

PLAN DE DIRECCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN DE REDES EN LA ADMINISTRACIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE HACIENDA
Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

SECRETARÍA DE ESTADO DE
ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

TÍTULO: Plan de Direccionamiento e Interconexión de Redes en la Administración

Elaboración y coordinación de contenidos:

Dirección de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (DTIC)

Responsable edición digital: Subdirección General de Información, Documentación y Publicaciones

3ª edición electrónica: abril de 2016

Disponible esta publicación en el Portal de Administración Electrónica (PAe):

<http://administracionelectronica.gob.es/>

Edita:

© Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas

Secretaría General Técnica

Subdirección General de Información,

Documentación y Publicaciones

Centro de Publicaciones

Colección: administración electrónica

NIPO: 630-16-268-0



El presente documento está bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Compartir Igual versión 4.0 España.

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra
- Hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:

- Reconocimiento. Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- Compartir bajo la misma licencia. Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.

Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor

Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

Esto es un resumen legible por humanos del texto legal (la licencia completa) disponible en

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

ÍNDICE

1.	QUÉ ES EL PLAN DE DIRECCIONAMIENTO	4
2.	ANTECEDENTES	6
3.	ÁMBITO DE ACTUACIÓN	7
4.	OBJETIVOS	8
5.	TABLAS DE RANGOS DE DIRECCIONES IP ASIGNADOS DEL PLAN DE DIRECCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN DE REDES EN LA ADMINISTRACIÓN	9
6.	REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE REDES IP	13
	ANEXO I: CONCEPTOS DE INTERCONEXIÓN DE REDES	15
6.1.	NIVEL DE RED.....	15
6.2.	DIRECCIONAMIENTO Y ENCAMINAMIENTO.....	15
6.3.	NOMBRES Y DIRECCIONES	20
6.4.	GESTIÓN DE RED.....	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	9
Tabla 2.....	12

Histórico de versiones del documento			
Versión	Nombre del documento	Fecha	Descripción
3	Plan de Direccionamiento e Interconexión de Redes en la Administración	01/04/2016	3ª edición electrónica

1. QUÉ ES EL PLAN DE DIRECCIONAMIENTO

1. La Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, en su artículo 155.3, establece que la *“Administración General del Estado, las Administraciones Autonómicas y las Entidades Locales, adoptarán las medidas necesarias e incorporarán en sus respectivos ámbitos las tecnologías precisas para posibilitar la interconexión de sus redes con el fin de crear una red de comunicaciones que interconecte los sistemas de información de las Administraciones Públicas y permita el intercambio de información y servicios entre las mismas, así como la interconexión con las redes de las instituciones de la Unión Europea y de otros Estados Miembros.”*
2. El Real Decreto 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica establece en su artículo 13 que *“Al objeto de satisfacer lo previsto en el artículo 43 de la Ley 11/2007 de 22 de junio, [a la entrada en vigor de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, será el artículo 155.3], las Administraciones públicas utilizarán preferentemente la Red de comunicaciones de las Administraciones públicas españolas para comunicarse entre sí, para lo cual conectarán a la misma, bien sus respectivas redes, bien sus nodos de interoperabilidad, de forma que se facilite el intercambio de información y de servicios entre las mismas, así como la interconexión con las redes de las Instituciones de la Unión Europea y de otros Estados miembros.”* Y que *“la Red SARA prestará la citada Red de comunicaciones de las Administraciones públicas españolas.”*
3. Seguidamente, el citado Real Decreto 4/2010 establece en su artículo 14 que *“Las Administraciones públicas aplicarán el Plan de direccionamiento e interconexión de redes en la Administración, aprobado por la Comisión de la Estrategia TIC, creada a través del Real Decreto 806/2014, de 19 de septiembre, sobre organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos; para su interconexión a través de las redes de comunicaciones de las Administraciones públicas.”*
4. El Plan de direccionamiento e interconexión de redes en la Administración es necesario para:
 - La interconexión de las redes de las Administraciones Públicas y, en particular, a y a través de la Red SARA (Sistema de Aplicaciones y Redes para las Administraciones).
 - El despliegue de servicios de administración electrónica sobre la Red SARA.
 - La interconexión con redes de administraciones públicas de otros Estados miembros de la Unión Europea, el despliegue y acceso a los servicios públicos europeos transfronterizos de administración electrónica, a través de la Red SARA y de su enlace con la red transeuropea TESTA, que tiene a su vez su propio plan de direccionamiento.
5. En este sentido, como antecedente, el Consejo Superior de Administración Electrónica, predecesor de la Comisión de Estrategia TIC, promovió hace años el Plan de direccionamiento e interconexión de redes en la Administración que define un espacio de direccionamiento privado común para los Centros de la Administración.
6. Este Plan permite que cada entidad u organismo pueda establecer de manera independiente sus planes de numeración IP, en función de su infraestructura de red, o distribución orgánica

o departamental, pero manteniendo una coordinación que evite el uso de direcciones duplicadas.

