

# Protocolo IP

Álvaro González Sotillo

20 de diciembre de 2018

## Índice

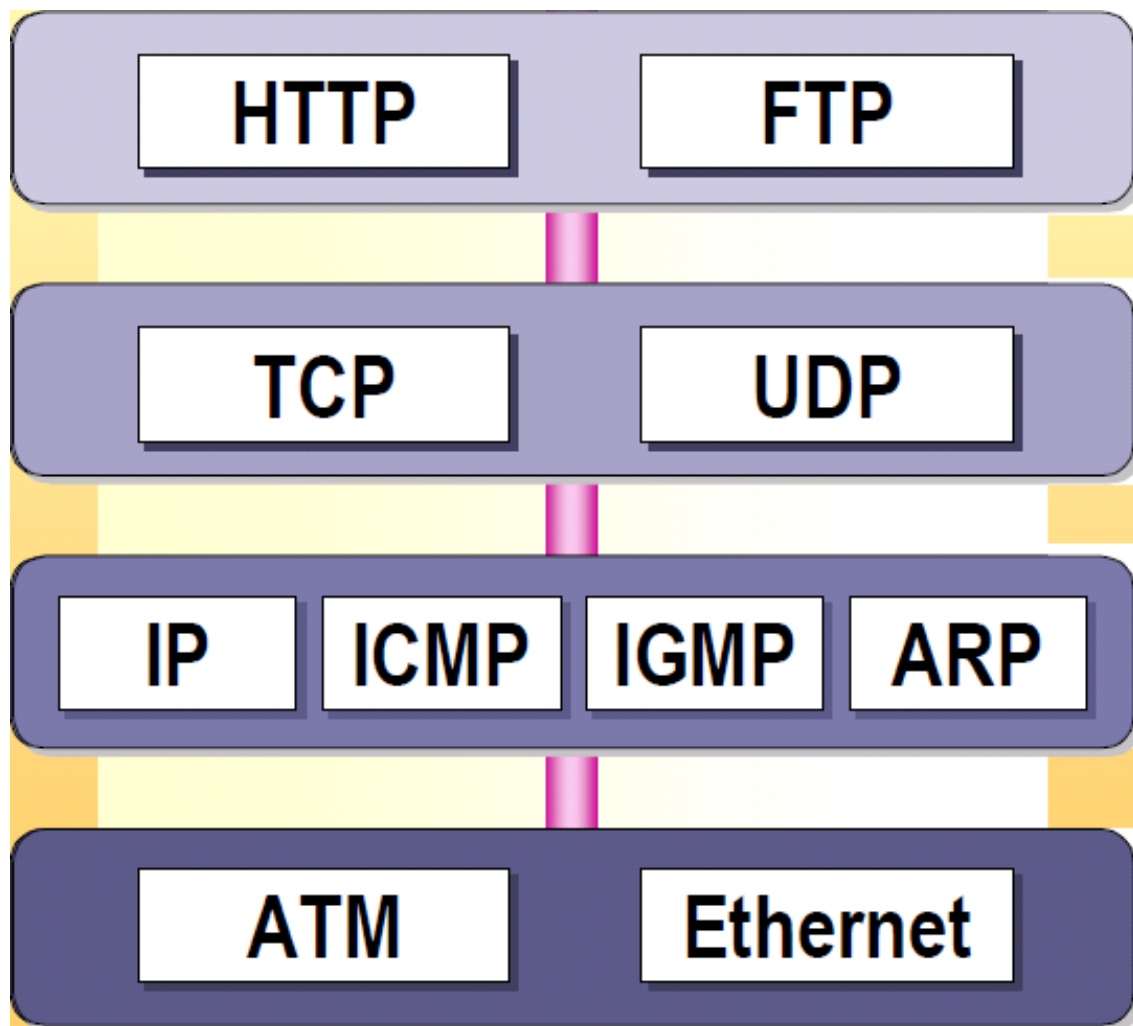
|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción</b>     | <b>1</b>  |
| <b>2. Protocolo IP</b>     | <b>2</b>  |
| <b>3. Direcciones IP</b>   | <b>5</b>  |
| <b>4. Clases IP</b>        | <b>6</b>  |
| <b>5. CIDR</b>             | <b>8</b>  |
| <b>6. Ejercicios</b>       | <b>10</b> |
| <b>7. Redes reservadas</b> | <b>12</b> |
| <b>8. Referencias</b>      | <b>12</b> |

