



# AMPLIACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS Y REDES

*Grado en Ingeniería Informática / Doble Grado*

*Universidad Complutense de Madrid*

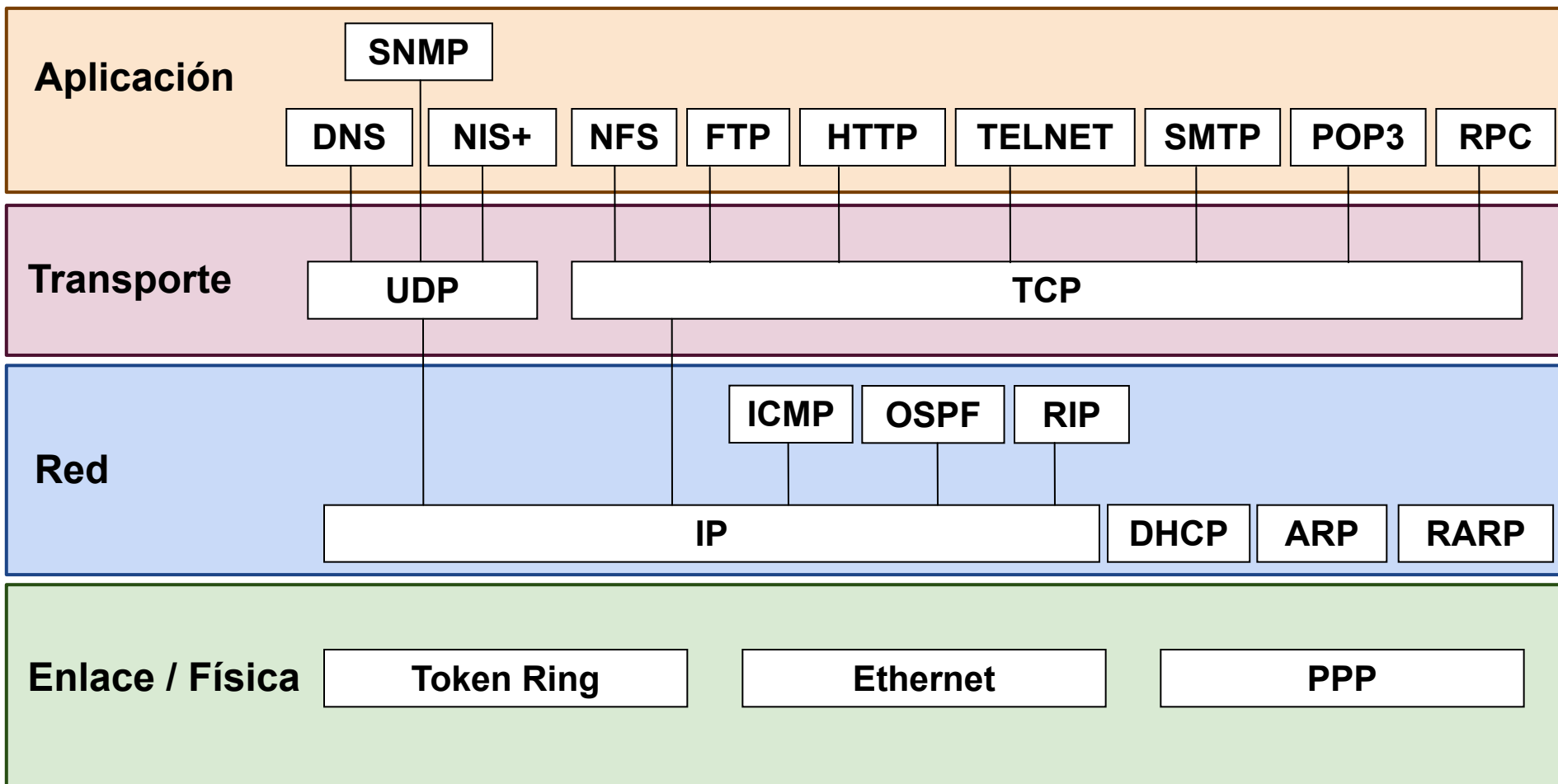
---

## TEMA 1.1. Revisión de IPv4. Protocolo DHCP

### **PROFESORES:**

Rubén Santiago Montero  
Eduardo Huedo Cuesta  
Rafael Rodríguez Sánchez

# Arquitectura TCP/IP



# Protocolo de Internet: IP

---

## Protocolo de red de TCP/IP

- Proporciona un servicio básico de entrega de paquetes
- Protocolo **no orientado a conexión** (no fiable)
  - No realiza detección ni recuperación de paquetes perdidos o erróneos
  - No garantiza que los paquetes lleguen en orden
  - No garantiza la detección de paquetes duplicados

