



Σavante

12

PLANIFICACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

Nivel de red: Direccionamiento lógico

ÍNDICE

/ 1. Introducción y contextualización práctica	3
/ 2. Funcionalidades y protocolos del nivel de red	4
2.1. Funciones del nivel de red	4
2.2. Protocolos del nivel de red	4
/ 3. Protocolo IP	5
3.1. IPv4	5
3.2. IPv6	6
/ 4. Caso práctico 1: “Conversión de direcciones IPv4”	7
/ 5. Direccionamiento IPv4	8
5.1. Tipos de direcciones de red	8
5.2. Rangos de direcciones de red	9
5.3. Máscara de red	9
5.4. Restricciones del direccionamiento IP	10
/ 6. Subredes	11
6.1. Cálculo de direcciones de subred	11
6.2. Creación de subredes	12
/ 7. Caso práctico 2: “Dominios de difusión”	13
/ 8. Resumen y resolución del caso práctico de la unidad	14
/ 9. Bibliografía	15

OBJETIVOS

Conocer las funcionalidades del nivel de red.

Aprender los protocolos que se emplean en el nivel de red.

Identificar direcciones IPv4 e IPv6.

Distinguir los tipos de direccionamiento.

Definir la técnica de subnetting.

/ 1. Introducción y contextualización práctica

El nivel de red es el encargado de entregar los paquetes de manera individual a la estación destino. Para realizar esta función, emplea el protocolo IP. Sin embargo, este protocolo carece de mecanismos de informe y corrección de errores, entre otros, por lo que se emplean protocolos auxiliares.

Las direcciones del protocolo IP tiene 32 bits y se denominan IPv4, pero, debido al agotamiento de direcciones, se diseñó un nuevo nivel de direcciones IPv6.

En principio el direccionamiento fue orientado al uso de clases conocido como direccionamiento con clases, aunque esta arquitectura quedó obsoleta y se pasó a utilizar el direccionamiento sin clases. Sin embargo, durante el uso del direccionamiento con clases, se introdujo el concepto de subnetting, que permitía dividir el bloque de direcciones.

Escucha el siguiente audio, en el que encontrarás los detalles del caso práctico.



Fig.1. Direccionamiento IP.



Audio intro. "Direccionamiento IP"

<https://bit.ly/3QCRTqz>



/ 2. Funcionalidades y protocolos del nivel de red

2.1. Funciones del nivel de red

Entre las funciones del nivel de red se encuentran:

- **Direccionamiento IP:** De manera general, los dispositivos se comunican a través de Internet, y para ello es necesaria una dirección global, denominada dirección lógica, a nivel de red o direccionamiento IP. Mediante esta asignación, los dispositivos podrán ser identificados tanto en Internet como en redes internas o intranet.
- **Enrutamiento de paquetes:** A la hora de comunicarse con otro dispositivo, los paquetes que se mandan desde el dispositivo de origen al destino pueden pasar por múltiples redes. El enrutamiento consiste en el envío de paquetes a través de distintas redes buscando siempre la ruta óptima. Podría decirse que se basa en la ruta más corta, pero no siempre es así, ya que el estado de la red es variable y por ello distintos paquetes pueden llegar por rutas distintas, teniendo en cuenta criterios como la distancia, la velocidad o el retardo, que hacen que una misma conexión pueda cambiar a cada instante.
- **Encapsulación y desencapsulación de tramas:** El proceso no parte del nivel de enlace, sino del nivel de aplicación en el momento en el que se decide mandar un mensaje. Este mensaje lo recibe la capa de transporte, que debe dividirlo en fragmentos más pequeños que serán enviados a la capa de red. En la capa de red, se cogerá cada uno de ellos y se deberá encapsularlo en un paquete que lleve las direcciones IP origen y destino. Una vez que el paquete llegue al dispositivo de destino, este deberá desencapsularse y entregarse a la capa del nivel de transporte.
- **Control de congestión:** Todos los paquetes que navegan en la red lo hacen a través de routers. En ocasiones, un router recibe más tráfico del que es capaz de procesar dando lugar a una congestión que se extiende a toda la red. Para ello es necesario implementar mecanismos de prevención y control de tráfico.