## 1. Introducción

- En Internet, el protocolo IP corresponde con el nivel de red de ISO/OSI
- No tiene todas sus características:
  - IP no tiene control de la congestión
  - No es orientado a conexión ni confiable
- Existen dos versiones
  - IPv6: Reemplazará a IPv4 a medio plazo
  - IPv4: La más usada actualmente, es la estudiada aquí

---

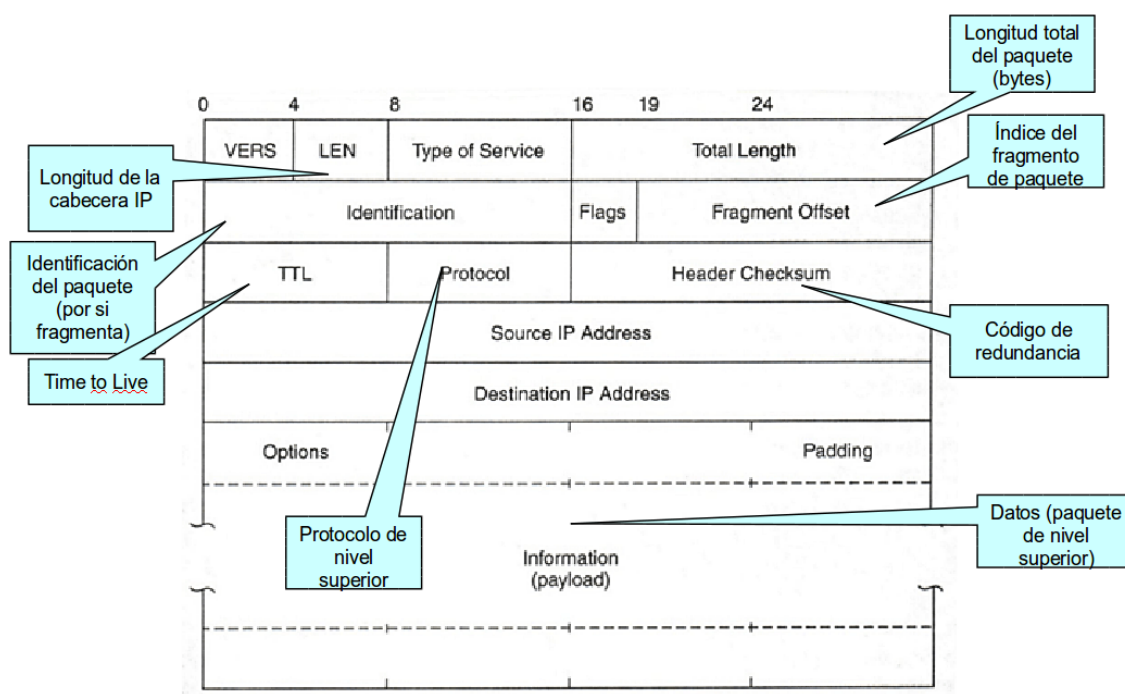
## 2. Protocolo IP



### 2.1. Protocolo IP

- Internet Protocol (RFC 791)
- Es un protocolo de la capa 3 (red) del modelo OSI
- Entre sus funciones se encuentran:
  - Dividir paquetes grandes en paquetes más pequeños
  - Encontrar la ruta necesaria para enviar un paquete individual
  - Determinar si un paquete recibido es correcto

## 2.2. Estructura paquete IP



Estructura en la wikipedia

## 2.3. Longitud de la cabecera

- IP no tiene un tamaño de cabecera fijo
- Algunas opciones del protocolo añaden palabras de 32 bits
- Por eso se necesita saber dónde empiezan los datos en cada paquete

## 2.4. Código de redundancia

- El *checksum* se calcula como la suma (sin acarreo) de todas las palabras de 32 bits de la cabecera
  - Excepto el propio *checksum*
- Sirve para detectar errores de transmisión
- Es adicional al que pueda tener la capa de transporte

## 2.5. Identificación del paquete y *fragment offset*

- Todos los paquetes IP tienen un identificador único: *identification* y *fragment offset*
- Originalmente, un paquete se manda en un solo fragmento
  - Con *fragment offset* a 0

- Si se necesita dividir (MTU del nivel de enlace insuficiente)
  - Se parte en varios fragmentos
  - Cada uno de ellos indica el lugar de su primer byte de datos
- Cada fragmento puede volverse a dividir
- En el destino, se espera a que lleguen todos los fragmentos antes de enviarlo al protocolo de nivel superior

## 2.6. *Flags*

- El primero es para usos futuros.
- El segundo indica si este datagrama se puede fragmentar.
- El tercero dice si hay más fragmentos o es el último.

