

Nivel de Red. Protocolo IP. Índice

5. Introducción.

- a. Direcciones IP.
- b. Subredes.
- c. Protocolo ARP.
- d. RARP
- e. BOOTP
- f. DHCP

6. Protocolo IP.

- a. Datagrama.
- b. Manejo de Datagramas.
- c. IP v6.

1. Redes privadas. NAT

2. Protocolo ICMP.

3. Tuneling.

- a. PPP.

4. Encaminamiento

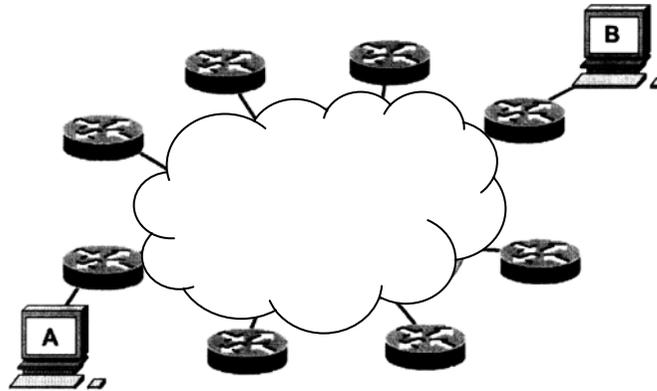
- a. Algoritmos
- b. Protocolos
- c. Ejemplos

Introducción

Finalidad de la Capa 3: Capa de Red

Interconexión de redes a través de :

- Direcciones lógicas.
- Rutas a través de la red.

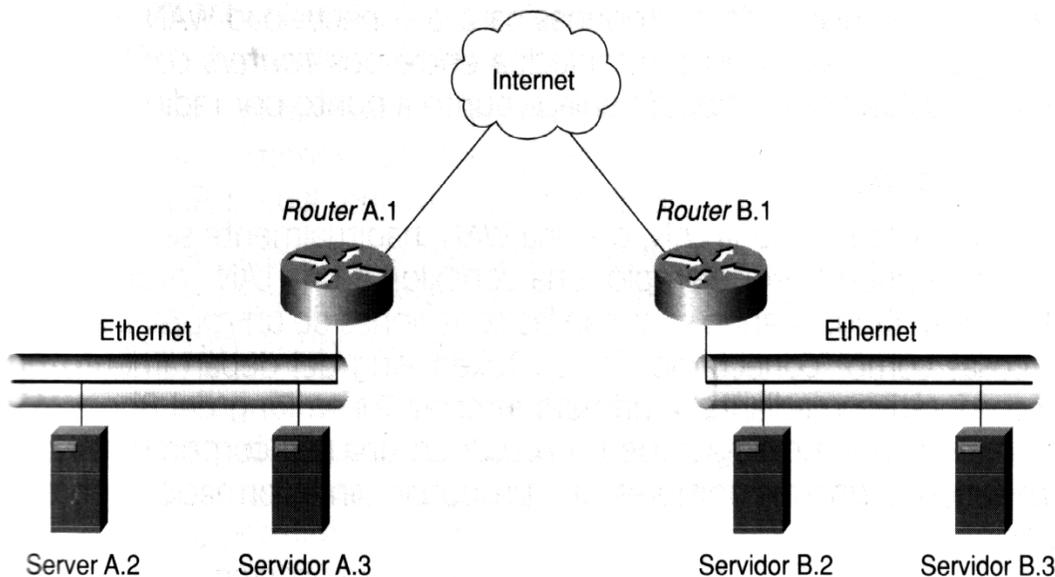


Funcionamiento mediante:

- Esquema de **direccionamiento jerárquico** (ejemplo telefono).
- Método para encontrar una ruta.
- Las direcciones MAC forman un direccionamiento plano que no permite internetworking.

- Capa de Red

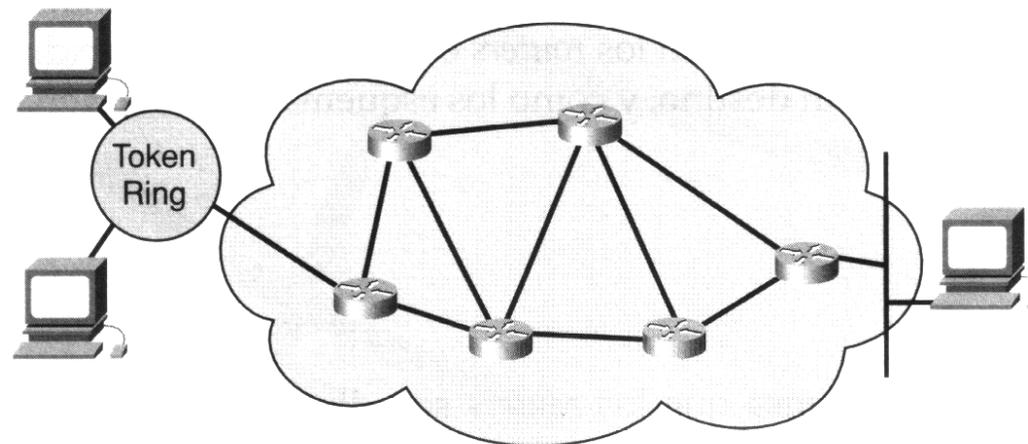
- ☒ La división en redes permite manejar el crecimiento de las redes. Esto permite realizar un sistema de direccionamiento lógico para las subredes.
- ☒ La capa de red permite la comunicación entre redes separadas.



- ☒ El protocolo de red IP tiene un sistema de direccionamiento basado en dos niveles: **dirección de red y dirección de computador o host**.
- ☒ Los routers solo tienen que seguir la pista de la ruta hacia la red donde se encuentra el host → mayor eficiencia.
- ☒ La arquitectura de direccionamiento es flexible y extensible.

Routers

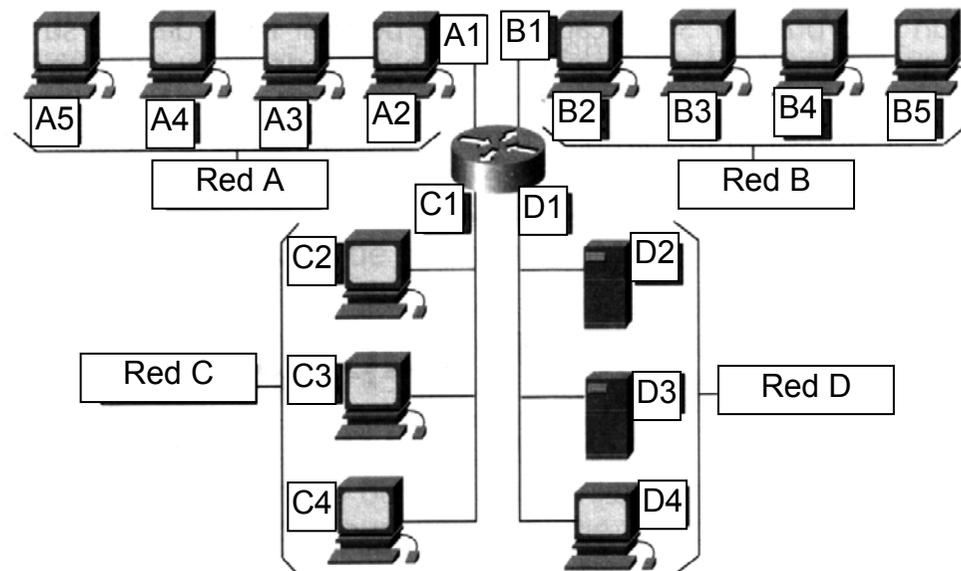
- ☒ Los routers también pueden usarse para interconexión de LAN de diferentes protocolos y conexiones a WAN.
- ☒ Pueden añadir más prestaciones como control de tráfico mediante listas de control de acceso (ACL) y servicios suplementarios.
- ☒ Cada segmento de red al que se conecta debe tener diferentes números de red/subred.
- ☒ Toman decisiones inteligentes y realizan control dinámico del rutado.



Rutado en capa 3

¿Como determina un dispositivo de capa 3 la ruta?

- ☒ Los routers unen segmentos de redes o redes enteras o la red con WAN.
- ☒ Los routers toman decisiones lógicas teniendo en cuenta la mejor ruta para el envío de los datos.
- ☒ La conexión de un router a una LAN o WAN se denomina **interfaz**.
- ☒ Cada LAN a la que se conecta debe tener una única dirección IP de red.



Determinación de la ruta

Los routers siguen la pista de la información mediante una tabla de enrutamiento que incluye:

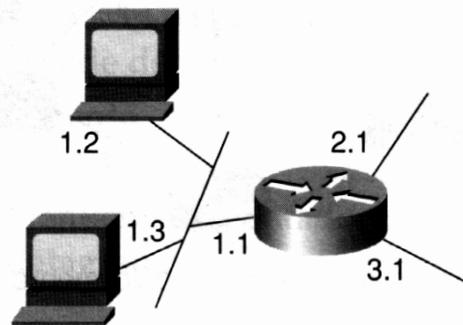
- ⌘ Dirección de red.
- ⌘ Interfaz utilizada para alcanzar la red.
- ⌘ Métrica: distancia a la red objetivo.

El router evalúa la mejor ruta hasta la red destino, debe conocer la topología de red para ello. Este proceso es el “**enrutamiento del paquete**”. También pueden tomar decisiones en función de la congestión.

