

Redes de Computadores

1. Introducción a las comunicaciones
- 2. Arquitectura TCP/IP**
3. Tecnologías de redes de área local
4. Nivel de transporte y aplicaciones
5. Redes WAN e Internet

Tema 2

Arquitectura TCP/IP

Redes de Computadores

Curso 2015/2016
Primer Semestre

Bibliografía

- “Data and Computer Networks”, 9th edition, W. Stallings. Prentice Hall, 2010.
 - “Computer Networks”, 5th edition, Andrew S. Tanenbaum & David J. Wetherall. Pearson Education, Inc. 2011.
 - “Computer Networks. A Top-Down Approach”, 1st edition. Behrouz A. Forouzan & Firouz Mosharraf. Mc Graw Hill, 2011.
 - “Computer Networking: A Top-Down Approach”, 6th edition. James F. Kurose & Keith W. Ross. Addison Wesley, 2012.
-
- “TCP/IP Protocol Suite”, 4th edition, Behrouz A. Forouzan. Ed. McGraw-Hill. 2013.
 - “TCP/IP Tutorial and Technical Overview”, 8th edition, L Parziale, D.T. Britt, C. Davis, J. Forrester, W. Liu, C. Matthews & N. Rosseloty. Redbooks IBM. 2006 (<http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/gg243376.pdf>).

Tema 2

Arquitectura TCP/IP

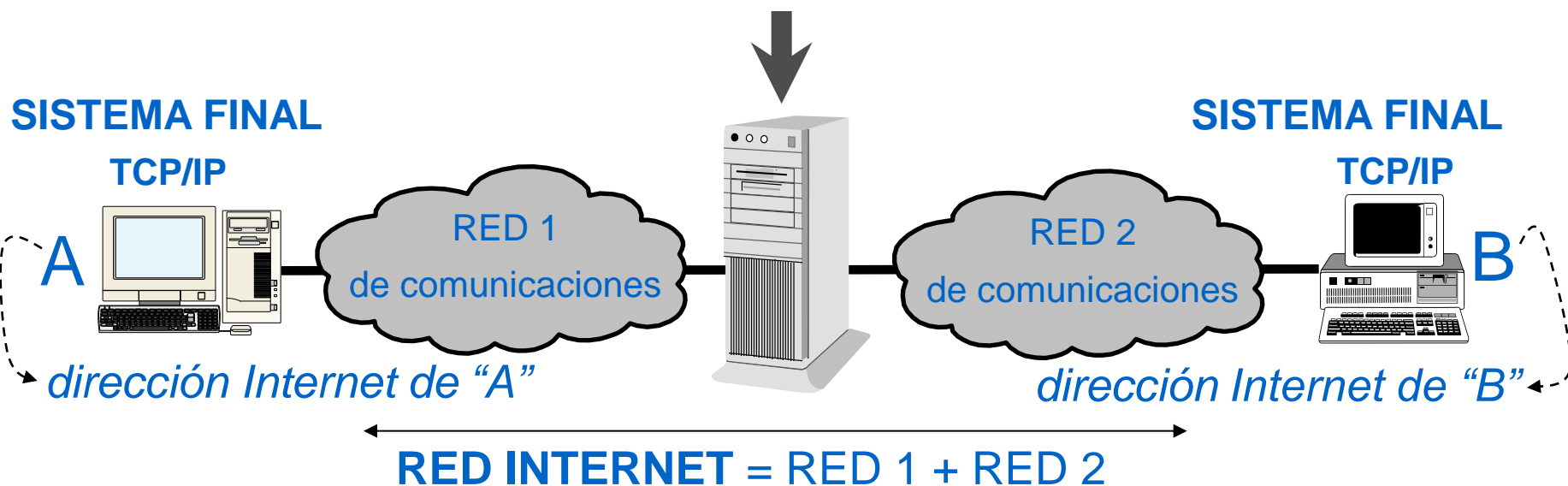
- 2.1 Redes y arquitecturas
- 2.2 Arquitecturas estructuradas de comunicaciones
- 2.3 Arquitectura TCP/IP
- 2.4 Nivel de enlace
- 2.5 Nivel de red
- 2.6 Ejercicios Tema 1

