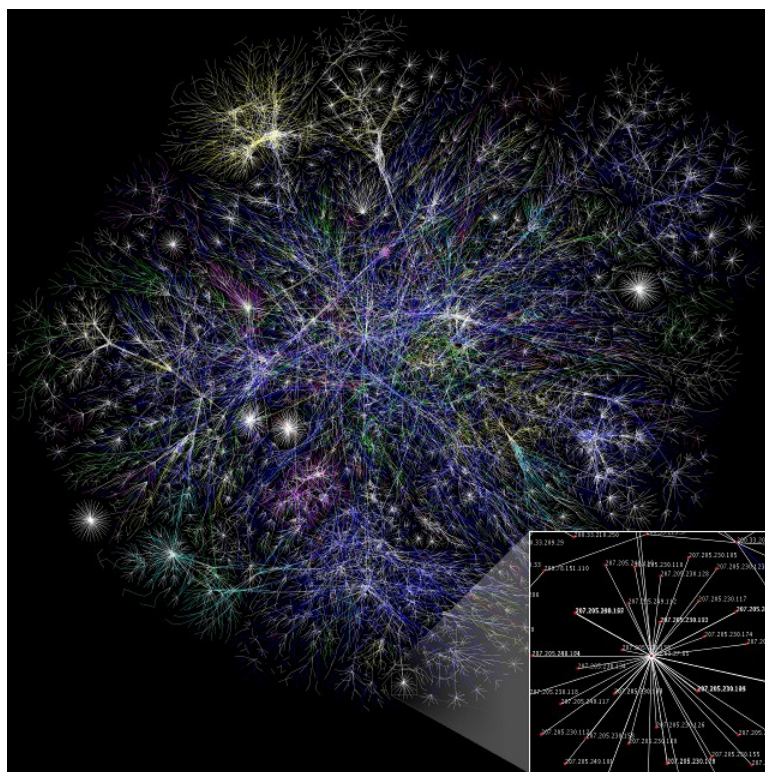


## O protocolo IP. Integración de elementos nunha rede

A internet é un **conxunto de redes diferentes** que comparten unha pila de protocolos comúns. Cada unha destas redes é administrada por unha entidade diferente: universidades, redes académicas, provedores comerciais (coñecidos como ISPs, ou *Internet Service Providers*), etc. Por isto, as normas de uso son moi variadas.

Tecnicamente a nivel de rede a Internet pode definirse como un **conxunto de redes ou sistemas autónomos conectados entre si, que utilizan o protocolo de rede IP**. Este **protocolo IP** foi deseñado desde o comezo tendo como obxectivo principal a interconexión de redes.



A internet. Cada equipo identifícase coa súa **dirección IP**

Un bo xeito de visualizar a **Capa de Rede** é: ofrece un medio sen garantía para o transporte de datagramas desde a orixe ao destino, sen importar se estas máquinas están na mesma rede, ou se hai outras redes entre elas.

A comunicación en internet funciona deste xeito: a capa de transporte colle fluxos de datos e pásalos ao nivel de rede, que os divide en datagramas IP. En teoría, os datagramas poden ser de ata 64Kbytes cada un, pero na práctica polo xeral son duns 1500 bytes (axustándose por tanto a unha *trama de Ethernet*). Cada datagrama transmítese a través da Internet, probablemente fragmentándose en unidades máis pequenas polo camiño. Cando todas as pezas chegan finalmente á máquina de destino, son reensambladas pola capa de rede, deixando o datagrama orixinal. A continuación este datagrama é entregado á capa de transporte, que o introduce no fluxo de entrada do proceso receptor.

Deste xeito, un paquete que se orixina nun equipo orixe ten que atravesar moitas redes para chegar ao equipo destino.