Direccionamiento de la capa de red

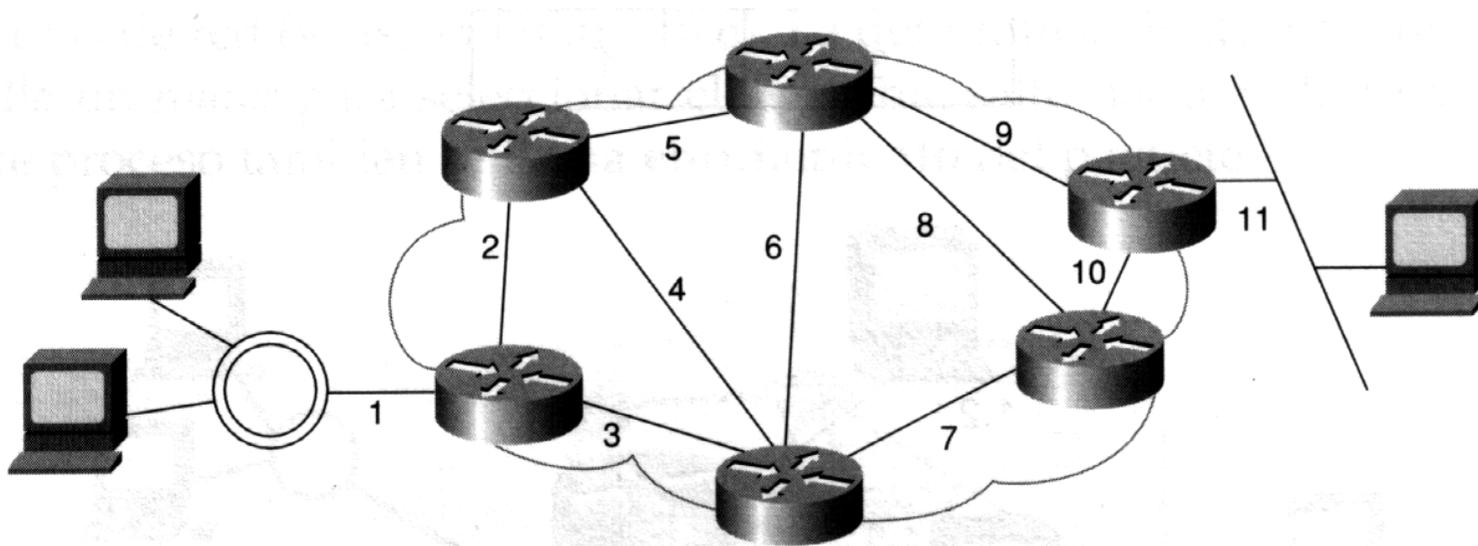
- ☒ Cada dispositivo tiene su propia dirección compuesta por dos partes, la dirección de red y la del dispositivo.
- ☒ Existe una dirección MAC para cada dispositivo de conexión a la red y una dirección de capa de red.

Red	Host
1	1 2 3
2	1
3	1



La Ruta de Comunicación

- ☒ Cada línea entre dos routers tiene un número que utiliza como dirección de red.
- ☒ Las direcciones llevan implícita información que se puede utilizar en un proceso de enrutamiento.



La dirección IP como número de 32 bits

- ☒ Número de 32 bits escrito como 4 octetos separados por puntos.
- ☒ El número de red de una dirección IP identifica a la red a la que se conecta. La parte de host de la dirección identifica un dispositivo de la red.

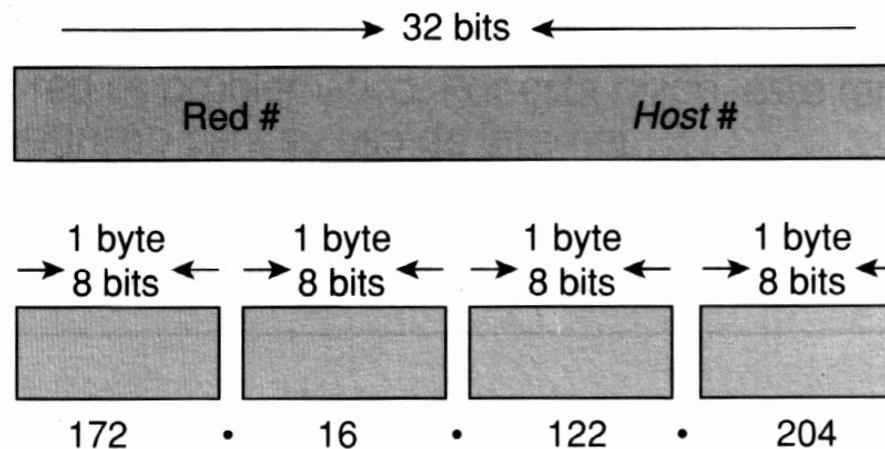
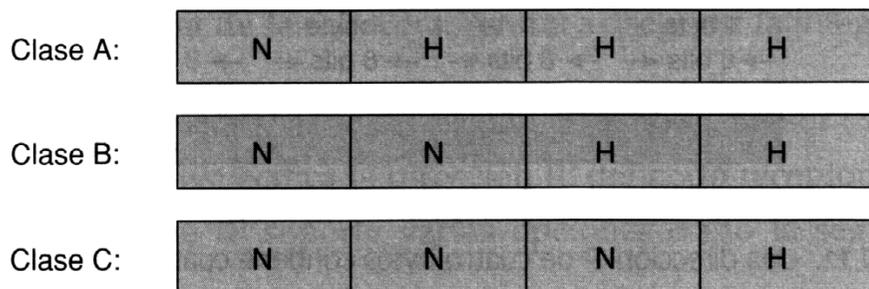


Figura 10.12. El número de red y el número de *host* forman la dirección IP.

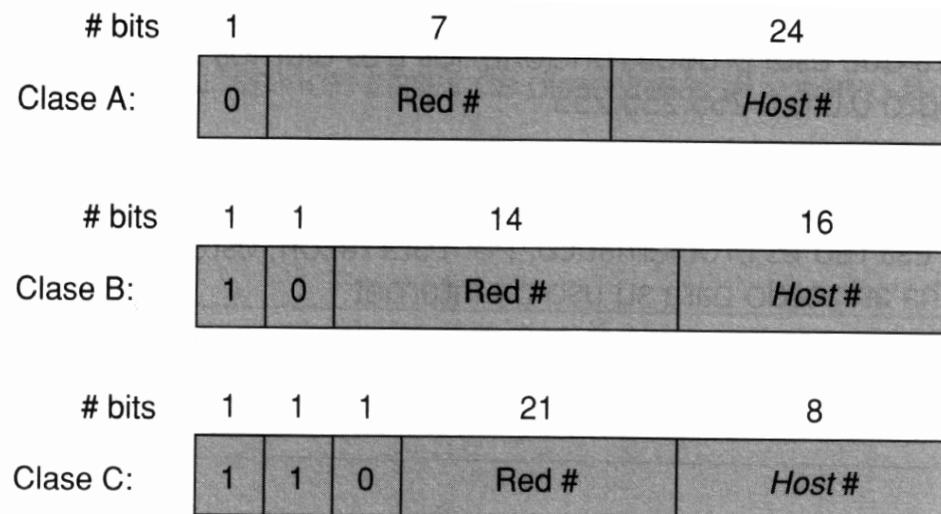
Clases de direcciones IP

Existen tres tipos de direcciones IP:

- ☒ Clase A: desde 1 hasta 126 en el primer octeto.
- ☒ Clase B: desde 128.0.0.0 hasta 191.255.0.0
- ☒ Clase C: desde 192.0.0.0 hasta 223.255.255.0



N = Número de red asignado por ARIN, RIPE NCC o APNIC
 H = Número de *host* asignado por el administrador de la red

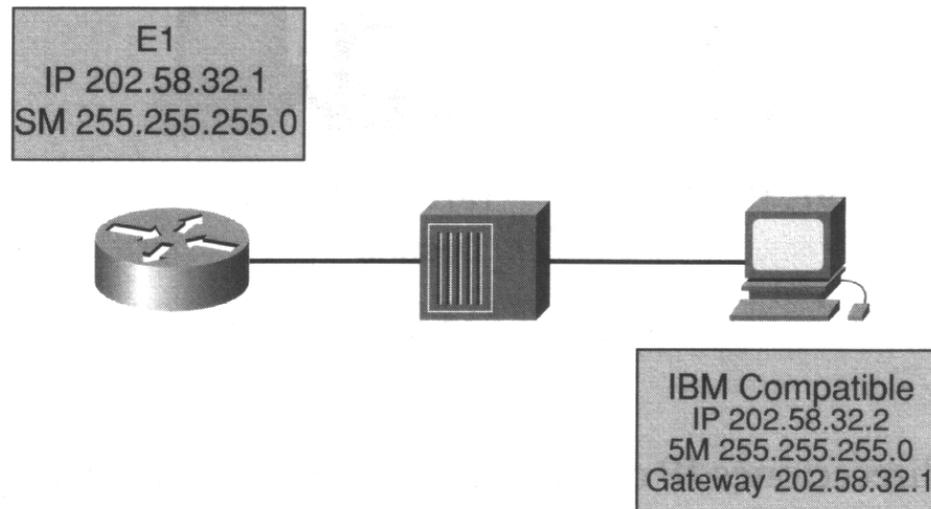


Direcciones especiales

- ☒ Dirección de red: x.x.x.0 (ceros en host)
- ☒ Dirección de difusión: x.x.x.255 (unos en host)
- ☒ Dirección de loopback: 127.0.0.1
- ☒ Subredes privadas: 10.x.x.x, 172.x.x.x, 192.168.x.x.

