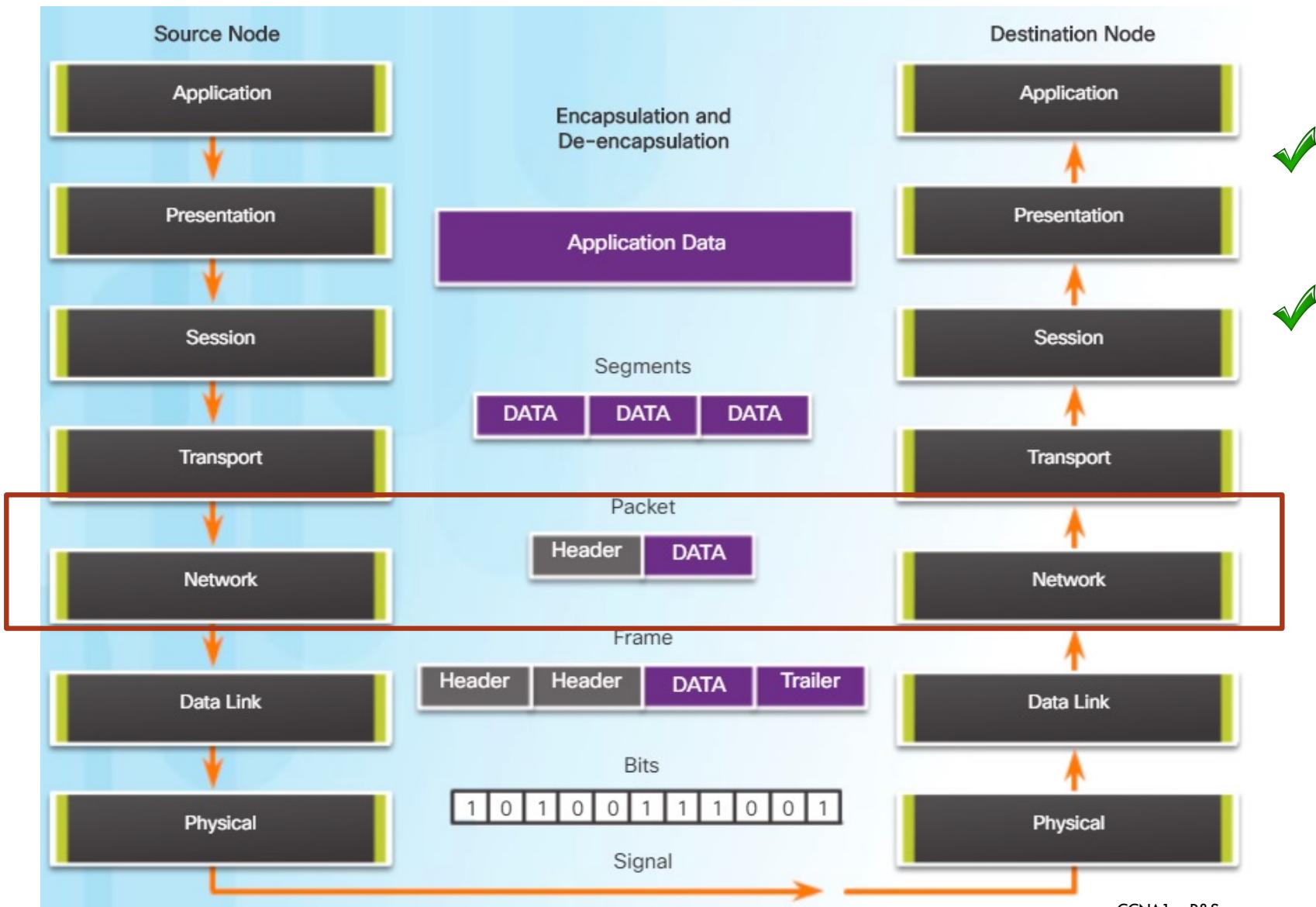


# Redes de Computadores – RECO

## Capa de Red

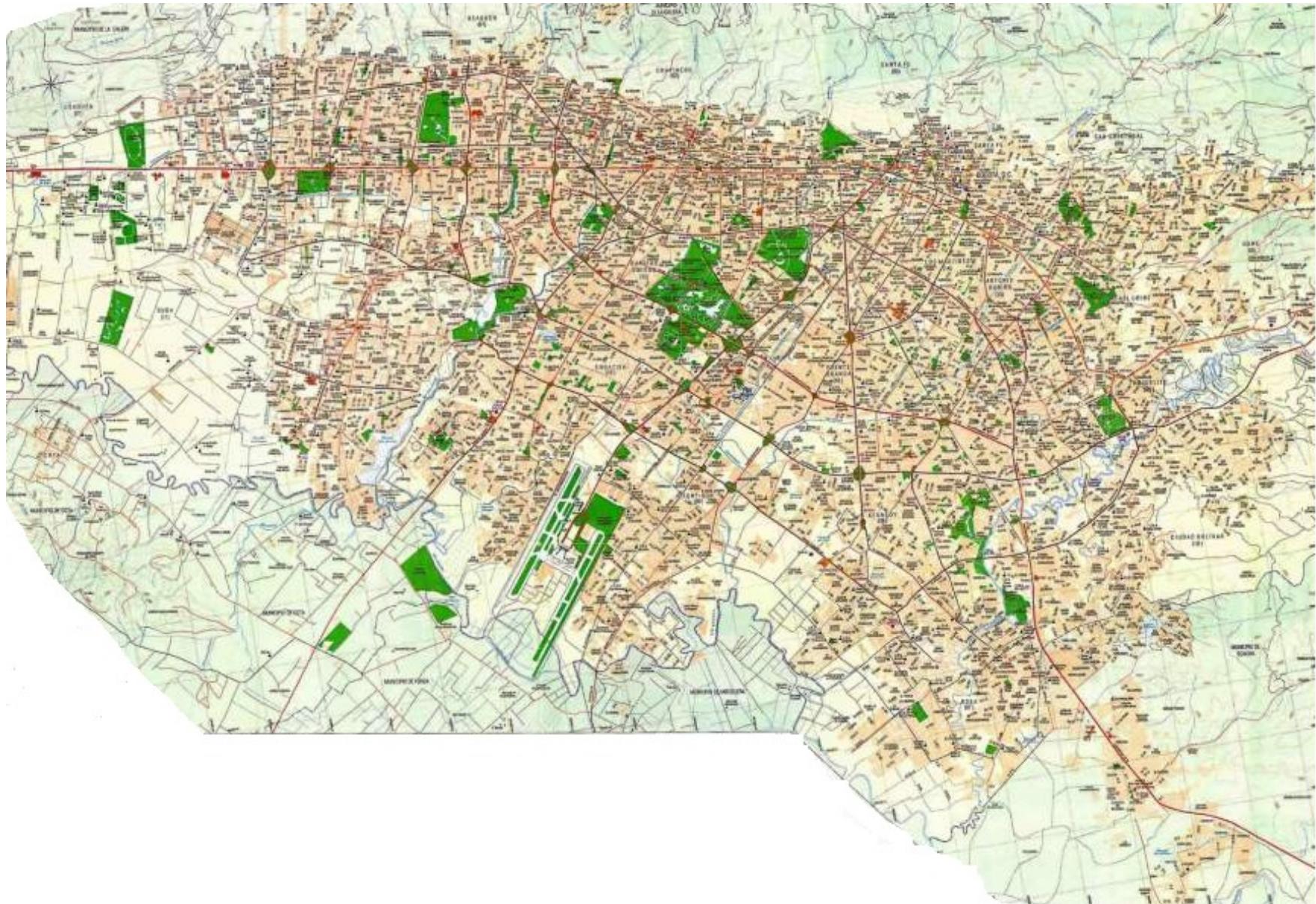
Ing. Claudia Patricia Santiago Cely

# EL MODELO ...





# UNA SUBRED CLÁSICA – SISTEMA VIAL





# UNA SUBRED CLÁSICA – SISTEMA VIAL

MAPA GENERAL

SISTEMA TRANSMILENIO  
Bogotá / Colombia



(La información de este mapa está sujeta a posibles modificaciones).

Aeropuerto Eldorado 

Versión Febrero 2018.



Acreditación  
institucional  
«Alta Calidad»

Agencia para  
Acreditación de la  
Calidad en la Educación Superior

# PROBLEMÁTICA

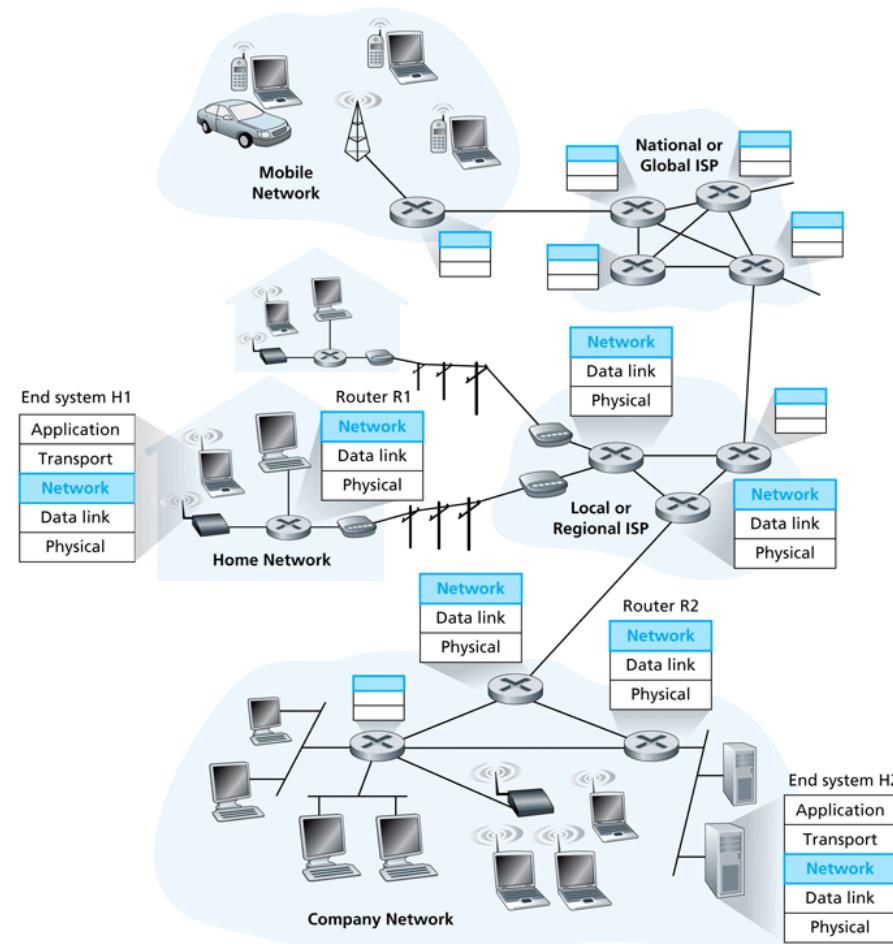


ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO

VERACON

- Tráfico
- Vías pequeñas y grandes, rápidas y lentas
- Muchas opciones para llegar de un lado al otro
- Direcciones (calles, carreras, números)
- Impuestos
- Entes de control

# EN LAS REDES DE COMPUTADORES



**Figure 4.1** ♦ The network layer

Computer Networking: A Top-Down Approach, James F. Kurose, Keith W. Ross,



## CAPA DE RED

- Se ocupa de controlar el funcionamiento de la subred
- Manejo de rutas
- Debe determinar el comportamiento de los equipos de la red según el tipo de conexión entre la fuente y el destino
- Control de congestión
- Facturación a los usuarios
- Solucionar problemas entre redes diferentes
- Para WAN y para LAN
- Direccionamiento



## CAPA DE RED

- Se encarga de llevar los paquetes desde el origen hasta el destino
- Esto puede requerir muchos saltos por enrutadores intermedios
- Para lograr esto debe
  - conocer la topología de la subred
  - Escoger las trayectorias adecuadas a través de ellas
- Debe tener cuidado en escoger la ruta correcta para evitar sobre cargar una línea y dejar sin “trabajo” a otras
- Cuando el origen y el destino están en redes diferentes, debe manejar estas diferencias

