

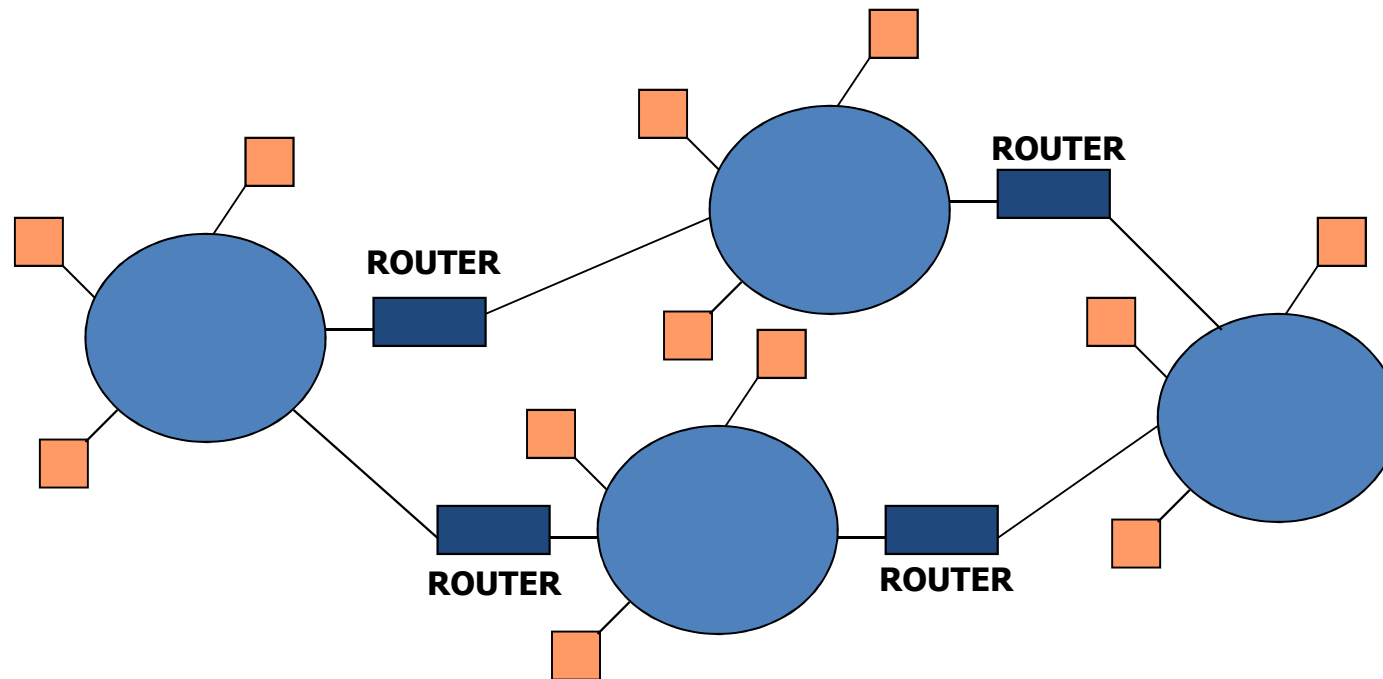
# **TEMA 5**

## **NIVEL DE RED**

## 5.1 Funcionalidades

### Objetivos de la capa de red

**Encaminamiento:** Procedimiento por el que un paquete de información puede ser intercambiado entre cualquier par de equipos en una red de comunicaciones.



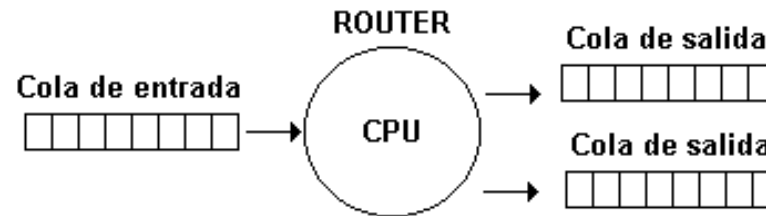
La arquitectura TCP/IP define un funcionamiento de red de datagramas en su capa de red:

Cada paquete de información incorpora dirección origen y dirección destino

En cada router se decide cuál es el siguiente salto que ha de realizar cada paquete.