Brevemente, e aínda que veremos máis adiante as características do **protocolo IP** polo miúdo, podemos dicir que IP é unha protocolo para unha rede de datagramas, coas características:

- x Asigna direccionamento lóxico: direccións IP
- x encárgase do encamiñamento dos datagramas

É NON orientada a conexión e fornece o mellor servizo en cada momento ("best effort"), e NON ofrece calidade de servizo ou QoS (Quality of Service). Polo tanto, a entrega dos paquetes **non está garantida** xa que en momentos de conxestión estes poden ser descartados sen previo aviso polos routers (encamiñadores) que se atopen no traxecto.

## Enderezos ou direccións IPv4

Para identificar unha máquina en internet, cada equipo da rede que chegue ao nivel 3 (rede) vai ter un enderezo IP. Se a máquina está conectada a varias redes, terá unha IP **por cada interfaz de rede**, aínda que na práctica isto non é frecuente. Na práctica, a maioría dos equipos están nunha única rede, co que cada equipo terá **unha única dirección IP**.

O enderezo IP está composto por 32 bits (4 bytes) que se representan con 4 enteiros separados por puntos. Exemplo: 0000 1010. 0000 0011. 0000 0101. 0000 0110 (binario) -> 10. 3. 5. 6 (decimal)

Os 32 bits divídense en dúas partes:

- Identificador **de rede** (net id): indica o número de rede IP. Todos os equipos da mesma rede lóxica terán o mesmo identificador de rede.
- Identificador **de equipo** (host id): indica o número do equipo dentro da rede IP.

Por exemplo, nas IP's da clase de 1º de ASIR a dirección IP do equipo 12 é 192.168.1.12.

A parte que identifica a rede serían os 3 primeiros bytes (192.168.1), mentres que o último byte (12) identificaría ao equipo. Vemos por tanto que a dirección IP está formada polas dúas partes unha a continuación da outra :

dirección IP = net id    host id

Hai 2 valores característicos na parte de **identificador de equipos**:

- Poñer **todo ceros** na parte de equipo refírese **á rede en si mesma** (úsase para enrutar/encamiñar): NON se poden empregar para identificar equipos.  
Exemplo: 192.168.1.0 (1100 0000. 1010 1000. 0000 0001. 0000 0000) identifica á rede de 1º de ASIR.
- Poñer **todo uns** na parte de equipo indica difusión ampla ou **broadcast**: posto nunha dirección de destino indica que o datagrama é para enviar a todos os da mesma rede IP.

Exemplo: 192.168.1.255 (1100 0000. 1010 1000. 0000 0001. 1111 1111), serían mensaxes con destino todos os equipos da rede de 1º.

Dous equipos poderán comunicarse directamente se están na mesma rede (co nivel de enlace), senón terán que empregar intermediarios: routers.

## DIRECCIÓN DE CLASE

As dirección IP pódense dividir en varios CLASES, dependendo do seu **primeiro byte**:

### CLASE A

| net ID      | IDENTIFICADOR DE EQUIPO (host ID) |
|-------------|-----------------------------------|
| 0 _ _ _ _ . | _ _ _ _ . _ _ _ _ . _ _ _ _ .     |

O 1º byte valerá entre 1-126, incluídos. A dirección de rede vén dado polo primeiro byte.

Poderá haber  $2^7 - 2 = 128 - 2 = 126$  redes distintas de tipo A.

Os equipos por rede serán  $2^{24} - 2 = 16.777.214$  equipos en cada unha das redes.

Existe unha rede para uso privado: 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (unha rede de clase A – RFC 1918)

Exemplo: 95.3.20.2      Rede: 95.0.0.0      Equipo: 3.20.2      Multidifusión: 95.255.255.255

### CLASE B

| IDENTIFICADOR DE REDE (net ID) | IDENTIFICADOR DE EQUIPO (host ID) |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 0 _ _ _ . _ _ _ .            | _ _ _ . _ _ _ . _ _ _ .           |

O 1º byte valerá entre 128 – 191. A dirección de rede vén dado polos 2 primeiros bytes.

Poderá haber  $2^{14} = 16.384$  redes distintas de tipo B.