7. Por otro lado, la Comisión para la Reforma de las Administraciones Públicas señaló en el informe CORA, presentado al Consejo de Ministros de 21 de junio de 2013, la *“consolidación de las infraestructuras comunes: comunicaciones tanto internas como externas y los centros de proceso de datos de la AGE”* como una de las medidas necesarias para la consecución de eficiencias y economías de escala en el ámbito TIC.
8. En este contexto, el Plan de Transformación digital de la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos (Estrategia TIC 2015-2020), marco estratégico global para avanzar en la transformación de la Administración, incluye una línea de acción conducente a la provisión de servicios comunes entre los que destaca la consolidación de los nodos públicos de *hosting* y *housing* y la consolidación de las infraestructuras y plataformas tecnológicas.
9. Para implementar esta línea de acción, la Comisión de Estrategia TIC ha declarado, en la primera Declaración de servicios compartidos, el servicio de comunicaciones como compartido atendiendo a lo dispuesto en el artículo 10 del Real Decreto 806/2014, de 19 de septiembre, sobre organización e instrumentos operativos de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos.
10. Asimismo, también han sido declarados como compartidos el servicio de alojamiento de infraestructuras TIC y el servicio de nube híbrida (nube SARA).
11. Esta declaración supone la asignación de rangos de IPs específicos para la provisión de estos servicios y, por tanto, consolidación del plan de direccionamiento de la Administración General del Estado.

2. ANTECEDENTES

12. El Grupo de Usuarios de Telecomunicaciones en la Administración, que fue creado, con carácter de Comisión Nacional del Consejo Superior de Informática, por Orden Ministerial de 28 de septiembre de 1993, acordó la "*Definición de un Plan de Direccionamiento y Encaminamiento para la Interconexión de Redes de Área Local*" en el ámbito de la Administración.
13. La necesidad de acometer esta tarea se agudizó por el incremento del parque de redes en las Administraciones Públicas y por las necesidades derivadas de la interconexión de estas redes, de la racionalización de las comunicaciones y del despliegue de servicios a través de las mismas y de los intercambios de datos entre aplicaciones.

3. ÁMBITO DE ACTUACIÓN

14. El ámbito de actuación del Plan de direccionamiento e interconexión de redes en la Administración es la Administración General del Estado, las Administraciones Autonómicas y las entidades que integran la Administración Local.

4. OBJETIVOS

15. El Plan de direccionamiento e interconexión de redes en la Administración tiene como objetivos garantizar una correcta administración de la red, mediante un seguimiento permanente del plan de numeración en cada subred y mantener al día la documentación de los cambios que se producen en el mismo. De esta forma se garantiza la evolución y crecimiento de las redes para hacer frente a nuevas necesidades.

5. TABLAS DE RANGOS DE DIRECCIONES IP ASIGNADOS DEL PLAN DE DIRECCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN DE REDES EN LA ADMINISTRACIÓN

Rango de direcciones IP	Entidad u Organismo
10.1.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas - (SEAP)
10.2.0.0/16	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
10.3.0.0/16	Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación
10.4.0.0/16	Ministerio de Empleo y Seguridad Social
10.5.0.0/16	Ministerio de Industria, Energía y Turismo
10.6.0.0/16	Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - (Cultura)
10.7.0.0/16	Ministerio de Defensa
10.8.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas - (IGAE)
10.9.0.0/16	Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - (Educación)
10.10.0.0/16	Ministerio de Industria, Energía y Turismo
10.11.0.0/16	Ministerio del Interior
10.12.0.0/16	Ministerio de Justicia
10.13.0.0/16	Ministerio de Fomento
10.14.0.0/16	Ministerio de la Presidencia
10.15.0.0/16	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
10.16.0.0 /16 - 10.17.0.0/16	Ministerio de Empleo y Seguridad Social
10.18.0.0/16	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
10.20.0.0/16	Ministerio de Economía y Competitividad
10.21.0.0/16	Ministerio de Economía y Competitividad
10.24.0.0/24	Reservado
10.25.0.0/16 - 10.29.0.0/16	Ministerio de Empleo y Seguridad Social - (SEPE))
10.30.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas - (AEAT)
10.31.0.0/16	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
10.32.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas /Mineco
10.33.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (Secretaría de Estado de Hacienda y Presupuestos)
10.34.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
10.35.0.0/16	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (*) (ver)
10.36.0.0/16	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (*) (ver)
10.37.0.0/16	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
10.38.0.0/18	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
10.40.0.0 /16 - 10.43.0.0/16	Ministerio de Defensa
10.44.0.0/16	Ministerio de Justicia - (Administración de Justicia)
10.45.0.0/16	Ministerio de Justicia (Dirección General de los Registros y del Notariado)

Tabla 1.