2.2. Protocolos del nivel de red

El protocolo de Internet (IP) se implementa como el protocolo principal del nivel de red, pero de transmisión de menor esfuerzo. Sin embargo, carece de algunas características, para las que se han diseñado otros protocolos:

- Resolución de direcciones: ARP, RARP.
- Diagnóstico de red: ICMP.
- Enrutamiento: RIP.
- Seguridad: IPSec, IGMP.
- Control de congestión: ECN.

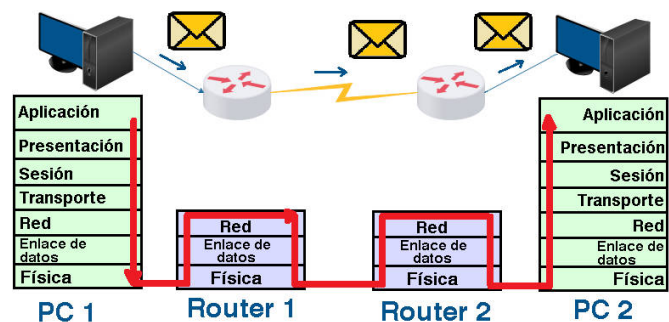


Fig.2. Dominios de difusión y colisión.

! Sabías que...

Uno de los campos definidos en el formato de trama de los protocolos del nivel de enlace de datos es el tamaño máximo del campo de datos, el tamaño total del datagrama debe ser menor que este tamaño máximo. A este concepto se lo denomina MTU (unidad de transferencia máxima).

/ 3. Protocolo IP

El principal protocolo de red es el protocolo de Internet IP. Se caracteriza por ser:

- **No orientado a conexión:** Cada paquete puede viajar por distintos caminos.
- **No fiable:** Los paquetes pueden perderse o dañarse por el camino.

La responsabilidad del nivel de red es la entrega de paquetes desde el dispositivo origen al destino y para ello emplea el direccionamiento lógico. Existen dos tipos de direcciones IP: IPv4 e IPv6.



Audio 1. "Fragmentación"
<https://bit.ly/3d4smZI>



3.1. IPV4

Una dirección IPv4 tiene una longitud de 32 bits y define de manera unívoca un dispositivo en Internet, ya que no pueden existir dos dispositivos en Internet con la misma dirección. Sin embargo, si un dispositivo tiene 'x' conexiones a Internet, este sí puede tener 'x' direcciones distintas. Las direcciones se pueden expresar mediante dos tipos de notaciones:

- **Notación binaria:** La dirección se muestra con 32 bits o 4 bytes, por ejemplo: 01110101 01010101 10101010 01100101.
- **Notación punto-decimal:** Da el valor decimal de cada octeto separado por un punto 192.168.1.27.

La versión 4 del protocolo de Internet es un protocolo de datagramas no fiable, al no ofrecer control de errores o control de flujo, en el que se trata cada datagrama de manera independiente y, por tanto, cada uno de ellos puede ir por un camino distinto y llegar en distinto orden. Los paquetes en IPv4 se denominan datagramas y consta de dos partes:

- **Cabecera:** Con una longitud de 20 a 6 bytes.
- **Datos:** Con una longitud de 0 a 65.535 bytes.

Versión (4 bits): Define la versión del protocolo IPv4.

- **Tamaño de cabecera (4 bits):** Define la longitud total de la cabecera, ya que esta varía entre 20 y 60 bytes.
- **Tipo de servicio (8 bits):** Este campo tiene dos interpretaciones, el primero denominado tipo de servicio y el segundo, servicios diferenciados.
- **Longitud del datagrama (16 bits):** Define la longitud total del datagrama, es decir, la cabecera más los datos.