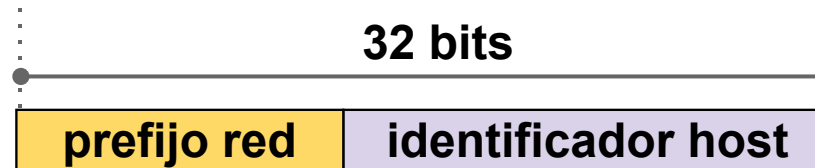
## Funciones básicas del protocolo IP

- **Esquema global de direccionamiento**
  - Dirección IP
- **Encapsulado de datos y formato**
  - Datagrama IP
- **Fragmentación y reensamblaje de paquetes**
  - División del paquete en fragmentos de un tamaño aceptable por la red
- **Reenvío de paquetes**
  - Retransmisión de paquetes de una red a otra, basada en la información de la tabla de rutas, que se construye con los protocolos de encaminamiento (RIP, OSPF, BGP...)

# Direccionamiento IP

## Estructura y Notación

- Las direcciones IP constan de 4 bytes (32 bits)
- Para expresarlas se utiliza la “notación de punto” (Ej. 10.0.0.1)



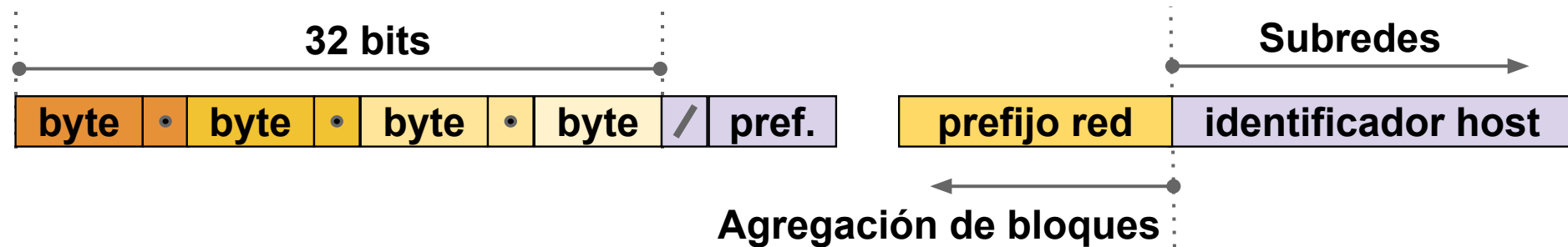
## Direccionamiento basado en clases

<b>Clase A</b>	8 bits 0 red	24 bits host	[0-127].x.x.x
<b>Clase B</b>	16 bits 10 red	16 bits host	[128-191].[0-255].x.x
<b>Clase C</b>	24 bits 110 red	8 bits host	[192-223].[0-255].[0-255].x
<b>Clase D</b>	1110	grupo multicast	[224-239].x.x.x

# Direccionamiento IP

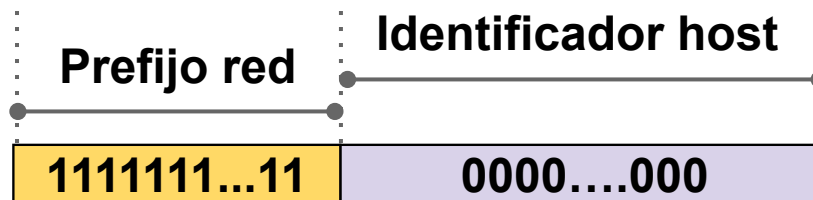
## CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

- Intenta aliviar el problema del agotamiento de direcciones
- Elimina la estructura fija basada en clases
- El espacio de direcciones se divide en bloques de tamaño arbitrarios
- Notación barra (o CIDR) que incluye la longitud del prefijo