Rango de direcciones IP	Entidad u Organismo
10.46.0.0/16	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (*) (ver)
10.47.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
10.48.0.0/16	Ministerio del Interior - (DGIP)
10.50.0.0/16	Ministerio del Interior - (DGT)
10.51.0.0 /16 - 10.54.0.0/16	Ministerio del Interior - (DGGC)
10.55.0.0/16	Ministerio de Industria, Energía y Turismo
10.57.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (Dirección General del Catastro)
10.58.0.0 /16 - 10.59.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas - (INE)
10.60.0.0/16	Ministerio de Empleo y Seguridad Social- (SEPE)
10.61.0.0/16	Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación
10.62.0.0/16 - 10.63.0.0/16	Ministerio de Defensa
10.64.0.0/16	Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación
10.65.0.0/16	Ministerio de Fomento (Vivienda)
10.66.0.0/16	Ministerio de Empleo y Seguridad Social-(SEPE)
10.67.0.0/16	Ministerio de Fomento
10.69.0.0/16	Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación
10.70.0.0 /16 - 10.74.0.0/16	Ministerio de Defensa
10.75.0.0/16	Imserso
10.76.0.0/16 - 10.83.0.0/16	Ministerio de Defensa
10.96.0.0/16 - 10.99.0.0/16	Ministerio de Empleo y Seguridad Social-(GISS)
10.120.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
10.121.0.0/22	Agencia Española de Protección de Datos
10.121.8.0/24	Fábrica Nacional de Moneda y Timbre - Real Casa de la Moneda
10.121.16.0 /20	Casa de S.M. el Rey
10.121.32.0/24	Defensor del Pueblo
10.121.40.0/21	Tribunal de Cuentas
10.121.48.0 /20	Senado
10.121.64.0 /19	Tribunal Constitucional
10.121.96.0 /21	RedIRIS
10.121.104.0 /24 - 10.121.255.0/24	Congreso de los Diputados
10.127.0.0/16	Generalitat de Catalunya- (AOC)
10.128.0.0 /16 - 10.135.0.0/16	Junta de Andalucía
10.136.0.0/16 - 10.145.0.0/16	Gobierno de Canarias
10.146.0.0 /16 - 10.151.0.0/16	Junta de Castilla y León
10.152.0.0 /16 - 10.157.0.0/16	Gobierno del Principado de Asturias
10.158.0.0/16	Consejo de Seguridad Nuclear
10.159.0.0/16	Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha
10.160.0.0 /16 - 10.165.0.0/16	Junta de Extremadura
10.166.0.0/16	Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
10.167.0.0/16	Gobierno de La Rioja
10.168.0.0/16	Gobierno Vasco
10.169.0.0/16	Comunidad de Madrid
10.170.0.0/16 - 10.171.0.0/16	Gobierno de Cantabria
10.172.0.0/16 - 10.175.0.0/16	Consejo General del Poder Judicial
10.177.0.0/16	Consejo de Estado

Rango de direcciones IP	Entidad u Organismo
10.178.0.0/16	Generalitat Valenciana
10.179.0.0 /16 - 10.180.0.0/16	Xunta de Galicia
10.181.0.0 /16 - 10.185.0.0/16	Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
10.199.0.0/16	Operadores de Red
10.200.0.0/16	Gobierno de Navarra
10.208.0.0/16	Gobierno de Aragón
10.209.0.0 /16 - 10.211.0.0/16	Gobierno Vasco
10.214.0.0/16	Gobierno de Canarias
10.215.0.0 /16 - 10.218.0.0/16	Govern de les Illes Balears
10.221.0.0/16	Voz – Entes Singulares- (Defensor Pueblo, Tribunal de Cuentas,
10.222.0.0/16	Voz - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
10.223.0.0/16	Voz - Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación
10.224.0.0/16	Voz – Ministerio de Empleo y Seguridad Social
10.225.0.0/16	Voz – Ministerio de Industria, Energía y Turismo
10.226.0.0/16	Voz – Ministerio de Educación Cultura y Deporte
10.227.0.0/16	Voz – Ministerio Defensa-(Fase II)
10.228.0.0/16	Voz – Ministerio de Economía y Competitividad
10.229.0.0/16	Voz – Ministerio del Interior
10.230.0.0/16	Voz - Ministerio del Interior-(Fase II)
10.231.0.0/16	Voz - Reservada
10.232.0.0/16	Voz – Red SARA-Servicios Comunes
10.233.0.0/16	Voz – Red SARA-Servicios Comunes
10.234.0.0/16	Voz - Reservada
10.235.0.0/16	Voz – Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas-(SEAP)
10.236.0.0/16	Voz - Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas-(RO)
10.237.0.0/16	Voz – Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas-(RO)
10.238.0.0/16	Voz – Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas-AEAT
10.239.0.0/16	Voz - Reservada
10.240.0.0/16	Voz – Ministerio de Justicia
10.241.0.0/16	Voz - Reservada
10.242.0.0/16	Voz – Ministerio de la Presidencia
10.244.0.0/16	Voz – Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
10.243.0.0/16	Voz – Ministerio de Fomento
10.245.0.0/16 - 10.246.0.0/16	Voz - Reservadas
10.247.0.0/16	Red de Gestión CORA
10.248.0.0 /16 – 10.250.0.0/16	Ministerio de la Presidencia-(Gabinetes, Malla B, etc.)
10.251.0.0/16	Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
10.252.0.0/16	Red SARA
10.253.0.0/16	Red SARA
10.254.0.0/16	Cloud de la AGE

17. (*) Parte de este rango está asignado a las Administraciones de las Comunidades Autónomas que figuran en la tabla 2.

Rango de direcciones IP	Entidad u Organismo
10.127.0.0 /16	Generalitat de Catalunya
10.128.0.0 /16 - 10.135.0.0/16	Junta de Andalucía
10.136.0.0 /16 - 10.145.0.0/16	Gobierno de Canarias
10.146.0.0 /16 - 10.151.0.0/16	Junta de Castilla y León
10.152.0.0 /16 -10.157.0.0/16	Gobierno del Principado de Asturias
10.159.0.0/16	Junta de Comunidades de Castilla-La
10.160.0.0 /16- 10.165.0.0/16	Junta de Extremadura
10.166.0.0/16	Comunidad Autónoma de la Región de
10.167.0.0/16	Gobierno de La Rioja
10.168.0.0/16	Gobierno Vasco
10.169.0.0/16	Comunidad de Madrid
10.170.0.0/16-10.171.0.0/16	Gobierno de Cantabria
10.178.0.0/16	Generalitat Valenciana
10.179.0.0 /16 - 10.180.0.0/16	Xunta de Galicia
10.181.0.0 /16 - 10.185.0.0/16	Comunidad Autónoma de la Región de
10.200.0.0/16	Gobierno de Navarra
10.208.0.0/16	Gobierno de Aragón
10.209.0.0 /16 -10.211.0.0/16	Gobierno Vasco
10.214.0.0/16	Gobierno de Canarias
10.215.0.0/16 - 10.218.0.0/16	Govern de les Illes Balears

Tabla 2.

6. REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE REDES IP

18. El Plan de direccionamiento e interconexión de redes en la Administración se basa en el establecimiento de un directorio de direcciones de red IP, a partir del cual cada entidad u organismo pueda establecer de manera independiente sus planes de numeración IP, en función de su infraestructura de red, o distribución orgánica o departamental, pero manteniendo una coordinación que evite el uso de direcciones duplicadas. Las consideraciones básicas que se han tomado como punto de partida son:

- El plan de direccionamiento tiene en cuenta la previsión de que a medio-largo plazo todas las dependencias de la Administración pudieran contar con redes locales. Cada red local de un centro funcionará como una subred dentro de la red global de la Administración.
- Fijar un sistema de direccionamiento según Clase A, adoptando el rango de direcciones 10.0.0.0 - 10.255.255.255 para uso privado de la Administración tal como se recomienda en el documento RFC 1597.
- Con objeto de simplificar la configuración de las redes y los procedimientos de encaminamiento se puede optar por utilizar máscaras de red de 24 bits, con lo cual es posible definir hasta 64516 subredes independientes con capacidad equivalente a redes tipo C que pueden conectar hasta 254 nodos por segmento. Con este criterio la máscara de red que emplee cualquier equipo sería 255.255.255.0 independientemente de su ubicación física.

No obstante dado que la mayoría de los equipos actuales soportan el uso de máscaras variables, se recomienda la lectura detallada de la RFC-1219 "*on the assignment of subnet numbers (April 1991)*" en la que se presentan los conceptos de bits de crecimiento (*growth bits*) cuya aplicación permite diseñar planes de direccionamiento muy flexibles. También es importante tener en cuenta los conceptos de agregación de redes "*supernetting*" a la hora de distribuir la numeración en cada centro, de acuerdo con la topología real de la red para simplificar las tablas de encaminamiento.

- La distribución inicial del espacio de direccionamiento se hace de forma centralizada por la Comisión de la Estrategia TIC en función de las necesidades de cada Centro Directivo teniendo en cuenta criterios de organización, flexibilidad y racionalización. Una vez asignado un rango de direcciones será responsabilidad del Centro determinar cómo hacer uso de ellas y establecer un plan de direccionamiento propio que tenga en cuenta las características de su infraestructura informática y de comunicaciones.
- El último grupo de bits destinados a la identificación del *Host* (típicamente 8 en clase C) se utilizarán de forma ascendente para permitir posibles "subnetings" futuros en zonas no asignadas todavía (RFC 1219).

Para facilitar la gestión de los equipos se recomienda reservar unos valores de direcciones bajos para los servidores y los equipos de comunicaciones.

La numeración de los equipos de usuarios, típicamente ordenadores personales o estaciones de trabajo, comenzará por encima de dicho valor.

Por ejemplo, si se está utilizando un *subnetting* que asigna 8 bits a la dirección de nodo (antigua clase C) una recomendación podría ser la asignación del número decimal

"10" al *router* de comunicaciones principal de la red y de forma descendente a partir de ahí (9, 8, 7) para otros equipos especiales, dejando los números 1 a 5 para *host* que ofrezcan servicios globales. La asignación al resto de equipos comenzaría en el número "11" de forma ascendente.

Este mecanismo permite ocupar en la asignación las primeras direcciones dentro del rango y dejar libres los últimos grupos de direcciones para su posible segmentación y uso en otras redes que lo precisen.

19. Con objeto de garantizar una correcta administración de la red, es necesario realizar un seguimiento permanente del plan de numeración en cada subred y mantener al día la documentación de los cambios que se producen en el mismo. Para ello, se recomienda elaborar una tabla similar a la recogida en este documento, mediante la que se recojan periódicamente, y para cada unidad, la asignación de direcciones realizada en cada subred. De esta forma se garantiza la evolución y crecimiento de las redes para hacer frente a nuevas necesidades.

ANEXO I: CONCEPTOS DE INTERCONEXIÓN DE REDES

6.1. NIVEL DE RED

Conceptos de Red y Subred.

20. Una posible definición de subred es el conjunto de dispositivos o equipos que comparten un medio físico de transmisión y utilizan técnicas de comunicación comunes. El concepto de red se refiere a una colección de subredes en la cual todos los equipos que la integran pueden intercambiar datos entre sí.
21. La función del nivel de red, tal como lo define el Modelo OSI, es la de facilitar una conexión de datos entre sistemas abiertos finales a través de otros sistemas intermedios con los cuales comparten el uso de líneas de transmisión.

Protocolos de Nivel de Red.