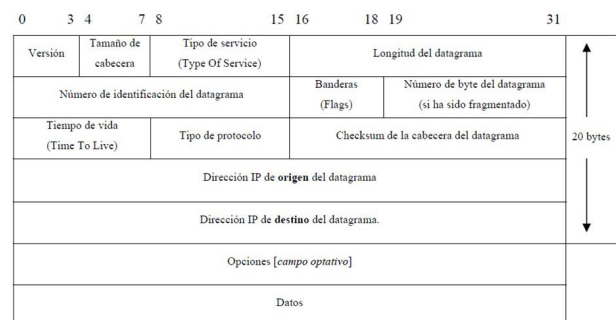


Fig.3. Formato datagrama IPv4.

3.2. IPv6

Las direcciones IPv6 tienen una longitud de 16 bytes o 128 bits y, al igual que las direcciones IPv4, definen de manera unívoca un dispositivo en Internet. La notación que se utiliza por defecto es la hexadecimal con dos puntos, en la que se dividen los 128 bits en 8 secciones, cada una de dos bytes.

Dos bytes en notación hexadecimal requieren cuatro dígitos hexadecimales, por tanto, la dirección IPv6 está formada por 32 dígitos hexadecimales separados en grupos de cuatro dígitos separados por dos puntos, como el siguiente ejemplo: AB12:CD34:EF56:0000:2200:5512:3478:ABCD.

Los paquetes en IPv6 constan de tres partes:

- **Cabecera:** Con una longitud fija de 40 bytes.
- **Cabecera de extensión:** Opcional.
- **Datos:** Longitud variable.

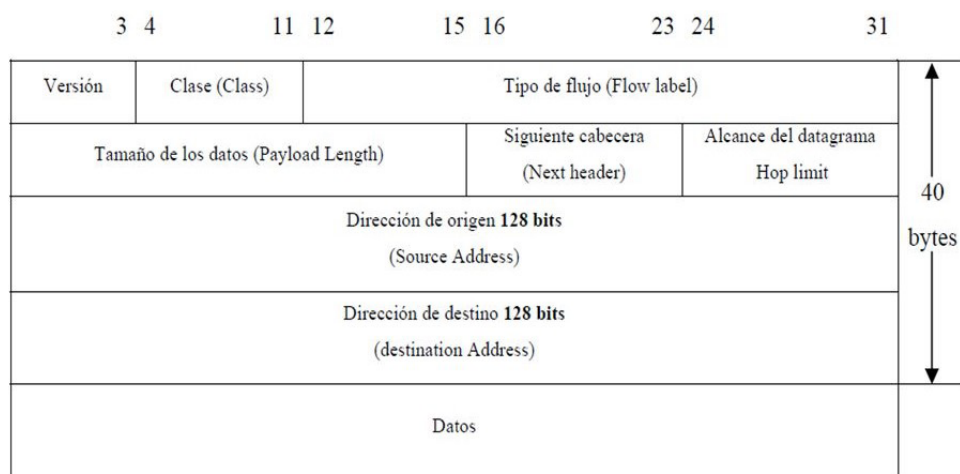


Fig.4. Formato de datagrama IPv6.

La cabecera de extensión y los datos pueden interpretarse como 'carga útil' y tienen una longitud de 0 a 65.535 bytes.

Los campos que definen los paquetes IPv6 son:

- **Versión (4 bits):** Define la versión del protocolo, en este caso 6,
- **Clase (8 bits):** Indica la prioridad del datagrama respecto a la congestión del tráfico, siendo los valores de 0-7 para controlar la congestión y los valores de 8 a 15, sin control de congestión.
- **Tipo de flujo:** Campo diseñado para el tratamiento especial de la calidad de servicio.
- **Tamaño de la cabecera (2 bytes):** Longitud del datagrama IP excluyendo la cabecera base.
- **Cabecera siguiente (8 bits):** Define la cabecera que sigue a la cabecera base del datagrama IPv6. La siguiente cabecera es una de las extensiones opcionales empleadas por IP, un paquete UDP o TCP.

- **Límite de saltos:** Indica el número máximo de saltos que puede realizar el datagrama antes de ser descartado. Cada vez que el datagrama cambia de red, es decir, atraviesa un router, se decrementa el contador, y, si llega a 0, se descarta el datagrama.
- **Dirección origen (16 bytes):** Especifica la dirección origen.
- **Dirección destino (16 bytes):** Especifica la dirección destino.

