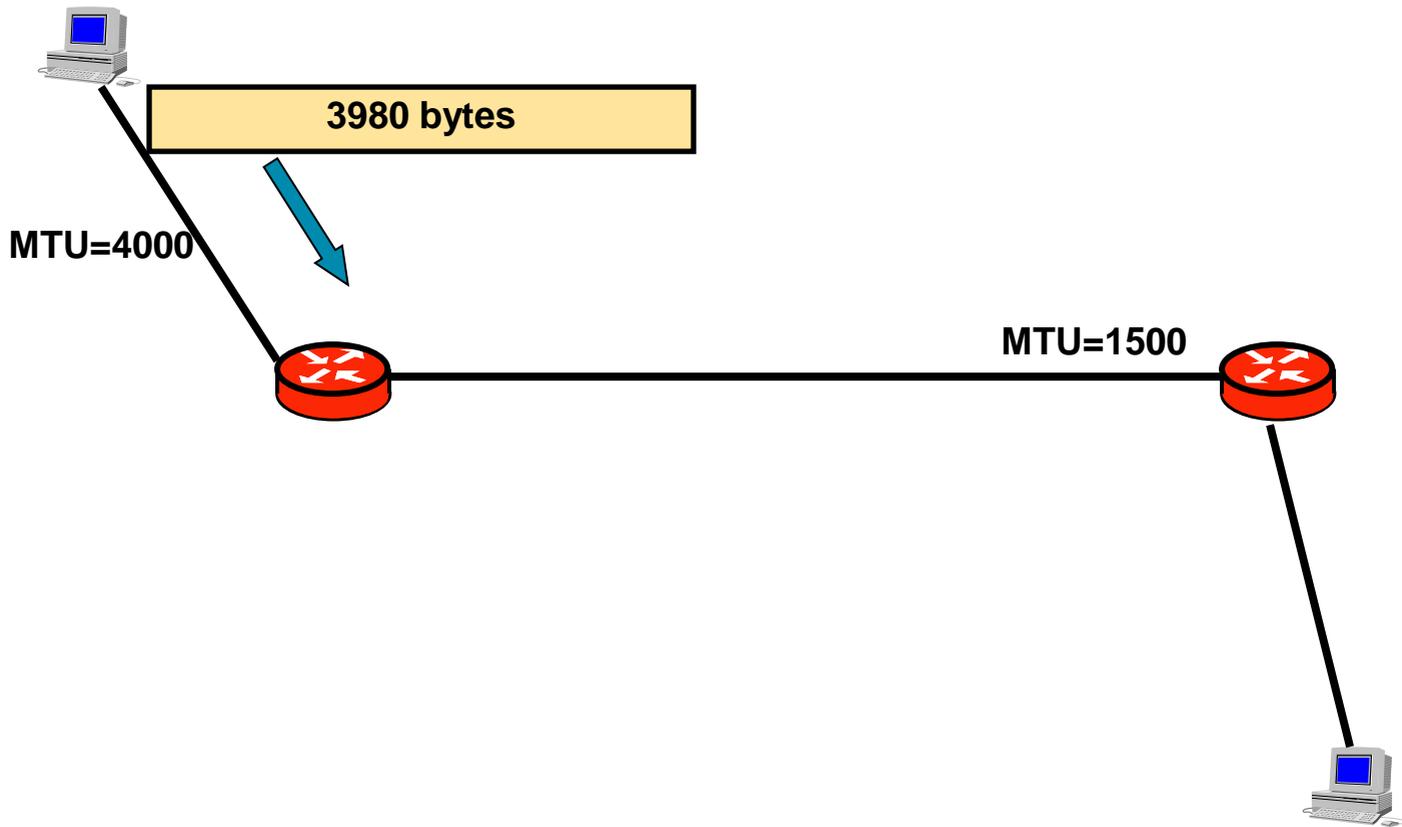
Fragmentación

- Los paquetes IP se encapsulan en tramas de la capa de enlace de datos, las cuales tienen limitaciones de tamaño máximo (MTU=maximum transfer unit)
- Las diferentes tecnologías de capa de enlace pueden tener diferentes MTU y por lo tanto puede requerirse fragmentación
- Para manejar la fragmentación y reensamblado de paquetes se utilizan campos específicos del encabezado IP
- Independientemente del orden en que lleguen los fragmentos al destino, con el identificador y el offset se pueden reensamblar