Os equipos por cada unha das redes será  $2^{16} - 2$  direccións reservadas = 65534 equipos en cada unha das redes.

As rede para o uso privado abranguen as direccións desde 172.16.0.0 a 172.31.255.255 (16 redes de clase B – RFC 1918)

Exemplo: 188.3.20.2      Rede: 188.3.0.0      Equipo: 20.2      Multidifusión: 188.3.255.255

### CLASE C

| IDENTIFICADOR DE REDE (net ID) | (host ID)     |
|--------------------------------|---------------|
| 1 1 0 _ _ . _ _ . _ _ .        | _ _ _ . _ _ . |

O 1º byte valerá entre 192 – 223. A dirección de rede vén dado polos 3 primeiros bytes.

Poderá haber  $2^{21} = 2097152$  redes distintas de tipo C.

Os equipos por cada unha das redes será  $2^8 - 2$  direccións reservadas = 254 equipos en cada unha das redes.

As rede para o uso privado abranguen as direccións desde 192.168.0.0 a 192.168.255.255 (256 redes de clase C – RFC 1918)

Exemplo: 192.3.20.2    Rede: 192.3.20.0    Equipo: 2    Multidifusión: 192.3.20.255

#### CLASE D

|         |                                    |
|---------|------------------------------------|
| 1 1 1 0 | ENDEREZO DE MULTIDIFUSIÓN<br>----- |
|---------|------------------------------------|

1º byte con valores entre 224 – 239.

Úsanse xeralmente para a difusión de vídeo, ou redes cun único emisor e varios receptores. Trátase de que o emisor emita unha única vez e non tantas como receptores haxa.

#### CLASE E

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| 1 1 1 0 1 0 | RESERVADO PARA USO FUTURO<br>----- |
|-------------|------------------------------------|

1º byte con valores entre 240-247. Reservadas

## TIPOS ESPECIAIS DE IPS en IPv4

Existen algunhas direccións IP especiais:

- x **A rede 127.0.0.0** non se usa para asignar ós equipos. En concreto a IP 127.0.0.1 úsase para **loopback** (é o propio equipo). Un equipo aínda que non teña tarxeta de rede sempre ten un IP asignada: 127.0.0.1. Tamén é coñecida co nome de **"localhost"**. (Explicado máis adiante)
- x **DIFUSIÓN LIMITADA:** IP de destino: 255.255.255.255 (esta dirección só se pode usar como destino). Úsase para **difusión local ou broadcast**, cando un equipo desexa enviar a todos os equipos da súa propia rede. Úsanos os clientes DHCP cando un equipo trata de obter unha dirección IP (e unha configuración IP completa).
- x **DIFUSIÓN (multidifusión ou multicast):** Para enviar a todos os equipos dunha rede. Supoñer esta IP de destino: 17.255.255.255. Se é enviada, por exemplo, desde 17.0.3.2 é o mesmo que o caso anterior.  
Se é enviada, por exemplo, por 11.0.3.4, ese paquete atravesará routers ata alcanzar a rede 17.0.0.0.
- x Poñer **todo ceros** na **parte de equipo** refírese á rede en si mesma (úsase para enrutar/encamiñar): NON se poden empregar para identificar equipos.  
Exemplo: 192.168.1.0 (1100 0000. 1010 1000. 0000 0001. 0000 0000) identifica á rede de 1º de ASIR.
- x A dirección todo ceros: 0.0.0.0 identifica ao equipo actual. Emprégase por equipos solicitando dirección por DHCP, así como nas táboas de enrutamento, nas que indica a ruta por defecto. (isto último verémolo máis adiante)
- x Hai un rango de direccións reservadas para **redes privadas**: a rede 10.0.0.0 de tipo A, as redes 172.16.0.0 a 172.31.0.0 de tipo B e da 192.168.0.0 a 192.168.255.0 de tipo C. Non é posible poñer estas direccións a máquinas que están conectadas directamente a internet, pois só son válidas para redes privadas.