2.1 Redes y Arquitecturas

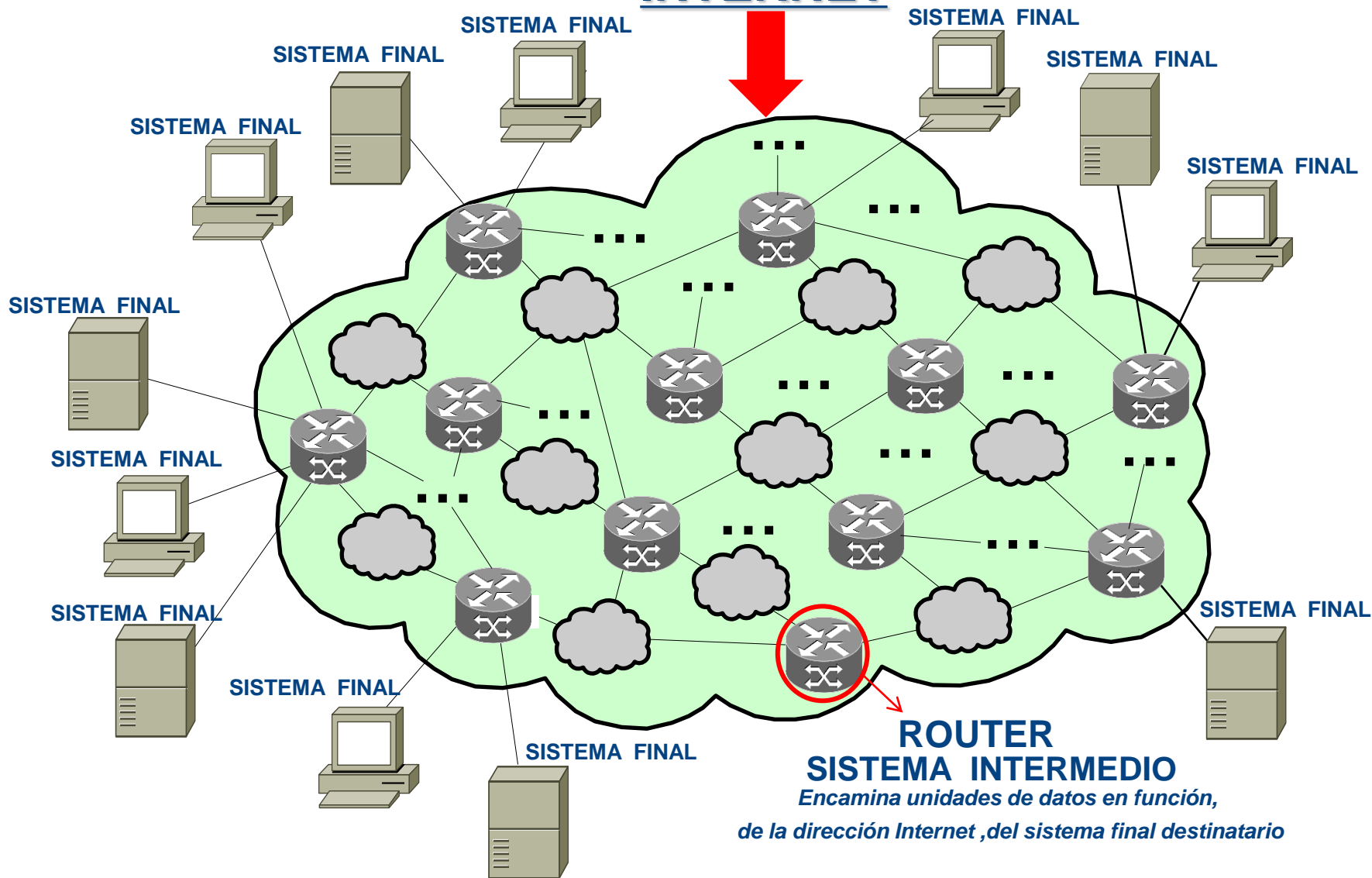
Formación de una mínima red INTERNET

SISTEMAS FINALES NO VECINOS: A y B

SISTEMA INTERMEDIO = ROUTER
(encamina por la dirección Internet del destino)