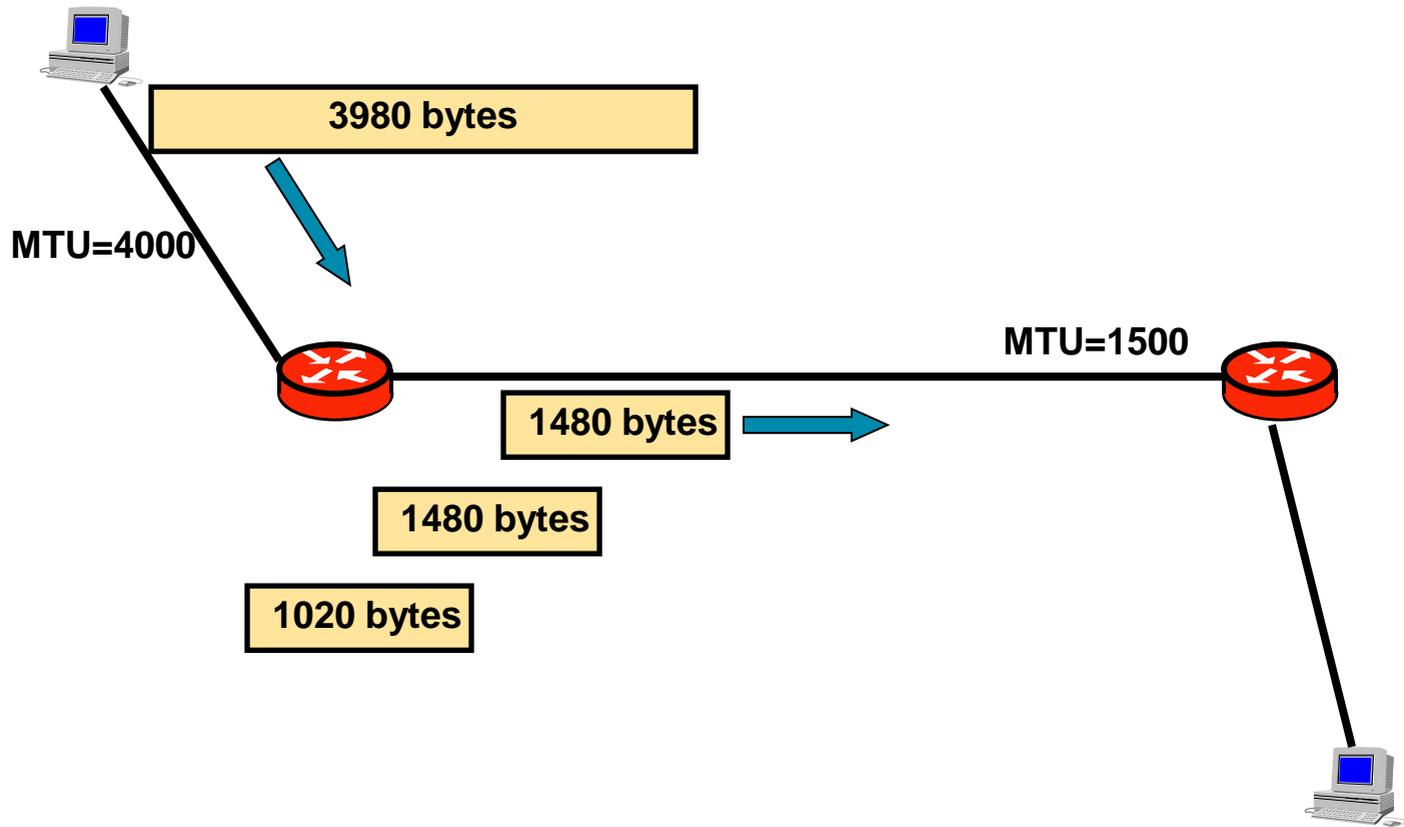
Ejemplo de fragmentación



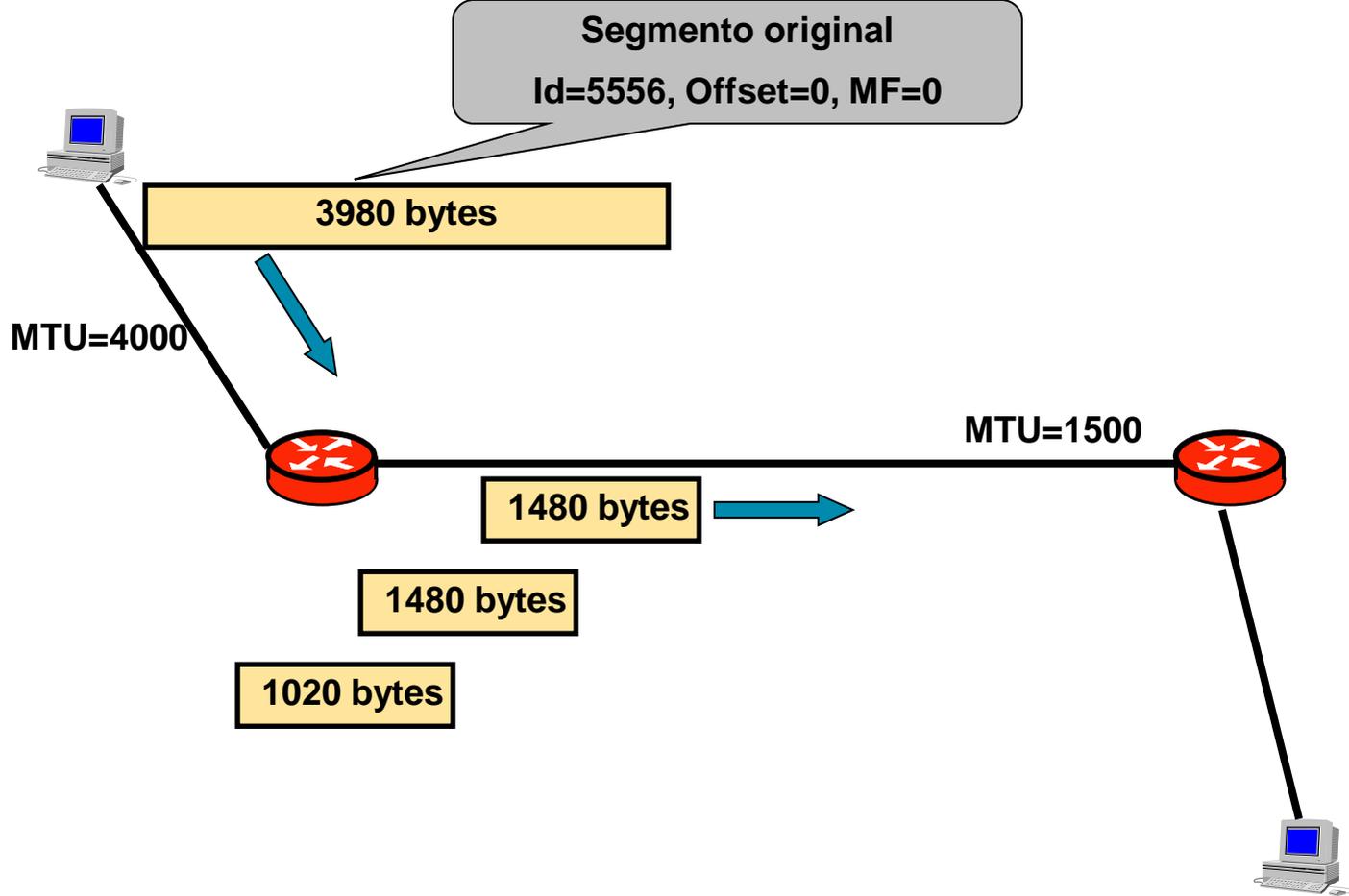
Ejemplo de fragmentación



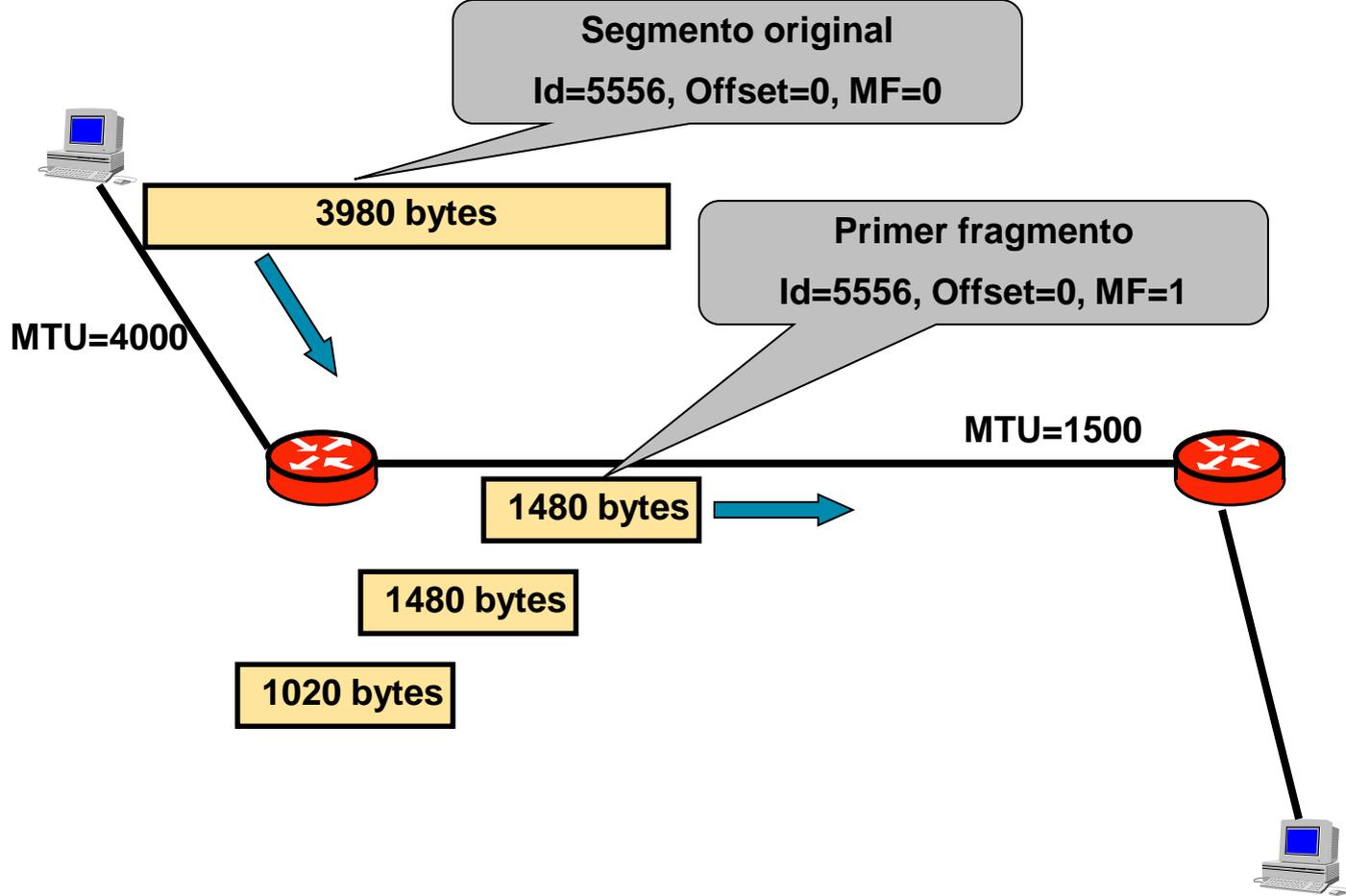