Finalmente, comentar que, dado que cando a parte *host id* está todo 0's falamos da rede en si mesma, e cando está a parte *host id* a 1's refírese á dirección de broadcast, **toda rede ten 2 direccións que non pode asignar a un equipo**: a do nome de **rede** e a de **broadcast**.

Por exemplo, se temos a rede 192.16.1.0 (clase C) teremos que reservar a 192.16.1.0 para a propia rede, e a 192.16.1.255 para a dirección de broadcast polo que teremos 254 direccións dispoñibles.

En [www.iana.org](http://www.iana.org) (Internet Assigned Numbers Authority) pódense atopar as distintas restricións sobre o uso de IP's. Unha parte do RFC 1918 cando fala das direccións privadas é:

*The Internet Assigned Numbers Authority (IANA) has reserved the following three blocks of the IP address space for private internets:*

```

10.0.0.0      - 10.255.255.255 (10/8 prefix)
172.16.0.0    - 172.31.255.255 (172.16/12 prefix)
192.168.0.0   - 192.168.255.255 (192.168/16 prefix)

```

*We will refer to the first block as "24-bit block", the second as "20-bit block", and to the third as "16-bit" block. Note that (in pre-CIDR notation) the first block is nothing but a single class A network number, while the second block is a set of 16 contiguous class B network numbers, and third block is a set of 256 contiguous class C network numbers.*

## MÁSCARAS

Para determinar nunha dirección IP que parte é de rede, e cal é a parte que corresponde ao equipo úsanse as **máscaras**. Unha **máscara** está formada por 32 bits (4 bytes), e represéntanse con 4 números enteiros separados por puntos, como nunha dirección IP.

A parte da máscara na que hai **1's** corresponde coa parte da rede IP do enderezo IP. Con 0's teremos a parte correspondente aos hosts.

Unha máscara é como a sombra dun enderezo IP: se non se ten a máscara que acompaña a unha IP non se poderá determinar a parte da rede e a parte do equipo.

Unha máscara será un grupo de 4 bytes:

```

----- . ----- . ----- . -----
1º byte: 0-255  2º byte: 0-255  3º byte: 0-255  4º byte: 0-255

```

Por exemplo, nas redes tipo A a parte da rede corresponde aos primeiros 8 bits, nas redes tipo B aos primeiros 16 bits, e nas redes tipo C aos primeiros 24 bits:

### Máscara CLASE A

```

1111 1111 . 0000 0000 . 0000 0000 . 0000 0000
255      0      0      0

```

### Máscara CLASE – B

```

1111 1111 . 1111 1111 . 0000 0000 . 0000 0000
255      255      0      0

```

### Máscara CLASE – C

```

1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 0000 0000
255      255      255      0

```

Outro xeito de representar as máscaras á indicando o número de 1s que posúe, situando despois da dirección IP unha barra e a continuación o número de 1s. Esta sintaxe é a utilizada en **CIDR (Classless Inter-Domain Routing)**, que veremos máis adiante.

Exemplo: 10.4.5.6 / 8 (indica que os primeiros 8 bits da máscara son 1s e os 24 bits restantes 0s)

A máscara equivalente será 255.0.0.0

O equipo sabe cal é a súa rede-IP ao facer un AND binario do enderezo IP coa súa máscara ( 10.4.5.6 AND 255.0.0.0):

|      |   |             |
|------|---|-------------|
| 0000 | 1010 . 0000 0100 . 0000 0101. 0000 0110 |             |
| 1111 | 1111 . 0000 0000. 0000 0000. 0000 0000  | AND BINARIO |

---

0000 1010. 0000 0000 . 0000 0000. 0000 0000, que se corresponde con 10.0.0.0

Estariamos pois a falar da rede 10.0.0.0 e do equipo 4.5.6 dentro desa rede – IP.