/ 4. Caso práctico 1: “Conversión de direcciones IPv4”

Planteamiento: Realiza la conversión binario-decimal y decimal-binario de las siguientes direcciones IPv4:

- 10.250.1.1
- 150.10.15.0
- 11000000 00001110 00000010 00000000
- 10010100 00010001 00001001 00000001

Las direcciones en Internet (IPv4)

138. 4 . 54 . 3
10001010 00000100 00110110 00000011

Fig.5. Dirección IPv4.

Nudo: Las direcciones IPv4 definen, de manera unívoca, un dispositivo en Internet. Estas direcciones se pueden expresar mediante dos tipos de notaciones: la binaria y la decimal. En la notación binaria, se realiza la conversión a decimal en grupos de 8 bits, y en la notación decimal, se hace la conversión a binario de cada valor separado por puntos.

Desenlace:

- 00001010 11111010 00000001 00000001
- 10010110 00001010 00001111 00000000
- 192.14.2.0
- 148.17.9.1

/ 5. Direccionamiento IPv4

Dentro del direccionamiento IPv4, se encuentran diferentes tipos de redes. Estos **se clasifican de la A a la E**, diferenciándose en el **número de bits** que dedican a indicar el número de red y el **número de host**.

La **parte de red nos indica nuestro punto de conexión con el exterior de nuestra red**. Proporcionada por empresas de telecomunicaciones que las gestionan, parte de la dirección no modificable.

La **parte de host nos indica el puesto que ocupa un dispositivo de nuestra red**. Podremos direccionar o identificar tantos dispositivos como combinaciones binarias podamos realizar con estos bits. En esta parte, sí tenemos control y podemos decidir qué combinación o dirección asignar a cada dispositivo.

5.1. Tipos de direcciones de red

Como se ha indicado, se reconocen cinco tipos diferentes de direcciones IPv4, dependiendo de los bits dedicados a red y host. Para poder distinguirlos, se debe fijar la atención en el primer octeto de bits (la primera parte) de la dirección IPv4. Se utilizan los primeros bits de la dirección para reservar combinaciones de bits que distinguen uno u otro tipo y los demás bits podrán tomar el valor 0 o 1.

- **Tipo A:** Se fuerza a que el primer octeto de bits comience por 0. El primer octeto indica la parte de red, mientras que los demás indican la parte de host. Por su gran capacidad de combinación, se utilizan para redes de gran extensión (WAN).
- **Tipo B:** Se fuerza a que el primer octeto de bits comience por 10. Los dos primeros octetos indican la parte de red y los dos segundos, la parte de host. Se utilizan para redes de extensión media (MAN).
- **Tipo C:** Se fuerza a que el primer octeto de bits comience por 110. Los tres primeros octetos indican la parte de red, mientras que el último indica la parte de host. Se utilizan para redes locales (LAN).
- **Tipo D:** Se fuerza a que el primer octeto de bits comience por 1110. Todos los octetos están dedicados a la red. Se utilizan para multidifusión, es decir, reenvío global de mensajes dentro de redes.
- **Tipo E:** Se fuerza a que el primer octeto de bits comience por 11110. Todos los octetos están dedicados a la red. Se utilizan para investigación.

TIPO	PARTE DE RED (R) PARTE DE HOST (H)
A	R.H.H.H
B	R.R.H.H
C	R.R.R.H
D	R.R.R.R
E	R.R.R.R

Tabla 1. Octetos dedicados a red o host, según tipo IP.

! Sabías que...

Ante el agotamiento de direcciones de clase A y B, surge una nueva técnica que consiste en la unión de varios bloques de clase para crear un grupo de direcciones más grandes. Se trata de combinar varias redes para crear una superred. Esta técnica se denomina 'supernetting'.