## Máscara de Red

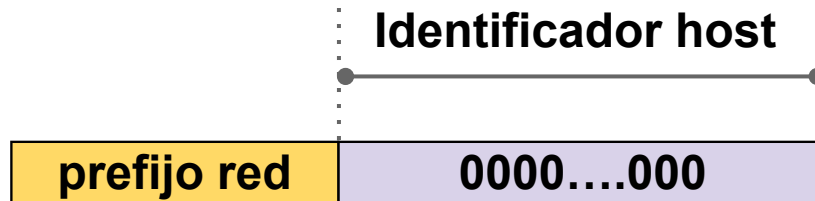
- Sirve para determinar el prefijo de red de una dirección IP (Y lógica)
- Notación decimal o CIDR



# Direccionamiento IP

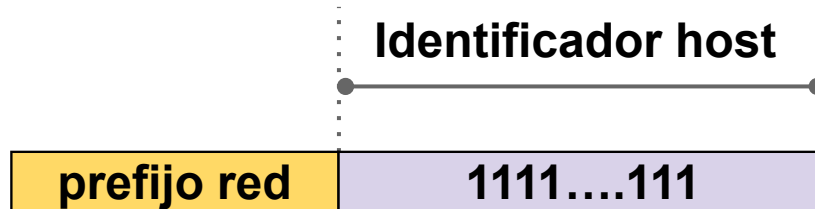
## Direcciones de Red

- Se utilizan para representar a una red completa en las tablas de rutas
- Nunca se utilizan como dirección destino ni se asignan a un host concreto



## Direcciones de Broadcast

- Se utilizan para enviar un paquete a todas las máquinas de la red local



## Direcciones de Loopback


- Direcciones de bucle interno
- Red 127.0.0.0/8 (típicamente 127.0.0.1)

# Direccionamiento IP

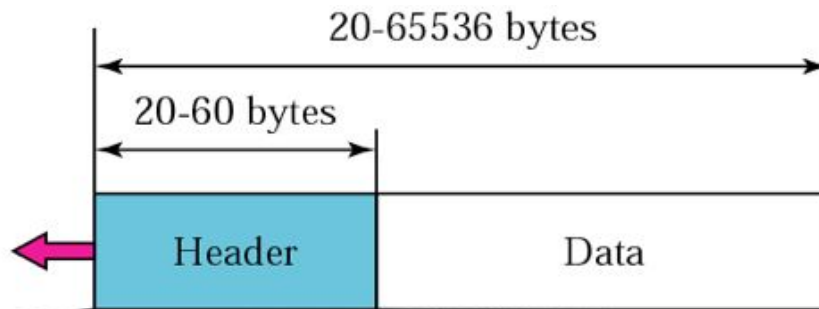
## Direcciones Privadas

- Conjunto de direcciones reservadas para uso privado
- No son válidas para su uso en Internet
- Los rangos de direcciones IP privadas son los siguientes:
  - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 ~ 1 red privada de clase A (/8)
  - 172.16.0.0 – 172.31.255.255 ~ 16 redes privadas de clase B (/16)
  - 192.168.0.0 – 192.168.255.255 ~ 256 redes privadas de clase C (/24)

## Direcciones Multicast (224.0.0.0/4) - RFC 1112

- Identifican de forma lógica a un grupo de hosts en el segmento de red. Ejemplos
  - 224.0.0.1 (todos los hosts)
  - 224.0.0.2 (todos los routers)
  - 224.0.0.251 (mDNS)
- Relación con la capa de enlace (Ethernet - tipo 0x0800, RFC 7042 - Sección 2.1.1)
  - IP: 224.0.0.1  23 bits
  - MAC: 01:00:5E:00:00:01