# CAPA DE RED

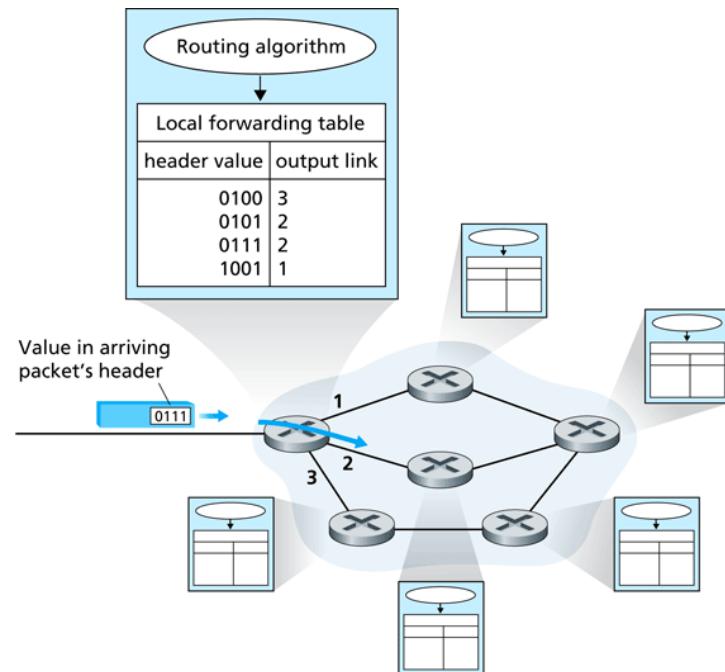


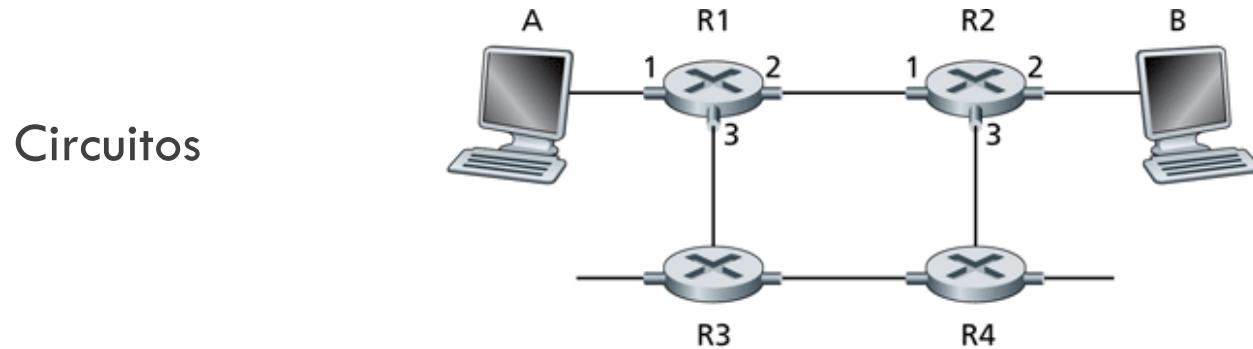
Figure 4.2 ♦ Routing algorithms determine values in forwarding tables.

Computer Networking: A Top-Down Approach., James F. Kurose, Keith W. Ross,

## Las funciones mas importantes

- Configuración de la conexión
  - Circuitos virtuales
  - Datagramas
- Routing – direccionamiento y definición de ruta
  - Equipos
  - Encapsulamiento
  - Fragmentación
  - Direccionamiento
  - Protocolos
- Forwarding – transferencia – transmisión.

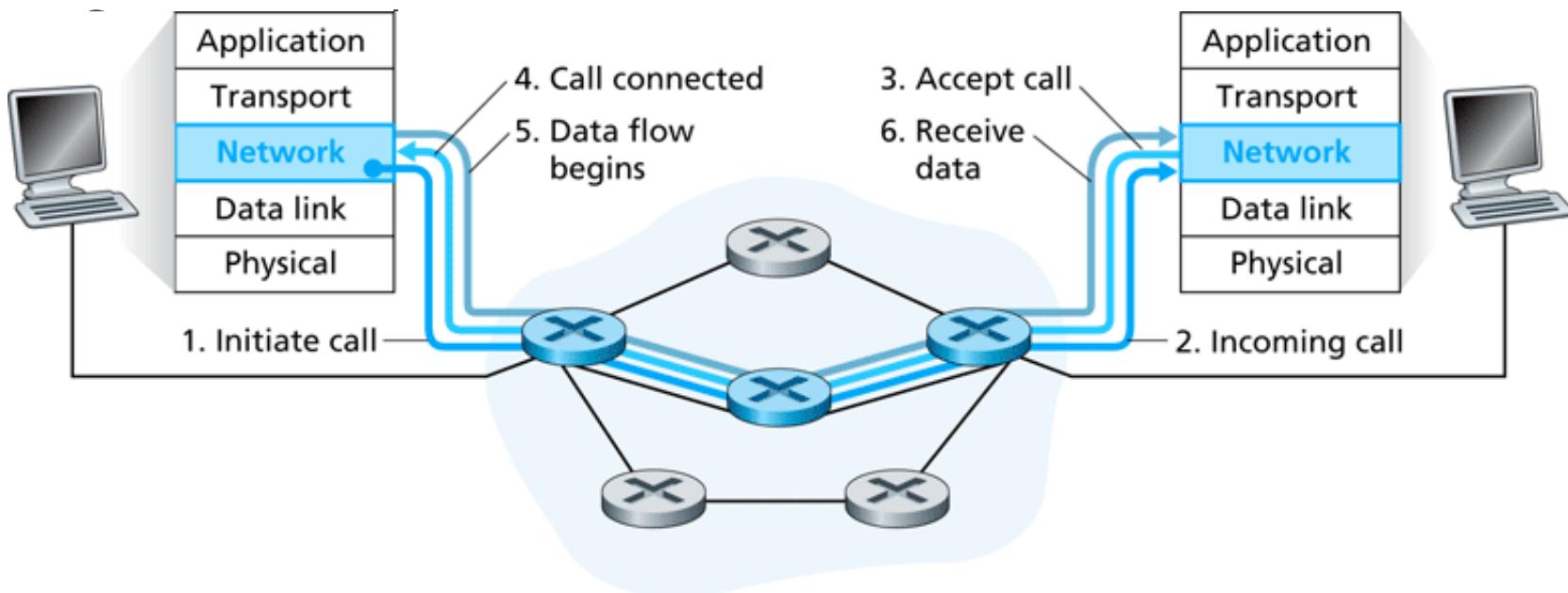
# CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN



**Figure 4.3** ♦ A simple virtual circuit network

Incoming Interface	Incoming VC #	Outgoing Interface	Outgoing VC #
1	12	2	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...	...	...	...

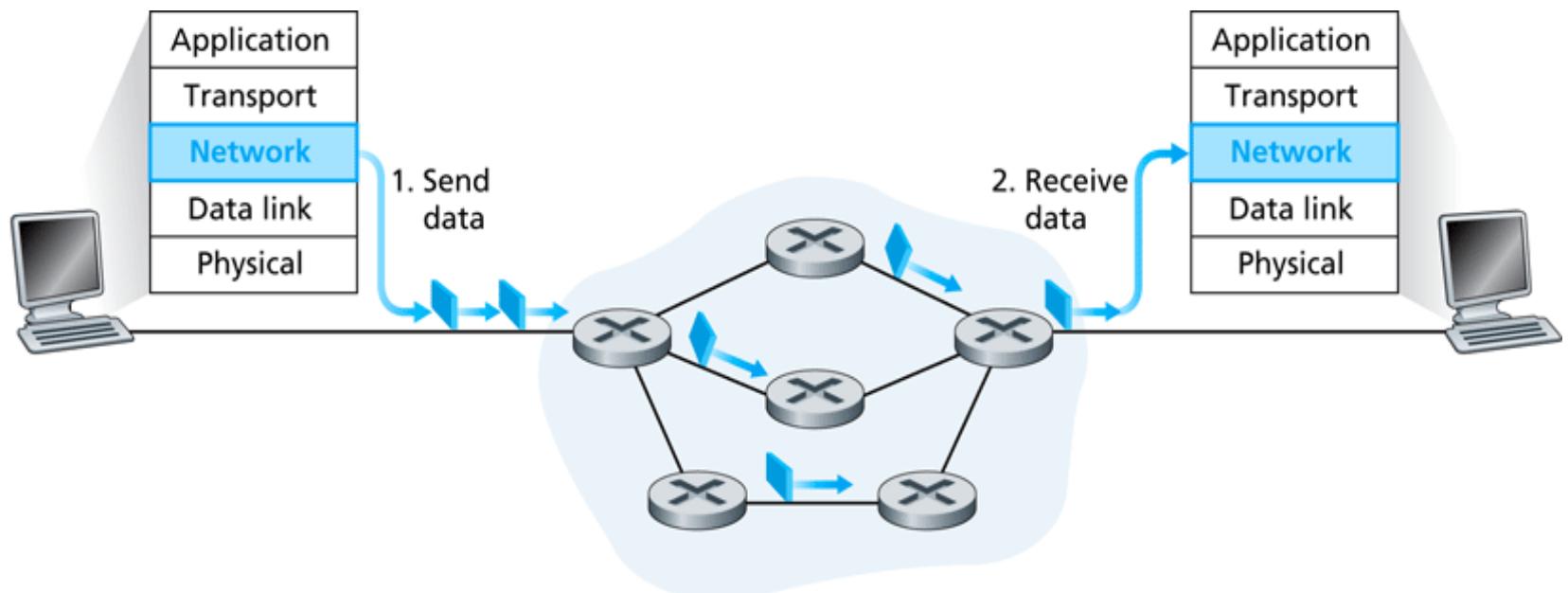
# CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN



**Figure 4.4** ♦ Virtual-circuit setup

# CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN

## Datagramas



**Figure 4.5** ♦ Datagram network

Computer Networking: A Top-Down Approach, 4/E. James F. Kurose, Keith W. Ross,



# MODELO DE SERVICIOS DE RED

- Entrega garantizada
- Entrega garantizada con retraso limitado
- Entrega de paquetes en orden
- Garantizar un ancho de banda
- Garantizar una máxima fluctuación
- Servicio de seguridad



# MODELO DE SERVICIO DE INTERNET

## Best-effort services

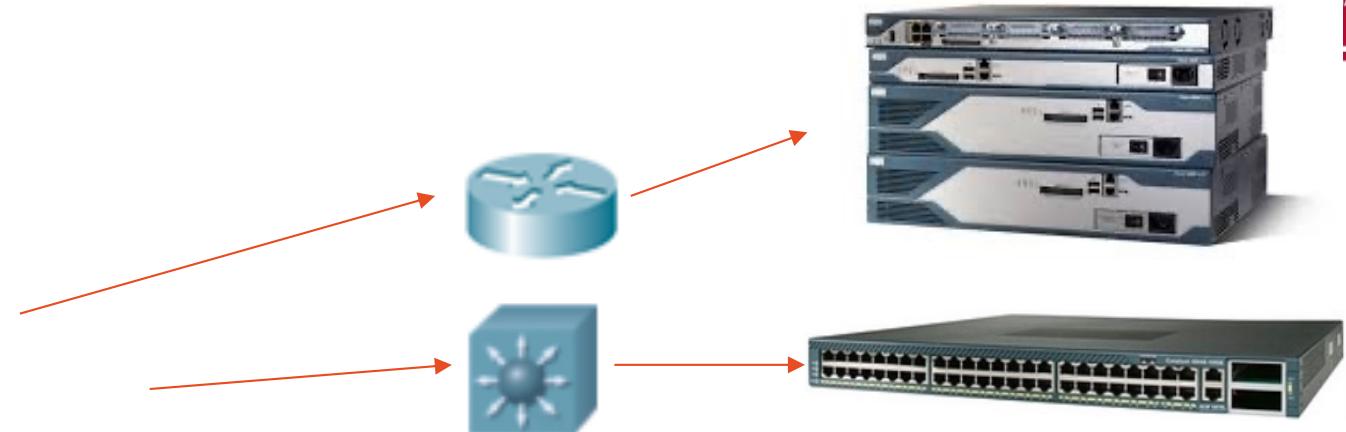
Network Architecture	Service Model	Bandwidth Guarantee	No-Loss Guarantee	Ordering	Timing	Congestion Indication
Internet	Best Effort	None	None	Any order possible	Not maintained	None