22. Los protocolos de comunicaciones definen las reglas para la transmisión y recepción de la información entre los nodos de la red, de modo que para que dos nodos se puedan comunicar entre si es necesario que ambos empleen la misma configuración de protocolos.
23. Entre los protocolos propios de una red de área local podemos distinguir dos principales grupos. Por un lado están los protocolos de los niveles físico y de enlace, niveles 1 y 2 del modelo OSI, que definen las funciones asociadas con el uso del medio de transmisión: envío de los datos a nivel de bits y trama, y el modo de acceso de los nodos al medio. Estos protocolos vienen unívocamente determinados por el tipo de red (Ethernet, Token Ring, etc.).
24. El segundo grupo de protocolos se refiere a aquellos que realizan las funciones de los niveles de red y transporte, niveles 3 y 4 de OSI, es decir los que se encargan básicamente del encaminamiento de la información y garantizar una comunicación extremo a extremo libre de errores. Estos protocolos transmiten la información a través de la red en pequeños segmentos llamados paquetes. Si un ordenador quiere transmitir un fichero grande a otro, el fichero es dividido en paquetes en el origen y vueltos a ensamblar en el ordenador destino. Cada protocolo define su propio formato de los paquetes en el que se especifica el origen, destino, longitud y tipo del paquete, así como la información redundante para el control de errores.
25. Los protocolos de los niveles 1 y 2 dependen del tipo de red, mientras que para los niveles 3 y 4 hay diferentes alternativas, siendo TCP/IP la configuración más extendida. Lo que la convierte en un estándar de facto.
26. Por su parte, los protocolos OSI representan una solución técnica muy potente y flexible, pero que actualmente está escasamente implantada en entornos de red de área local.

6.2. DIRECCIONAMIENTO Y ENCAMINAMIENTO

27. Los nodos de una red local (puestos, servidores, etc.) se reconocen entre sí mediante una dirección específica de cada nodo. Para ello cada conjunto de protocolos define un cierto direccionamiento que identifica las redes y los ordenadores incluidos en ella.

28. En una red local hay que distinguir varios tipos de direcciones. Por ejemplo en una red Ethernet cada nodo tiene asignada una dirección física dada por la interfaz (tarjeta) que le conecta a la red y fijada por el fabricante de la tarjeta. Esta dirección física, en el caso de una red Ethernet, tiene una longitud de 6 bytes (por ejemplo 08-00-14-57-69-69).
29. A niveles superiores (niveles OSI 3 Y 4) algunos protocolos definen otra dirección (dirección lógica) independiente de la topología de la red. Esta nueva dirección, cuyo plan de direccionamiento es fijado por el diseñador de la red, permite la interconexión entre múltiples redes, con distintas topologías entre sí, y por tanto con distintos formatos de direcciones físicas. Este es el caso de TCP/IP, donde, para que un nodo pueda comunicarse con otro usando este juego de protocolos es necesario que ambos tengan direcciones IP.
30. Esta dirección IP de los nodos es una dirección lógica que es independiente de la tarjeta y de la topología de la red, y que es única dentro de cada red global. Por tanto, para hacer posible la comunicación con el protocolo TCP/IP, cada nodo deberá tener asignada una dirección única IP de acuerdo a un plan de direccionamiento IP de la red, previamente diseñado, de forma que en ningún caso la red global tenga direcciones duplicadas entre nodos.
31. Las aplicaciones siempre utilizan la dirección IP, tanto en el origen como para el destino. Es el propio protocolo, el que de manera transparente al usuario, relaciona la dirección IP con la dirección física para mandar paquetes a otros nodos de la red.

Clases de Direcciones IP

32. Una dirección IP consta de 4 bytes (32 bits), que generalmente se anotan en decimal separando los bytes por puntos (por ejemplo, la dirección hexadecimal 0102FF04 se escribe 1.2.255.4). Estos 4 bytes de la dirección IP están divididos en dos partes: la parte de red (id.red), la cual identifica la dirección de la red, y la parte de nodo (id.nodo) la cual identifica la dirección del nodo dentro de la red. En el diseño original del protocolo IP el punto de división entre estos dos campos, dentro de los 32 bits de la dirección, daba lugar a 3 clases de formatos de las direcciones IP, que pueden verse en la figura siguiente, condicionados por los primeros bits de la dirección.
33. Por tanto, en función de cómo se agrupen o interpreten estos cuatro campos se tendría una dirección de una u otra clase. El significado de cada clase de direccionamiento es el siguiente:
 - Clase A: El primer byte representa el número de red y los restantes 3 bytes especifican la dirección del equipo dentro de la red. Esta clase de direccionamiento comienza por 1 hasta 126, y dispone de 24 bits para identificar un nodo dentro de la red, por lo que permite unos 16 millones de equipos en la misma red. Por esta razón sólo tiene aplicación en redes muy extensas, típicamente gubernamentales o de grandes corporaciones multinacionales.
 - Clase B: En este caso los dos primeros bytes se interpretan como dirección de red y los dos bytes restantes corresponden al número de equipo en la red. Las redes que emplean clase B van desde la 128.1 hasta 191.254, lo que permite disponer de 64.516 nodos dentro de cada red (16 bits para direccionamiento), un número suficiente para la mayoría de las organizaciones.
 - Clase C: Emplea los tres primeros bytes para indicar la dirección de red y tan solo el último byte (8 bits) para identificar un nodo dentro de la red. En este caso las redes

comienzan por 192.1.1. hasta 223.254.254., lo que permite tener 254 equipos diferenciados dentro de una red, y más de 2 millones de subredes.