# Formato del datagrama IP

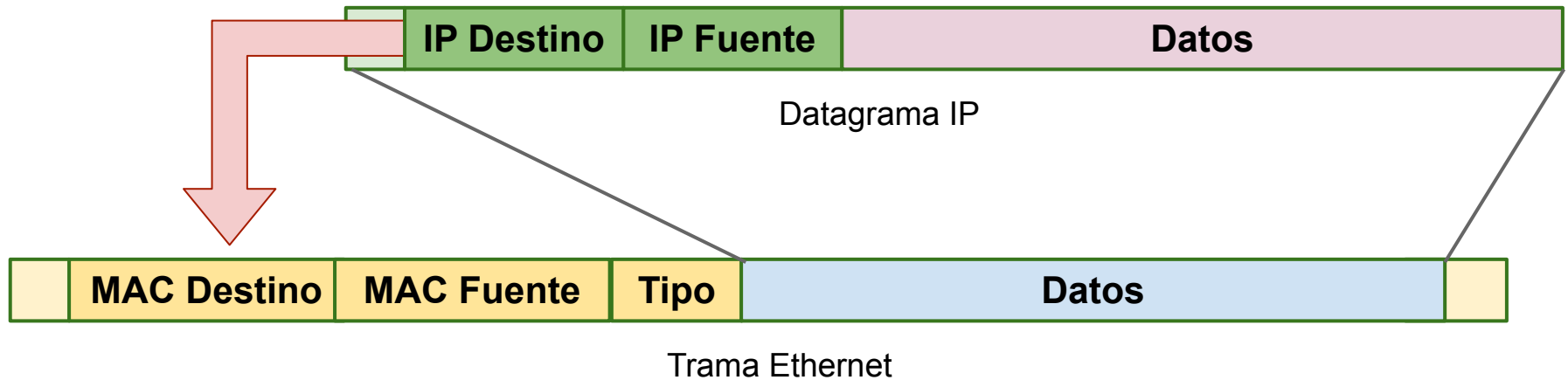


VER 4 bits	HLEN 4 bits	DS 8 bits	Total length 16 bits	
Identification 16 bits			Flags 3 bits	Fragmentation offset 13 bits
Time to live 8 bits		Protocol 8 bits	Header checksum 16 bits	
Source IP address				
Destination IP address				
Option				



# Traducción de direcciones: ARP

- ARP (Address Resolution Protocol) establece la correspondencia entre direcciones IP y MAC



- La tabla ARP mantiene las direcciones IP de las últimas máquinas con las que nos hemos comunicado y las direcciones Ethernet asociadas

# Formato del mensaje ARP

0		8		16		31	
Hardware Type				Protocol Type			
Hardware length		Protocol length		Operation <b>Request:1, Reply:2</b>			
Source hardware address							
Source protocol address							
Destination hardware address (Empty in request)							
Destination protocol address							

**Hardware:** LAN or WAN protocol

**Protocol:** Network-layer protocol

# Reenvío de Paquetes

---

- Cuando un host tiene que enviar un paquete, lo hace por el enlace adecuado para alcanzar el destino usando la tabla de rutas
- **Reenvío basado en dirección destino.** Se busca un destino que coincida y se reenvía por esa ruta (no orientado a conexión)
  - Entradas en la tabla (rutas) por host, red o por defecto
  - Las entradas de red pueden ser con o sin clase
- **Reenvío basado en etiqueta.** Cada paquete se etiqueta y se reenvía según esa etiqueta (orientado a conexión)
  - Reduce la complejidad de la tabla de rutas
  - Se usa siempre el mismo circuito (entrega en orden y tiempo predecible)
  - Campo Flow Label en la cabecera IPv6 y MPLS (Multiprotocol Label Switching)

# Reenvío Basado en Dirección Destino

- La tabla de rutas tiene información sobre:
  - Destino
  - Máscara de red o longitud de prefijo (para direccionamiento sin clase)
  - Interfaz (para entrega directa) y/o siguiente salto (para entrega indirecta)
  - Métrica (preferencia de ruta)
- El destino puede ser
  - Un host específico
  - Una red
  - *Default* (0.0.0.0/0), para paquetes que no encajen en ninguna entrada
- Proceso de selección de destino:
  - Buscar la ruta más específica que encaje con la dirección destino (*longest match prefix*)
  - Si hay más de una ruta con igual especificidad, elegir la de menor métrica

# Reenvío Basado en Dirección Destino

- La tabla de rutas de un host contiene:
  - **Ruta por defecto**, que se establece en el proceso de autoconfiguración (ver DHCP) o de forma manual (`ip route add default`)
  - **Rutas directas** a las redes configuradas en cada interfaz
  - **Rutas específicas** configuradas de forma manual (`ip route add <dest>`)

Ruta por defecto

Ruta instalada por DHCP (servidor 192.168.0.249)

```
$ ip route
default via 192.168.0.1 dev enp0s31f6 proto dhcp src 192.168.0.249 metric 202
default via 192.168.0.1 dev wlp3s0 proto dhcp src 192.168.0.223 metric 303
10.3.0.0/16 dev enp0s31f6 proto kernel scope link src 10.0.0.24
192.168.0.0/24 dev enp0s31f6 proto dhcp scope link src 192.168.0.249 metric 202
192.168.0.0/24 dev wlp3s0 proto dhcp scope link src 192.168.0.223 metric 303
```