Una hipotética red Internet INTERNET



Arquitectura TCP/IP

NÚMEROS EN INTERNET

Internet = Red de computadoras TCP/IP
273 países

Planeta: Un poco más de 7.200 millones de habitantes y en Internet cerca de 2.500 millones de usuarios (30,5%)

España: Más de 47 millones de habitantes y cerca de 32 millones de usuarios (67,2%)

(<http://www.exitoexportador.com/stats.htm>)

Estadísticas mundiales en Internet

Tecnológicamente: *RED DE COMPUTADORAS TCP/IP*

Socialmente: *Red democrática, descentralizada y sin dueño*

Coordinación en Internet

- ORGANIZACIÓN DE CENTROS para controlar:
 - ✓ EL ACCESO A INTERNET
 - ✓ *ISP*s
 - ✓ LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE INTERNET
 - *IAB* y *RFC*s

El acceso a Internet



Proveedor de

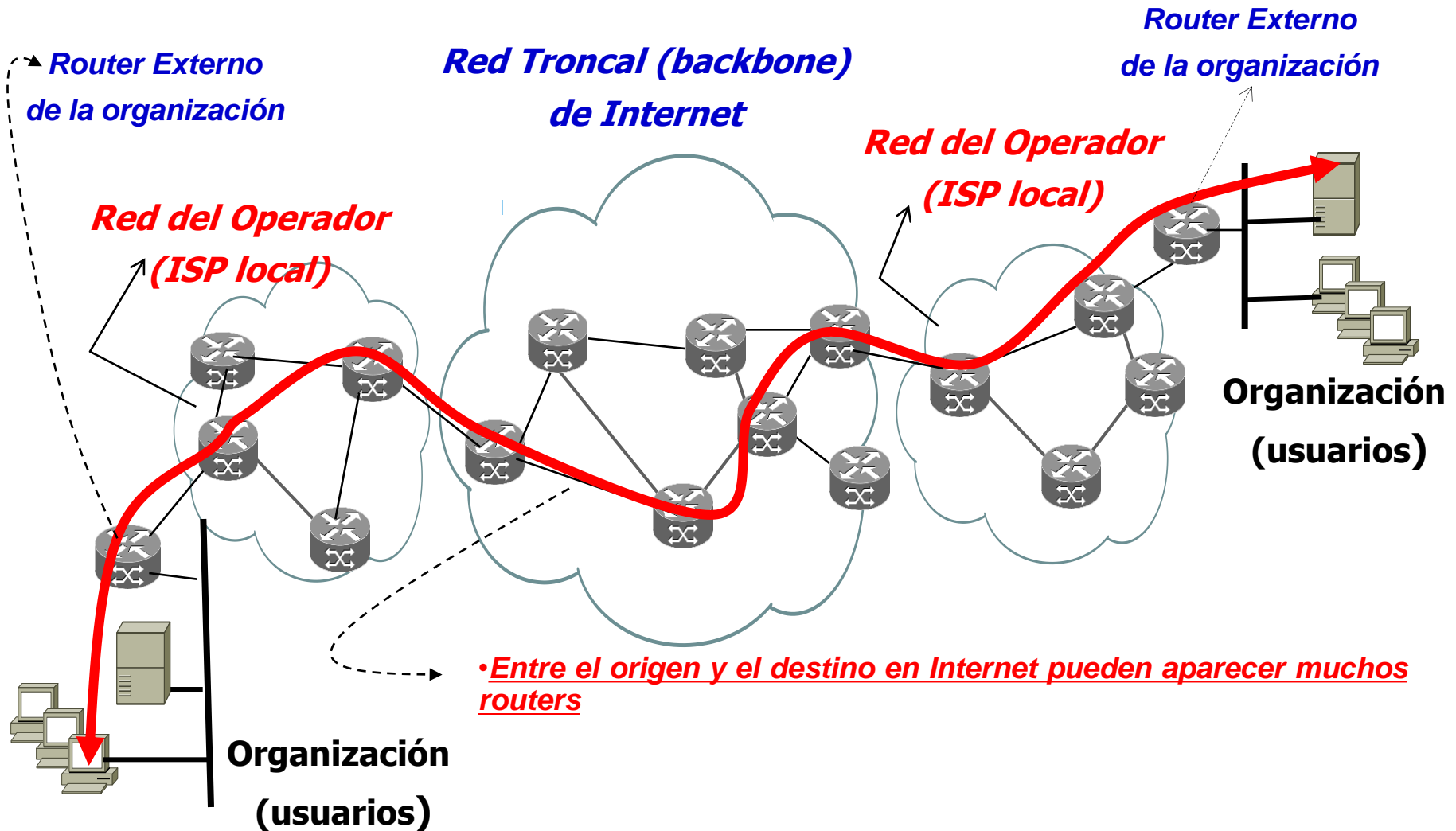
Servicios en Internet

(ISP: Internet Service Provider)

Acceso a Internet, servicios de páginas Web, correo electrónico, etc.

*Generalmente, el ISP es un Operador Global de Telecomunicaciones (**Movistar, Orange, ONO, Jazztel, etc.**) que ofrecen la correspondiente infraestructura de acceso y que, además, en el caso de **Movistar, Orange y Vodafone** proporcionan también acceso a través de redes de telefonía móvil*

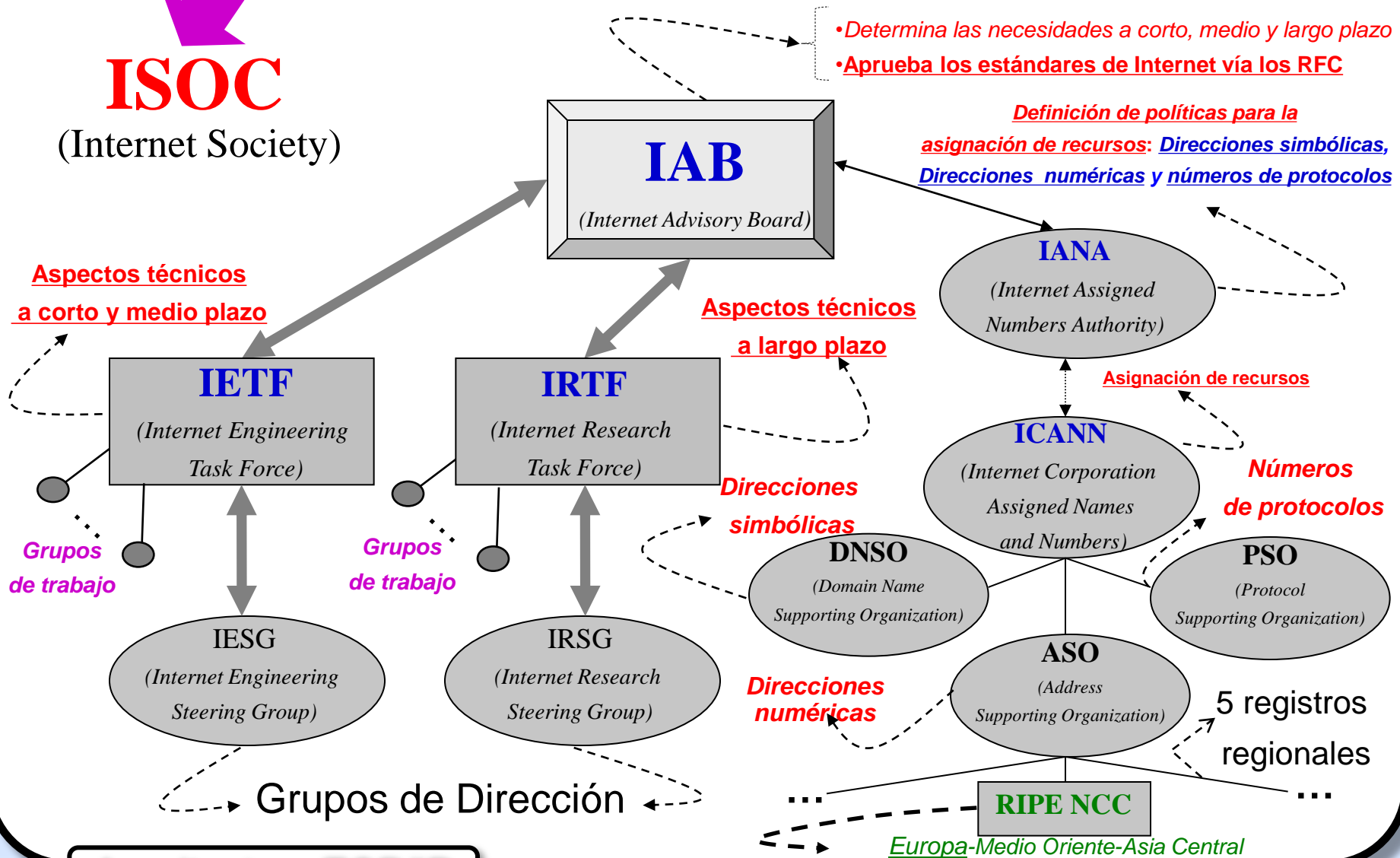
Ejemplo de un Típico Escenario de Comunicaciones en Internet