A máscara á importante porque dependendo dela unha dirección IP pode estar nunha rede ou noutra:

10.3.2.1 / 8 = 10.3. 2 .1

255.0.0.0

REDE: 10.0.0.0 e EQUIPO 3.2.1

Se temos

10.3.2.1 / 16 = 10.3. 2 .1

255.255.0.0

REDE: 10.3.0.0 e EQUIPO 2.1

Se temos

10.3.2.1 / 24 = 10.3. 2 .1

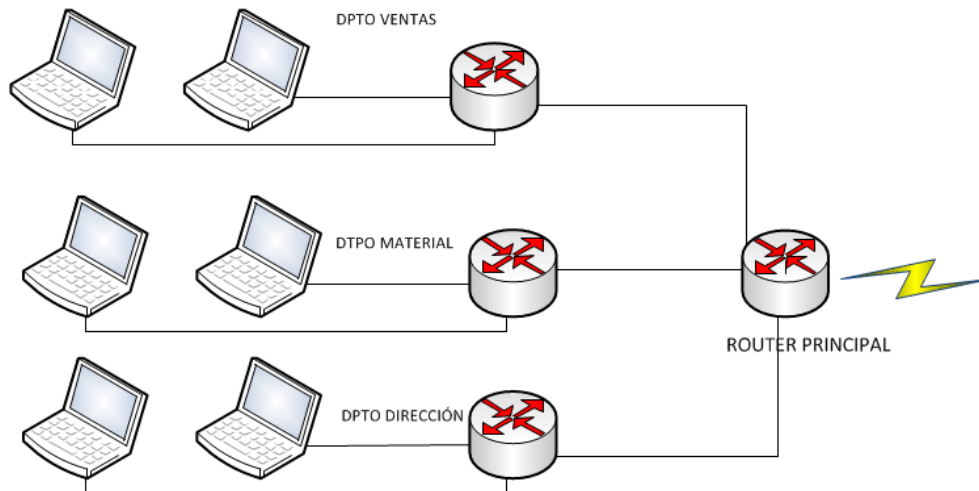
255.255.255.0

REDE: 10.3.2.0 e EQUIPO 1

## SUBREDES (subnetting)

O exemplo anterior é un claro exemplo de **subrede**: converteuse unha dirección de clase A noutras de clase B e C.

Se unha empresa grande ten 20 departamentos, quere ter 20 redes, supoñamos con 30-100 equipos cada un. En total, será máis de 1000 equipos, co que precisará mercarlle á IANA dirección dunha rede de tipo B, por exemplo 130.6.0.0/16. Cada unha destas redes terá un router de saída, e a empresa terá un router principal:



Para que o router principal poda encamiñar a cada un dos routers os paquetes que lle corresponden, teríamos que ter cada unha das redes nunha rede distinta. Se lle pon a todos os seus equipos unha máscara 255.255.0.0 todos os equipos estarán na mesma rede – IP: non habería xeito de distinguilos, todos recibirán o mesmo tráfico broadcast (reducindo moito o rendemento da rede), e non poderíamos definir características diferentes en función do seu departamento (impresoras compartidas, carpetas compartidas, permisos de usuarios, permisos de rede, etc.).

A solución pasa por facer **subredes**: pasar a IP anterior a outra de tipo C, empregando para iso unha **nova máscara**.

Se a empresa pon a un departamento IP's na subrede 130.6.1.0 / 24 e a outro na 130.6.2.0 / 24 xa estarían en redes – IP distintas, e o router principal podería repartir o tráfico axeitadamente. Isto é o que se coñece como **subnetting estático** ou **classfull subnetting**: partimos dunha rede "de clase" e facemos varias subredes, pero todas do mesmo tamaño.

Fíxate que cada unha destas subredes tería 2 direccións reservadas:

- x a dirección de subrede (coa parte de host todo a ceros)
- x unha dirección multicast (coa parte do host todo a 1's)

No noso exemplo estas serían as direccións IP 130.6.1.0, 130.6.1.255, 130.6.2.0 e 130.6.2.255.