5.2. Rangos de direcciones de red

Los dígitos fijos que tienen las redes permiten identificar los tipos fácilmente, ya que permiten clasificarlas en rangos de valores:

TIPO	A
De	00000000.00000000.00000000.00000000
Hasta	01111111.11111111.11111111.11111111
Decimal	DE 0.0.0.0 HASTA 127.255.255.255

TIPO	B
De	10000000.00000000.00000000.00000000
Hasta	10111111.11111111.11111111.11111111
Decimal	DE 128.0.0.0 HASTA 191.255.255.255

TIPO	C
De	11000000.00000000.00000000.00000000
Hasta	11011111.11111111.11111111.11111111
Decimal	DE 192.0.0.0 HASTA 223.255.255.255

TIPO	D
De	11100000.00000000.00000000.00000000
Hasta	11101111.11111111.11111111.11111111
Decimal	DE 224.0.0.0 HASTA 239.255.255.255

TIPO	E
De	11110000.00000000.00000000.00000000
Hasta	11111111.11111111.11111111.11111111
Decimal	DE 240.0.0.0 HASTA 255.255.255.255

Tabla 2. Valores de direcciones IP según tipo.

5.3. Máscara de red

La máscara de red (o subred) es un dato que siempre va a acompañar a la dirección IPv4, ya que la IP por sí sola no es capaz de determinar unívocamente el dispositivo.

Una parte de la máscara de red simboliza los bits de la dirección IP que identifica el punto de conexión de red, y la otra parte simboliza la parte de IP que identifica al host. Indicaremos un 1 cuando el bit de la dirección IP esté dedicado a red y un 0 cuando el bit esté dedicado a la parte de host.

Se observa la correspondencia con el tipo de IP y los octetos que tienen dedicados a red con el número de bits que tienen valor 1.

TIPO	BINARIO	DECIMAL
A	11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0
B	11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0
C	11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0
D, E	11111111.11111111.11111111.11111111	255.255.255.255

Tabla 3. Máscaras de red.

5.4. Restricciones del direccionamiento IP

Las direcciones IP tienen algunas restricciones o algunos rangos reservados para determinadas funciones.

- La **dirección 0.0.0.0** se dedica como dirección de encaminamiento por defecto.
- El **rango 127.0.0.0 – 127.255.255.255** se reserva para la llamada dirección de loopback o de circuito cerrado, que significa nuestro propio dispositivo.
- La **dirección 192.0.0.0** está reservada para el registro de direcciones IPv4 de IANA.
- La **dirección 198.18.0.0** se reserva para pruebas de comunicaciones entre redes independientes.
- Se reserva, para **direcciones privadas**, un determinado **rango** según sean de **tipo A, B o C**. Los **rangos** son:
 - » **Tipo A:** De 10.0.0.0 a 10.255.255.255.
 - » **Tipo B:** De 172.16.0.0 a 172.31.255.255.
 - » **Tipo C:** De 192.168.0.0 a 192.168.255.255.
- Los **mensajes de broadcast** son aquellos que se mandan a toda una red. La dirección más común para este fin es la 255.255.255.255.

IPv4 tiene un límite teórico de direcciones, y por ello se implementó IPv6, sin embargo, un mecanismo que permite solventar la falta de direcciones IPv4 es la creación de direcciones IP públicas y privadas.

Las **direcciones públicas** son aquellas que se asignan a un dispositivo y le permiten conectarse a Internet de manera directa, como es el caso de los routers. Esta dirección también se conoce como **dinámica**, ya que cambia al reiniciar el dispositivo o al cumplir un periodo. Las **direcciones privadas** son aquellas que se asignan a dispositivos dentro de las redes locales o LAN, es decir, las direcciones que asigna el router a los dispositivos conectados.

De esta manera, **dentro de un entorno LAN**, todos los dispositivos conectados tendrán **su propia dirección privada y una única dirección pública** que compartirán y será la que tenga el router, excluyendo la entrada y salida a Internet a través de esta dirección.