34. Las direcciones a partir de 233 están reservadas y a partir de ellas se establecen la Clase D y la Clase E.
35. También hay algunas direcciones IP que están reservadas para propósitos especiales y por tanto ningún nodo puede tener esa dirección:
 - Dirección 0- Está reservada para dispositivos que no conocen su dirección. En ciertas circunstancias es posible para un dispositivo no conocer el número de la red en la que se encuentra, o incluso su número de dispositivo dentro de la red. Por ejemplo, 0.0.0.23 puede ser un dispositivo que sabe que su número de orden es el 23, pero desconoce la dirección de su red.
 - Dirección de la propia red- La dirección de red con todo ceros en la parte de identificador de nodo especifica sólo el número de la red. Por ejemplo, 128.30.0.0 representa la red de clase B 123.30.
 - Dirección de *broadcast*- Son las direcciones IP en las cuales la parte del nodo son todos unos, (ej. 128.30.255.255). Son utilizadas para interrogar a todos los dispositivos situados en una subred, ya que el destino de un paquete con una dirección de *broadcast* son todos los nodos de la red. Por ejemplo, para enviar un mensaje a todos los dispositivos conectados a la red 128.3 se enviaría un mensaje con la dirección 128.3.255.255. Por convenio el estándar también permite el empleo de 255.255.255.255 para referirse a todos los *host* conectados a la red local.
 - Direcciones de *loopback*- Son la 127.0.0.0 y 127.0.0.1. Estas direcciones son utilizadas por las aplicaciones y procesos de los nodos para pruebas, diagnósticos de la tarjeta, etc.
36. Este conjunto de restricciones deben tenerse siempre en cuenta a la hora de asignar las direcciones a los equipos conectados a una red para obtener un correcto funcionamiento de las aplicaciones.
37. Actualmente el punto de división entre los dos campos: Red y nodo, no utiliza una estructura fija de clases como la señalada anteriormente, sino que se usan los bits precisos para direccionar la red, y posteriormente los nodos o *Host* en una cantidad variable (fragmentación variable del espacio de direcciones) en función de las necesidades de cada lugar. Introducir esta forma de redireccionar redes y *host* exige utilizar máscaras variables (*subnetting*, CIDR), concepto que se define a continuación.
38. Referencias: RFC 1467, RFC1517, RFC1518, RFC1519 y RFC1520.

Implementación de Subredes con Máscaras

39. Si bien el número IP asignado a un dispositivo es único, y los dispositivos (*routers* o *gateways*) que interconectan las redes locales origen y destino son capaces de establecer un camino entre ellos, podemos facilitar su rendimiento no obligando a tener que descifrar y mantener las direcciones completas de los nodos para realizar el encaminamiento de los paquetes. Esto se realiza mediante el empleo de la primera parte de una dirección IP, es decir, el identificador de red <id.subred> como prefijo común identificativo de la red física en la que se encuentra el nodo.

40. De este modo, la dirección IP asociada a un ordenador estará compuesta en realidad por dos direcciones: la propia de la red física en la que se encuentra el ordenador (dirección de la subred), y la exclusiva del ordenador dentro de esa red en particular (dirección del nodo):

$$\langle \text{Direc.IP} \rangle = \langle \text{Direc. de Subred} \rangle \langle \text{Direc. del Nodo} \rangle$$

41. Así, dada una red, por ejemplo de dirección 195.1, todo datagrama con destino a esa red desde otra externa se pueden encaminar con una única entrada para todos ellos, ya que el direccionamiento interno del tercer y cuarto byte no tiene efecto. De este modo los dispositivos de interconexión no tienen necesidad de disponer de rutas distintas para los paquetes con direcciones 195.1.3 y 195.1.7 y únicamente cuando el paquete llega al centro cuya dirección es 195.1 se realiza un tratamiento en función del tercer y cuarto octeto. De esta forma los *routers* solo necesitan una entrada en su tabla de direcciones, simplificándose las tareas de administración de la red.
42. Una máscara es un patrón de 32 bits que permite al equipo distinguir en una dirección IP, la parte que corresponde a la red y la parte que se asigna al nodo. Así por ejemplo la máscara de una clase A sería: 255.0.0.0 (11111111 . 00000000 . 00000000 . 00000000). Los 8 bits a uno indican que las direcciones IP a las que se aplica esta máscara deberán considerar los 8 primeros bits como dirección de red y los 24 restantes como dirección de nodo.
43. En el caso de la fragmentación variable del espacio de direcciones, la máscara puede adoptar cualquier valor de "0" y "1". Por ejemplo antiguamente una dirección de red correspondiente a una clase "C" podía ser usada en una sola red con 254 nodos o *host* (recuérdese que la dirección de *host* "00000000" está reservada para la dirección de la red, y la dirección "11111111" está reservada para *Broadcast*), con una máscara subyacente de 255.255.255.0.
44. Si ahora utilizamos una máscara 255.255.255.128 (11111111 . 11111111 . 11111111 . 10000000), la red tendrá solamente 126 nodos. Además con la antigua clase "C" habremos podido formar 2 redes.
45. De igual modo en el caso de tener una red con más de 254 *host*, no es necesario utilizar una clase "B", desperdiciando de este modo direcciones de nodo. Bastaría utilizar una máscara como la siguiente: 255.255.254.0 (11111111 . 11111111 . 11111110 . 00000000) que incluye 510 *host* en la red.
46. La notación decimal comúnmente utilizada para referenciar los números IP, presenta problemas en el caso de las máscaras variables, así en el caso anterior, la máscara 255.255.254.0 aplicada a la dirección IP 172.16.144.0, está referenciando el conjunto de 2 redes equivalentes a clases "C" 172.16.144 y 172.16.145. Es decir en el rango 172.16.144.0 al 172.16.144.255 más 172.16.145.0 al 172.16.145.255 *host*.
47. Este mecanismo de agrupación de redes con direcciones contiguas por medio de máscaras, denominado *supernetting* permite que una sola entrada en la tabla de rutas de un equipo identifique múltiples redes individuales, independizando la configuración de los *routers* de la configuración interna que se adopte.
48. Referencias: RFC 1338, RFC1519.