O que estamos engadindo agora é un nivel xerárquico intermedio entre o nivel de rede e o nivel de host, do seguinte xeito:



| net ID                  | Identificador de subrede | IDENTIFICADOR DE EQUIPO (host ID) |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1000 0010 . 0000 0110 . | ----- .                  | -----                             |
| 130 . 6                 | 1 ou 2 no noso exemplo   | x                                 |

Desde fóra a empresa segue tendo unha dirección de tipo B, a súa rede seguirá sendo 130.6.0.0, xa que a estrutura de subrede non será visible.

A empresa deste xeito ten a súa rede dividida en subredes menores, podendo crear dominios de difusión (dominios de broadcast) máis pequenos: da rede orixinal está creando 256 subredes.

Para saber cantas subredes se poden crear teremos que mirar o nº de bits do **identificador de subrede**, e para ver o número de hosts por subrede teremos que mirar o nº de bits que quedan para identificador de host.

Así:

- Número de subredes =  $2^{\text{nº de bits do identificador de subrede}}$
  - Número de hosts en cada subrede =  $2^{\text{nº de bits do identificador de equipo}} - 2 (*)$
- (\*) *As 2 direccións en cada subrede reservadas: a dirección de cada subrede e a de multicast de cada subrede.*

Por exemplo, no exemplo anterior (dividindo en 130.6.1.0/24 e 130.6.2.0/24 a rede inicial) collemos 8 bits para identificar a subrede:  $2^8 = 256$  subredes posibles, cada unha delas con  $256 - 2 = 254$  equipos posibles.

### Subnet-zero

O valor todo zeros na parte de equipos emprégase para representar a subrede mesma. No exemplo anterior se á rede 130.6.0.0/16 lle aplicamos a máscara 255.255.255.0 a primeira subrede tería o campo subrede todo a 0's (tería o mesmo nome que a rede principal 130.6.0.0). Do mesmo xeito, a subrede todo a uns 130.6.255.0 tería como dirección de broadcast que coincide coa dirección de broadcast de toda a rede.

Mentres que a restrición das direccións todo a zeros ou uns no campo **host** ten que ser respetada **sempre**, na maioría das situacións interesa aproveitar a subrede toda a zeros ou a uns. Isto coñécese como **subnet-zero**, e adóptase para aproveitar mellor o espacio de direccións dispoñible. A maioría dos dispositivos modernos admiten **subnet-zero**.

### CIDR. Enrutamento entre Dominios Sen Clases (Classless Inter-Domain Routing)

As máscaras de /8, /16 e /24 (255.0.0.0.0, 255.255.0.0 e 255.255.255.0), correspóndense con clases. Para poder realizar subredes de diferentes tamaños, empréganse máscaras collendo valores desde /0 ata /32 (estes 2 casos son casos especiais). Isto é o que se coñece como **CIDR (Classless Inter-Domain Routing ou Enrutamento entre Dominio Sen Clases)**, co cal podemos coller calquera número de bits como máscara ou identificador da parte de rede, sen ter que limitarnos aos valores "de clase" /8, /16 e /24.

Hai que ter en conta que agora as máscaras non estarán formadas por 0's ou 255's, senón que haberá calquera outro valor. Por exemplo, a máscara /9 correspóndese co 255.128.0.0, a máscara /10 co 255.192.0.0, a máscara /11 co 255.224.0.0, e así sucesivamente. Vexamos un exemplo concreto.

Temos 3 equipos coas seguintes IP's e máscaras, e queremos ver a que rede pertencen:

- 10.1.4.6 / 23 (Máscara 255.255.254.0)
- 10.1.5.6 / 23 (Máscara 255.255.254.0)
- 10.1.6.6 / 23 (Máscara 255.255.254.0)