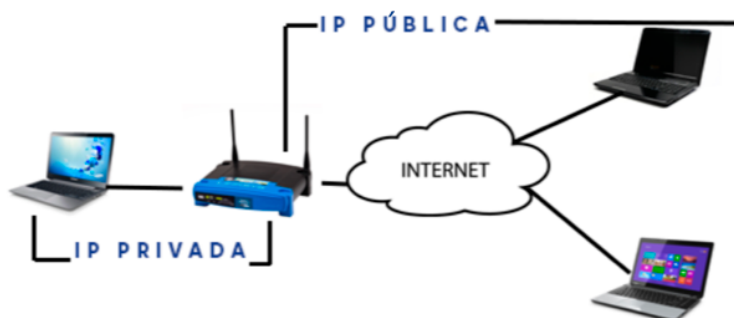


Fig.6. Ámbito e IP pública y privada.



Investigamos...

Para profundizar en el tema y ampliar conocimientos, te recomendamos que investigues para qué se emplea la traducción de direcciones de red (NAT).

/ 6. Subredes

Una dirección IPv4 tiene 32 bits que se dividen en **dirección de red y dirección de host**, de manera que, para comunicarse con un dispositivo en concreto (dirección de host), es necesario comunicarse en primer lugar con la red (dirección de red) y a continuación con el host. Se trata de un esquema limitado a dos niveles de jerarquía que no permite la organización de grupos de trabajo. La solución al problema sería la **división de la red en redes más pequeñas** conectadas entre sí, es decir, la creación de subredes. Al dividir la red, el router se establece como dirección única de acceso a Internet, las subredes no son públicas en Internet y como resultado existen varios host ocultos disponibles que aumentan de manera considerable el tamaño de la red. Esta práctica no solo **aumenta el número de host disponibles**, sino que **mejora la organización de la red** dando lugar a un **aumento de los niveles de seguridad y un mejor manejo de tráfico**.

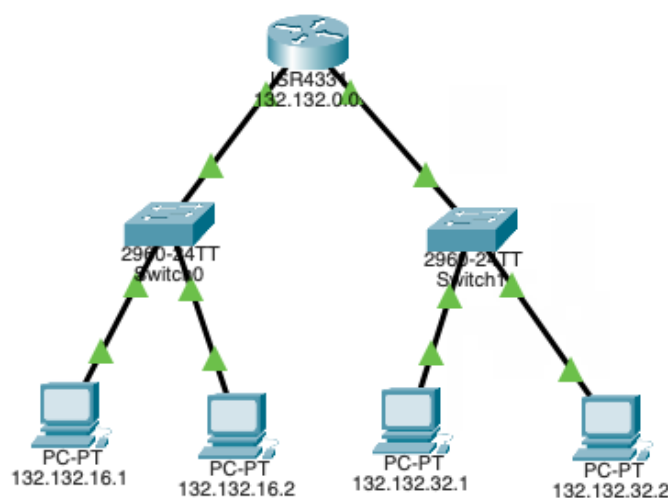


Fig.7. Esquema de red con subredes.

6.1. Cálculo de direcciones de subred

En la figura anterior (fig. 7), aparecen dos subredes bajo una única red al resto de Internet, de manera que un paquete destinado a la dirección 132.132.16.1 llegaría al router y este sabría que la red está dividida en dos subredes, siendo el tercer byte (16) el indicador de la subred y el cuarto byte (1), el host.

El primer paso sería identificar a qué clase pertenece, para ello se pasa el primer octeto de la dirección destino 132.132.16.1 a binario y se obtiene la secuencia 10000100, por lo tanto, se puede decir que pertenece a la clase B.

Una vez identificada la clase:

- En el caso de no emplear subredes, la dirección 132.132.16.1 pertenece a la red 132.132.0.0/16, siendo la parte de red, 132.132, y la parte de host, 16.1.
- En el caso de emplear subredes, la dirección 132.132.16.1 pertenece a la red 132.132.16.0/16, siendo la parte de red, 132.132, la parte de subred, 16, y el host, 1.

Para calcular la subred, se pasan tanto la dirección IP como la máscara a binario y se realiza la operación lógica AND.