Adaptación de Computer Networking: A Top-Down Approach, 4/E. **James F. Kurose, Keith W. Ross,**

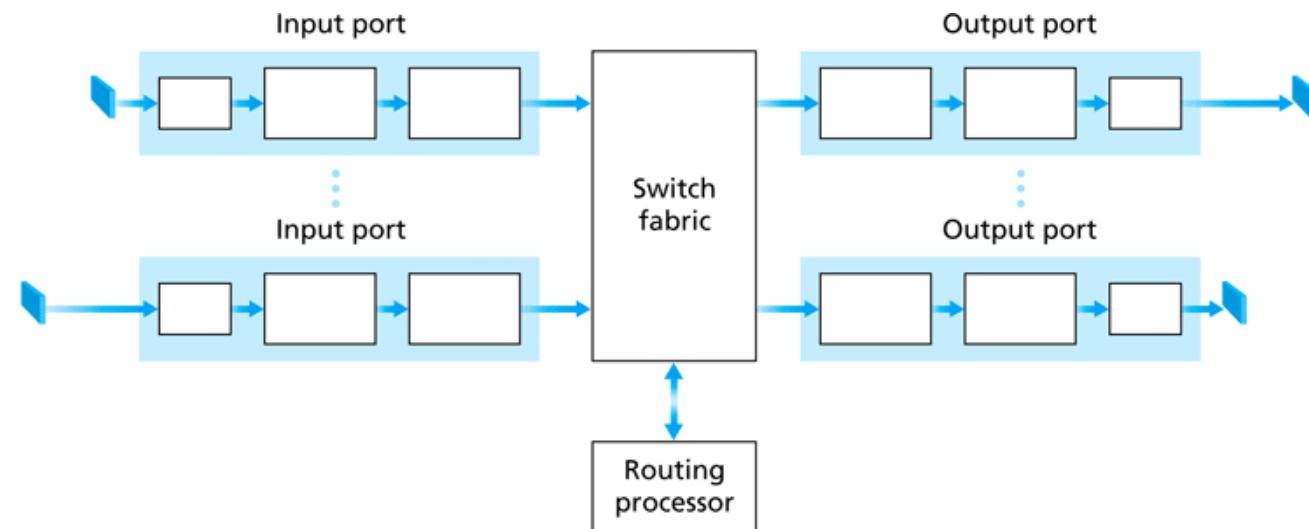
# EQUIPOS

# Tipos

- Routers
  - Switches capa 3



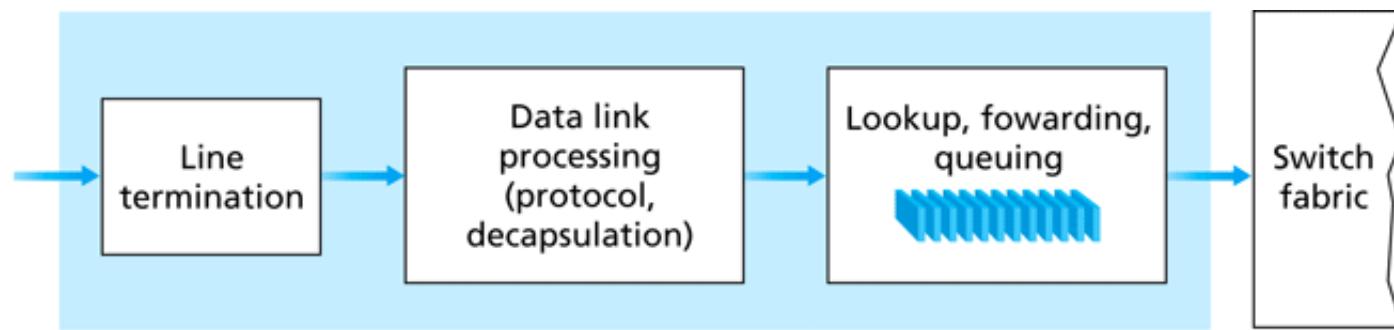
# Arquitectura



## Figure 4.6 ♦ Router architecture

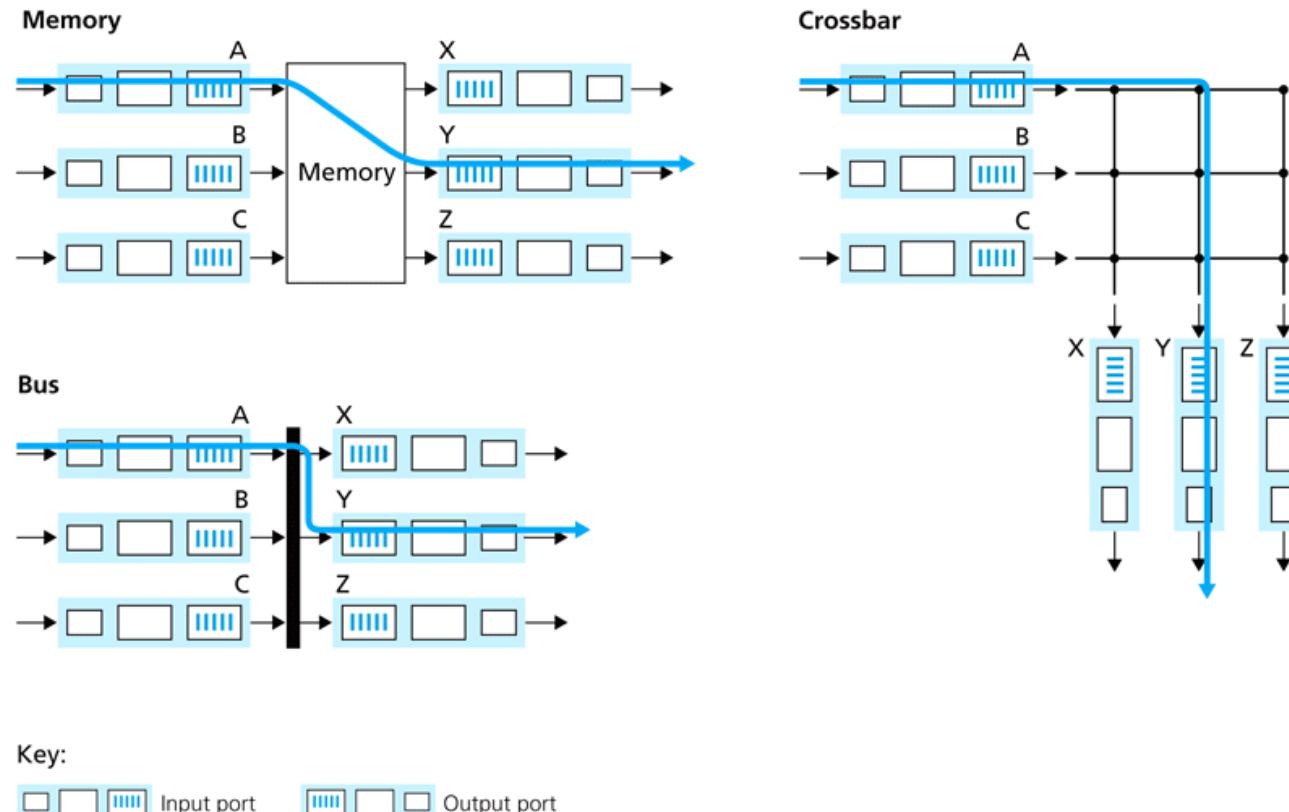
Keith W. Ross,

# ARQUITECTURA DE LOS ROUTER



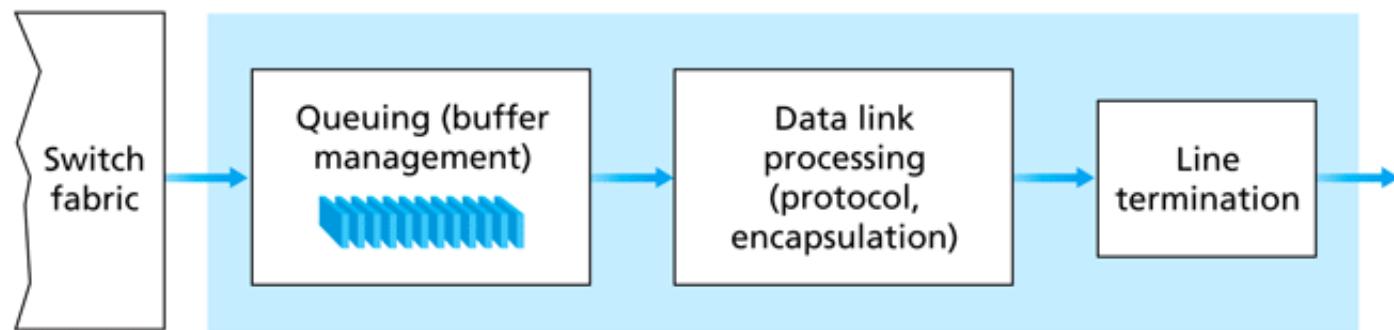
#### **Figure 4.7 ♦ Input port processing**

# ARQUITECTURA DE LOS ROUTER



**Figure 4.8** ♦ Three switching techniques

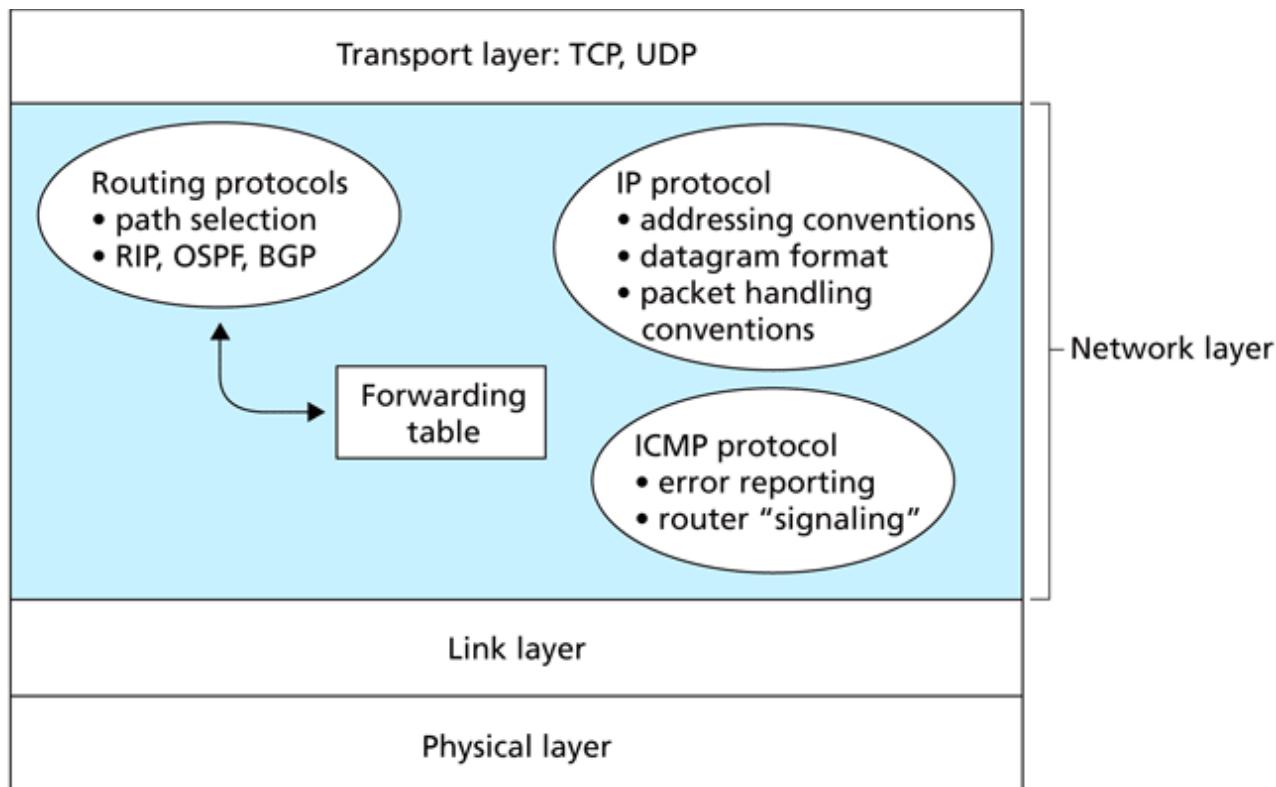
# ARQUITECTURA DE LOS ROUTER



Computer Networking: A Top-Down Approach, 4/E. James F. Kurose, Keith W. Ross,  
**Figure 4.9** ♦ Output port processing



# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



**Figure 4.12** ♦ A look inside the Internet's network layer

Computer Networking: A Top-Down Approach, 4/E. James F. Kurose, Keith W. Ross,



# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
Encapsulamiento
Fragmentación
Direccionamiento
Gestión de red
IPv6
Generalidades
Encapsulamiento
Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento



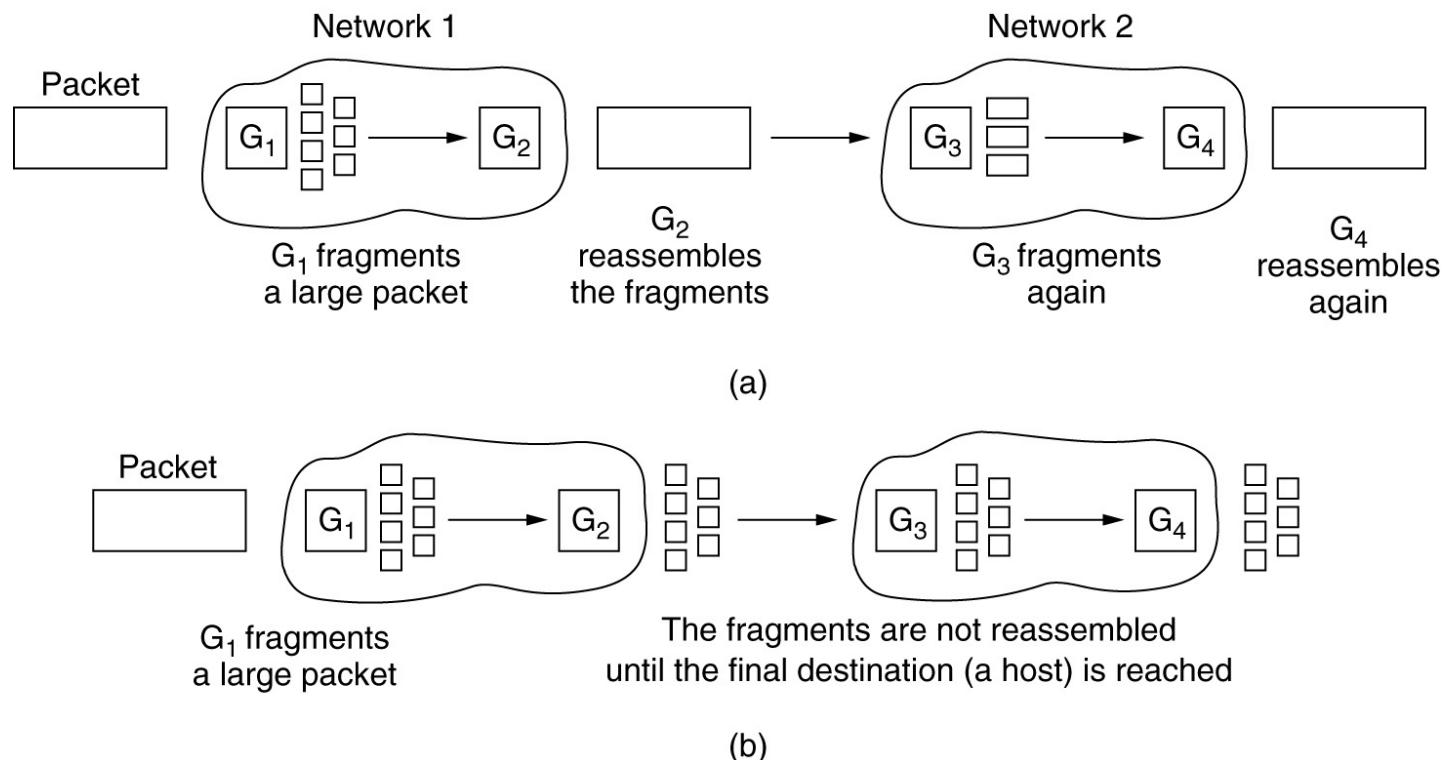
# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
Encapsulamiento
<b>Fragmentación</b>
Direccionamiento
Gestión de red
IPv6
Generalidades
Encapsulamiento
Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento



# INTERNET PROTOCOL (IP) FRAGMENTACIÓN



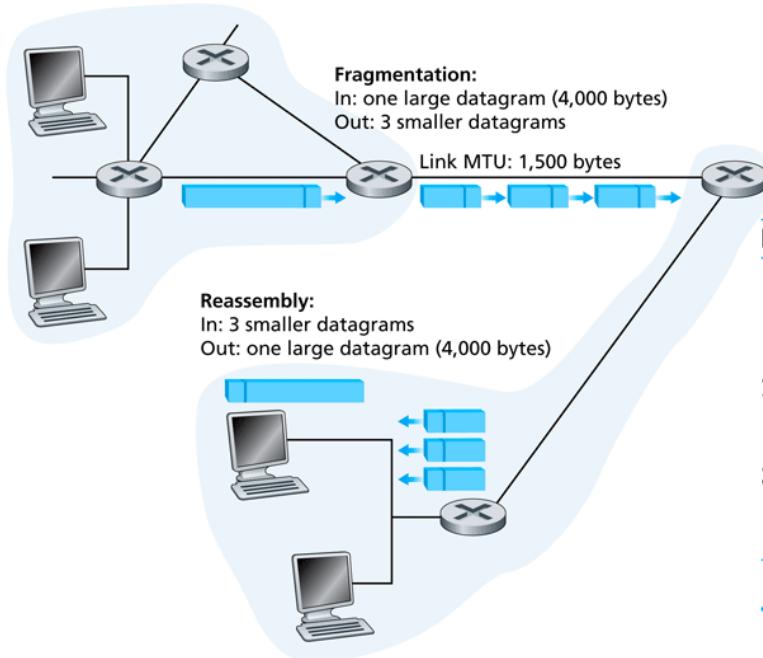


# INTERNET PROTOCOL (IP) FRAGMENTACIÓN



Se identifica a través del encabezado de los paquetes, en ellos, se reconocen los fragmentos de un mismo paquete mediante un identificador y la ubicación del fragmento particular en el paquete completo, mediante posición en bytes

# INTERNET PROTOCOL (IP) FRAGMENTACIÓN



Fragment	Bytes	ID	Offset	Flag
1st fragment	1,480 bytes in the data field of the IP datagram	identification = 777	offset = 0 (meaning the data should be inserted beginning at byte 0)	flag = 1 (meaning there is more)
2nd fragment	1,480 bytes of data	identification = 777	offset = 185 (meaning the data should be inserted beginning at byte 1,480. Note that $185 \cdot 8 = 1,480$ )	flag = 1 (meaning there is more)
3rd fragment	1,020 bytes ( $= 3,980 - 1,480 - 1,480$ ) of data	identification = 777	offset = 370 (meaning the data should be inserted beginning at byte 2,960. Note that $370 \cdot 8 = 2,960$ )	flag = 0 (meaning this is the last fragment)

Table 4.2 ♦ IP fragments

Figure 4.14 ♦ IP fragmentation and reassembly



# EJERCICIO

Se desea enviar un bloque de datos de 7072B sobre una red que soporta paquetes de máximo 1580B. Fragmente el paquete IP para enviarlo sobre la red. Complete el siguiente cuadro con la información de cada fragmento.

Identification	fragment offset	DF	MF
----------------	-----------------	----	----

1			
2			
3			
4			
5			



# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
Encapsulamiento
Fragmentación
 <b>Direccionalamiento</b>
Gestión de red
IPv6
Generalidades
Encapsulamiento
Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO



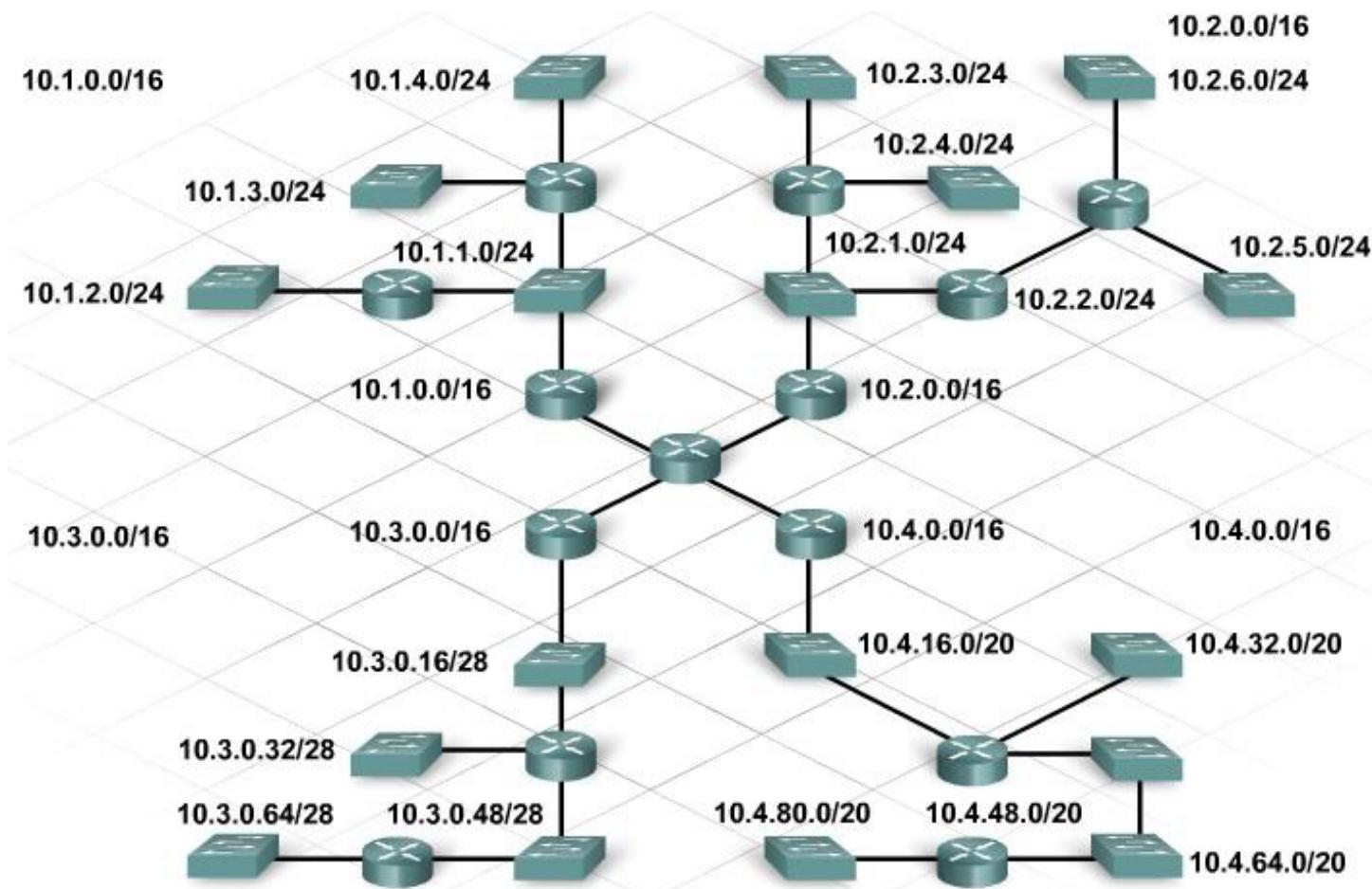
Es la manera como se identifica de manera única un nodo en la red.