ORGANIZACIÓN DE CENTROS PARA EL CONTROL Y EVOLUCIÓN DE INTERNET

ISOC

(Internet Society)



Arquitectura TCP/IP

Arquitectura TCP/IP

Internet y documentación

- Solicitudes de Comentarios (**RFC** o Request For Comments): Documentos numerados en secuencia de forma cronológica por su número RFC
- *RFC Editor es un miembro del IAB: http://www.rfc-editor.org/search/rfc_search.php*
- Estatus de un RFC:
 - **Estándar** (STD o *STAnDard*): Reconocido y normalizado
 - **Borrador Estándar** (*Draft Standard*): En fase de estandarización
 - **Propuesta Estándar** (*Proposed Standard*): Fase inicial para su estandarización
 - Experimental (*Experimental*): Experimentos particulares
 - Informativo (*Informational*): Contenido desarrollado por otros fuera del IAB
 - Histórico (*Historic*): Obsoleto
- Mejor Práctica Actual (**BCP** o *Best Current Practice*): Prácticas o experiencias útiles para todos
- Información útil (**FYI** o *For Your Information*)

Evolución
 de un
 estándar

Additional Criteria

Status:

- Any
- Standards Track :: Any
- Best Current Practice
- Informational
- Experimental
- Historic
- Unknown

Publication Date:

Any

From Month Year

To Month Year

Stream: Any

Area: Any

WG Acronym:

Author (surname):

Abstract contains:

Search Clear all

RFC Number (or Subseries Number):