Protocolos de Encaminamiento

49. La interconexión de redes se basa en la utilización de *routers* que encaminan los paquetes de datos hacia su destino final.

50. Hay que distinguir entre los protocolos de nivel de red, como IP, que son los que definen el esquema de direccionamiento y el formato de las unidades de datos, y los protocolos que establecen como se encaminan dichos paquetes a través de la red. Para lo cual estos protocolos definen unos procedimientos que regulan el intercambio de la información que comparten los *routers*, básicamente, la contenida en sus tablas de rutas e información sobre el estado del enlace entre ellos. Cada entrada en la tabla de rutas especifica la porción de red de la dirección destino y la dirección del siguiente *router* a través de la cuál dicha red se puede alcanzar.

Protocolos interiores

51. Son aquellos diseñados para funcionar en el ámbito interno de una comunidad de usuarios que opera un conjunto de redes de forma autónoma y que por tanto tiene libertad para diseñar su arquitectura de conexión interna. Pueden emplear algoritmos de vector distancia o de estado de enlace:

a) Algoritmo de vector distancia

52. El encaminamiento basado en algoritmos de vector distancia es muy simple. Mantiene una lista de rutas en una tabla, donde cada entrada identifica una red de destino y da la distancia a esa red medida en saltos (*routers* intermedios). El protocolo clásico de este tipo es RIP (*Routing Information Protocol*) ampliamente utilizado en entornos de redes de área local.

53. RIP distingue entre dispositivos activos que difunden sus tablas de rutas a través de la red y pasivos que se limitan a escuchar y actualizar sus propias tablas a partir de la información que reciben. Típicamente, los dispositivos activos son los *routers* y los pasivos los servidores de la red. Aunque en el caso de tener RIP configurado como algoritmo estático, un *router* puede también actuar como dispositivo pasivo y no propagar información. Este modo de funcionamiento debe utilizarse cuando la conexión con redes externas se realiza por redes conmutadas cuyas tarifas de establecimiento de conexión son altas, como es el caso de la Red Telefónica Básica y de la Red Digital de Servicios Integrados.

b) Algoritmo de estado de enlace

54. El encaminamiento basado en algoritmos de estado de enlace proporciona un mecanismo por el cual cada *router* comunica a los demás el estado de todas sus líneas. De este modo todos los *routers* tienen la misma información. Cuando el estado de una línea cambia, los demás *routers* son informados automáticamente. El protocolo OSPF (*Open Shortest Path First*) es de este tipo.

Protocolos exteriores

55. Para la conexión entre sistemas autónomos se definió el protocolo EGP (*Exterior Gateway Protocol*), hoy día ya obsoleto. Actualmente el estándar para el intercambio de información entre sistemas autónomos en internet es el BGP 4, que permite definir políticas de encaminamiento entre sistemas autónomos y soporta CIDR (*Classless InterDomain Routing*), es decir, encaminamiento basado únicamente en prefijos de *routing* (dirección de red+mascara indicativa de hasta dónde llega la parte de red de la dirección), sin tener en cuenta la tradicional distinción en clases A, B y C ya superada.

56. El uso de CIDR y BGP4 es lo que ha permitido a Internet seguir funcionando, a pesar de su espectacular crecimiento, al ser posible agregar los bloques de redes contiguas asignados a cada proveedor de acceso, resumiendo esta información en la frontera de cada sistema autónomo de cara al exterior. Con lo cual las tablas de encaminamiento en Internet se reducen considerablemente.

57. Estos protocolos son complejos y su necesidad sólo se plantea en casos especiales, como por ejemplo, conexiones entre proveedores de servicios Internet.
58. Lo habitual es que para la conexión entre una organización y su proveedor se emplee encaminamiento estático. Lo mismo aplica para la conexión directa entre dos organizaciones.
59. Por último señalar que además de los protocolos mencionados, cuya especificación se ha publicado como RFCs, y, por tanto, son estándares de Internet, existen otros protocolos de tipo propietario como IGRP, EIGRP, HSRP y NHRP cuyo uso queda restringido en aquellos entornos donde todos los equipos utilizados sean de un mismo fabricante.

6.3. NOMBRES Y DIRECCIONES

60. Los dispositivos conectados a una red pueden ser identificados tanto por su dirección como por un nombre simbólico asociado a dicha dirección de red.
61. Este mecanismo se basa en la existencia de unas tablas de equivalencia que pueden ser mantenidas a nivel local de cada equipo (fichero hosts) o a nivel de red mediante servidores de nombres que de forma distribuida cooperan configurando un sistema de nombres de dominio, conocido por sus siglas DNS.
62. Un DNS puede ser privado, si gestiona un espacio de nombres y direcciones en el ámbito interno de una organización o público, como el sistema de nombres que existe en Internet, que gestiona el espacio de nombres y direcciones oficiales de todos los nodos integrados en la red. Al ser un sistema distribuido, cada organización conectada a Internet cuenta con su propio servidor de nombres y se responsabiliza de administrar la porción del espacio de nombres que tenga asignada, no existiendo un órgano de supervisión central.
63. Las principales características del sistema DNS son:
 - Es un sistema jerárquico por el que se delega la autoridad sobre cada porción del espacio de nombres. Así, por ejemplo, hay establecidas autoridades a nivel de cada país y deben establecerse a nivel interno de cada organización.
 - Permite una Distribución dinámica de las búsquedas nombre-dirección IP, de modo que no es preciso mantener manualmente copias de las relaciones de dichas equivalencias.
 - Los algoritmos de búsqueda de nombres y/o direcciones permiten una redundancia, de modo que un nombre puede localizarse en más de un servidor DNS. Con ello se consigue repartir la carga de este trabajo entre varios nodos. Al mismo tiempo se logra cierta tolerancia a fallos al no depender exclusivamente de un único servidor.
 - El sistema garantiza la capacidad de crecimiento, ya que DNS permite definir otros recursos, además de la traslación entre nombres y direcciones IP.