## 2.7. TTL (tiempo de vida)

- El enrutamiento IP puede tener problemas
  - Es posible que haya bucles en las rutas que hagan que un paquete de vueltas *por siempre*
- Para evitarlo, el paquete se descarta pasado un tiempo en segundos (originalmente)
  - Actualmente, el tiempo de vida se mide en saltos
- Generalmente, los paquetes se envían con TTL suficiente para atravesar Internet (64 o 255)

— Intenta hacer ping a Google con un TTL de 10. ¿es suficiente? ¿y con 20?

## 2.8. Protocolo de nivel superior

- Indica qué protocolo está encapsulado en los datos
  - [Lista de protocolos en la wikipedia](#)

| Identificador | Protocolo                           |  |
|---------------|-------------------------------------|--|
| 0x01          | ICMP                                | Internet Control Message Protocol      |
| 0x02          | IGMP                                | Internet Group Management Protocol     |
| 0x06          | TCP                                 | Transmission Control Protocol          |
| 0x11          | UDP                                 | User Datagram Protocol                 |
| 0x29          | IPv6                                | IPv6 Encapsulation                     |
| 0x59          | OSPF                                | Open Shortest Path First               |
| 0x73          | L2TP                                | Layer Two Tunneling Protocol Version 3 |
| 0x85          | FC                                  | Fibre Channel                          |
| 0x8F-0xFC     | UNASSIGNED                          |  |
| 0xFD-0xFE     | Use for experimentation and testing | RFC 3692                               |
| 0xFF          | Reserved for extra.                 |  |

---

## 2.9. Dirección de origen y destino

- Son números de 32 bits
- Indican la dirección de origen y destino de IP
- Pueden no coincidir con la dirección de origen *real*
  - Por ejemplo, en los saltos intermedios
  - En esos casos, el origen y destino *en ese momento* no son los indicados en la cabecera

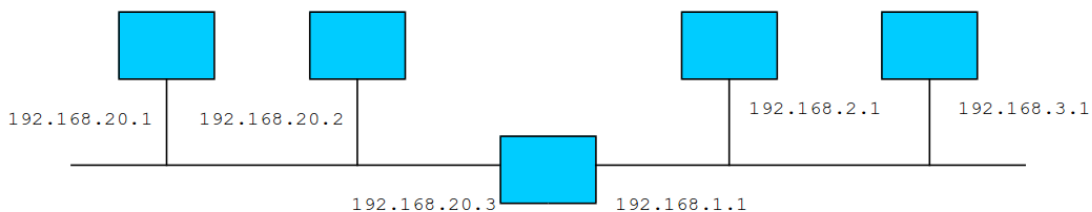
## 3. Direcciones IP

- Una dirección IP consta de 32 bits
- Por convenio, se representa como 4 números decimales, uno por cada byte

192.168.1.1  
11000000101010000000000100000001

### 3.1. Direcciones IP ¿qué identifican?

- Las direcciones no se asignan por host.
- Se asignan a interfaces del host
  - Un equipo con dos enlaces a la red tendrá dos direcciones IP
  - Los enlaces a la red pueden ser a la misma red o a redes distintas
- También un mismo interfaz puede tener más de una IP