## 5.1 Funcionalidades

### Arquitectura de un router en una red TCP/IP



#### Funcionalidades básicas:

- **Encaminamiento**

- **Gestión del flujo de información:**

Vt=100 Mbps

{  
Web 50 Mbps  
Correo 10 Mbps  
Otros 40 Mbps

- **Seguridad:**

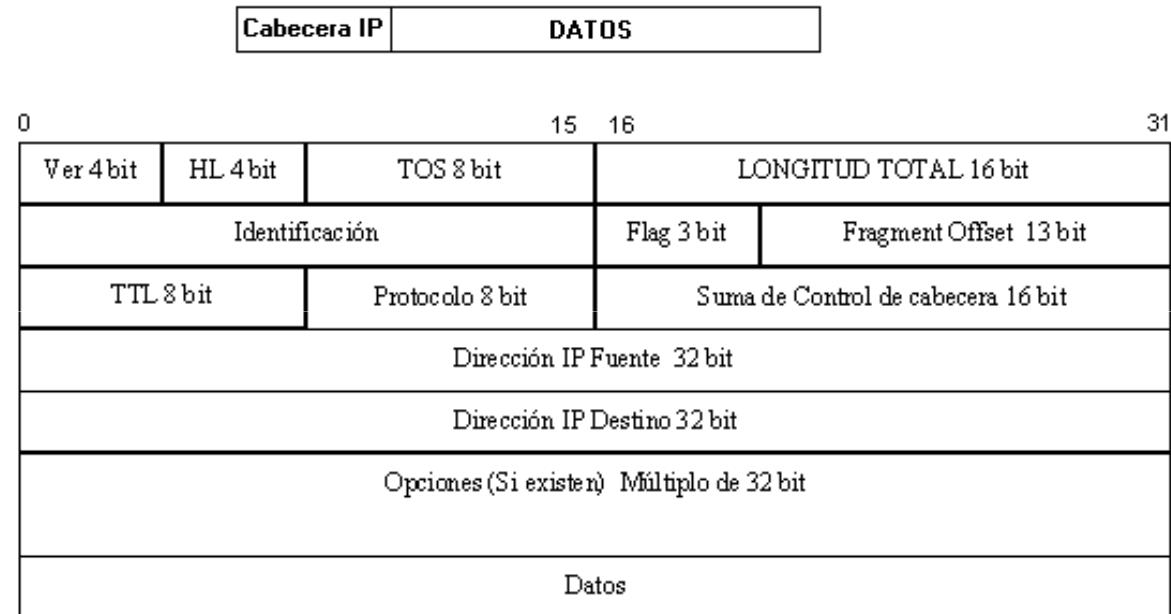
{ Firewall (cortafuegos): acceso limitado

{ Encriptación de datos: Protocolo IPSEC

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.1 Protocolo IP. RFC 791

- Define un sistema de numeración para identificar máquinas en una red formada por la interconexión de diferentes segmentos físicos.
- Define un formato de paquete de nivel de red (interred) para el control del encaminamiento (cabecera IP)



- Define el mecanismo de encaminamiento de los paquetes en los routers.

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.1 Protocolo IP. RFC 791

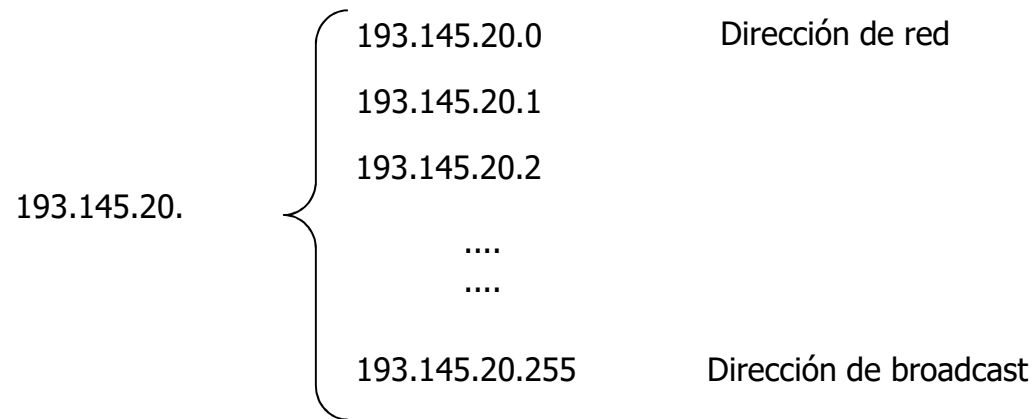
#### Direccionamiento IP

Dirección IP 193.145.20.23

¿ Identificador de red ?  Máscara de red de una red IP

Valor de 32 bits (X.X.X.X)  11111111..1000000000000000

Máscara de red = 255.255.255.0  193.145.20.23 pertenece a la red 193.145.20.