Title/Keyword: TCP

Search

Show Abstract Show Keywords

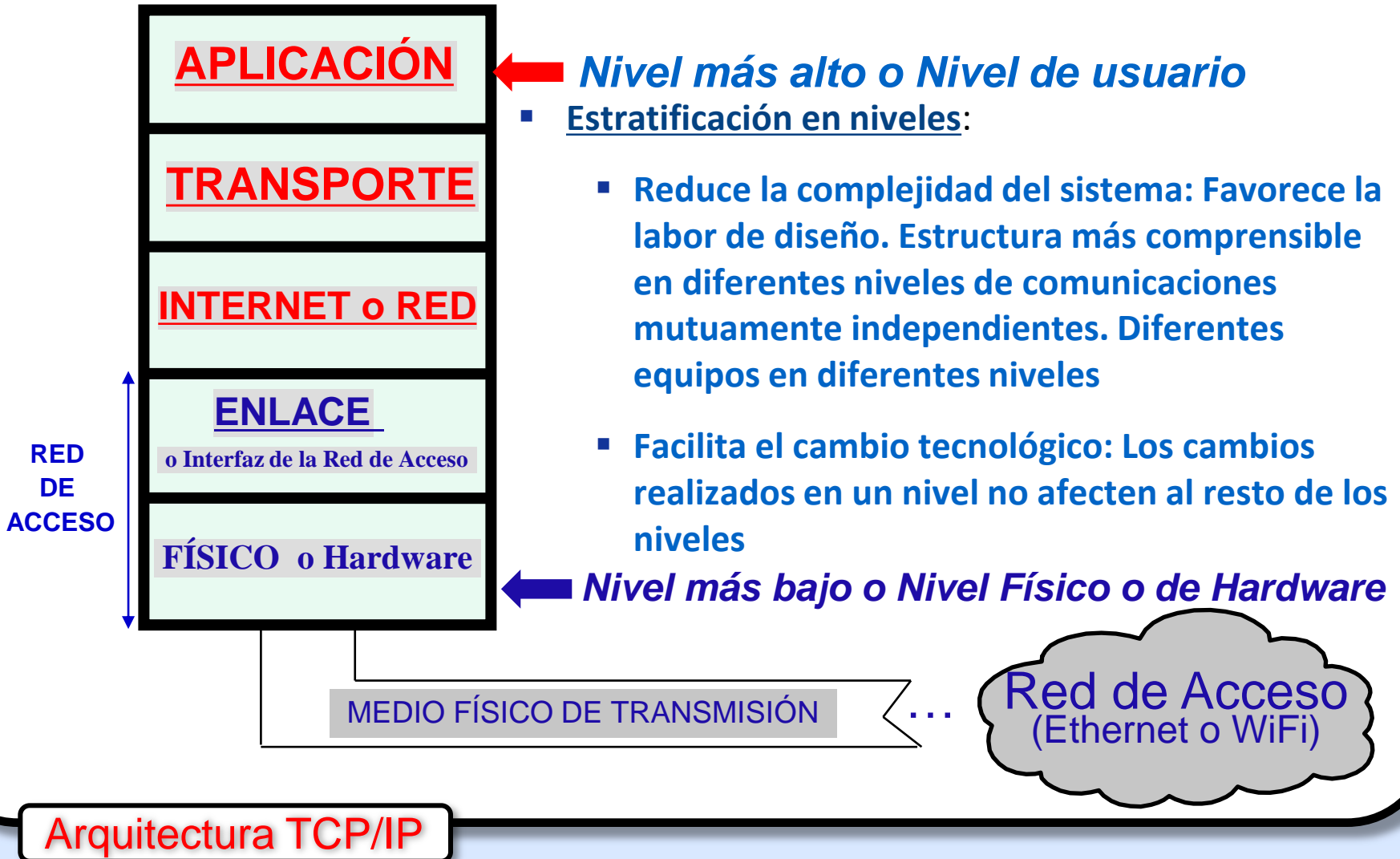
251 results (Show 25 | All)

Number	Files	Title	Authors	Date	More Info	Status
RFC 761	ASCII , PDF	DoD standard Transmission Control Protocol	J. Postel	January 1980	Obsoleted by RFC 793	Unknown
RFC 773	ASCII , PDF	Comments on NCP/TCP mail service transition strategy	V.G. Cerf	October 1980		Unknown
RFC 793 a.k.a. STD 7	ASCII , PDF	Transmission Control Protocol	J. Postel	September 1981	Obsoletes RFC 761 , Updated by RFC 1122 , RFC 3168 , RFC 6093 , RFC 6528 , Errata	Internet Standard
RFC 801	ASCII , PDF	NCP/TCP transition plan	J. Postel	November 1981		Unknown
RFC 813	ASCII , PDF	Window and Acknowledgement Strategy in TCP	D.D. Clark	July 1982		Unknown
RFC 832	ASCII , PDF	Who talks TCP?	D. Smallberg	December 1982	Obsoleted by RFC 833	Unknown
RFC 833	ASCII , PDF	Who talks TCP?	D. Smallberg	December 1982	Obsoletes RFC 832 , Obsoleted by	Unknown