### 3.2. Red y Host

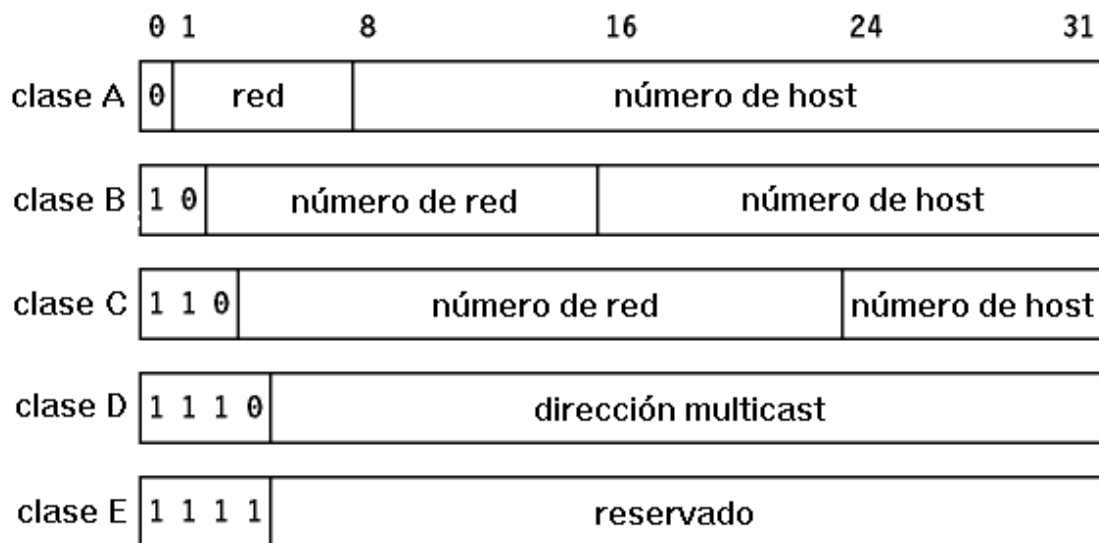
- Las direcciones IP se asignan al montar la red, no como las MAC
  - Las direcciones MAC se asignan por el fabricante de la tarjeta, quedando distribuidas casi aleatoriamente
  - Las direcciones IP se estructuran de una forma jerárquica
- La dirección IP contiene dos partes
  - Una parte identifica a la red

- Otra parte identifica al host/enlace dentro de la red

|             |              |      |
|-------------|--------------|------|
| 192.168.1.1 | Parte de red | Host |
|             | 192.168.1    | 1    |
|             | 192.168      | 1.1  |

## 4. Clases IP

- En las primeras versiones de IP había unas normas fijas para definir qué parte de la dirección era host y qué parte red
- Los primeros bits de la dirección definen la clase a la que pertenece



### 4.1. Ejercicio de clases IP

- Ejemplo:
  - 192.168.1.1
  - En binario: 11000000101010000000000100000001
  - Clase C
- ¿De qué clases son las siguientes direcciones IP?
  - 192.168.20.1
  - 127.0.0.1
  - 169.254.12.9
  - 241.82.9.9
  - 216.239.59.147
  - 85.112.7.243
  - 199.16.156.198

---

## 4.2. Parte de red y host

- La clase define qué bits de la dirección son parte de la red y qué parte es del host
- Ejemplo: La clase C tiene 24 bits para la red y 8 para el host

| 192.168.1.1 | Parte de red | Host |
|-------------|--------------|------|
|             | 192.168.1    | 1    |

## 4.3. Ejercicio de parte de red y host

- ¿Cuáles son las direcciones de red y de host de las siguientes direcciones IP?
  - 192.168.20.1
  - 127.0.0.1
  - 169.254.12.9
  - 241.82.9.9
  - 216.239.59.147
  - 85.112.7.243
  - 199.16.156.198

## 4.4. Dirección de red

- La red IP tiene una dirección propia
  - No puede ser utilizada por un host dentro de la red
  - La dirección de la red tiene la parte del host a ceros.

| 192.168.1.1 | Parte de red | Dirección de red | Host |
|-------------|--------------|------------------|------|
|             | 192.168.1    | 192.168.1.0      | 1    |

## 4.5. Dirección de host

- El host tiene una dirección propia dentro de la red
  - Con ceros en la parte de la red
  - No puede haber una red con todos sus bits a cero

| 192.168.1.1 | Parte de red | Dirección de red | Host | Dirección de Host |
|-------------|--------------|------------------|------|-------------------|
|             | 192.168.1    | 192.168.1.0      | 1    | 0.0.0.1           |

## 4.6. Resumen de direcciones de red y host

| Bits de red | Bits de host | Significado                                     |
|-------------|--------------|---|
| 0           | 0            | El propio host *                                |
| 0           | host         | Host indicado dentro de mi red *                |
| red         | 0            | Dirección de la red                             |
| 1           | 1            | Difusión a mi red *                             |
| red         | 1            | Difusión a la red indicada ( <i>broadcast</i> ) |

\* En desuso

---

## 4.7. Ejercicio de clases IP

| Clase de red | Número de redes | Número de hosts por red |
|--------------|-----------------|-------------------------|
| A            |                 |                         |
| B            |                 |                         |
| C            |                 |                         |

## 4.8. ¿Para qué sirve la red y el host?

- Cuando un host va a enviar un paquete
  - Decide si el destino está en su misma red
  - Si está en su misma red, se encarga la capa de enlace (posiblemente con ARP)
  - Si no está en su red, envía el paquete al router
  - Y el router está en su misma red