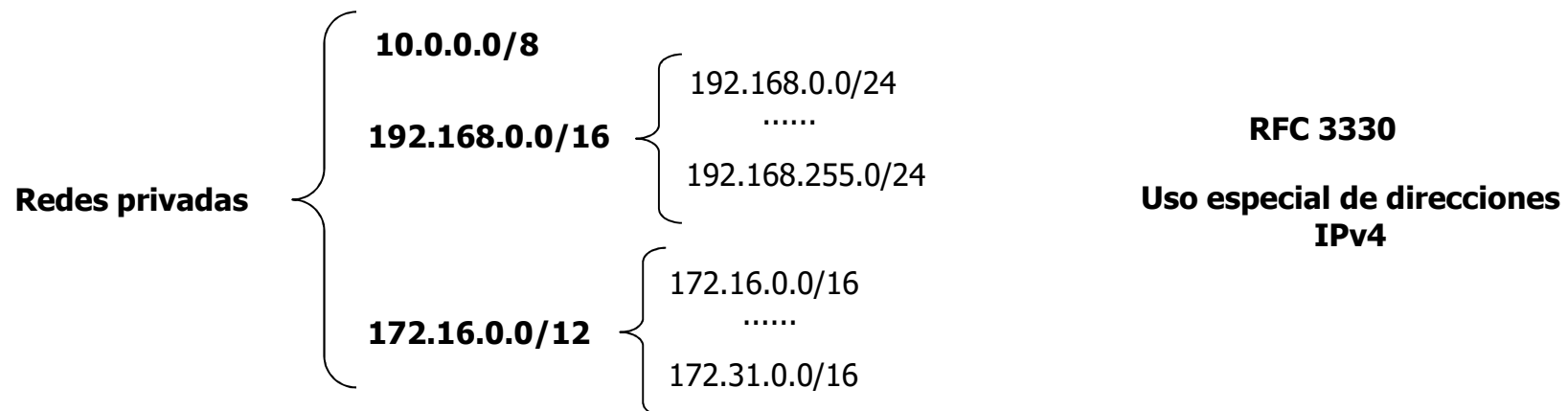
## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.1 Protocolo IP. RFC 791

#### Direccionamiento IP

Clase	7bit	24bit	
A	0	Red	Máquina
			0.0.0.0 127.255.255.255
B	1 0	14bit Red	16bit Máquina
			128.0.0.0 191.255.255.255
C	1 1 0	21bit Red	8bit Máquina
			192.0.0.0 223.255.255.255
D	1 1 1 0	28bit Multicast	
			224.0.0.0 239.255.255.255
E	1 1 1 1 0	27bit Futuras Ampliaciones	
			240.0.0.0 247.255.255.255

Clases de direcciones IP

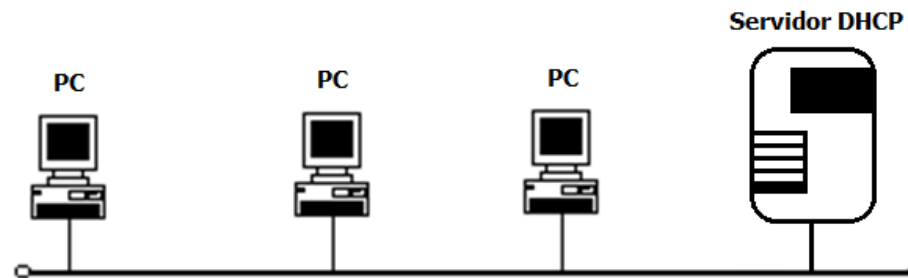


## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.2 Direccionamiento de redes con el protocolo IP

#### **DHCP: Protocolo de configuración de máquina dinámica (RFC 2131)**

Protocolo para realizar la configuración IP de una máquina de manera automática, obteniendo la información (dirección IP, máscara, puerta de enlace por defecto, etc.) al establecer un diálogo entre un cliente (máquina) y un servidor DHCP.



Un servidor DHCP dispone de los parámetros de configuración IP de los equipos de una red:

- Rango de direcciones IP disponibles para asignarlas a los equipos de la red (en general un subgrupo de todo el rango).
- Valor de la máscara de red.
- Dirección IP de la puerta de enlace por defecto.
- Direcciones IP de los servidores DNS: servidores que traducen el nombre de dominio de una máquina (www.ua.es) a su dirección IP (193.145.235.30).