132.132.16.1 → 10000100.10000100.00010000.00000001



Vídeo 1. "Herramientas para subnetting"

<https://bit.ly/3Dey3yD>



6.2. Creación de subredes

Para la creación de subredes se va a realizar un ejemplo. En concreto, se pide crear 6 subredes para la red 200.132.50.0. Para cada una de las subredes, se pide: la máscara de subred, el número de host, la dirección de subred, direcciones IP válidas para host y dirección de difusión.

- **Máscara de subred**

A la hora de crear subredes, se debe cumplir que $2^n \geq$ Número de subredes que se desean crear. Se piden 6, por lo tanto, $2^3 \geq 6$.

A continuación, se rellena con ceros hasta 8 bits y se pasa a decimal → 1110000 → 224.

Al pasar la dirección de red a binario, se obtiene 11001000.1000100.00110010.00000000. Al ser los 3 primeros bits 110, se sabe que es una red de clase C, por lo tanto, la máscara de subred mantiene los tres primeros octetos con 255 y el cuarto octeto, perteneciente a la clase C, con el 224.

Máscara de subred → 255.255.255.224 → 11111111.11111111.11111111.11100000/27.

- **Número de host por subred**

Se tienen 32 bits menos los 27 de la máscara, que son 5, por lo tanto, se tiene $2^5 = 32 - 2$ (red y broadcast) = 30 direcciones de host disponibles.

- **Dirección de subred, direcciones IP válidas y direcciones de difusión**

Nº	BINARIO	DIRECCIÓN DE SUBRED	RANGO IP VÁLIDAS	DIRECCIÓN DE BROADCAST
0	000 00000 = 0	200.132.50.0	200.132.50.1 - 200.132.50.30	200.132.50.31
1	001 00000 =32	200.132.50.32	200.132.50.33 - 200.132.50.62	200.132.50.63
2	010 00000 =64	200.132.50.64	200.132.50.65 - 200.132.50.94	200.132.50.95
3	011 00000 =96	200.132.50.96	200.132.50.97 - 200.132.50.126	200.132.50.127
4	100 00000 =128	200.132.50.128	200.132.50.129 - 200.132.50.158	200.132.50.159
5	101 00000 =160	200.132.50.160	200.132.50.161 - 200.132.50.190	200.132.50.191
6	110 00000 =192	200.132.50.192	200.132.50.193 - 200.132.50.222	200.132.50.223
7	111 00000 =224	200.132.50.224	200.132.50.225 - 200.132.50.254	200.132.50.255

Tabla 4. Tabla con 6 subredes de clase C.

- De las 8 redes (8 filas), la primera representa el nombre de la red, y la última, de broadcast o difusión.
- La segunda columna de binario son las combinaciones de los 3 bits para crear las 6 subredes.

- La dirección de subred incluye los 3 primeros octetos iguales para todas las subredes (clase C) y se le añade la dirección de red calculada previamente.
- El rango de IP válidas incluye las 30 direcciones de host disponibles excluyendo la dirección de red, que es la primera, y la de broadcast, que es la última y se representa en la última columna.

/ 7. Caso práctico 2: “Dominios de difusión”

Planteamiento: Identifica la dirección de red y host de las siguientes direcciones IPv4:

- 209.240.80.78
- 199.155.77.56
- 117.89.56.45
- 215.45.45.0
- 192.200.15.0
- 95.0.21.90

Nudo:

Clase A	Red		Host	
Octeto	1	2	3	4
Clase B	Red		Host	
Octeto	1	2	3	4
Clase C	Red			Host
Octeto	1	2	3	4
Clase D	Host			
Octeto	1	2	3	4

Tabla 5. Esquemas de direcciones IPv4.

En las direcciones IPv4, se pueden identificar dos partes: la dirección de red y la dirección de host. La dirección de red indica la conexión con el exterior de la red y la dirección de host identifica un dispositivo de la red. Dependiendo de a qué clase pertenezca la dirección, se identifica cada una de ellas.

Desenlace: La dirección de red está resaltada en verde, mientras la dirección de host lo está en rojo.