Gateway predeterminado

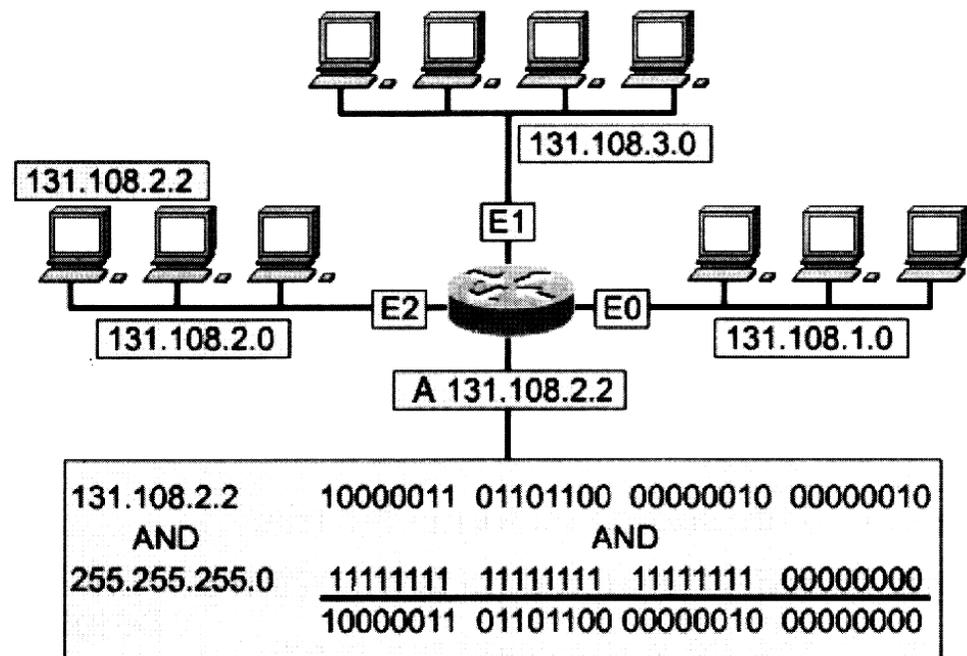
- Un gateway predeterminado es la dirección IP de la interfaz del router que se conecta al segmento del origen.
- Es el que transporta los datos a otras subredes.
- Se envía aquí cuando no se sabe donde enviar los paquetes.



Máscara de subred

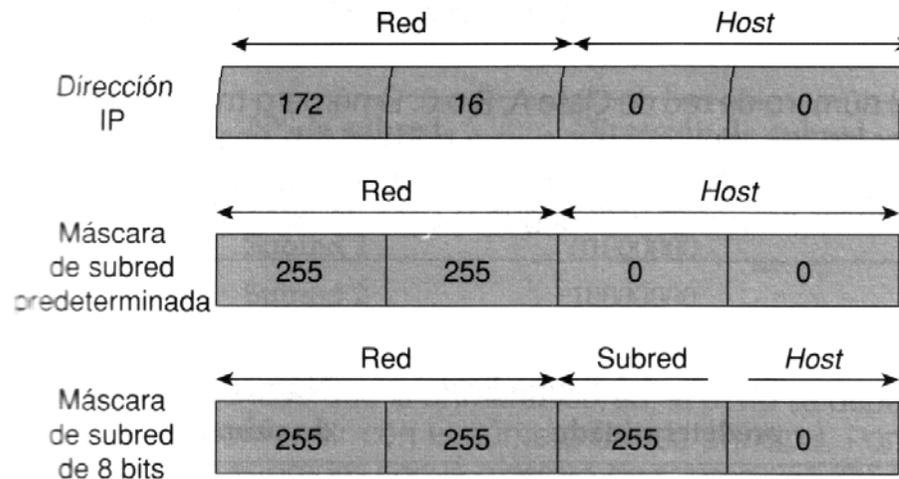
Determina que parte de una dirección IP es el campo de red y cual el campo de host, tiene la misma longitud que una dirección IP.

La parte de host de la mascara tiene todos ceros, para enrutar los datos el router realiza un AND lógico para extraer la dirección de red.



Creación de una subred

Para crear subredes se amplia la parte de enrutamiento mediante la máscara de subred

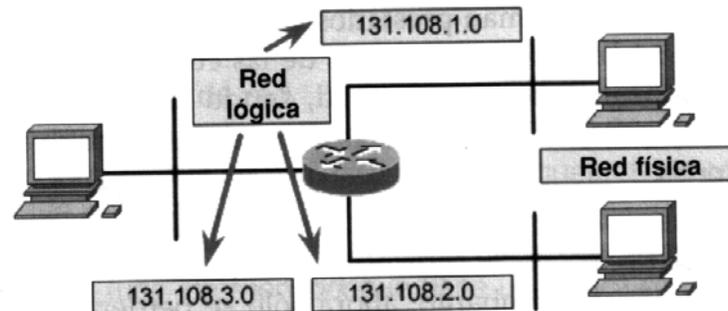


Utilice los bits de la parte de *host*, empezando por la posición del bit de orden superior.

Clase de dirección	Tamaño del campo <i>host</i> predeterminado	Número máximo de bits de subred
A	24	22
B	16	14
C	8	6

Creación de una subred

Hay que tener en cuenta al crear una subred el número de subredes que se necesitan y el número de hosts que queda disponible de forma que se prevea el crecimiento de la red.



El router conecta subredes y redes

Número de bits prestados	Número de subredes creadas	Número de <i>hosts</i> por subred	Número total de <i>hosts</i>	Porcentaje utilizado
2	2	62	124	49%
3	6	30	180	71%
4	14	14	196	77%
5	30	6	180	71%
6	62	2	124	49%

CIDR . Enrutamiento interdominios

CIDR permite que los routers agrupen rutas para reducir la cantidad de información de enrutamiento transportada por los routers principales.

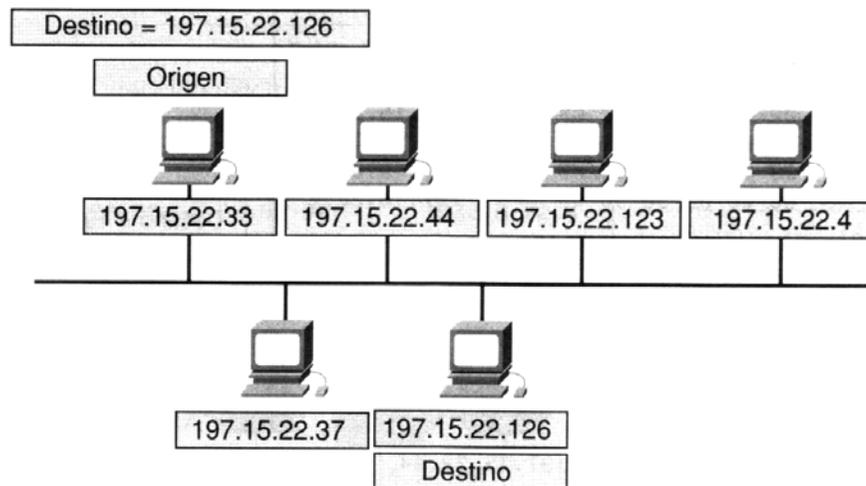
Extensión de la partición en subredes a redes diferentes. El protocolo de enrutamiento presente en el router debe estar configurado para ello.

Una dirección CIDR incluye la dirección estándar de 32 bits más la información de cuantos bits se usan para el prefijo de red. Ejemplo: 206.13.1.48/25, el “/25” indica que se usan los primeros 25 bits para identificar una red.

Internet es una mezcla de CIDR y del esquema estándar. La mayoría de routers dan soporte a CIDR.

Protocolo ARP

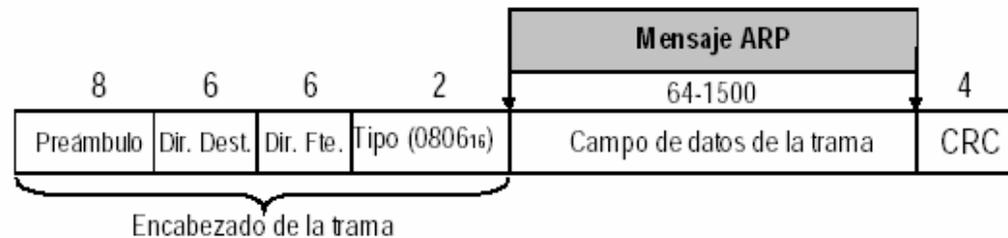
- Los dispositivos necesitan las direcciones IP y MAC para comunicarse.
- Cuando intentan comunicarse con una dirección IP deben conocer la dirección MAC.
- Los dispositivos guardan tablas que contienen direcciones MAC e IP de otros dispositivos, **tablas del protocolo de resolución de direcciones**. Cada vez que se quiere comunicar se utiliza esta tabla ARP.
- ICMP es el protocolo sobre capa 3 de mensajes de control, se emplea para informar de un problema al emisor de un mensaje.



Protocolo ARP

Campos del paquete ARP:

- Hardware.
- Protocolo.
- HLON / PLON.
- OPERACIÓN.
- DF ORIGEN.
- DL ORIGEN.
- DF DESTINO.
- DL DESTINO.
- Protocolo.
- CRC cabecera.
- Dirección origen
- Dirección destino.
- Opciones
- Datos
- Relleno a multiplo de 32bits.