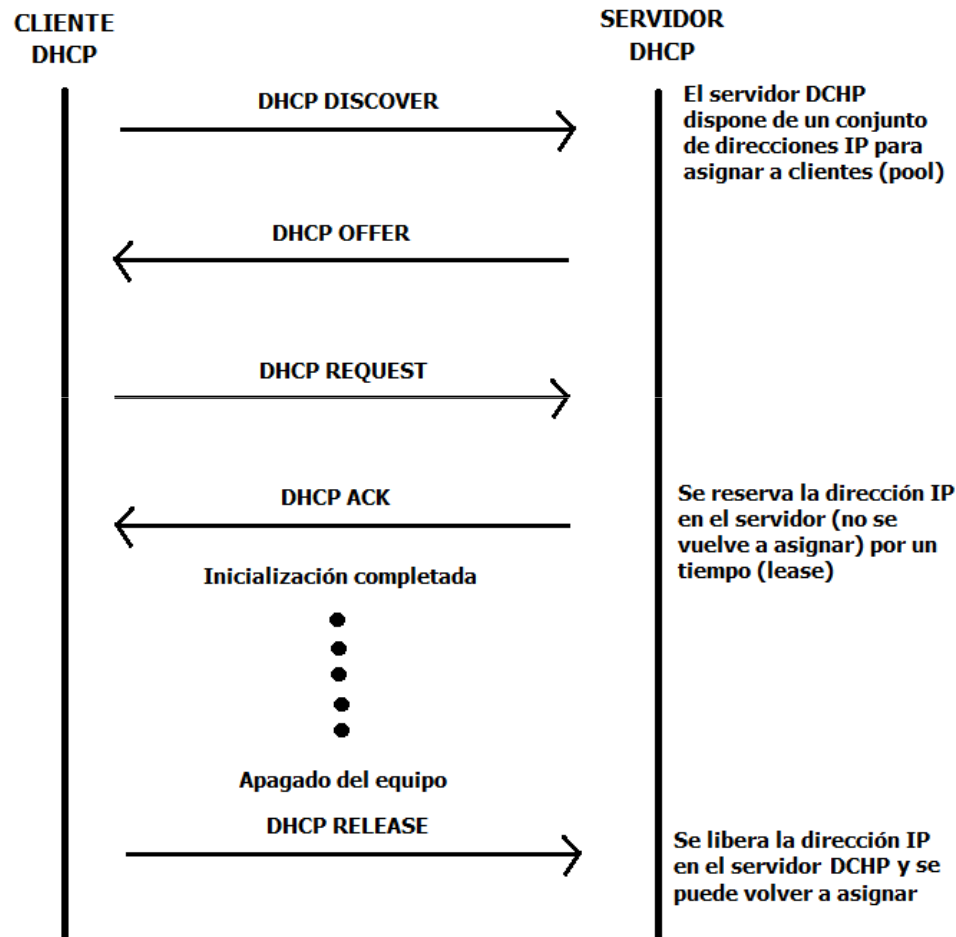
Cuando una máquina se inicia, si tiene activo el servicio cliente DHCP (obtención automática de dirección IP) buscará un servidor DHCP en la red y solicitará una configuración IP. Para ello se intercambian una serie de mensajes encapsulados en paquetes UDP (en algunos mensajes es necesario el envío de información a todas las máquinas de la red).

Están asignados los números de puerto UDP 67 para el cliente y UDP 68 para el servidor.

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.2 Direccionamiento de redes con el protocolo IP

**DHCP: Protocolo de configuración de máquina dinámica (RFC 2131)**



**DHCP DISCOVER:** Mensaje DHCP que envía el cliente a la dirección MAC de difusión y que informa a los servidores DHCP existentes de que una máquina necesita una configuración IP.

**DHCP OFFER:** Mensaje DHCP que envía un servidor DHCP al cliente (o a todos los clientes existentes) informando de una configuración IP disponible.

**DHCP REQUEST:** Mensaje DHCP que envía el cliente a la dirección MAC de difusión informando a los servidores DHCP existentes de la configuración IP que solicita (en base a los mensajes DHCP OFFER recibidos).

**DHCP ACK:** Mensaje DHCP que envía el servidor DHCP al cliente informando de que la configuración IP solicitada se asigna y reserva por un tiempo (lease time) al cliente.

Cuando expira el tiempo de reserva (lease time) el cliente tiene que renovarlo con un paquete DHCP REQUEST y recibir un DHCP ACK.

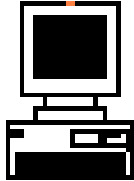
**DHCP RELEASE:** Mensaje DHCP que envía un cliente al servidor DHCP informando de que ya no precisa la configuración IP, por lo que estará disponible en el servidor DHCP para otra máquina.



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Dispositivos que precisan tablas de encaminamiento



##### **Estación, PC, host de la red**

Precisa de una tabla de encaminamiento sencilla: una entrada para la red a la que pertenece y otra para la puerta de enlace por defecto.



##### **Router, encaminador de la red**

Precisa de una tabla de encaminamiento compleja: necesita entradas en la tabla de encaminamiento para cada red que conoce y una para la puerta de enlace por defecto

#### Formato de una tabla de rutas o tabla de encaminamiento

Una tabla de encaminamiento consta de una fila (entrada) por cada red IP que conoce el dispositivo (PC/router).

Se distinguen 3 tipos de entrada:

Entradas asociadas a redes conectadas directamente (la puerta de enlace es una dirección IP del dispositivo).

Entradas asociadas a redes alcanzables (la puerta de enlace es la dirección IP de un router).