Ejemplo de fragmentación



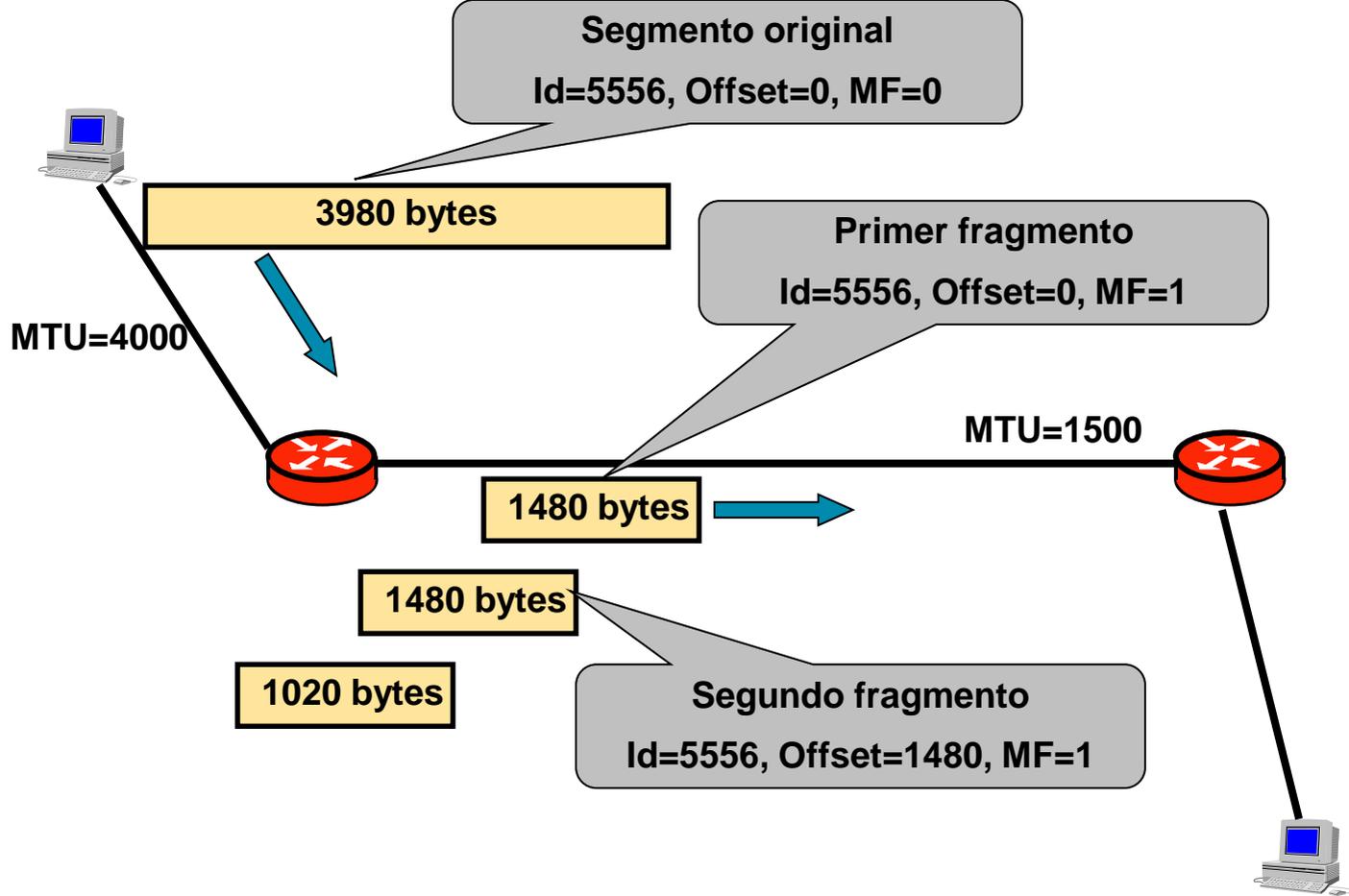
Ejemplo de fragmentación



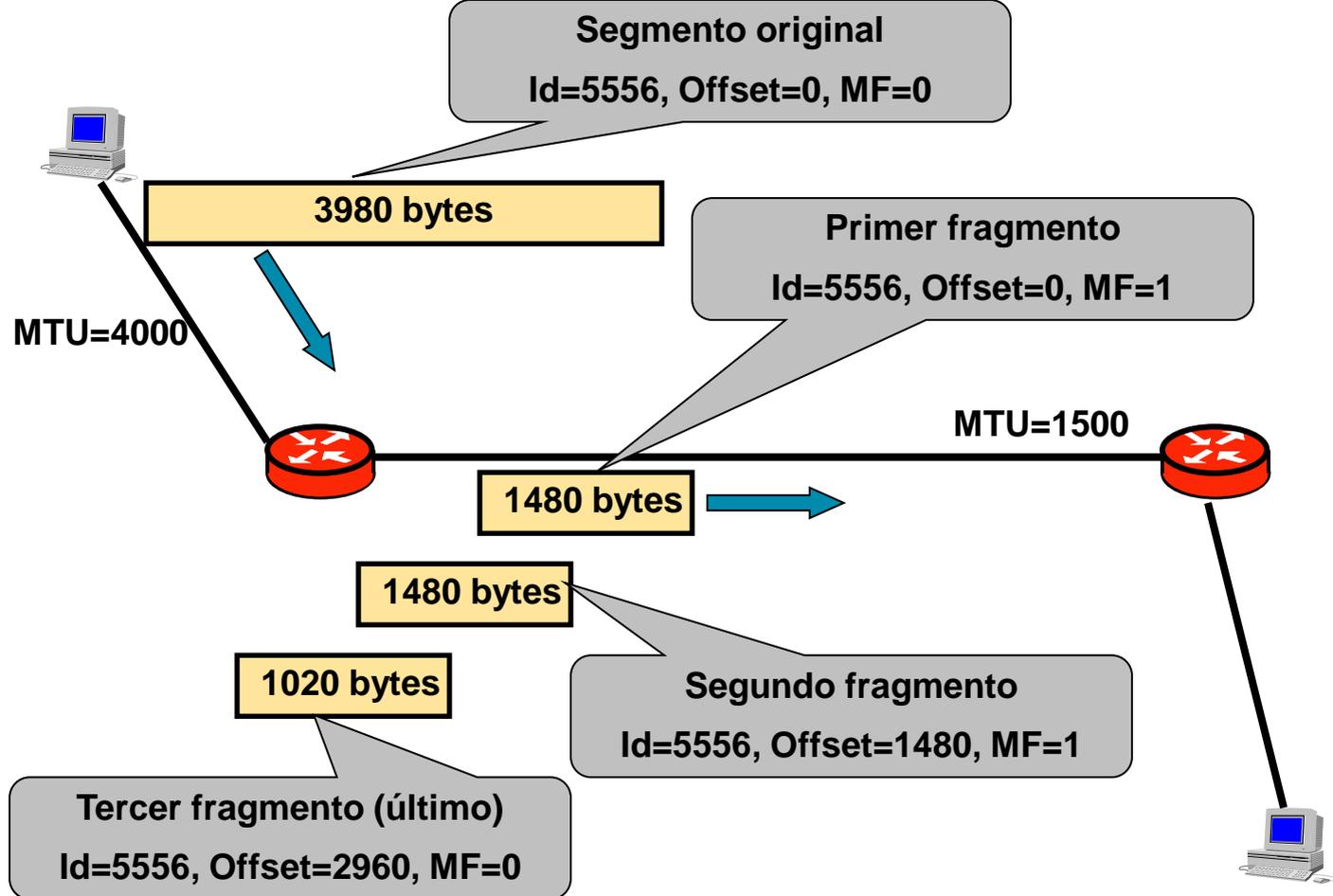
Ejemplo de fragmentación



Ejemplo de fragmentación



Ejemplo de fragmentación



Agenda (6)

- **Capa de red en Internet**
- **Protocolo IP**
- **Direcciones IPv4**
- **Encaminamiento de paquetes**
- **Fragmentación**
- **Protocolo ICMP**

ICMP: Internet Control Message Protocol

- **Reporte de errores**
- **Pruebas de conectividad**
- **Algunos tipos de mensajes ICMP:**
 - **echo request, echo reply**
 - **destination unreachable or unknown (host, network, port, protocol)**
 - **source quench (control de congestión)**
 - **time exceeded**
 - **...**