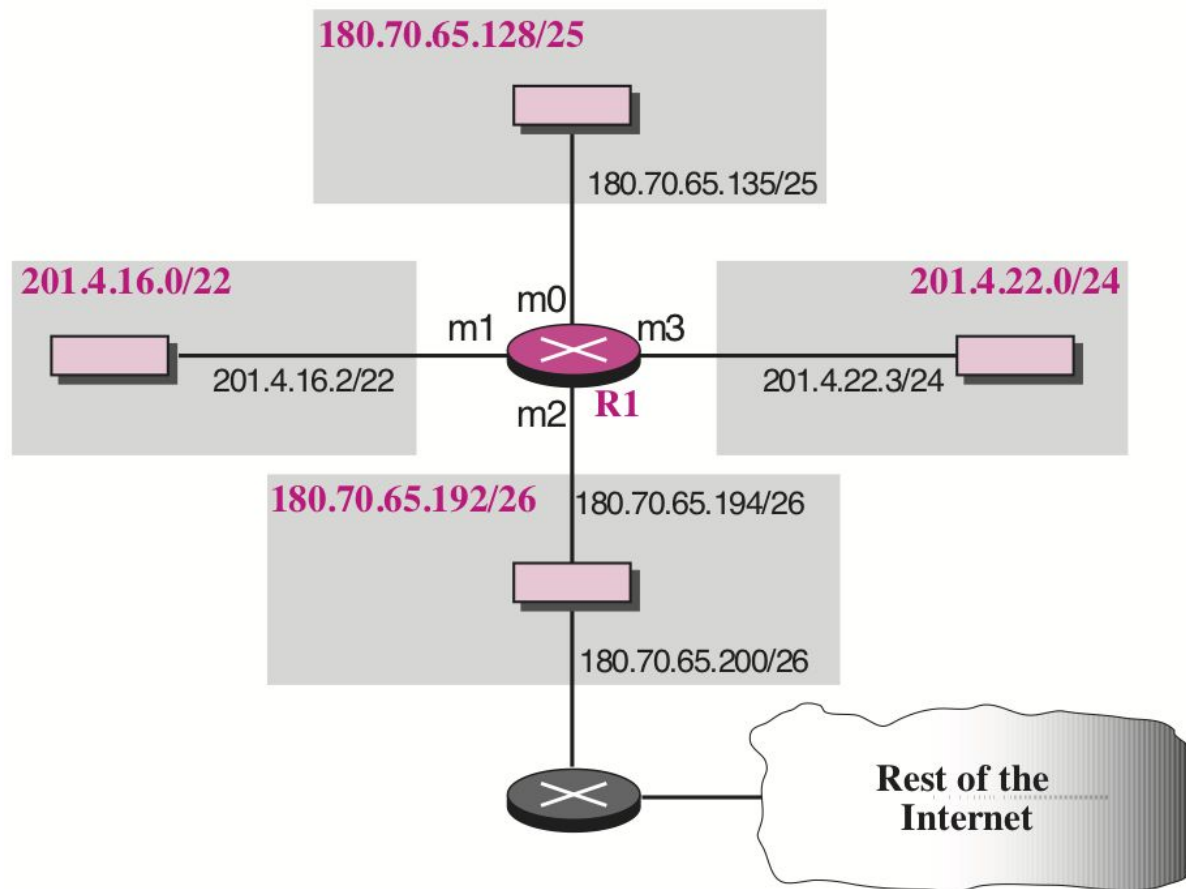
Ruta directa al configurar el interfaz

Dos rutas a la red 192.168.0.0/24 se prefiere la de menor métrica (LAN > WiFi)

# Reenvío: Ejemplo

Dada la siguiente topología de red:

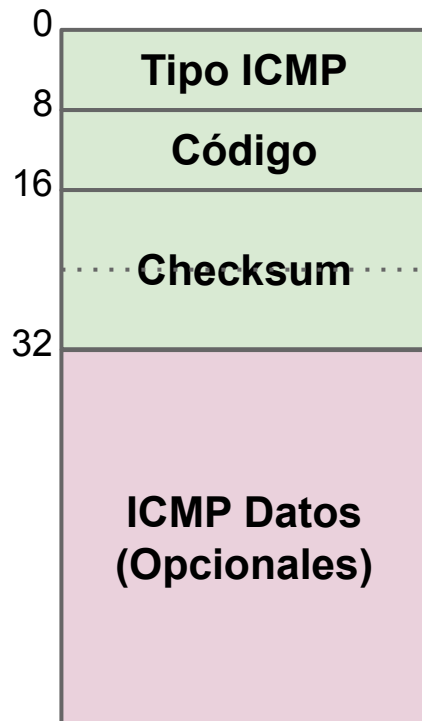
- Determine la tabla de rutas para el encaminador R1
- Describir el procesamiento de dos paquetes con dirección destino 201.4.22.35 y 18.24.32.78, respectivamente