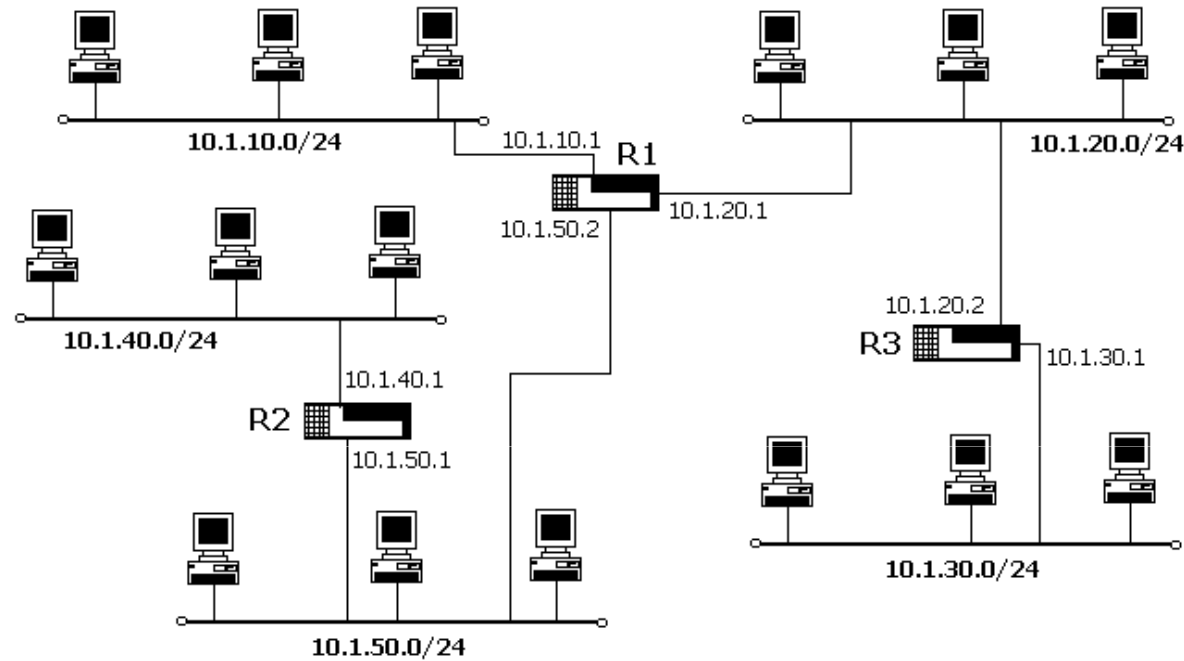
Entrada de la puerta de enlace por defecto (la puerta de enlace es la dirección IP de un router).

Destino	Máscara de red	Puerta de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.2.10.0	255.255.255.0	10.1.10.3
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.10.4

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Ejemplo de tablas de encaminamiento



**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.2

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.20.1

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Ejemplo de tablas de encaminamiento

##### Reducción del tamaño de las tablas de rutas

**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.2

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.20.1

**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.1
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.50.2

**R3**

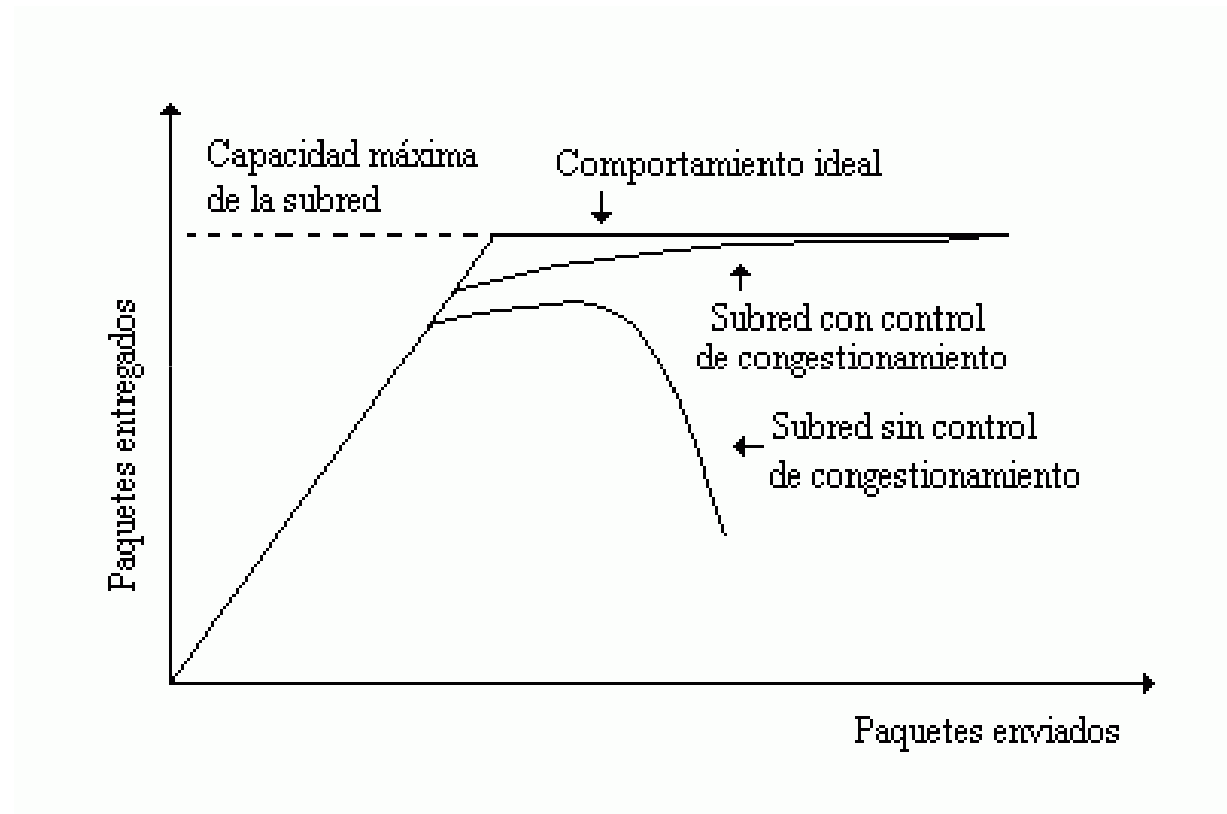
Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.20.1