A continuación se describe en detalle cada uno de estos aspectos.

a) Delegación: Autoridades y Dominios

64. DNS define un espacio de nombres estructurado en forma de árbol con un único nodo raíz. A partir de este nivel, cada nodo de primer nivel corresponde a una Autoridad, quien se encarga de crear y gestionar los nodos de segundo nivel, con la restricción de que cada nombre de nodo sea único en su nivel.

65. Así, un Dominio está constituido por un nodo y todos sus nodos descendientes. Un nombre de dominio define de forma unívoca a un nodo dentro de un dominio.

66. El nombre completo del nodo se forma con los nombres de los nodos de los que aquel depende, separándolos mediante puntos. Así, ulises.map.es corresponde al nodo "ulises", dentro del dominio "map", del Ministerio de Administraciones Públicas, a su vez perteneciente al dominio de primer nivel "es" (España).

b) Distribución dinámica

67. La autoridad delegada para el primer nivel del árbol puede a su vez delegar en diversas autoridades para la gestión de los dominios de niveles inferiores, denominados subdominios. En el caso de las Administraciones públicas, por ejemplo, a nivel de Ministerio, Comunidad Autónoma o Entidad Local.

68. El sistema establece la posibilidad de delegación jerárquica en los sucesivos nodos descendientes, aunque se recomienda no extender el número de niveles más de lo estrictamente necesario, para no crear nombres de nodo excesivamente complejos.

c) Extensibilidad: Nombres de Recursos

69. La definición de un recurso puede llevarse a cabo empleando nombres, de la misma forma que se asocia un nombre a una dirección de un nodo de la red. En la práctica DNS consiste en un sistema que permite mantener la traslación de nombres a recursos. Así, una dirección determinada de un nodo puede estar asociada a diversos conceptos, como por ejemplo un nombre de nodo, un servidor de correo electrónico, un alias del nodo, un nodo servidor de nombres, etc.

d) Arquitectura de DNS

70. El sistema DNS se configura por la existencia de un conjunto de servidores de nombres distribuidos. Cada servidor de nombres mantiene un conjunto de registros de recursos.

71. Un servidor de nombres recibe peticiones de consulta de nodos de la red, a las que responde con el resultado de la consulta o con una indicación de redirección de la consulta a otro servidor de nombres más apropiado para resolver la cuestión.

72. Desde el punto de vista práctico se define una zona como un sub-árbol para el cual se ha realizado la delegación del servicio de nombres. Cada zona dispone de su correspondiente base de datos zonal. Para garantizar una cierta tolerancia frente a fallos, la autoridad responsable de esa zona debería mantener en funcionamiento un mínimo de dos servidores de nombres: uno Primario y otro Secundario. El servidor de nombres principal mantiene una copia actualizada de la base de datos zonal. Los secundarios realizan consultas al principal periódicamente, de modo que mantienen copias de la base de datos zonal, aumentando de este modo la fiabilidad del sistema.

73. Entre los recursos que pueden definirse a nivel de DNS destaca el recurso servidor de nombres. Este es el mecanismo por el cual todos los servidores de nombres se mantienen enlazados entre sí.

6.4. GESTIÓN DE RED

74. La creciente complejidad de las redes hace conveniente e incluso necesaria la adquisición de Sistemas Integrados de Gestión de Red. Estos sistemas proporcionan las siguientes ventajas:

- Facilitan la localización y resolución de problemas en la red
- Permiten gestionar desde una consola los elementos activos de la red (encaminadores, puentes, concentradores, etc.), siendo capaces de recibir información de sucesos procedente de los elementos gestionables, creando alarmas e incluso permitiendo crear acciones de respuesta ante esas alarmas.
- Permiten mantener un esquema general de toda la red, facilitando las labores de análisis con el fin de extender o modificar la estructura actual de la red. Estos sistemas suelen ofrecer una facilidad de exploración que permite descubrir los elementos de red y establecer la topología física y lógica.
- Disponen, en general, de gran número de aplicaciones integrables en el sistema de gestión, como herramientas de gestión/administración de sistemas operativos de red.

75. En entornos abiertos, los protocolos de gestión definidos son:

- SNMP: Forma parte de la familia de protocolos TCP/IP.
- CMIP: Es el estándar ISO/OSI.

76. La comparación de SNMP y CMIP a nivel funcional es claramente favorable a este último protocolo de gestión, si bien su implantación en el mercado es más reducida.

77. La mayor parte de los elementos activos de red (encaminadores, concentradores, puentes, etc.) cuentan con agentes de gestión SNMP, incluyendo extensiones para soportar CMIP en los productos de gama alta.

78. En esencia, la gestión de red se basa en el mantenimiento, en cada nodo gestionable de la red, de una base de datos de funcionamiento del nodo, denominada MIB. Esta base de datos, de estructura jerárquica, comprende los parámetros de configuración y funcionamiento del elemento gestionable. El mantenimiento de la MIB puede realizarse remotamente, desde una consola de gestión, gracias al agente de gestión. En el caso de SNMP la definición de la MIB está contemplada en el documento RFC 1213.