## 4.9. Problemas de las clases IP

- En un principio, IP tenía suficientes direcciones y redes para todo el mundo
- La creciente demanda de direcciones IP supuso problemas
  - Ejemplo: Una empresa con 3000 hosts debe reservar una red de clase B, con más de 65000 direcciones (muchas direcciones desperdiciadas)
  - Si reserva más de una red de clase B (unas 12), hay que configurar muchas redes en los routers intermedios.
- Últimamente (desde 1985) las direcciones IP ya no se dividen en clases, utilizándose CIDR (*Classless Internet Domain Routing*)

## 5. CIDR

- *Classless Internet Domain Routing*
- La dirección IP ya no da información acerca de los bits reservados para red y para host
- Las redes se identifican por la dirección de la red y el número de bits destinado a la misma
  - 172.16.0.0/12
  - 198.18.0.0/15

### 5.1. Máscara de red

- Con CIDR la parte de la dirección red y host se calcula mediante las máscaras de red
- La máscara de red es un número binario:
  - Tantos 1's como el tamaño de la red CIDR
  - Los 0's necesarios para completar hasta los 32 bits
- Las máscaras de red también se expresan como 4 números decimales separados por puntos.



---

## 5.2. Ejercicio

- ¿Qué máscaras de red tienen las siguientes redes?
  - 172.16.0.0/12
  - 198.18.0.0/15
  - 198.18.0.0/30
  - 192.168.255.0/24
  - 172.31.0.0/16

## 5.3. Dirección de red

- Con CIDR, la dirección de red sigue siendo la que tiene todos los bits del host a 0, y la de broadcast a 1.
- Sin embargo, ya no es tan fácil como con clases
  - Los bits de la red no son múltiplos de 8
- Se utiliza una máscara de red, realizando la operación AND con la dirección IP para encontrar la dirección de red
- Ejemplo
  - La dirección IP es 192.168.20.100/26
  - La máscara de red son 26 1's  $\rightarrow$  255.255.255.192
  - La dirección pertenece a la red

```
      255.255.255.192
AND 192.168.020.100
-----
      192.168.020.064
```

- La red a la que pertenece es 192.168.20.64/26

## 5.4. Ejercicio

- ¿A qué red pertenecen las siguientes direcciones IP?
  - 172.46.25.1/12
  - 198.30.18.18/15
  - 198.30.18.18/30
  - 192.168.255.253/24
  - 172.37.10.255/16

## 5.5. *Subnetting y supernetting*

- Utilizando máscaras de red pueden saltarse los límites de las clases IP
  - Una red grande puede dividirse en varias redes pequeñas (*subnetting*)
  - Varias redes pequeñas pueden reunirse en una red más grande (*supernetting*)

---

## 5.6. Subnetting

- Consiste en crear subredes pequeñas dentro de una red de clase A, B o C
- Ejemplo
  - Conseguir 4 redes a partir de una red clase C
  - Hay que aumentar la máscara de red 2 bits (4 posibilidades)

|                | Redes             | Primer host    | Último host    | Broadcast      |
|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| Red original   | 192.168.20.0/24   | 192.168.20.1   | 192.168.20.254 | 192.168.20.255 |
| Primera subred | 192.168.20.0/26   | 192.168.20.1   | 192.168.20.62  | 192.168.20.63  |
| Segunda subred | 192.168.20.64/26  | 192.168.20.65  | 192.168.20.126 | 192.168.20.127 |
| Tercera subred | 192.168.20.128/26 | 192.168.20.129 | 192.168.20.190 | 192.168.20.191 |
| Cuarta subred  | 192.168.20.192/26 | 192.168.20.193 | 192.168.20.254 | 192.168.20.255 |

<http://www.aprendaredes.com/cgi-bin/ipcalc/ipcalc.cgi>

## 5.7. Supernetting

- A partir de varias redes pequeñas (generalmente clase C), conseguir una más grande
- Ejemplo
  - Conseguir una red con más de 1000 hosts a partir de redes clase C
- Tenemos las 32 redes 192.168.0.0 a la 192.168.31.0
- Reducimos la máscara en 5 bits → 192.168.0.0/19

| Red            | Primer host | Último host    | Broadcast      | Máscara         |
|----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|
| 192.168.0.0/19 | 192.168.0.1 | 192.168.31.254 | 192.168.31.255 | 255.255.255.224 |