**La reducción del número de entradas en la tabla de rutas permite un encaminamiento más rápido**

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.4 Congestionamiento en redes IP

Una red de conmutación de paquetes presenta **congestión** si al aumentar el flujo de paquetes de entrada a la red (número de paquetes por segundo que entran en la red), disminuye el flujo de paquetes de salida (número de paquetes por segundo que salen de la red).



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.4 Congestionamiento en redes IP

La congestión se produce debido a que los routers de la red son incapaces de realizar el encaminamiento de los paquetes que reciben en un tiempo adecuado, debido a que les llegan demasiado rápido. Esto provoca un aumento en las colas de entrada de paquetes en los routers, lo que a su vez implica una mayor ralentización en el proceso de encaminamiento.

Si el congestionamiento no se detecta a tiempo en la red y no se toman medidas de corrección, la red se bloqueará quedando inutilizada para el intercambio de información.

#### Causas del congestionamiento

**Routers con insuficiente capacidad de proceso.** Será necesario aumentar la capacidad de los encaminadores de la red si va a aumentar el flujo de paquetes que circulará en la red.

**Fragmentación de la información con el protocolo IP.** Si la información a intercambiar es fragmentada por el protocolo IP en gran medida (MTU pequeño en la red), los routers precisan más tiempo para encaminar la misma información que con un MTU más grande, ya que tienen que analizar más cabeceras IP.

#### Detección del congestionamiento

**Routers con insuficiente capacidad de proceso.** Es necesario monitorizar cuál es el porcentaje de uso de la CPU de los routers. Si el valor de utilización es superior al 60-70%, se hace necesario emplear un router con mayores prestaciones (procesador de gama más alta).

**Fragmentación de la información con el protocolo IP.** Es necesario verificar que los MTU de la red están elegidos adecuadamente y que la fragmentación se evita con mecanismos como la norma RFC 1191. Detectando la presencia de mensajes ICMP Source Quench o Fragment Reassembly Time Exceeded se conoce si la fragmentación está provocando un efecto nocivo en la red.

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.4 Congestionamiento en redes IP

#### Corrección del congestionamiento

Si en una red se detecta una situación de congestionamiento, hay una única solución para que la red no quede bloqueada: **reducir el flujo de entrada de paquetes a la red.**

Esta estrategia es empleada por el protocolo TCP, que permite el envío de un número máximo de paquetes sin esperar a recibir la confirmación de que han llegado correctamente al destinatario. En el caso de que los ACKs no lleguen (retardo elevado en la red por congestión), el protocolo TCP es capaz de reducir su flujo de transmisión.

En la redes IP existen muchos flujos de datos que no emplean TCP y consumen grandes recursos en la red: comunicaciones VPN (*Virtual Private Network*), flujos UDP tiempo real, etc. Esto supone que el control de la congestión es una tarea que deben realizar los routers de Internet (como así hacen) realizando un encaminamiento lo más adecuado posible (ralentizar flujos no sensibles al retardo, priorizar flujos sensibles al retardo).

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales

IANA (Internet Assigned Numbers Authority) es el organismo de Internet encargado de la coordinación del uso de los recursos (DNS, direcciones IPv4, IPv6, etc.) por parte de las diferentes organizaciones (Autonomous System – AS) que conforman Internet: operadores de telecomunicaciones, instituciones públicas, empresas tecnológicas, etc.

Toda la información está gestionada en un registro (IR – Internet Registry) que en la década de 1990 ya se determinó que no era viable.