Para ver cal é a súa rede pasamos a IP a binario e facemos un AND coa máscara:

|               |                                     |                     |                    |
|---------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 10.1.4.6 / 23 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 010      | 0. 0000 0110        |                    |
| Máscara       | 1111 1111. 1111 1111. 1111 111      | 0. 0000 0000        | <b>AND BINARIO</b> |
|               | <b>0000 1010 0000 0001 0000 010</b> | <b>0. 0000 0000</b> |                    |
| 10.1.5.6 / 23 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 010      | 1. 0000 0110        |                    |
| Máscara       | 1111 1111. 1111 1111. 1111 111      | 0. 0000 0000        | <b>AND BINARIO</b> |
|               | <b>0000 1010 0000 0001 0000 010</b> | <b>0. 0000 0000</b> |                    |
| 10.1.6.6 / 23 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 011      | 0. 0000 0110        |                    |
| Máscara       | 1111 1111. 1111 1111. 1111 111      | 0. 0000 0000        | <b>AND BINARIO</b> |
|               | <b>0000 1010 0000 0001 0000 011</b> | <b>0. 0000 0000</b> |                    |
|               | NET ID: 23 bits                     | HOST ID: 9 bits     |                    |

Os 2 primeiros equipos están na mesma rede – IP (os **23 primeiros bits** son iguais), mentres que o terceiro equipo estará nunha rede distinta, pois **NON** coinciden os **primeiros 23 bits**.

OLLO co seguinte exemplo coa máscara /30:

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| 10. 1. 4 .4 / 30 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 0100. 0000 01 | 00 Esta IP ten 0's na parte do equipo.<br>Refírese á rede-IP. |
| 10. 1. 4 .5 / 30 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 0100. 0000 01 | 01 Esta IP pódesele poñer a un equipo.                        |
| 10. 1. 4 .6 / 30 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 0100. 0000 01 | 10 Esta IP pódesele poñer a un equipo.                        |
| 10. 1. 4 .7 / 30 | 0000 1010. 0000 0001. 0000 0100. 0000 01 | 11 Esta IP ten 1s na parte de equipo. Multidifusión.          |
| Máscara          | 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 11    | 00  |
|                  | NET ID: 30 bits                          | HOST ID: 2 bits   |

Co cal coa máscara /30 só poderemos dispoñer de 2 direccións para os hosts ou equipos.

Cando un administrador de rede quere facer un esquema de direccionamento, ao igual que acontecía cando quería facer o cableado dun edificio, ten que pensar no presente e no futuro:

- ¿Cantas redes se precisan na actualidade?
- ¿Cantas redes se precisarán no futuro?
- ¿Cantos equipos ten a rede máis grande no momento actual?
- ¿Cantos equipos ten a rede máis grande no momento actual?

Exemplo:

Unha universidade ten para un edificio unha rede de tipo C, a 193.144.75.0/24, e quere facer varias subredes para 4 departamentos. Estima que con 58 equipos para cada departamento será suficiente durante 15 anos. Dividiremos logo a rede en 4 subredes, co que precisará 2 bits máis dos 24 da parte da rede para a subrede, por tanto as máscaras serán de 26 bits (en negrita a parte do host-id):

Subrede 1:

|            |                  |          |          |           |           |         |
|------------|------------------|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| Subrede 1: | 193.144.75.0 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>00</b> | 00 0000 |
| Equipo1:   | 193.144.75.1 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>00</b> | 00 0001 |
| ...        |                  |          |          |           |           |         |
| Equipo 62: | 193.144.75.62/26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>00</b> | 11 1110 |
| Broadcast: | 193.144.75.63/26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>00</b> | 11 1111 |

Subrede 2:

|             |                   |          |          |           |           |         |
|-------------|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| Subrede 2 : | 193.144.75.64 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>01</b> | 00 0000 |
| Equipo1:    | 193.144.75.65 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>01</b> | 00 0001 |
| ...         |                   |          |          |           |           |         |
| Equipo 62:  | 193.144.75.126/26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>01</b> | 11 1110 |
| Broadcast:  | 193.144.75.127/26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>01</b> | 11 1111 |