# Protocolo de mensajes de control: ICMP

## Características

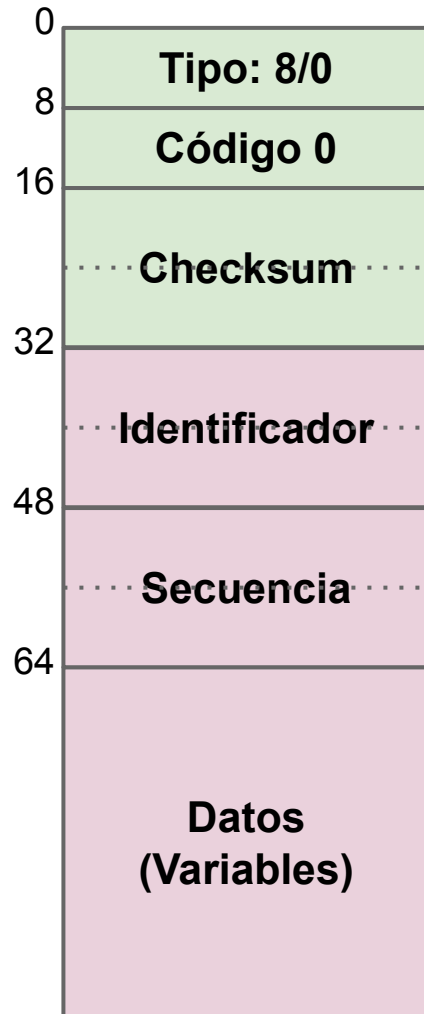
- Es un protocolo para el intercambio de mensajes de control en la red
- Los mensajes ICMP se pueden clasificar en dos tipos:
  - **Error:** para informar de situaciones de error en la red
  - **Informativos:** sobre la presencia o el estado de un determinado sistema



Mensajes Error	
Tipo	Significado
3	Destination Unreachable
4	Source Quench
11	Time Exceeded
12	Parameter Problem

Mensajes Informativos	
Tipo	Significado
0	Echo Reply
5	Redirect
8	Echo Request
9	Router Solicitation
10	Router Advertisement