Así, el IANA delega sus funciones en los registros regionales (RIR – Regional Internet Registry), que en el caso de Europa, Oriente Próximo y Asia Central está gestionado por el RIPE NCC.



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales

RIPE NCC es una organización sin ánimo de lucro que engloba a un conjunto de miembros a los que se proporcionan recursos de internet: direcciones IPv4 (ya no disponibles salvo por bajas) y direcciones IPv6.

Cada miembro se denomina LIR (Local Internet Registry) y puede solicitar asignaciones de direcciones IP de Internet e identificadores de Sistemas Autónomos (AS).



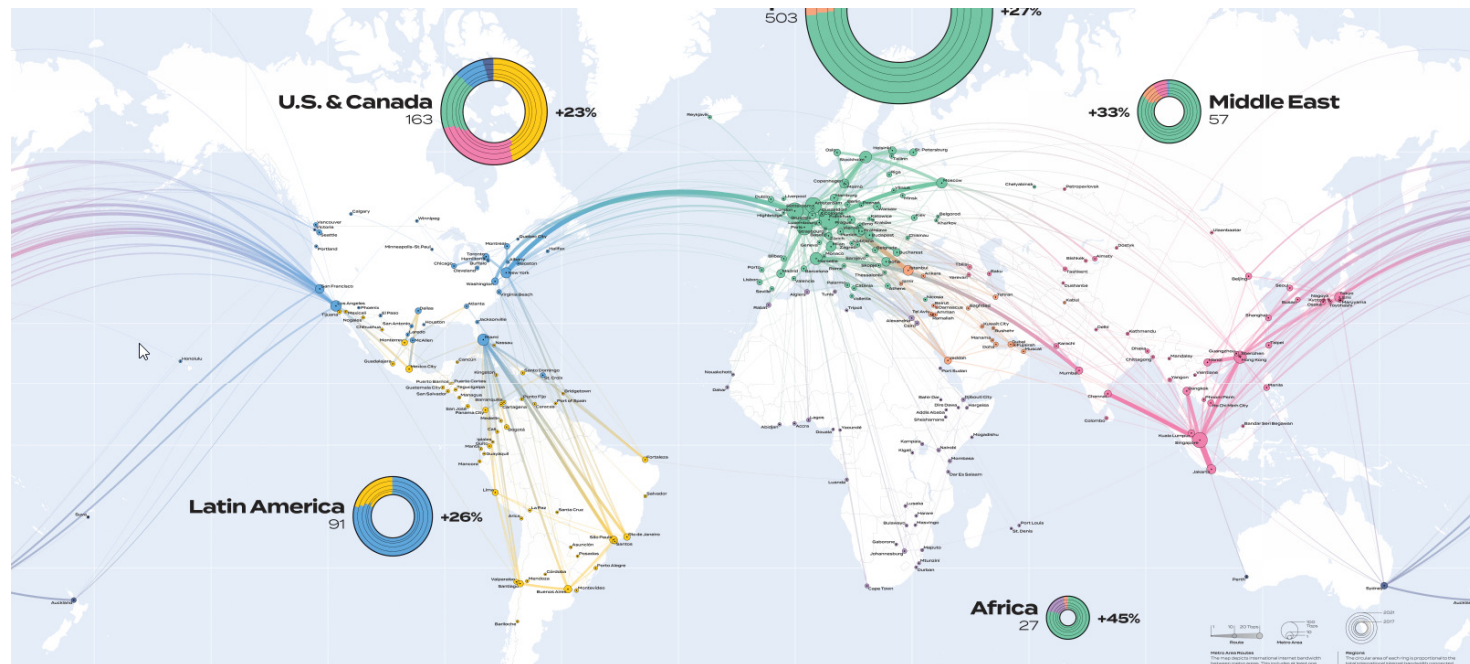
En 2024, ser miembro de RIPE NCC tiene un coste de alta de 1.000€ y una cuota anual de 1.550€. Además cada asignación de un conjunto de direcciones IPv6 (con capacidad para identificar 65536 redes diferentes) tiene un coste de 50€.



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales

La construcción de Internet se ha producido en un periodo de decenios y gracias a la aportación de los operadores de telecomunicaciones. Éstos son los encargados del despliegue de las redes de fibra óptica que interconectan cualquier lugar del mundo.