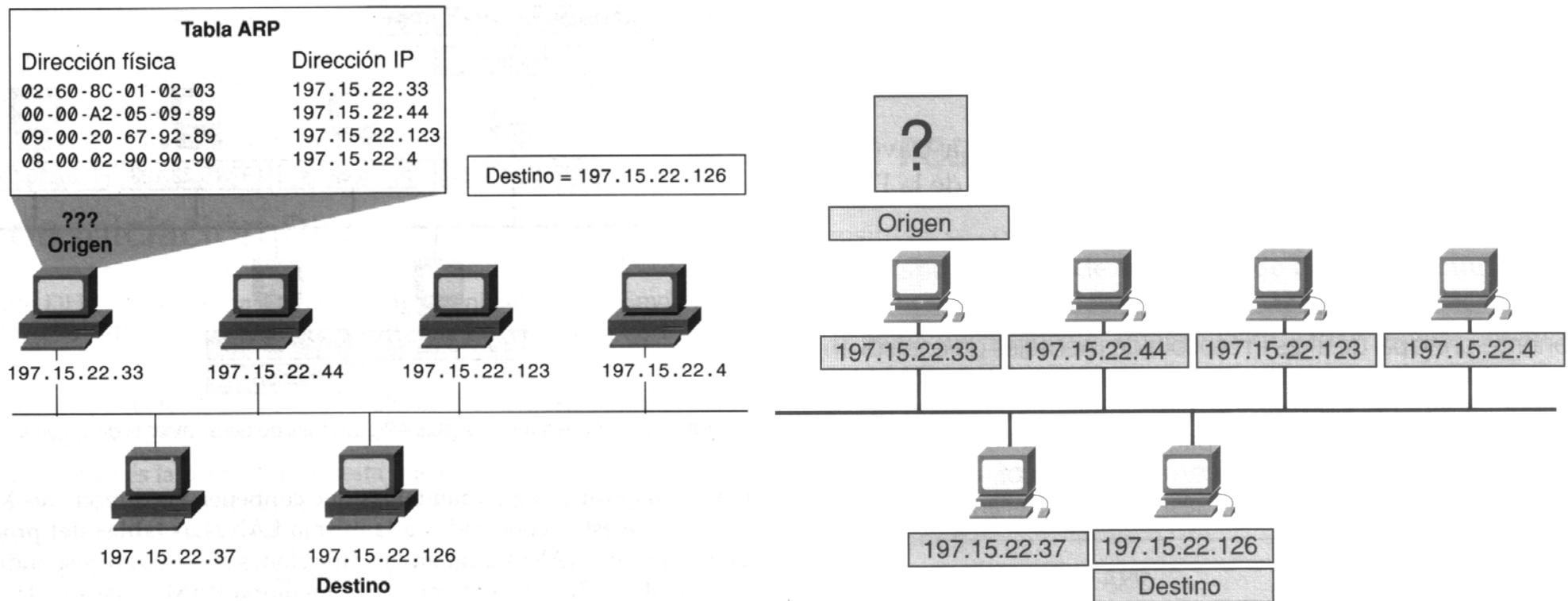


HARDWARE		PROTOCOLO
HLON	PLON	OPERACIÓN
DF ORIGEN (octetos 0-3)		
DF ORIGEN (octetos 4-5)		DL ORIGEN (octetos 0-1)
DL ORIGEN (octetos 2-3)		DF DESTINO (octetos 0-1)
DF DESTINO (octetos 2-5)		
DL DESTINO (octetos 0-4)		

Formato del paquete ARP usado para redes Ethernet

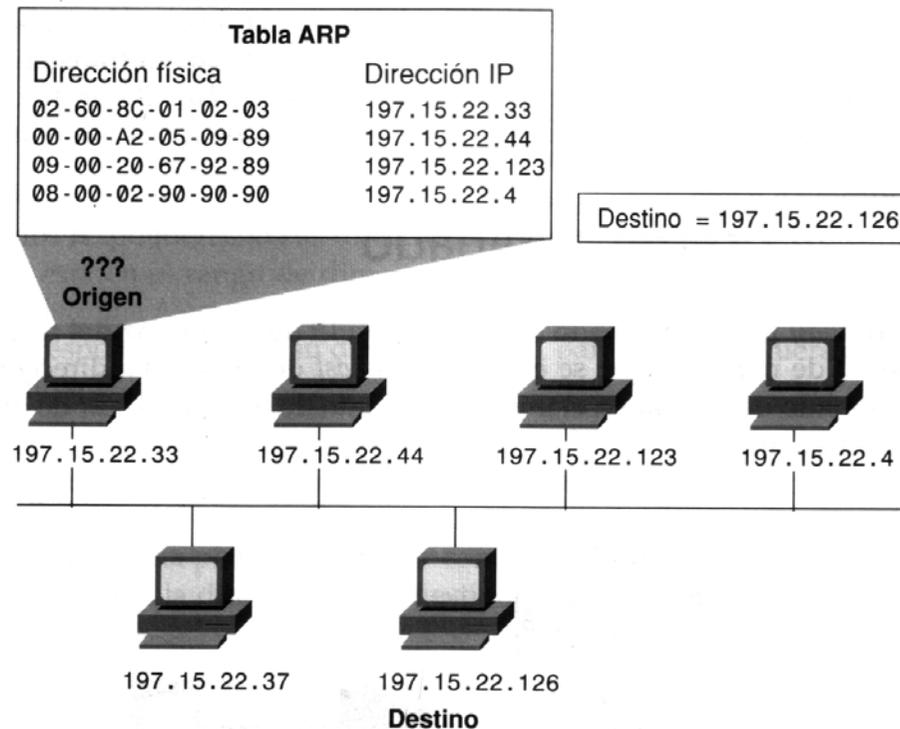
Funcionamiento de ARP (I)

- Si no puede localizar en la tabla la MAC inicia petición ARP mediante difusión.



Funcionamiento de ARP (II)

- El equipo que tiene esa dirección IP contesta si esta activo informándole de su dirección MAC, respuesta ARP.
- El equipo origen introduce la información en la tabla ARP, de esta forma ya puede utilizar la dirección MAC de la tabla continuamente.



Proxy ARP

- Es una variación del ARP.
- Un dispositivo intermedio envía una respuesta ARP en nombre de un nodo final.
- Los routers que disponen de esto capturan los paquetes ARP y responden con su dirección MAC con el fin de que los subsiguientes paquetes sean rutados a su traves hacia otras subredes.

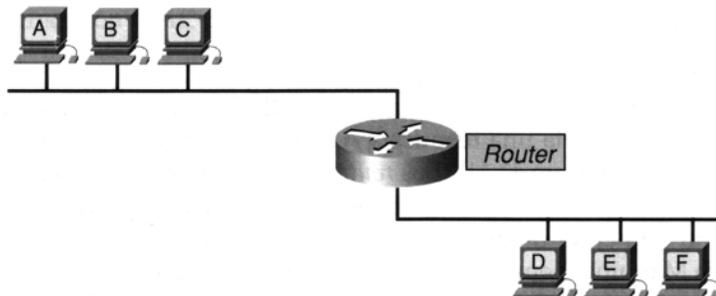
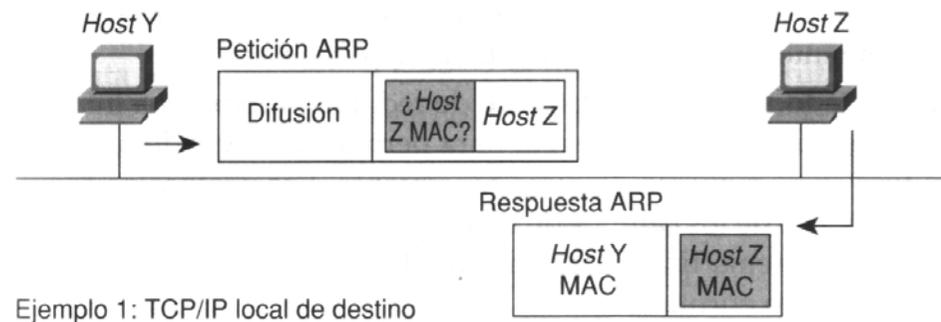
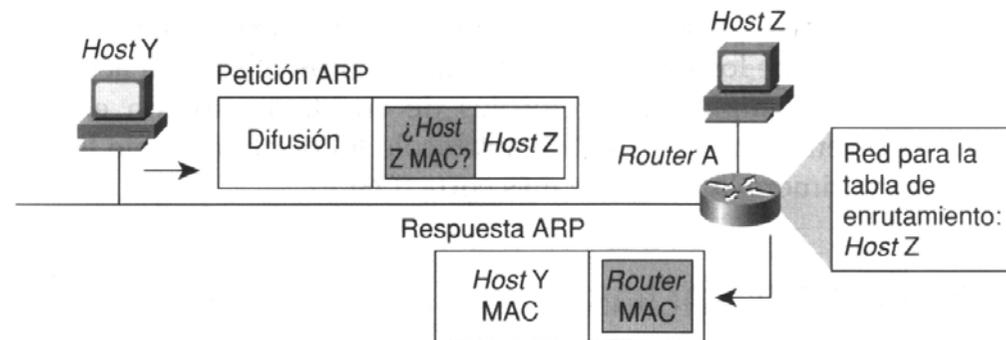


Figura 11.12. Ejemplo de un Proxy ARP.