- 209.240.80.78
- 199.155.77.56
- 117.89.56.45
- 215.45.45.0
- 192.200.15.0
- 95.0.21.90

/ 8. Resumen y resolución del caso práctico de la unidad

El tema comienza indicando el objetivo y las funcionalidades del nivel de red encabezado con el protocolo IP. A continuación, se indica que el protocolo IP tiene dos versiones: una primera, IPv4, de 32 bits, y debido al agotamiento de direcciones, una versión IPv6, con 128 bits, para direccionamiento.

El direccionamiento comienza con una arquitectura de clases en la que se definen cinco clases, pero se desperdicia una gran parte de las direcciones y se decide cambiar a un direccionamiento sin clases.

Esta nueva arquitectura, aunque carezca de clases, sigue manteniendo la asignación de direcciones por bloques, y, mediante la técnica de subnetting, permite dar acceso a Internet a más dispositivos.

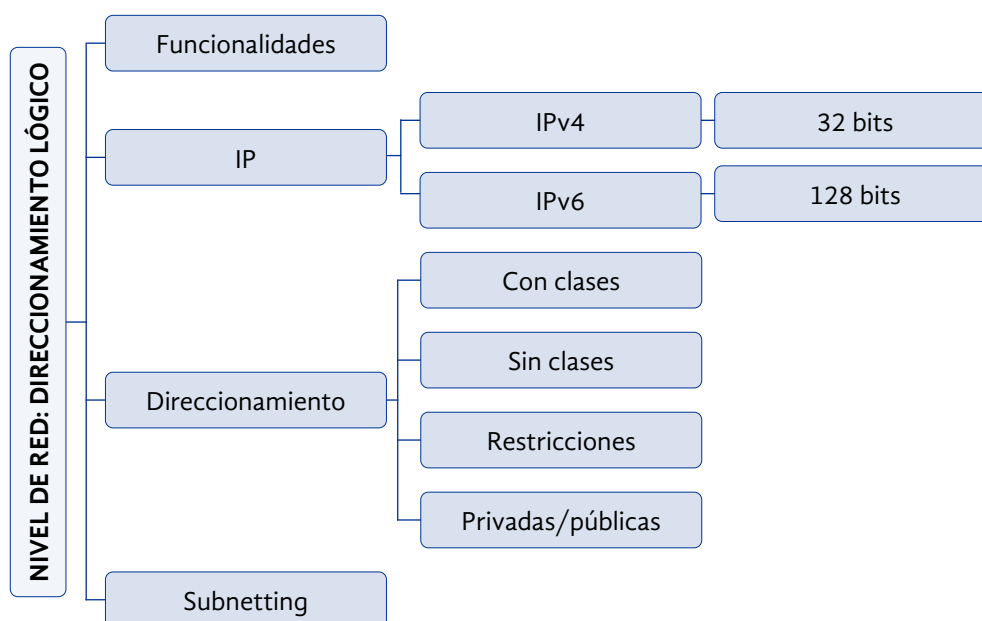


Fig.8. Esquema resumen de la unidad.

Resolución del caso práctico de la unidad

La máscara es 18, por lo tanto, los dos primeros octetos (16 bits) son 255 y el segundo solo tiene los dos primeros bits a 1, es decir 11000000 que es igual a 192 en decimal.

Al hacer el AND lógico de la IP con la máscara de red, el resultado sería

IP:	187	72	01011111	104
Máscara:	11111111	11111111	11000000	00000000
Dirección de red	187	72	01000000	0 → 187.72.64.0

La primera es la dirección de red y la última, la de broadcast, por lo tanto, el primer host sería el siguiente a la primera dirección disponible, y el último host sería el penúltimo a la última dirección disponible.

187.72.95.104/18				
IP	187	72	01 011111	104
Máscara de red	255	255	192	0
Dirección de red	187.72.64.0			
Primer host	187.72.64.1			
Último host	187.72.127.254			
Dirección broadcast	187.72.127.255			

Tabla 6. Resolución del caso práctico de la unidad.

/ 9. Bibliografía

Behrouz, F. (2007). *Transmisión de Datos y Redes de comunicaciones*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

Castro, J. M. (2022). *Planificación y Administración de Redes*. Garceta.