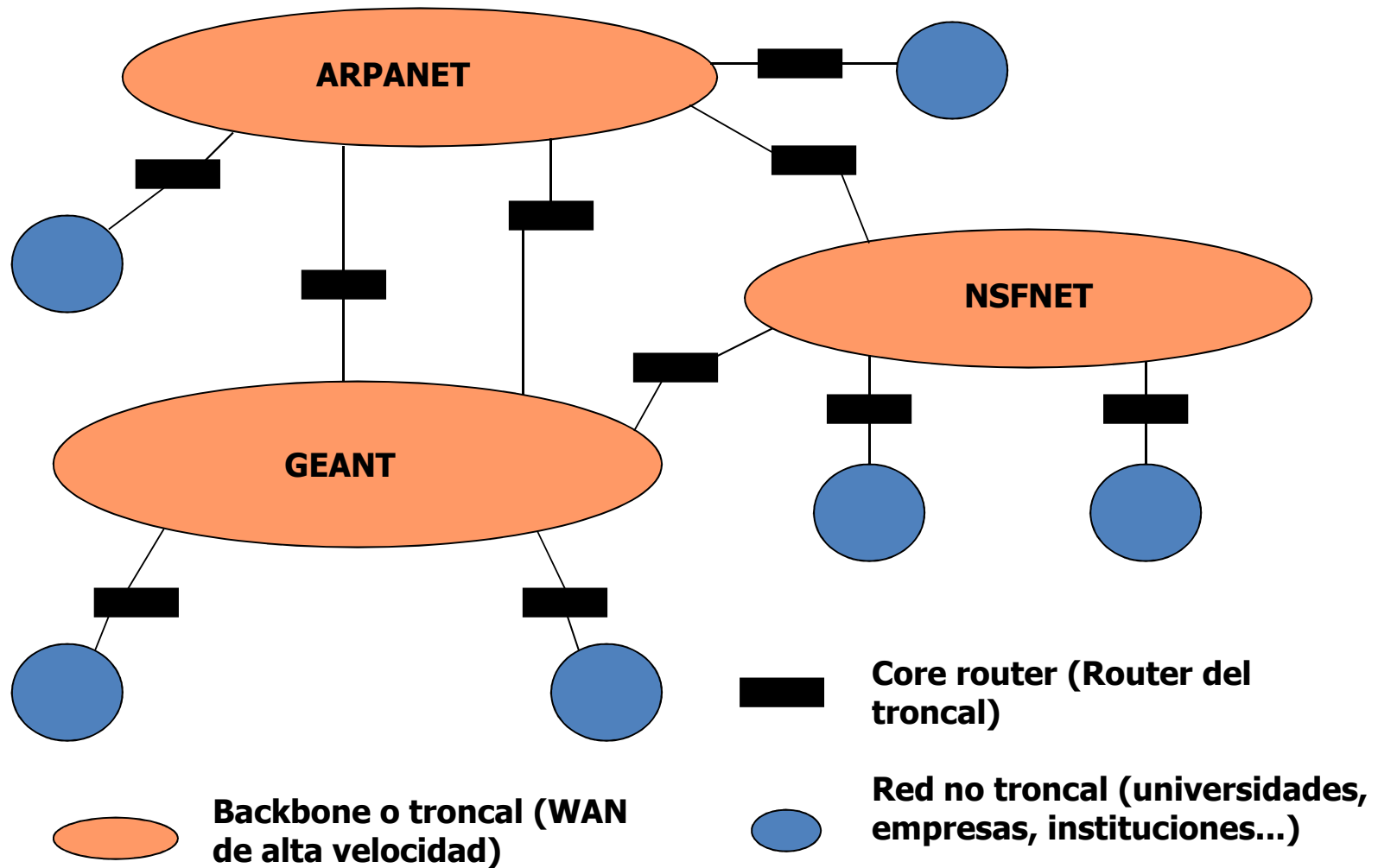
Fuente: telegeography.com

Cada operador (AS – Sistema Autónomo) dispone de un segmento de red principal (backbone o troncal) donde se conectan las redes de sus clientes.

Los diferentes troncales de los AS se interconectan entre sí empleado unos routers especiales denominados routers troncales.

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales

#### Características de los core routers (routers del troncal)

##### **Conocimiento de todos los destinos de Internet**

Tablas de encaminamiento grandes y complejas.

Alteraciones en la topología provocan cambios en todas las tablas de los core routers (añadir una nueva red).

##### **¿ Es posible simplificar las tablas de rutas en un core router ?**

Conocimiento parcial de la red empleando rutas por defecto: Provoca inconsistencias (destinos inexistentes) y rutas no óptimas, no es adecuado.

Conocimiento parcial de la red con un “super core router” con todo el conocimiento de la estructura de Internet: Irrealizable, pues no existe una máquina que pueda encaminar todos los paquetes de Internet y un fallo en ese nodo provocaría falta de conectividad.

##### **Gestión de las tablas de encaminamiento**

Sistema manual: los operadores actualizan las tablas ante fallos y cambios en la topología. Sólo apto en redes pequeñas y poco dinámicas.

Sistema automático: algoritmos de intercambio de información de encaminamiento entre los routers para actualizar y optimizar las tablas de encaminamiento. Empleado en Internet y redes LAN/WAN grandes.