Ejemplo 1: TCP/IP local de destino



Ejemplo 2: TCP/IP no local de destino

Asignación de IP

Los métodos para asignar direcciones IP son los siguientes:

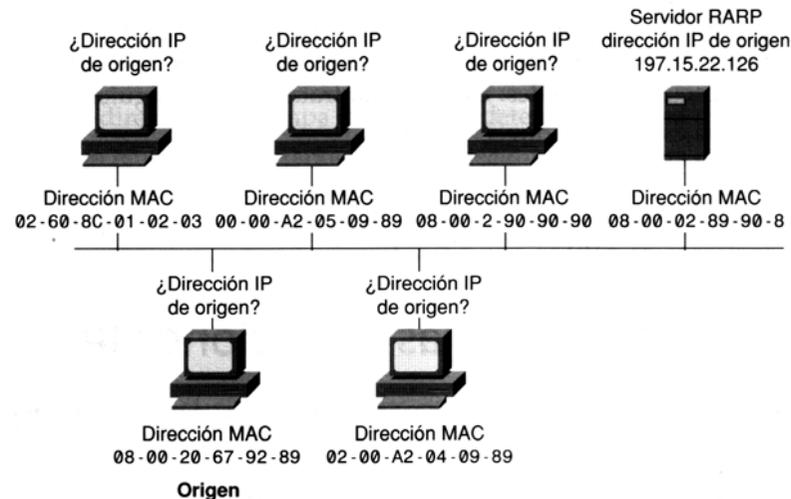
- ❖ **Direccionamiento estático:** se configura manualmente con una dirección IP fija.
- ❖ **Direccionamiento dinámico:** cada vez que se conecta el host se pide la dirección IP. Se emplea en equipos sin disco o móviles.

Este puede ser a su vez:

- **Protocolo de Resolución inversa de direcciones RARP.** Une direcciones MAC con IP. Necesita un servidor RARP. Se gestiona a través de una petición RARP al servidor empleando paquetes de difusión.
- **Protocolo BOOTstrap (BOOT).** BOOTP usa UDP para encapsular mensajes en datagrama IP. Envía un mensaje de difusión. BOOTP puede enviar también más información de configuración de red del equipo. No asigna IP dinámicas, usa una tabla de asignaciones fijas.

Direccionamiento dinámico RARP

Para responder a las direcciones ARP debe haber un servidor RARP



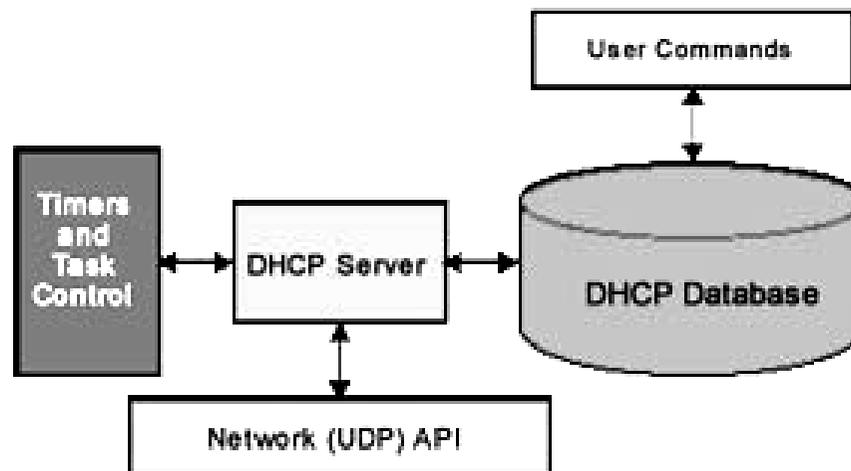
El cliente envía un paquete RARP para conocer su propia dirección IP

Cabecera MAC		Cabecera IP		Mensaje de petición RARP
Destino	Origen	Destino	Origen	¿Cuál es mi dirección IP?
00-40-33-2B-35-77	01-60-8C-01-02-03	11111111	????????	

Figura 11.5. Estructuralmente, las peticiones RARP y ARP son idénticas.

Protocolo DHCP

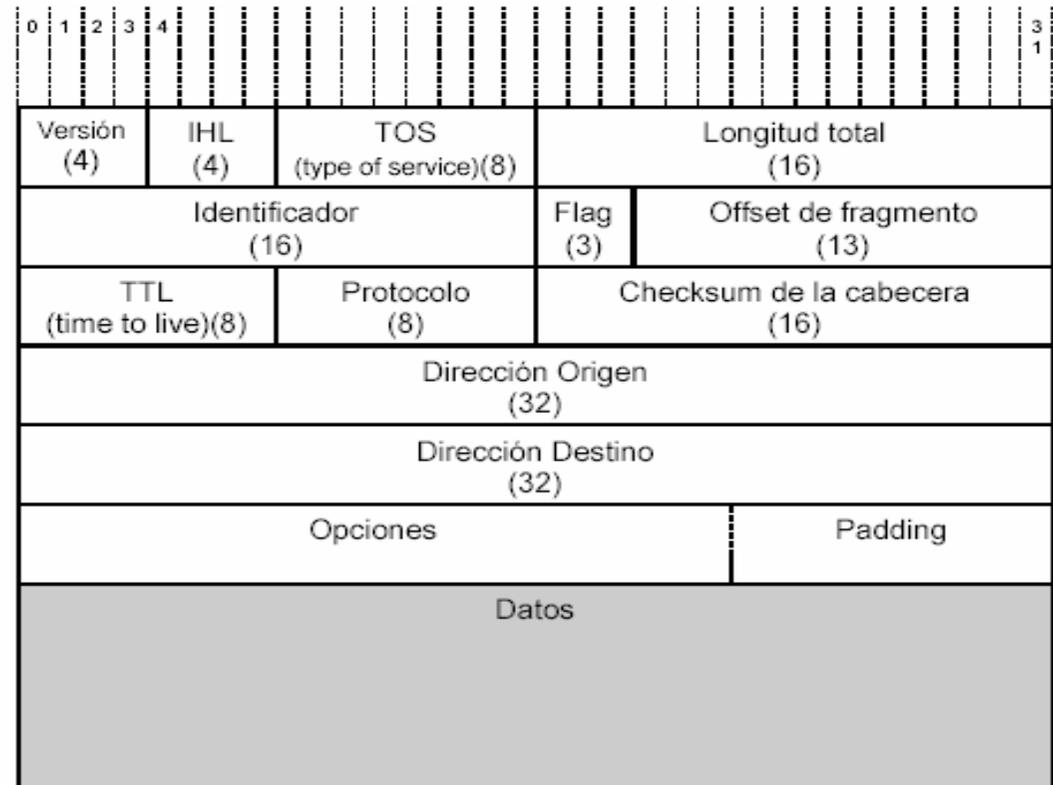
- ◆ Este protocolo es el sucesor de BOOTP, permite obtener direcciones dinámicamente de la misma forma.
- ◆ Además permite obtener más parámetros de red como la máscara de subred, la dirección del gateway y la del servidor de nombres entre otras.
- ◆ Las direcciones se renuevan pasado un tiempo negociable por el cliente.



Protocolo IP

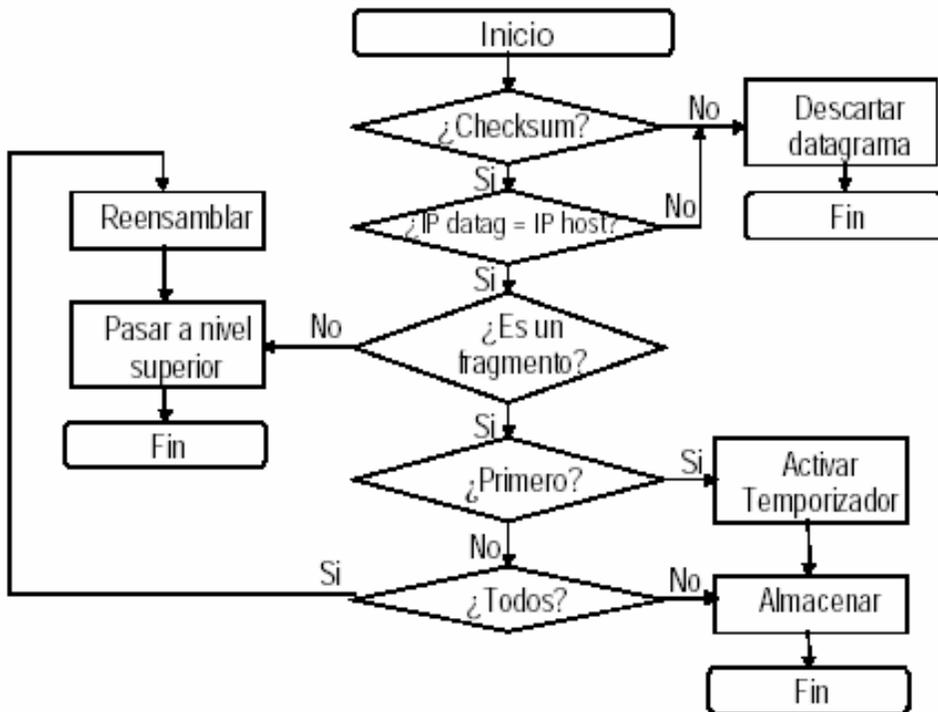
Campos del paquete IP:

- Versión
- Longitud de cabecera.
- Tipo de servicio (prioridad).
- Longitud total.
- Identificación.
- Flags para la fragmentación.
- Desplazamiento del fragmento.
- Tiempo de Existencia.
- Protocolo.
- CRC cabecera.
- Dirección origen
- Dirección destino.
- Opciones
- Datos
- Relleno a multiplo de 32bits.