Permite “buscar” un nodo en cualquier parte de la red

Ej

- Carrera 28 No. 123 – 45 interior 7 apartamento 701, Bogotá, Colombia
- Avenida presidente Kennedy 5741, Santiago, Chile
- Avenida hermanos Serdan 807, Puebla, México

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO

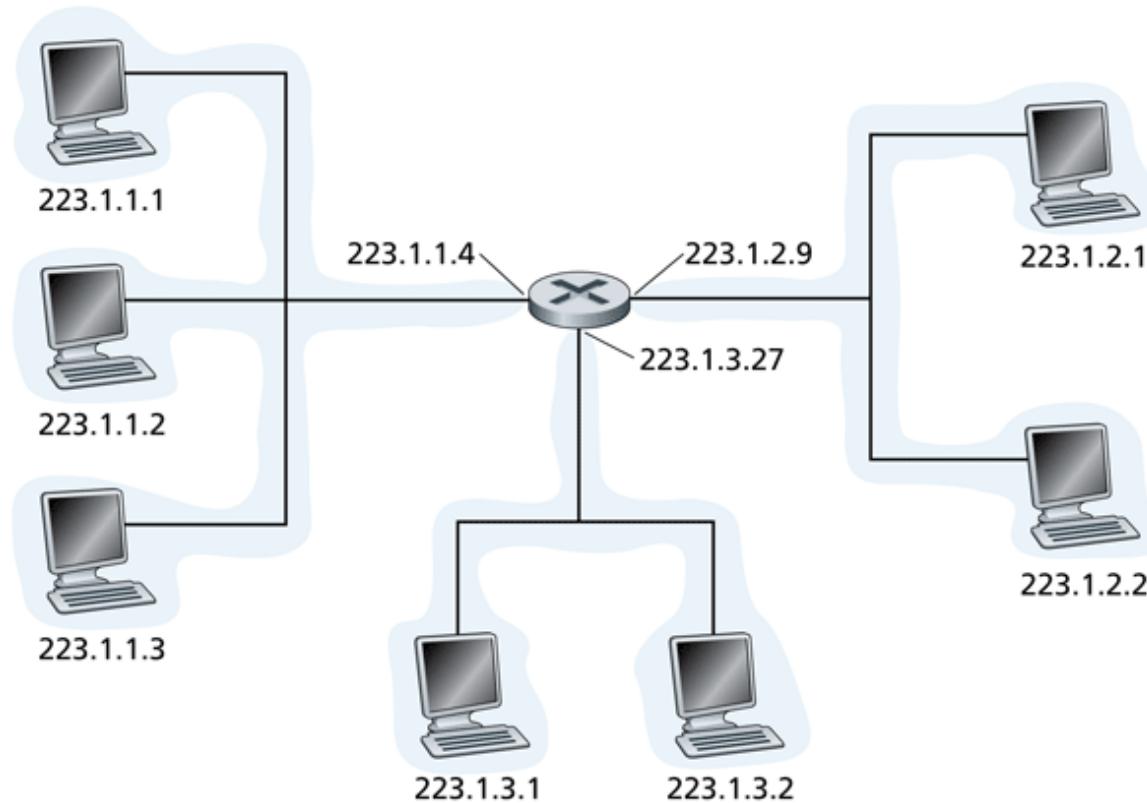


Identificador único de cada “Interface de red” dentro de Internet

Direcciones de 32 bits – 4 bytes

Indica la red a la que pertenece una interface de red y el número de dicha interface dentro de la red.

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO

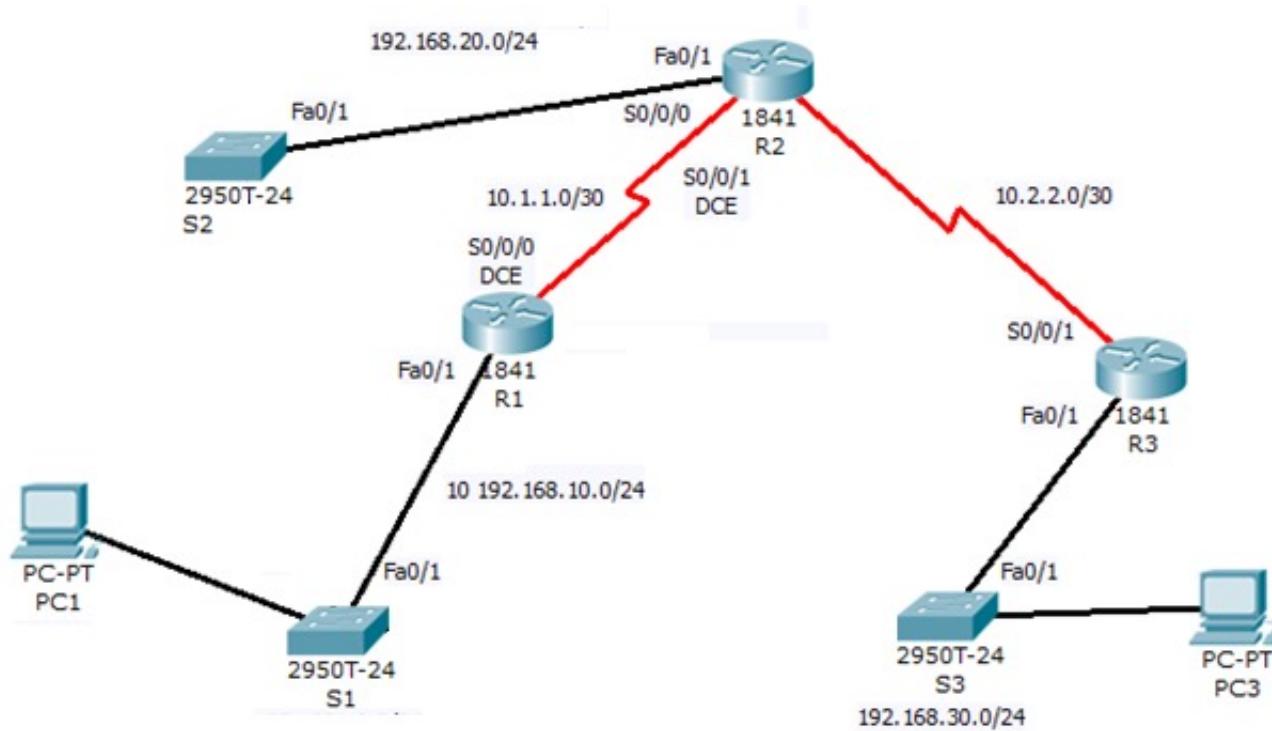


**Figure 4.15 ♦** Interface addresses and subnets

Computer Networking: A Top-Down Approach, 4/E. James F. Kurose, Keith W. Ross,

# DIRECCIONES DE RED EN UN ROUTER

Cada interface de un mismo router representa una red diferente





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1



200 . 183 . 54 . 123

126 . ~~328~~ . 1 . 23

[Binary Game \(cisco.com\)](https://learningnetwork.cisco.com/s/binary-game) <https://learningnetwork.cisco.com/s/binary-game>

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSFUL

## Clases

- División entre redes y host

- Clases:

- A :



- B :



● Red  
● Host

- C :



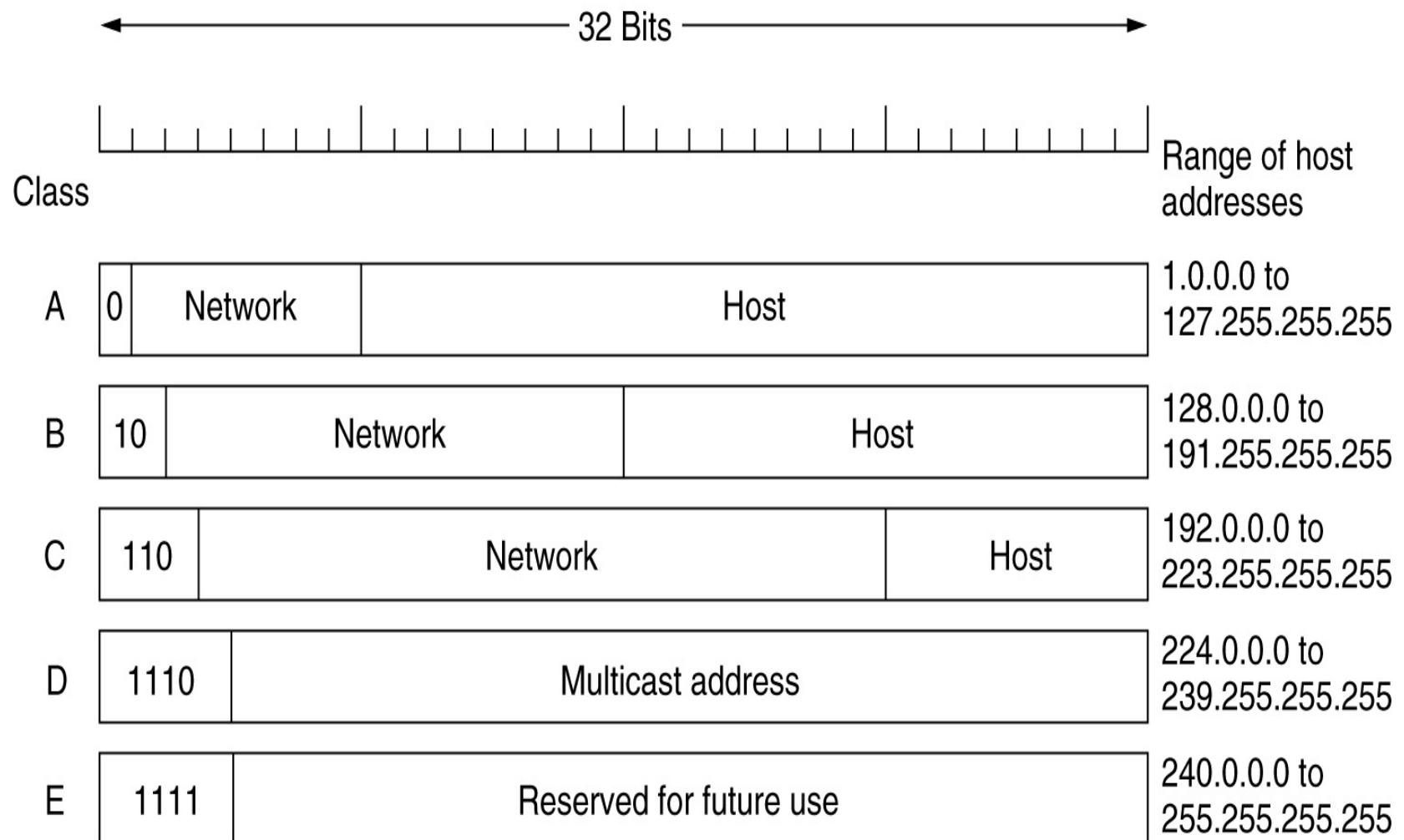
- D :



- E :



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSFUL





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSFUL

# Direcciones especiales

| This host

0 0 . . . 0 0

## Host

A host on this network

Broadcast on the local network

## Network

1111

1

1111

Broadcast on a distant network

127

(Anything)