# ICMP: Echo Request/Reply



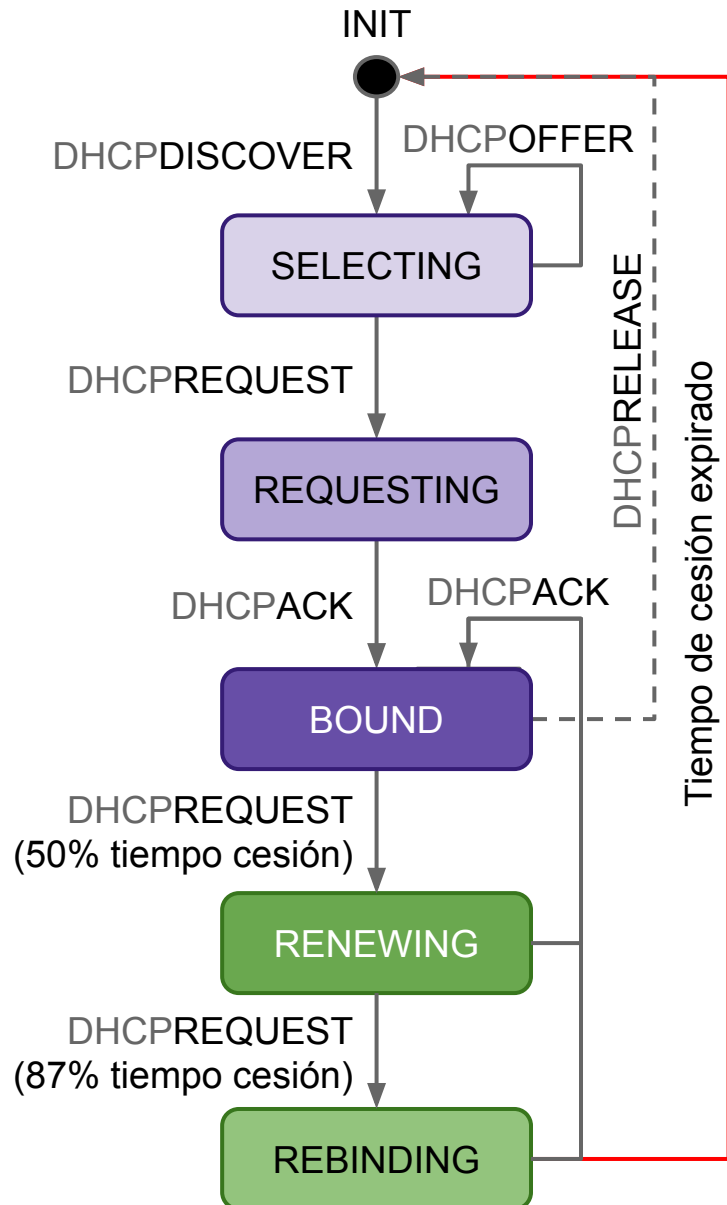
- Se utilizan para ver si un computador es alcanzable
- Formato de los mensajes Echo Request/Echo Reply
  - **Identificador:** Permite establecer la correspondencia entre solicitud (Request) y respuesta (Reply); ambos con el mismo identificador.
  - **Secuencia:** También se utiliza para establecer la correspondencia entre solicitud y respuesta, cuando se envían varios Echo Requests consecutivos con el mismo identificador.
  - **Datos:** Un número determinado de bytes aleatorios.
- La orden ping envía mensajes ICMP Echo Request y espera la recepción de mensajes ICMP Echo Reply



# Configuración dinámica: DHCP

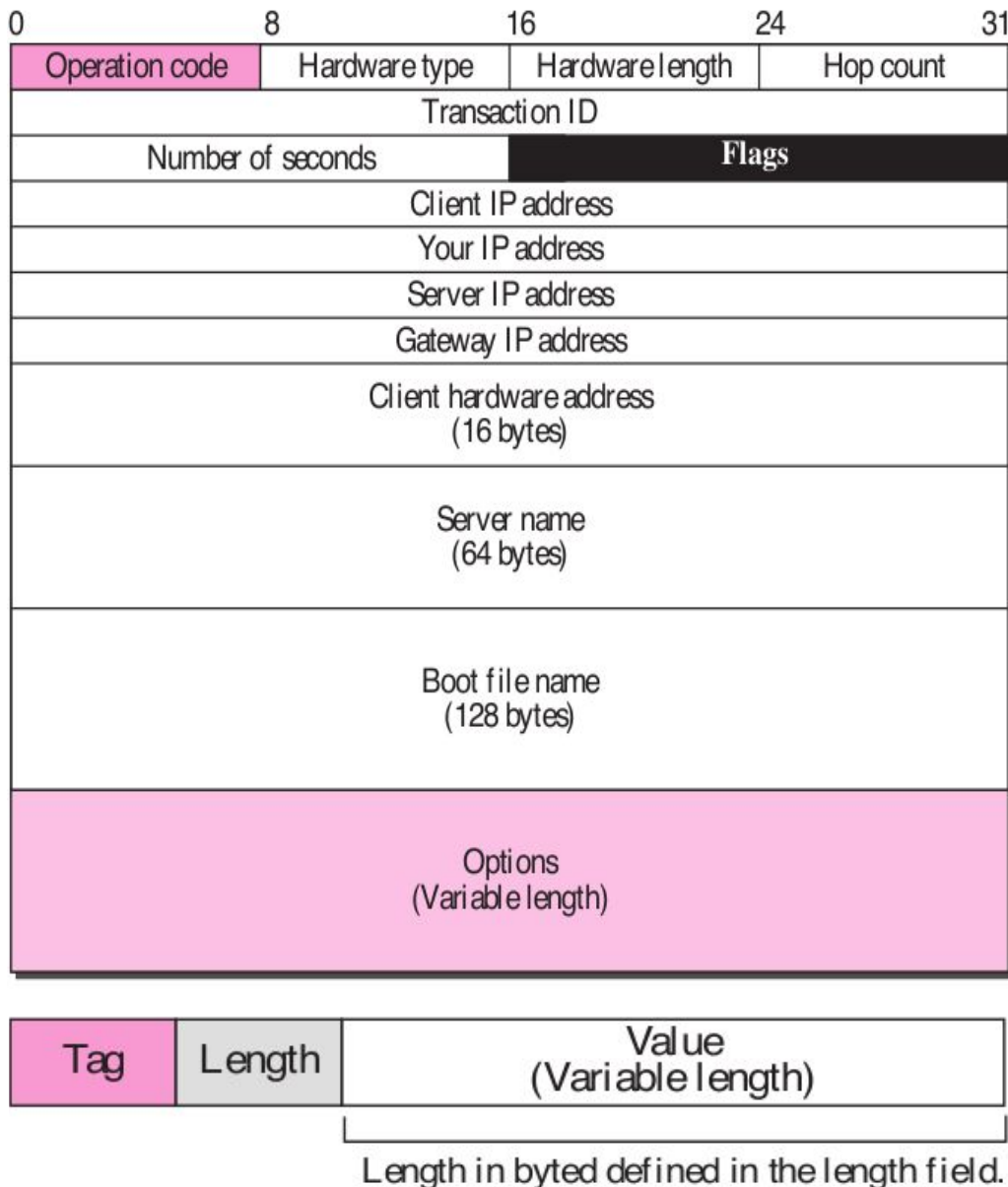
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) proporciona configuración automática de los parámetros de la red
  - Dirección IP y máscara de red
  - Router predeterminado
  - Servidores DNS
  - Otros parámetros y servicios de red
- **Antecedentes**
  - RARP (Reverse ARP): Sólo es útil en el segmento de red. Únicamente provee la dirección IP
  - BOOTP (Bootstrap Protocol): Soluciona los problemas de RARP pero sólo soporta configuraciones estáticas (similar a DHCP en configuración estática)
- **Características (RFC 2131)**
  - Protocolo cliente/servidor sobre UDP en los puertos 67 (servidor) y 68 (cliente). **Nota:** el puerto cliente no es un puerto efímero
  - Control de errores basado en sumas de comprobación, temporizadores y retransmisiones
  - Protocolo TFTP para la transferencia de ficheros con información adicional o imágenes de arranque
  - DHCP Relay Agent para servidores/clientes en diferentes redes