## 6. Ejercicios

### 6.1. Tabla de redes IP

| IP del host   | Máscara         | Bits máscara | subred        | broadcast     | Nº hosts |
|---------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|----------|
| 192.168.1.130 |                 |              | 192.168.1.128 | 192.168.1.255 |          |
| 200.1.17.15   |                 |              | 200.1.17.0    | 200.1.17.255  |          |
| 133.32.4.161  |                 |              |               |               | 30       |
| 200.9.41.23   | 255.255.255.192 |              |               |               |          |
| 132.4.60.99   | 255.255.0.0     |              |               |               |          |
| 222.43.15.41  |                 |              | 222.43.15.0   | 222.43.15.255 |          |

---

## 6.2. Tabla de redes IP

| Subred         | Máscara       | Primer host | Último host | broadcast   | Nº hosts |
|----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| 192.168.1.0/24 |               |             |             |             |          |
|                | 255.255.192.0 | 1.2.128.1   |             |             | 510      |
|                |               | 172.182.4.1 |             |             | 1022     |
|                |               |             |             | 98.34.7.255 |          |

## 6.3. Subnetting

Una organización tiene 5 departamentos independientes. En cada uno de ellos se van a instalar 3000 hosts. Si todas las máquinas disponen de una dirección IP única en internet:

- ¿Qué clase deberá solicitar el administrador de la empresa?.
- Establece la máscara necesaria para que la organización subdivida la red en redes a razón de una subred por cada departamento.
- Indica las direcciones de subred, broadcast y rangos de direcciones IP de los host para cada departamento.

## 6.4. Subnetting

Una organización tiene asignada la red 192.168.2.0/24 y desea agrupar a su personal en grupos de trabajo de 140 empleados. El conjunto de trabajadores de cada grupo, comparte una subred diferente a la de los otros grupos.

- ¿Cuántos grupos de trabajo se pueden hacer?.
- Establece la máscara necesaria para que la organización subdivida la red en redes a razón de una subred por cada grupo.
- Indica las direcciones de subred, broadcast y rangos de direcciones IP de los host para cada departamento.

---

El ejercicio se puede repetir con

- Grupos de 60 empleados
- Un grupo de 60 empleados y 3 de 22 empleados

## 6.5. Subnetting

Una empresa recibe la dirección 132.33.0.0 para su red. Asigna a cada uno de los siete departamentos una subred, teniendo en cuenta el número de ordenadores de cada uno:

- A: 8000 ordenadores
- B: 2047 ordenadores
- C,D: 1020 ordenadores
- E,F: 4000 ordenadores
- G: 500 ordenadores

---

## 7. Redes reservadas

- IANA, por medio de RFC's, ha reservado varias redes para usos concretos. Algunos ejemplos son:

| Red            | Uso  |
|----------------|--|
| 127.0.0.0/8    | "loopback", utilizado para enviar paquetes IP al propio host                                   |
| 10.0.0.0/8     | Red privada (RFC 1918)   |
| 172.16.0.0/12  | Red privada (RFC 1918)   |
| 192.168.0.0/16 | Red privada (RFC 1918)   |
| 169.254.0.0/16 | <i>Link Local</i> o <i>APIPA</i> . Direcciones automáticas en redes pequeñas sin servidor DHCP |

### 7.1. ¿Qué es una red privada?

- Una red privada (RFC 1918) son direcciones inválidas en Internet
  - Un router de Internet descarta todos los paquetes con origen o destino en redes privadas
- Sirven para crear redes con IP que no forman parte de Internet
  - Internas a organizaciones: Empresas, universidades, institutos...
- Objetivos:
  - No es posible *ocultar* direcciones de Internet: Ningún ordenador interno tendrá la dirección 8.8.8.8
  - Ahorro de direcciones IP
  - Siguen teniendo acceso *limitado* a Internet: **NAT** (se verá en otro tema)

### 7.2. CIDR: Redes reservadas

- En el estándar CIDR se reserva la primera y última red de cada partición
  - Por ejemplo, al dividir la red de clase C 192.168.20.0/24 en 4 redes (pasando a máscara /26), las redes 192.168.20.0/26 y 192.168.20.192/26 quedan reservadas
  - La mayoría de routers e implementaciones de IP pueden trabajar con ellas, pero es mejor no utilizarlas para no tener problemas con equipos antiguos.

## 8. Referencias

- Formatos:
  - [Transparencias](#)
  - [PDF](#)
- Creado con:
  - [Emacs](#)
  - [org-reveal](#)
  - [Latex](#)