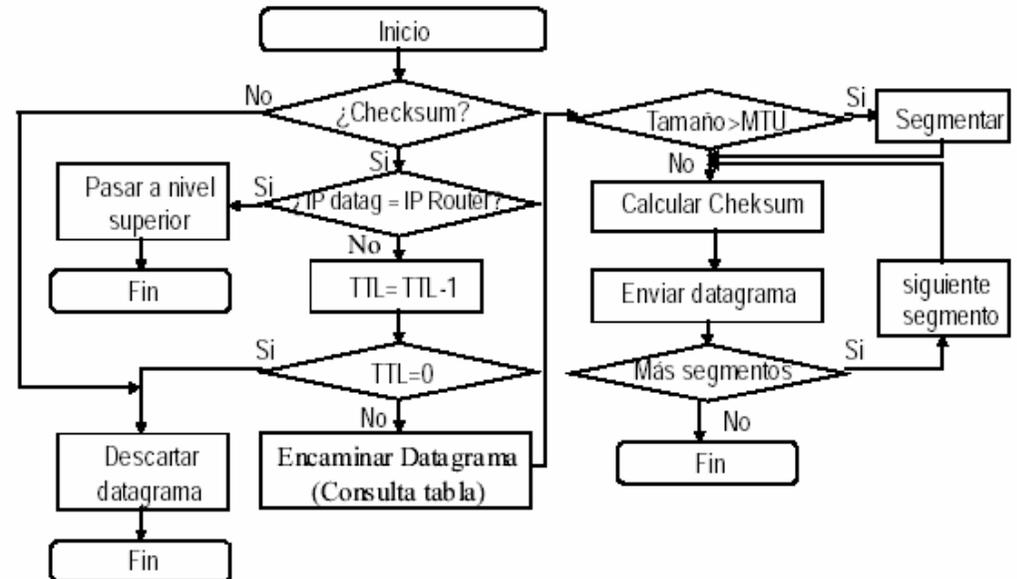


Manejo de Datagramas

En un Host:

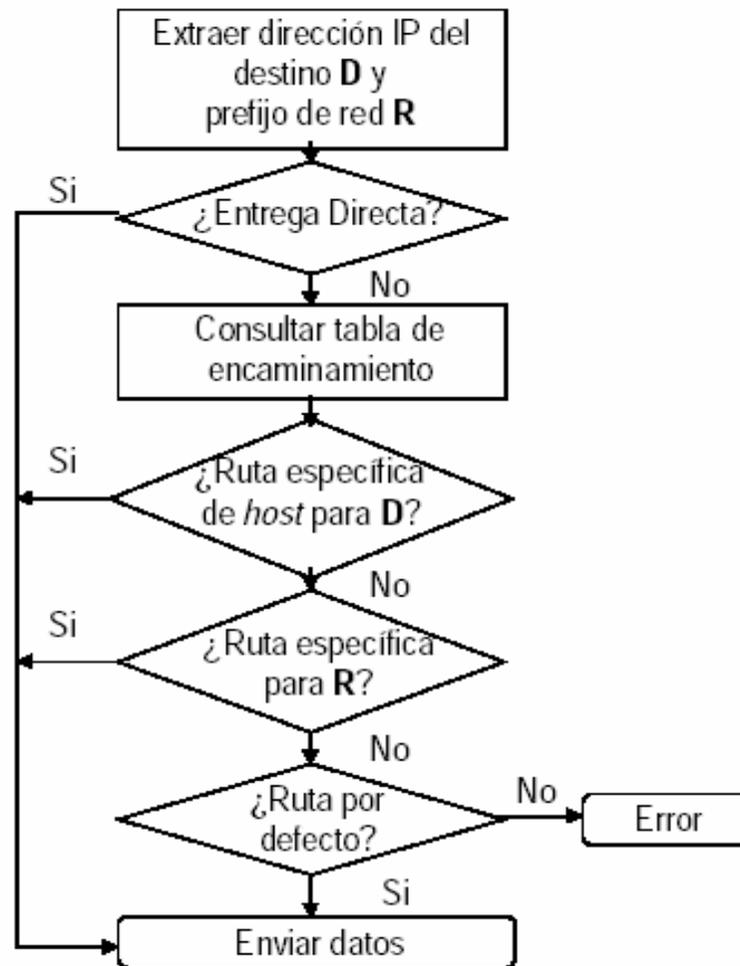


En un Router:



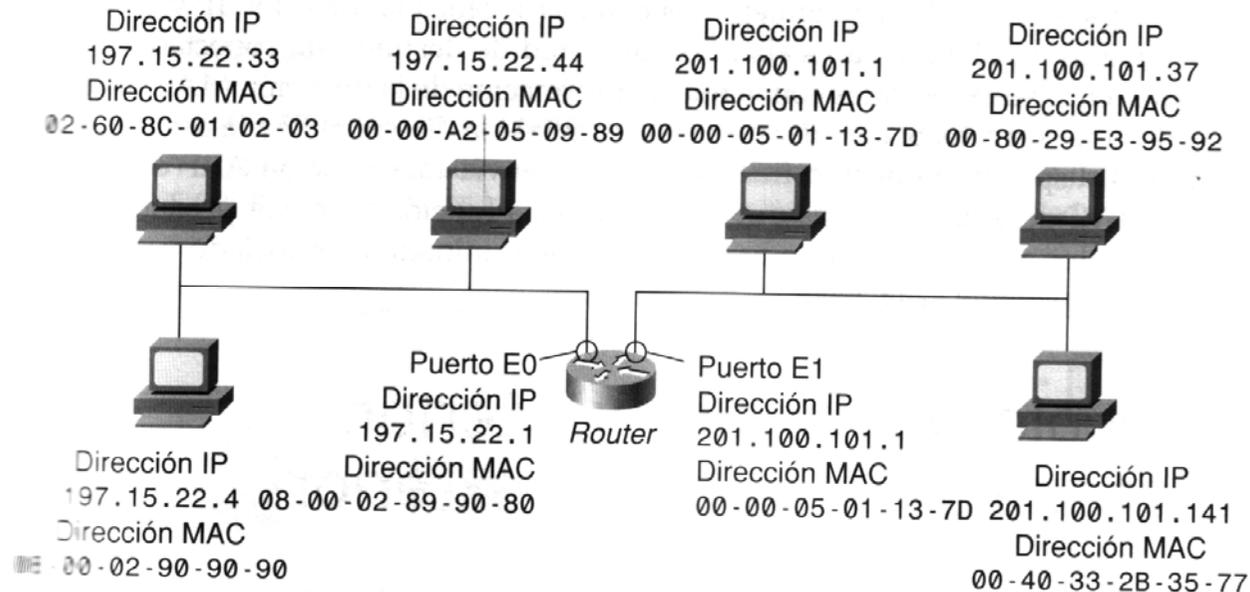
- Los routers no envía tramas de difusión por defecto.
- Los routers proporcionan conectividad entre VLAN.
- Los routers controlan los paquetes mediante listas de acceso (ACL).

Manejo de paquetes IP



Tablas ARP en Router

- Como están conectados a varias redes, sus tablas ARP pueden incluir las direcciones IP y MAC de dispositivos de más de una red. Las tablas del router también asignan puertos o interfaces.
- Un router tiene las direcciones IP y MAC de otros routers. Las emplea para dirigir los datos, si recibe un paquete que no está en su tabla de enrutamiento lo envía a la red predeterminada.



Ejemplo de Encaminamiento

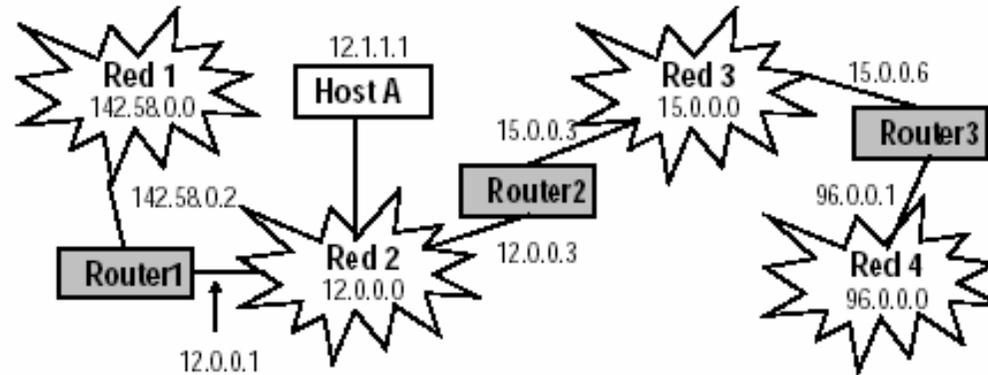


Tabla de encaminamiento del host A

<i>destino</i>	<i>ruta</i>
12.0.0.0	Entrega directa
142.58.0.0	12.0.0.1
defecto	12.0.0.3