## Loopback

## Network

0 0 0 0

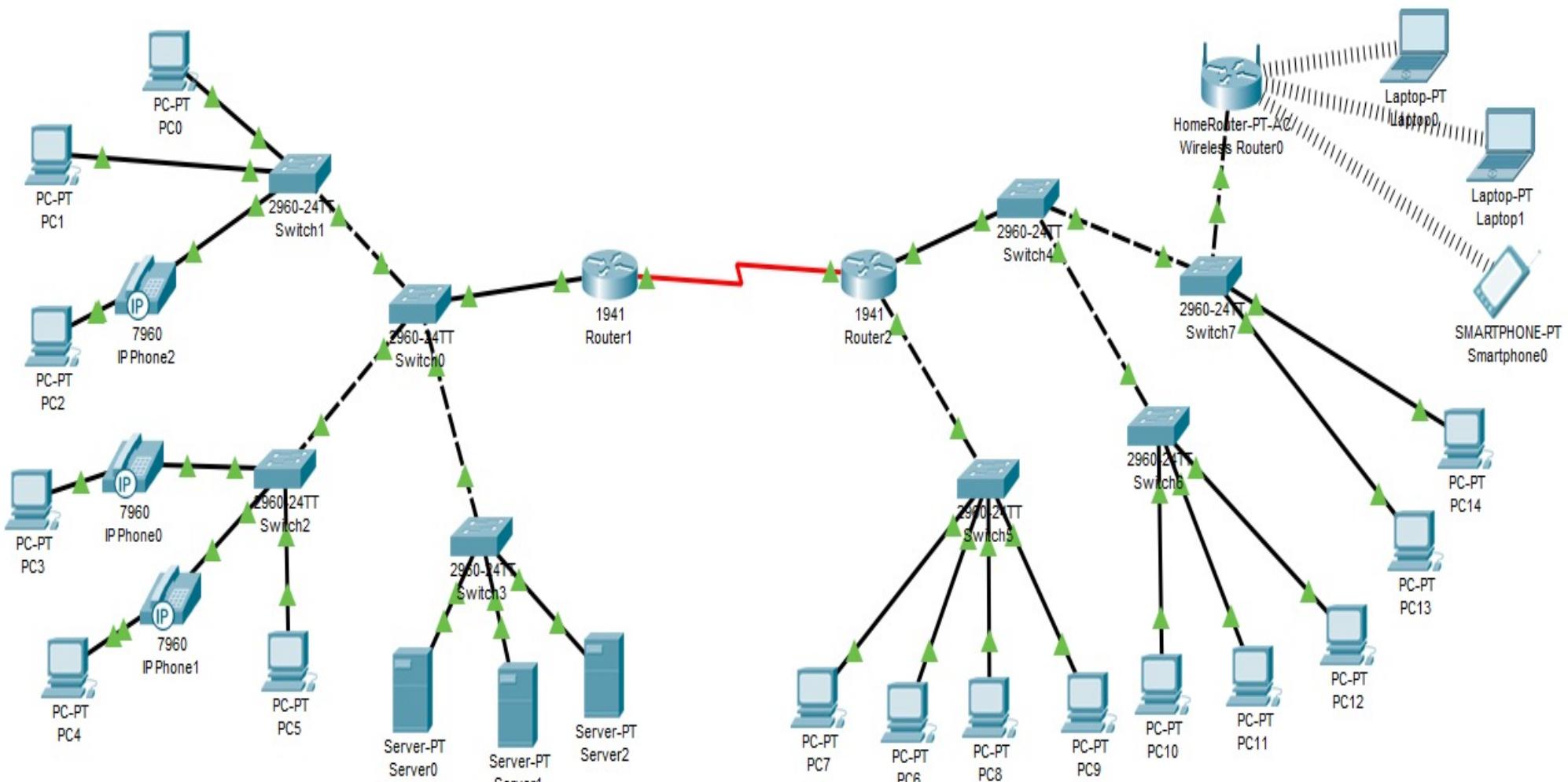
11

0 0 0 0

## This network

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO

## Redes y direcciones





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO



➤ ¿Cómo saber que un equipo está en mi misma red?

➤ ¿Qué hacer cuando lo está y cuando no lo está?

➤ Máscara de red

- Forma en que los equipos saben si la dirección a donde enviarán un paquete está o no en su misma red
- Colocar en 1's los bits correspondientes a la red
- Permite comparar las direcciones de red de la dirección de origen y destino
- Formato decimal (4 bytes separados por ".") y prefijo (/n. n=bits de red)

➤ Gateway

- Dirección especial
- “es quien sabe a dónde ir en otra red”



Origen: 132.12.54.1

Destino: 214.197.21.1

Está en mi misi

Deseo enviar un paquete a 214.193.21.4 [es]:

i má

Red de origen : 1000010000001100

Red de destino: 110101101100001

## Son iguales?

0000001

0000100

20000000

Si no son iguales:

Lo entrega al gateway que tiene configurado para que sea “problema” del gateway la entrega del paquete. Enrutamiento hacia otras redes

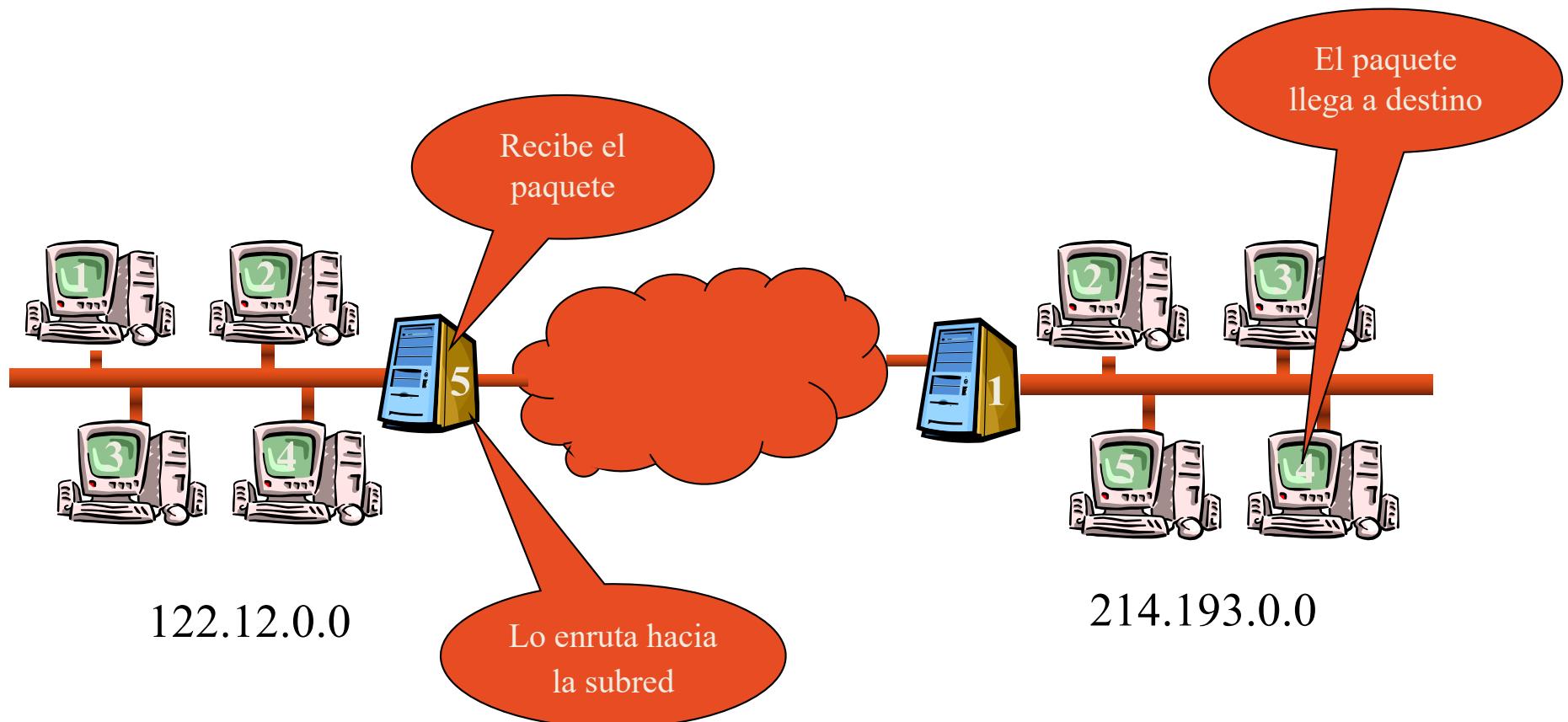


132.12.0.0

Origen: 10000100000011000011011000000001

Destino: 11010110110000010001010100000100

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSFUL





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSFUL



ICANN: Internet Corporation to Assigned Names and Numbers – ASO: Address Supporting Organization

ISP's

- Internet Service Provider
- Asigna las direcciones a sus clientes



# ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSFUL



## Direcciones Públicas y privadas

- RFC 1918 (Feb.1996) → RFC 6761 (Feb.2013)
- Públicas:
  - válidas
  - Son visibles en internet
- Privadas
  - No válidas
  - No viajan por internet
  - Clases
    - A: 10.x.y.z
    - B: 172.16.y.z – 172.31.a.b
    - C: 192.168.y.z



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



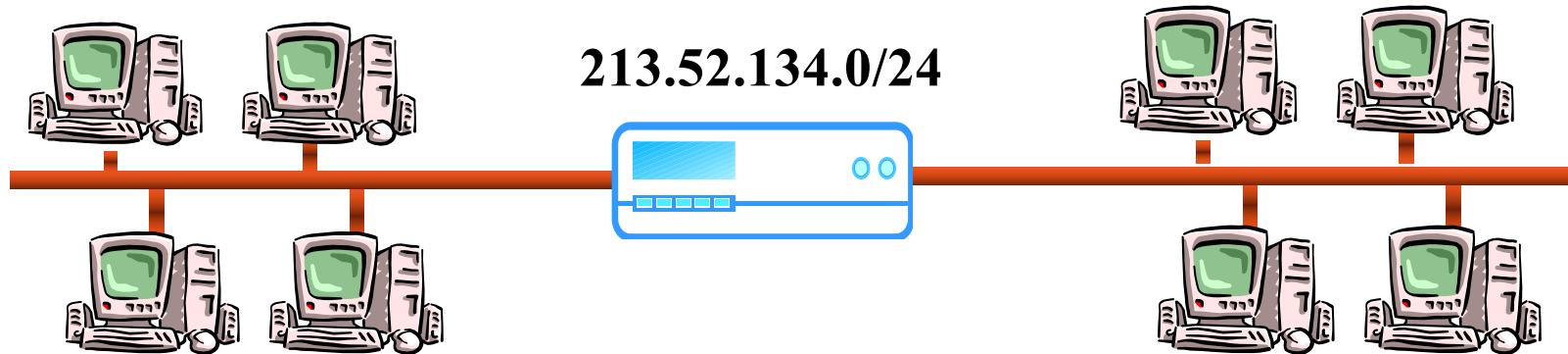
## Subneting

- Las direcciones por clase son demasiado grandes o demasiado pequeñas
- Las redes clase A son muy pocas pero con muchos equipos
- Las redes clase C son muchas pero con pocos equipos, algunas veces.
- El subneting permite asignar rangos de direcciones IPs diferentes a los que las clase permiten