Subrede 3:

|            |                    |          |          |           |           |         |
|------------|--------------------|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| Subrede 3: | 193.144.75.128 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>10</b> | 00 0000 |
| Equipo1:   | 193.144.75.129 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>10</b> | 00 0001 |
| ...        |                    |          |          |           |           |         |
| Equipo 62: | 193.144.75.190/26  | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>10</b> | 11 1110 |
| Broadcast: | 193.144.75.191/26  | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>10</b> | 11 1111 |

Subrede 4:

|            |                    |          |          |           |           |         |
|------------|--------------------|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| Subrede 4: | 193.144.75.192 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>11</b> | 00 0000 |
| Equipo1:   | 193.144.75.193 /26 | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>11</b> | 00 0001 |
| ...        |                    |          |          |           |           |         |
| Equipo 62: | 193.144.75.254/26  | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>11</b> | 11 1110 |
| Broadcast: | 193.144.75.255/26  | 11000001 | 10010000 | 0011 1101 | <b>11</b> | 11 1111 |

Fíxate que a primeira rede ten como nome todos 0's na parte de subrede (o nome da subrede coincide co nome da rede inicial), e a última rede ten como broadcast a dirección de broadcast da rede inicial. Para que funcionen estas subredes deberán estar conectados por un router que teña activado o **subnet-zero**. (os routers modernos xa o teñen activado por defecto.)

### VLSM. Máscara de Subrede de Lonxitude Variable (Variable-Length Subnet Mask)

No exemplo anterior todas as subredes teñen a mesma máscara de subrede (/26), pero pode ser preciso que algunha subrede precise maior número de equipos que outra subrede, é dicir, que cada subrede teña un número de equipos diferente. Por exemplo, un departamento de informática pode precisar máis ordenadores que outro departamento por exemplo de química.

Para crear estas subredes de tamaño diferente emprégase a técnica coñecida como **VLSM (Variable-Length Subnet Mask** ou **Máscara de Subrede de Lonxitude Variable**). Iremos asignando as IP's desde **as subredes con máis equipos ás subredes con menos equipos**, como se ve no seguinte exemplo:

Imaxinemos pois que unha organización ten asignada unha rede IP 197.144.37.0/24, e quere organizarse para ter 3 subredes, a primeira de 100 equipos para o seu departamento de informática, 27 para o departamento de bioloxía, e 13 para a parte administrativa.

A primeira subrede para o dpto. de informática precisaría de 100 equipos, co que tería que coller unha máscara de /25 (que permitiría ata 126 equipos):

|             |                    |   |
|-------------|--------------------|---|
| subrede 1ª: | 197.144.37.0/25:   | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>0 000 0000</b> |
| Equipo 1:   | 197.144.37.1/25:   | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>0 000 0001</b> |
| ....        |                    |   |
| Equipo 126: | 197.144.37.126/25: | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>0 111 1110</b> |
| Broadcast:  | 197.144.37.127/25  | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>0 111 1111</b> |

A segunda subrede para o dpto. de bioloxía precisaría de unha máscara de /27, para poder ter ata 30 equipos:

|             |                   |   |
|-------------|-------------------|---|
| Subrede 2ª: | 197.144.37.128/27 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>100 0 0000</b> |
| Equipo 1:   | 197.144.37.129/27 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>100 0 0001</b> |
| ...         |                   |   |
| Equipo 30:  | 197.144.37.158/27 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>100 1 1110</b> |
| Broadcast:  | 197.144.37.159/27 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>100 1 1111</b> |

Na parte administrativa precisaría unha máscara que permitise 12 equipos: /28 que permite 14:

|             |                   |  |
|-------------|-------------------|--|
| Subrede 3ª: | 197.144.37.160/28 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>1010 0000</b> |
| Equipo1:    | 197.144.37.161/28 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>1010 0001</b> |
| ...         |                   |  |
| Equipo14 :  | 197.144.37.174/28 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>1010 1110</b> |
| Broadcast:  | 197.144.37.175/28 | 1100 0101 1001 0000 0010 0101 <b>1010 1111</b> |