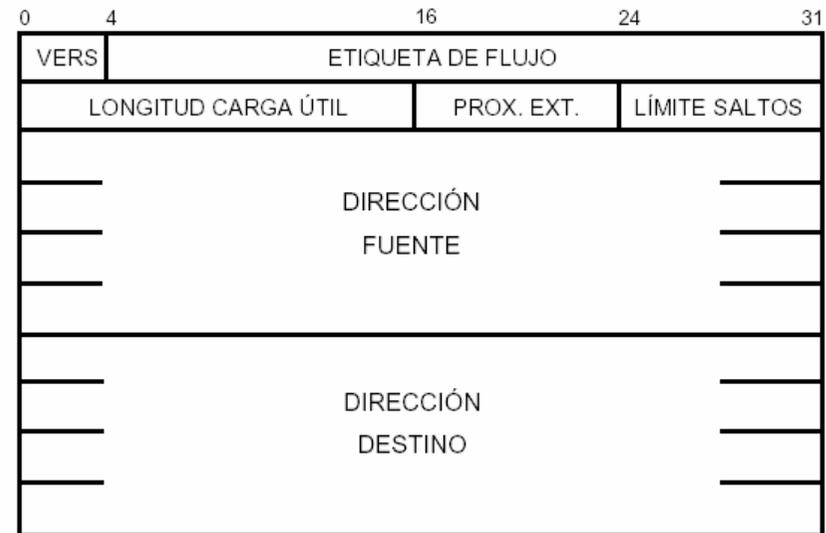
Tabla de encaminamiento del Router2

<i>destino</i>	<i>ruta</i>
15.0.0.0	Entrega directa
12.0.0.0	Entrega directa
142.58.0.0	12.0.0.1
96.0.0.0	15.0.0.6

Protocolo IPv6

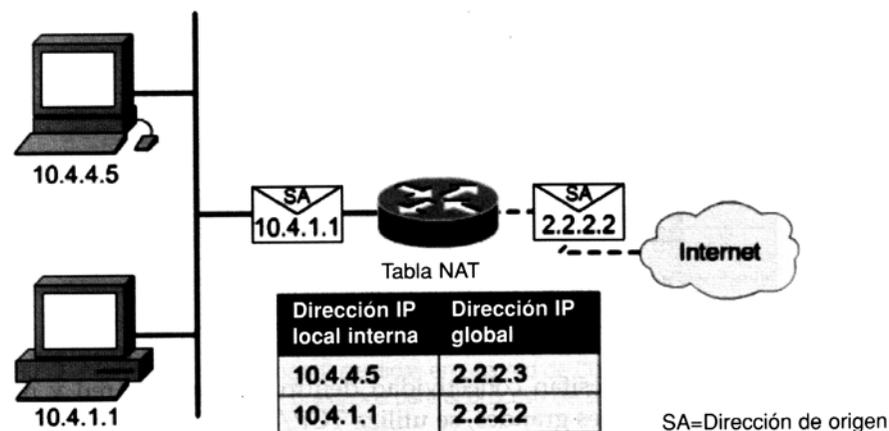
Novedades:

- Espacio de direcciones ampliado.
- Notación hexadecimal con dos puntos.
- Mecanismo de opciones mejorado.
- Direcciones de autoconfiguración permiten asignación dinámica de direcciones.
- Mayor flexibilidad en el direccionamiento.
- Permite tráfico de alta prioridad.
- Capacidades de seguridad.



Redes Privadas. NAT

- ☒ **Conversión de direcciones de red (NAT)** es el proceso de cambiar una dirección por otra en la cabecera IP del paquete. Permite que los hosts direccionados de forma privada accedan a Internet.
- ☒ Un PC o un router puede realizar NAT.
- ☒ Aunque NAT no es un cortafuegos puede evitar que los intrusos se conecten directamente a los hosts internos.
- ☒ Si se cambia de proveedor las direcciones internas no cambian.
- ☒ NAT se usa en routers domésticos como los de ADSL.



Protocolo ICMP

- ICMP (*Internet Message Protocol*) es el encargado de transmitir los mensajes de error y diagnóstico.
- Cada tipo tiene su propio formato. Todos contienen los campos: TIPO, CODIGO y CHECKSUM.

Campo TIPO	Tipo de mensaje ICMP
0	Respuesta de eco
3	Destino inalcanzable
4	Disminución de flujo de la fuente
5	Redireccionar (cambiar la ruta)
8	Petición de eco
11	Tiempo excedido por el datagrama
12	Problema de parámetro en un datagrama
13	Petición de grabar tiempos
14	Respuesta de grabar tiempos
15	Petición de información
16	Respuesta de información
17	Petición de máscara de direcciones
18	Respuesta de máscara de direcciones

Tuneling

Cada paquete de información se transporta mediante otro protocolo. Existen muchas variantes.

Generalmente se emplea para mejorar la seguridad o para adaptar tipos de redes.

- **VPN (Virtual Private Network):** Los paquetes se encriptan para ofrecer mayor seguridad y se envían por la red.
- **PPP (Point to Point Protocol):** Protocolo para transmisión de datos a través de redes públicas.

Son protocolos destinados a transmitir información de otros protocolos. PPP está formado por LCP(Link Control Protocol), NCP(Network Control Protocol) y DLLP(Data Link Layer Protocol).

Protocolos enrutados y de enrutamiento

- **Protocolo enrutado:** protocolo que proporciona información para envío de paquetes host a host. Los paquetes se transportan de sistema final a sistema final. Ej: IP, IPX.
- **Protocolo de enrutamiento:** Protocolo que soporta un protocolo enrutado. Los mensajes del protocolo de enrutamiento se mueven entre routers y permiten a los routers crear un mapa interno de otros routers de la red o de Internet. Ej: RIP, IGRP, OSPF.

Existen otros protocolos enrutados: IPX de Novell, DDP AppleTalk. El NetBEUI de Microsoft no es enrutable, solo funciona en un segmento de la red.

Protocolos de Enrutamiento

Los routers usan protocolos de enrutamiento para intercambiar la información de enrutamiento que es la que decide las rutas que siguen los protocolos enrutados

- **Protocolos Internos (IGP):** se emplean dentro de un sistema autonomo o dominio controlado por una misma entidad.
 - **RIP**, Protocolo de Información de Enrutamiento.
 - **IGRP**, Protocolo de enrutamiento de gateway interior.
 - **EIGRP**, Protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado.
 - **OSPF**, Protocolo primero la ruta más corta.
 - **IS-IS**, Protocolo del estado del enlace.

- **Protocolos externos (EGP):** aplicados entre sistemas autonomos.
 - **BGP**, Border Gateway Protocol.

Clases de protocolos de Enrutamiento

Dentro de un sistema autónomo, la mayoría de algoritmos de enrutamiento IGP pueden ser clasificados de acuerdo con los tipos:

- **Vector distancia.** Basados en la dirección y distancia a cualquier enlace del internetworking. Ej: RIP, IGRP.
- **Estado de enlace.** Basado en el estado del enlace, "primero la ruta más corta", recrea la topología exacta. Ej: OSPF, NLSP.
- **Hibrido equilibrado.** Combina aspectos de los algoritmos anteriores. Ej: EIGRP.

La **Distancia Administrativa** es un valor asignado a una ruta por el Administrador que se emplea para valorar cual es la ruta con mayor probabilidad de ser empleada.

Funcionamiento de Métricas

Cada algoritmo de rutado interpreta su información de la mejor manera y genera un número, llamado métrica para cada ruta que cruza la red, cuanto menor, mejor. Lo emplea para tomar decisiones de rutado.

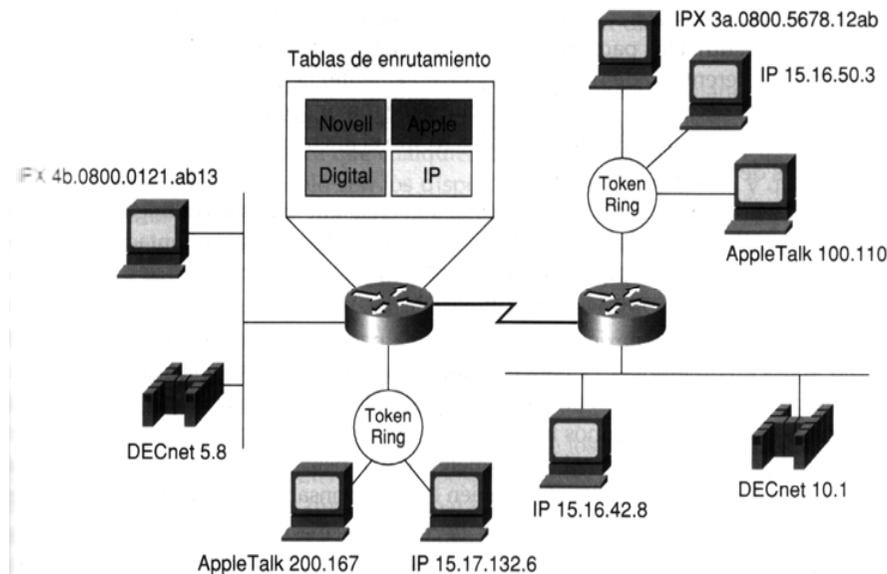
Métricas comunes:

- Cuenta de saltos: usado en RIP.
- Ancho de banda: preferible enlace de mayor ancho.
- Retraso: tiempo de tránsito del paquete al destino.
- Carga: actividad de un enlace.
- Fiabilidad: tasa de error de cada enlace.
- Ticks: retraso del enlace en ticks de reloj (55 ms).
- Coste: gasto del enlace asignado por administrador.