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS

Ejemplo de subnetting con la red 213.52.134.0/24

Se necesita usar el rango indicado para direccionar dos subredes



Aprovechar el espacio de host para direccionar subredes con menos host cada una



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS

Ejemplo de subneting con la red 213.52.134.0/24

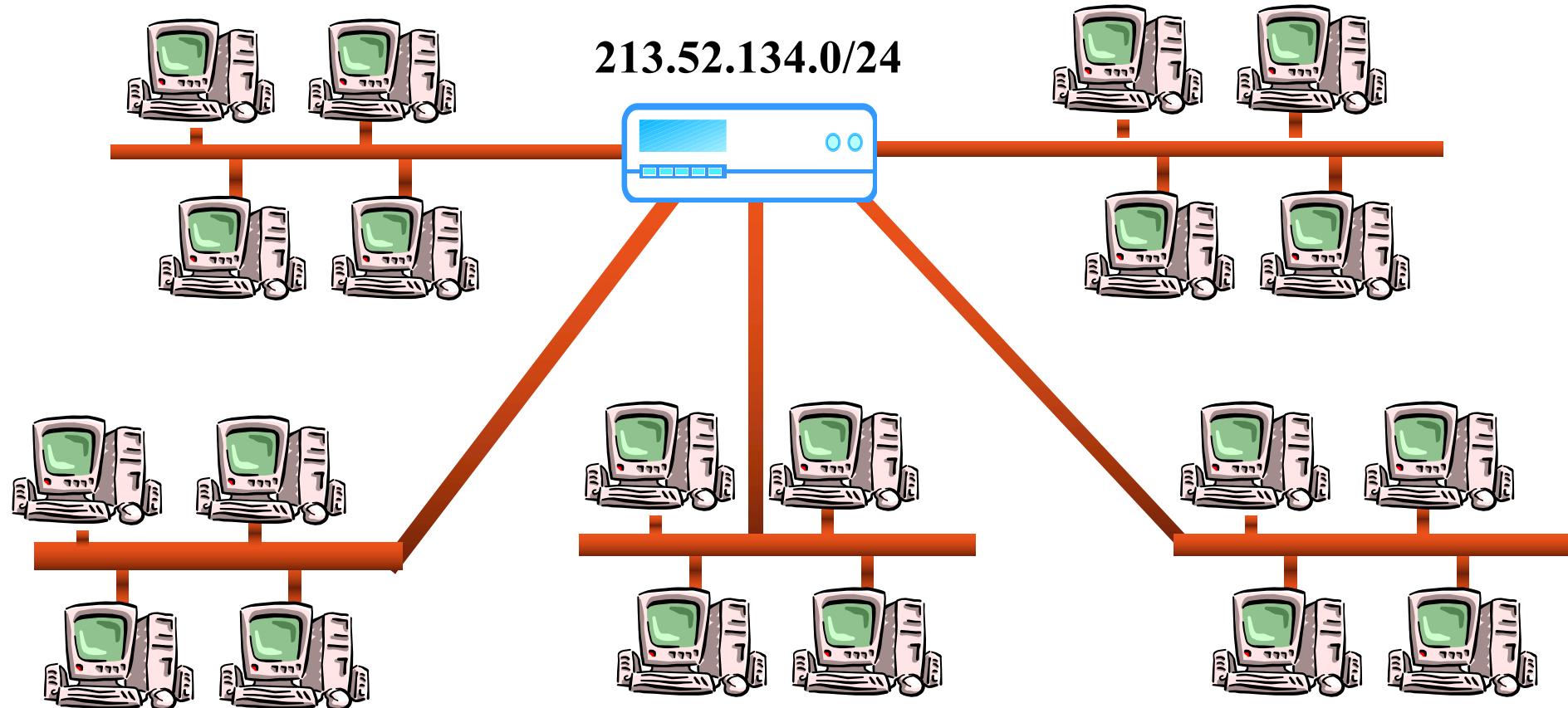
11010101.00110110.10000110.00000000

En binario, ¿con cuántos bits represento 2 valores diferentes?, cuáles son los rangos?, cuál es la máscara?, el ID de red y el broadcast, cuántos equipos caben?



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS

## Ejemplo de subneting con una dirección clase C





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



Ejemplo de subneting con una dirección clase C  
**213.52.134.0/24 en 5 subredes**



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



Red	Inicio del rango	Fin del rango
1	00100000	0011111
2	01000000	01011111
3	01100000	01111111
4	10000000	10011111
5	10100000	10111111



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



## La Mascara de red

Mascara clase C: 255.255.255.0 ó /24

11111111.11111111.11111111.00000000

Del último byte se van a utilizar 3 bits para la subred. Entonces se deben colocar en 1's en la mascara para especificar esto.

11111111.11111111.11111111.11100000

Mascara de esta red: 255.255.255.224 ó /27



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS

En resumen:

Red	Inicio del rango	Fin del rango	Rango IPs	Mascara
1	00100000	00111111	213.52.134.32 – 213.52.134.63	
2	01000000	01011111	213.52.134.64 – 213.52.134.95	255.255.255.224 ó /27
3	01100000	01111111	213.52.134.96 – 213.52.134.127	
4	10000000	10011111	213.52.134.128 – 213.52.134.159	
5	10100000	10111111	213.52.134.160 – 213.52.134.191	



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



## Subneting variable

- VLMS : Variable Length Subnet Masks
- No siempre se quiere dividir una red en subredes iguales
- Por ejemplo: Una empresa con una dirección clase B asignada y tiene al interior 3 subredes.
  - Administración: 250 equipo
  - Producción: 1780 equipos
  - Ventas: 490 equipos
- El subneting convencional no le serviría. Por qué?



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



Ejemplo:

- Dirección: 170.34.0.0/16.
- Administración: 250 equipo. Producción: 1780 equipos. Ventas: 490 equipos.



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS

## Otro ejemplo.

- El ISP tiene rangos asignados
  - Va “entregando” a sus clientes “pedazos” de sus direcciones IP según la necesidad del cliente (Tamaños exactos de 2K)
  - Va asignando identificadores de subred que no se solapen.





# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS COMO ISP



Ej: Una empresa requiere 10 direcciones IP.

- Supuesto: El ISP tiene disponible el rango

145.23.0.0/16

- Preguntas que me debo hacer:

- Cuántos bits debo reservar en la porción de host para direccionar los equipos del cliente?

- Qué máscara requiero?

- Qué identificador de subred debo usar?

# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS COMO ISP

Cuántos bits debo reservar en la porción de host para direccionar los equipos del cliente?

- 4 bits.  $2^4=16$
- 145.23.\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_\_ X X X X

Cuál es la máscara que requiero?

- 255.255.11111111.11110000

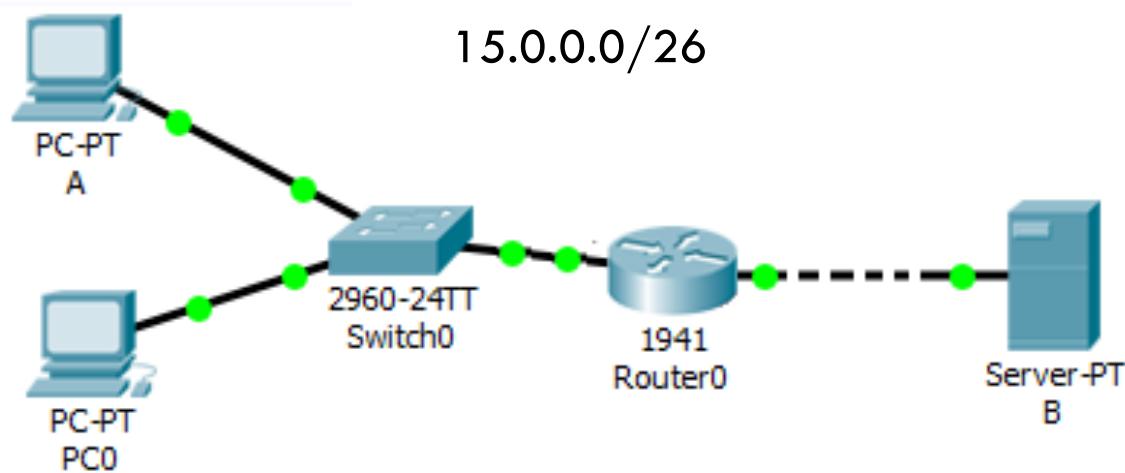
Qué identificador de subred debo usar?

- 145.23.0.16

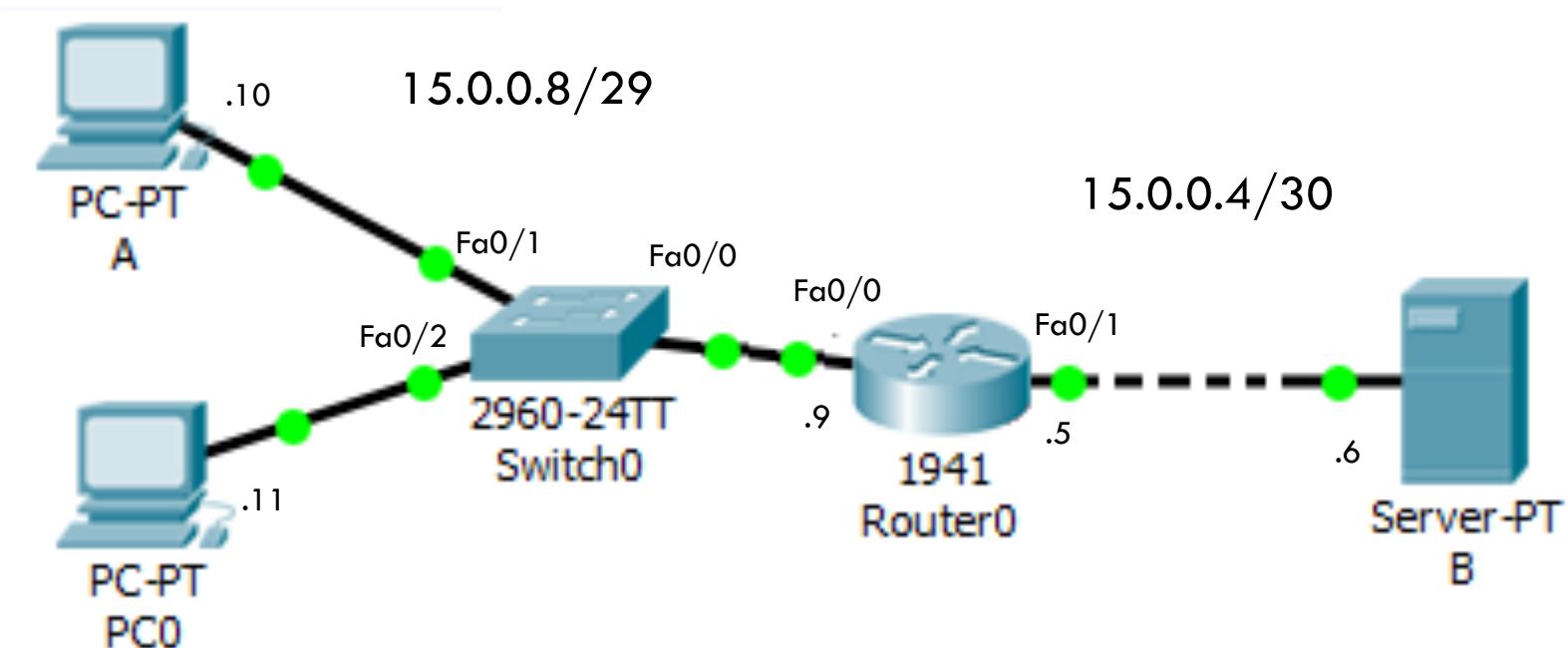




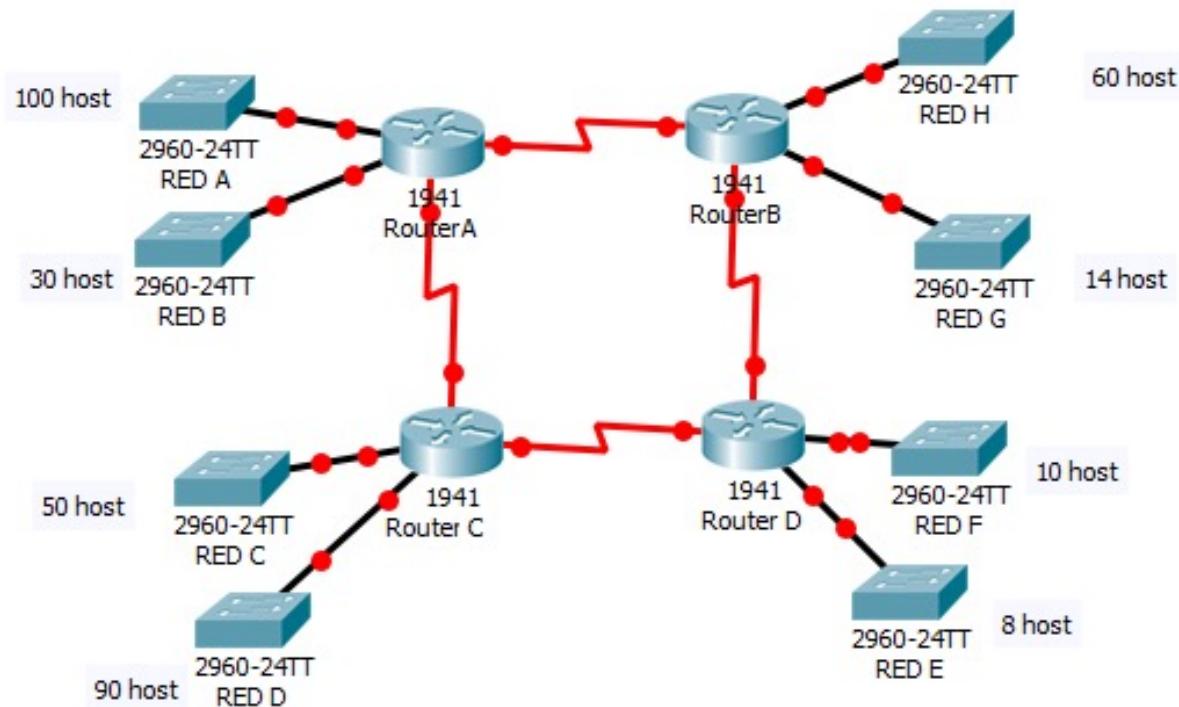
# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS COMO ISP DOCUMENTADA