# DHCP: Diagrama de estados y mensajes



- **DHCPDISCOVER:** Mensaje del cliente (broadcast) para descubrir los servidores disponibles (puede contener la última dirección IP asignada).
- **DHCPOFFER:** Respuesta de los servidores, con una oferta de parámetros de configuración (puede recibirse más de una).
- **DHCPREQUEST:** Petición de oferta del cliente (broadcast, para notificar a todos los servidores) o extensión del tiempo de cesión. El servidor seleccionado se especifica en una opción.
- **DHCPACK:** Mensaje de confirmación del servidor (broadcast) con parámetros definitivos.
- **DHCPRELEASE:** Mensaje del cliente para informar al servidor de que ha finalizado el uso de la dirección IP (no es obligatorio).

# DHCP: Formato del mensaje



**Code:** 0x01 (request), 0x02 (reply)

**Hw type - length:** 1 - 6 para Ethernet

**Trans. ID:** Correspondencia entre solicitud y respuesta

**Your IP:** ofrecida por el servidor

**Server name - Boot filename:**  
compatibilidad con BOOTP

**Options:** Información de configuración (RFC 2132)

- Servidores DNS
- Host name
- TCP/IP (MTU, TTL...)
- Servidores NTP, SMTP, POP3...
- DHCP extensions (tipo mensaje, servidor TFTP, tiempo de cesión, Id. servidor, Id. cliente...)

# Ejemplos de Preguntas Teóricas

¿Cuál de los siguientes parámetros NO se puede configurar usando DHCP?

- ☐ Dirección física (MAC)
- ☐ Dirección de red (IP)
- ☐ Router predeterminado

¿Qué mensaje DHCP se usa para realizar una petición de oferta por parte del cliente?

- ☐ DHCPDISCOVER
- ☐ DHCPOFFER
- ☐ DHCPREQUEST

Con la introducción de CIDR, se pretende...

- ☐ ...ampliar el espacio total de direcciones.
- ☐ ...dividir el espacio de direcciones en bloques de tamaño fijo.
- ☐ ...aliviar el problema del agotamiento de direcciones.