RIP (Routing Information Protocol)

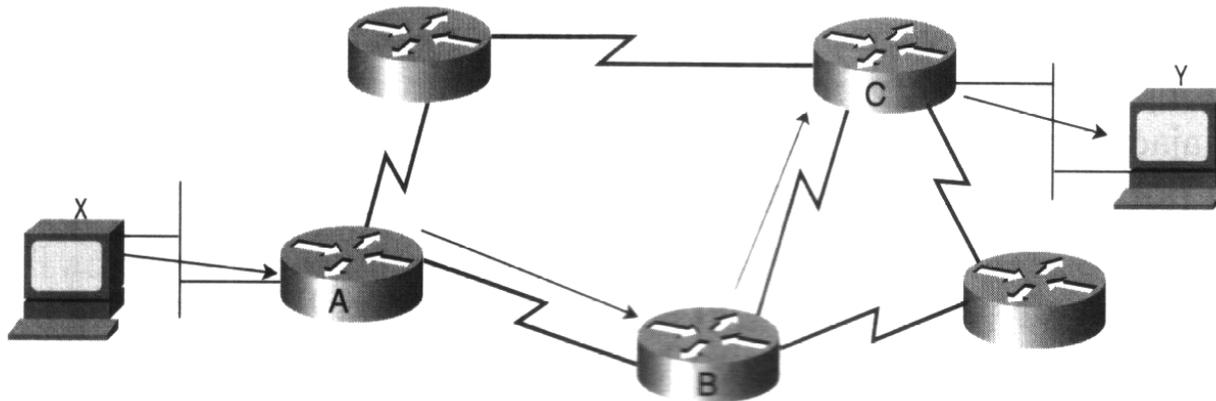
RIP funciona mediante **enrutamiento por vector distancia**. Los routers intercambian las tablas de enrutamiento generando trafico adicional en los enlaces. La ruta escogida será la que tenga un número de saltos menos.

Otros protocolos emplean otras métricas diferentes. Como inconveniente tiene que si el numero de saltos es grande la red de destino se puede considerar inalcanzable, más de 15 saltos.



Protocolo RIP

- Se emplea para routers del mismo dominio.
- Actualiza las tablas cada 30 segundos.
- Si hay varias rutas a un destino se selecciona la ruta con menor cuenta de saltos. Aunque esto no implica que sea la ruta más rápida.
- Fue uno de los primeros protocolos de enrutamiento usado y es el más sencillo.
- El número máximo de saltos es de 15. Una red más lejos se considera inalcanzable.

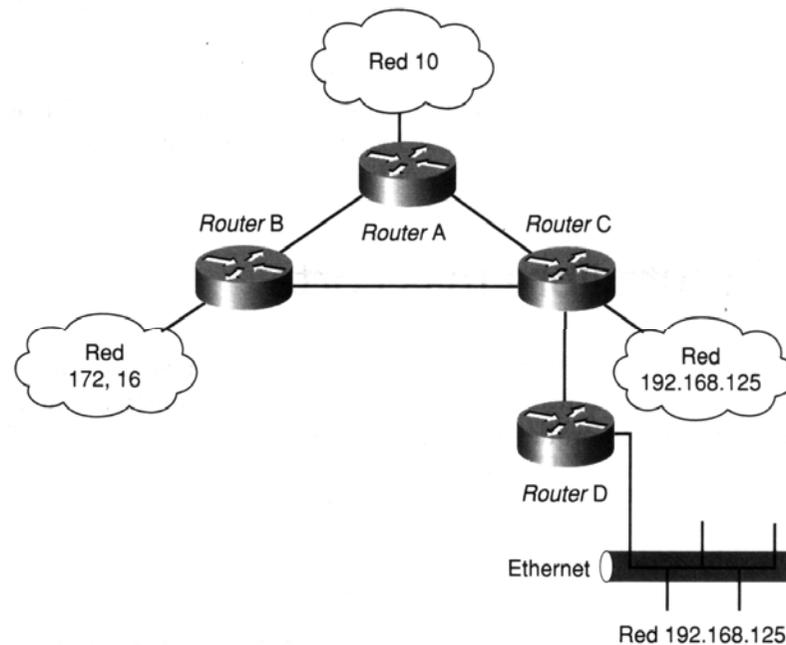


Protocolos IGRP, EIGRP y OSPF

- IGRP y EIGRP Desarrollados por CISCO.
- IGRP se basa en vector distancia y se usa en redes grandes y heterogeneas.
- También consideran otros factores como ancho de banda, carga, retraso y fiabilidad.
- Configurable por el administración la importancia de cada métrica.
- EIGRP es una versión mejorada que combina los protocolos de estado de enlace con las de los protocolos de vector distancia.
- OSPF es un protocolo de enrutamiento por estado de enlace basado en estándares libres determina la ruta más corta y usa varias métricas de coste.

Enrutamiento estático

- El administrador de red puede introducir en un primer momento la información de ruta en la tabla de enrutamiento. (**RUTAS ESTÁTICAS**)
- Los routers pueden conocer la información de unos y otros sobre la marcha. (**RUTAS DINÁMICAS**)
- Las tablas estáticas se emplean para probar conexiones, mantener el ancho de banda, o cuando solo hay una red destino.

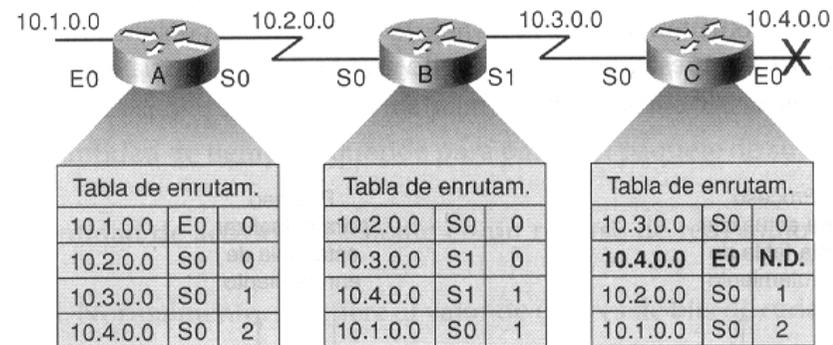


Enrutamiento dinámico

- Tiene lugar cuando los routers se envían mensajes periódicos de actualización unos a otros.
- Cada vez que le llegan los mensajes calcula de nuevo la ruta óptima y envía esta información nueva a los demás.
- Permite que cuando falla una ruta, automáticamente se seleccione una nueva ruta.
- Se basa en el protocolo de enrutamiento que describe:
 - Cómo se envían las actualizaciones.
 - Qué conocimiento contiene las actualizaciones.
 - Cuándo se envía.
 - Cómo localizar los destinatarios.

Problemas de Rutado

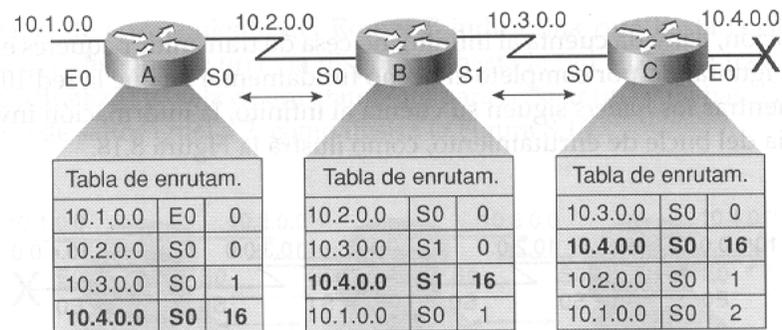
Bucles de Enrutamiento: Durante el proceso de mantenimiento de la información, pueden aparecer bucles tras un cambio en la topología que genera entradas de enrutamiento incoherentes.



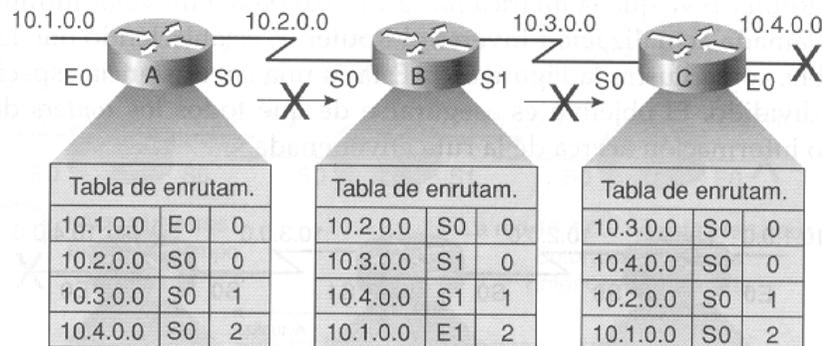
- 1) Justo antes del fallo todos los routers tenían información coherente, la red estaba en un estado de haber convergido.
- 2) Cuando ha fallado la red 10.4.0.0, C detecta el fallo aunque A y B siguen transmistiéndolo.
- 3) Como la tabla de B indica una ruta, C cree que dispone de una vía a través de B. El router C actualiza su tabla.
- 4) B recibe la tabla de C y A la de B y todos actualizan la longitud de salto (métrica) hasta la red caída. Este proceso hace que los paquetes estén dando vueltas junto con la información de rutado un número indefinido de veces. **Cuenta al infinito.**

Solución al problema (I)

Métrica máxima. Se dispone de una limitación con el campo TTL del paquete IP. Los protocolos de vector distancia definen el infinito como un número pequeño. Las redes más lejos de 15 se consideran no alcanzables.



Horizonte dividido. Un router nunca vuelve a enviar información acerca de una ruta a la dirección de donde ha venido al actualización original.



Solución al problema (II)

Temporizadores. Se emplean temporizadores para prevenir mensajes de actualización de rutas reestablecidas. Ignora durante un tiempo actualizaciones de rutas con peor métrica que provengan de otros vecinos diferentes al marcado en la ruta.