# INTERNET PROTOCOL (IP) DIRECCIONAMIENTO CLASSLESS COMO ISP







# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
<b>Encapsulamiento</b>
Fragmentación
Direccionamiento
Gestión de red
IPv6
Generalidades
Encapsulamiento
Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento

# INTERNET PROTOCOL (IP) FORMATO DEL DATAGRAMA

Protocolo IP. Ej IPv4

4) 2 IP6 (IP version 6) 3

prop) 5 BBN 1822 6 802

Ethernet "can-

MDS, Frame Rel

5, Frame Relay

4 Banyan Vines

RFC 1700

Tamaño de encabezado residual

Tiempo de vida del paquete dentro de la subred. Contador de número de saltos máximo

Indica el protocolo de transporte que viaja en el datagrama

Dirección de origen

Dirección de destino del datagrama

Tipo de Servicio. Relacionados con confiabilidad y velocidad

Identifica a que segmento pertenece este datagrama

Sin uso

Tamaño total del fragmento

Indica la posición de este datagrama dentro del fragmento completo

Total length

Fragment offset

more fragments

Opcion no contenidas en el encabezado. Tales como seguridad, rutas estrictas, rutas libres, registro de ruta y marcas de horas, (1 byte: tipo, {1 byte:longitud}, opción)

(0 or more words)



# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones	
IPv4	
	Encapsulamiento
	Fragmentación
	Direccionamiento
	<b>Gestión de red</b>
IPv6	
	Generalidades
	Encapsulamiento
	Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6	
Enrutamiento	



# GESTIÓN DE REDES IP

- ❖ ICMP
- ❖ NAT. Network Address Translation. RFC 2663
  - ❖ One-to-one
  - ❖ One-to-many
- ❖ PAT. Port Address Translation.



# NAT – NETWORK ADDRESS TRANSLATION

- Traductor de direcciones de Red
- RFC 2663, 3022
- Aparece por la falta de direcciones de IPv4
- Servicio que permite convertir un rango de direcciones en otro
- Generalmente, permite convertir un rango de direcciones IP privadas en una o más direcciones Públicas.

# INTERNET PROTOCOL (IP) NAT

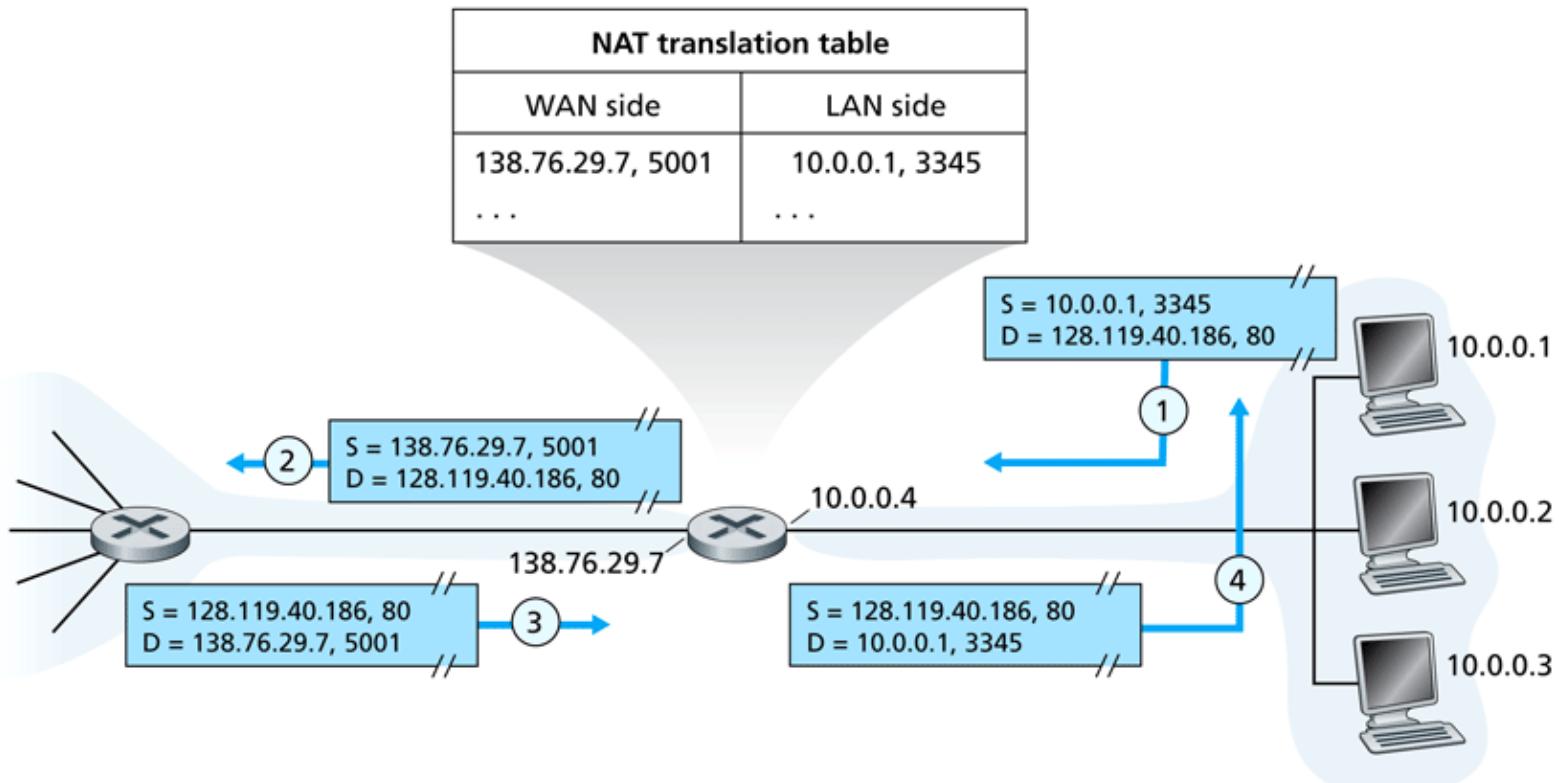


Figure 4.22 ♦ Network address translation



# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
Encapsulamiento
Fragmentación
Direccionamiento
Gestión de red
IPv6
Generalidades
Encapsulamiento
Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento



# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
Encapsulamiento
Fragmentación
Direccionamiento
Gestión de red
IPv6
Generalidades
Encapsulamiento
Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento





# INTERNET PROTOCOL (IP) IPv6



IPv6 (Internet Protocol Versión 6) o IPng (Next Generation Internet Protocol) es la nueva versión del protocolo IP

## Busca

- Aumentar el espacio de direcciones IP
- Darle seguridad al protocolo
- Disminuir las tablas de enrutamiento y el tiempo de enrutamiento (simplifica el encabezado)
- QoS

## RFC 2460

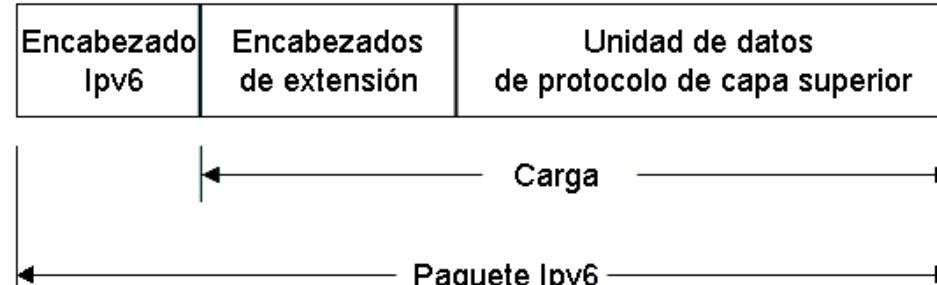


# INTERNET PROTOCOL (IP) ROUTING, FORWARDING & ADDRESSING



Funciones
IPv4
Encapsulamiento
Fragmentación
Direccionamiento
Gestión de red
IPv6
Generalidades
<b>Encapsulamiento</b>
 Direcciones
Comparación IPv4 e IPv6
Enrutamiento

# ENCABEZADO IPV6



To identify different type of traffic or different priorities

used to label those packets for which the source requests special handling by the IPv6 routers (experimental)

Ipv6

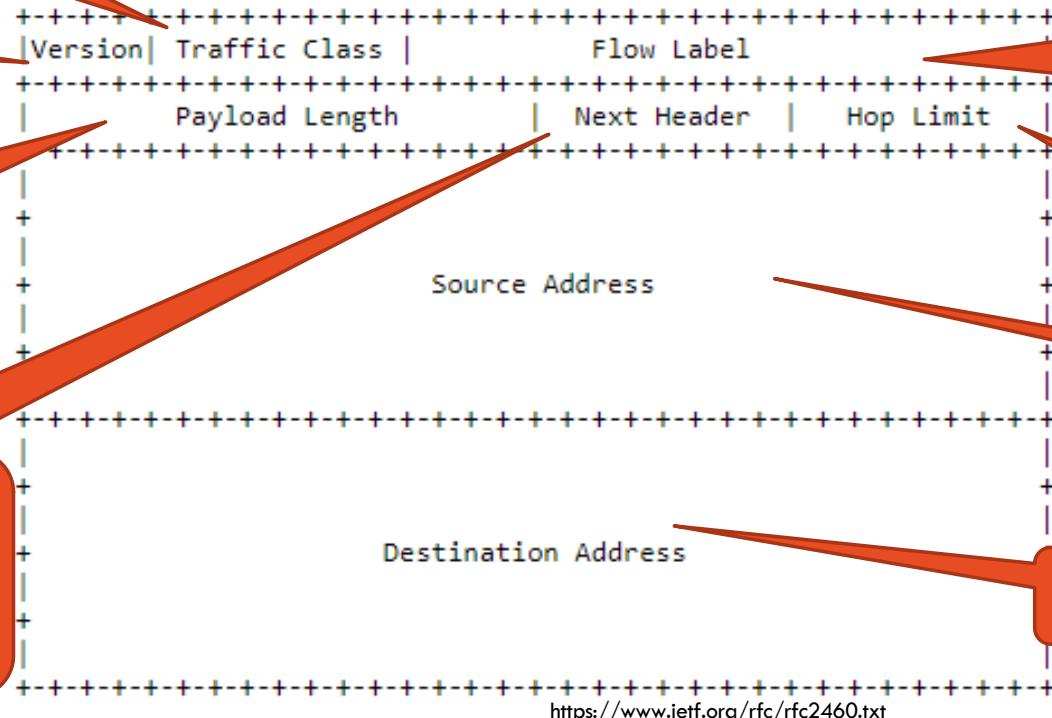
[http://dmrodriguez.50megs.com/IPV6/IPV6\\_7.html](http://dmrodriguez.50megs.com/IPV6/IPV6_7.html)

Length of the IPv6 payload. It include extension headers

maximum number of hops

Uses the same values as the IPv4 Protocol field. (Hop-by-Hop Options, Routing, Fragment, Destination Options Authentication, Encapsulating Security Payload

128-bit address of the originator of the packet



<https://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>