2.2 Arquitecturas Estructuradas de Comunicaciones

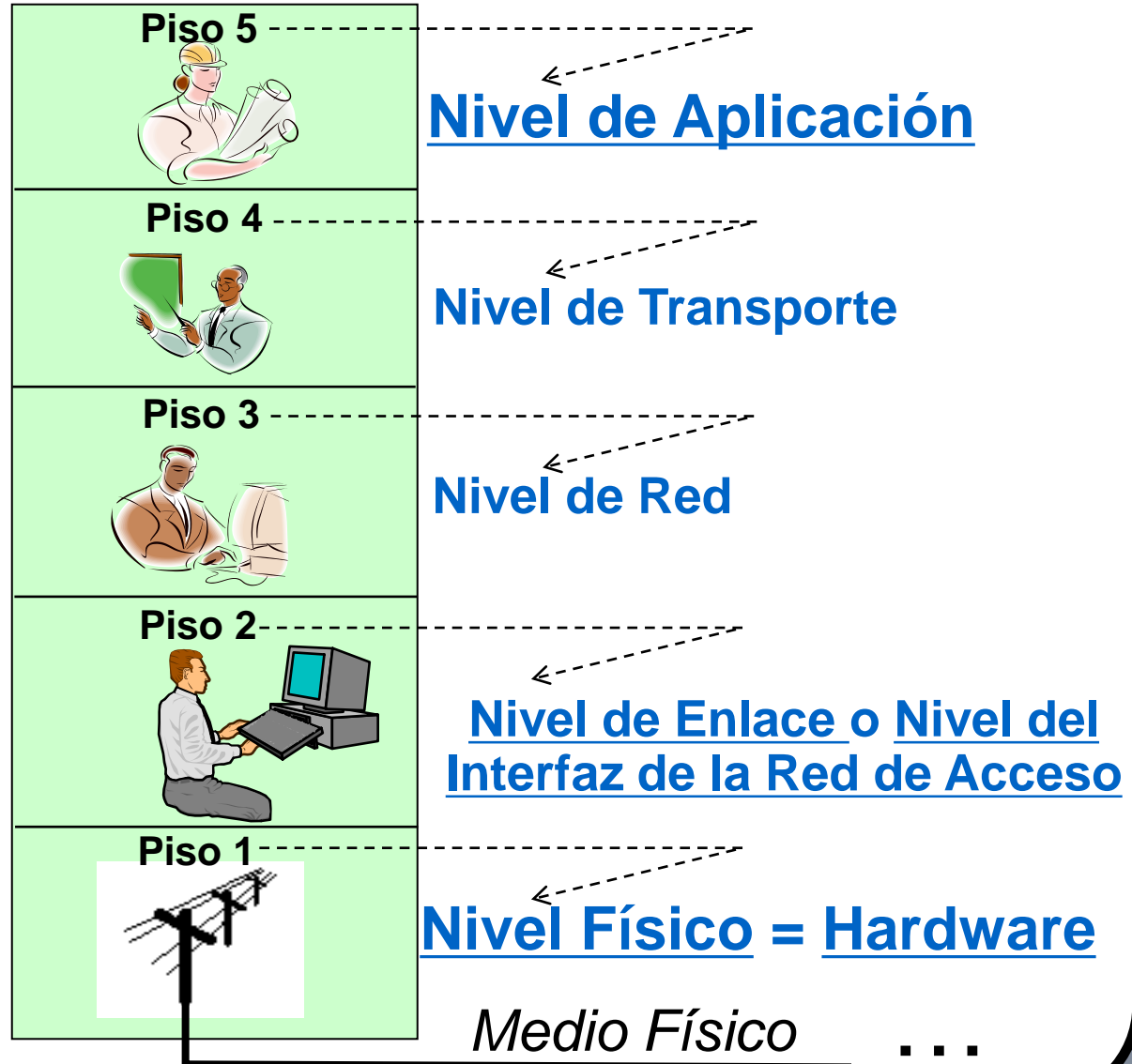
Arquitecturas Estructuradas de comunicaciones

Una arquitectura estructurada de comunicaciones es un conjunto de protocolos de comunicaciones que se ejecutan de forma independiente en diferentes niveles, exceptuando el nivel más elemental o nivel físico o de hardware



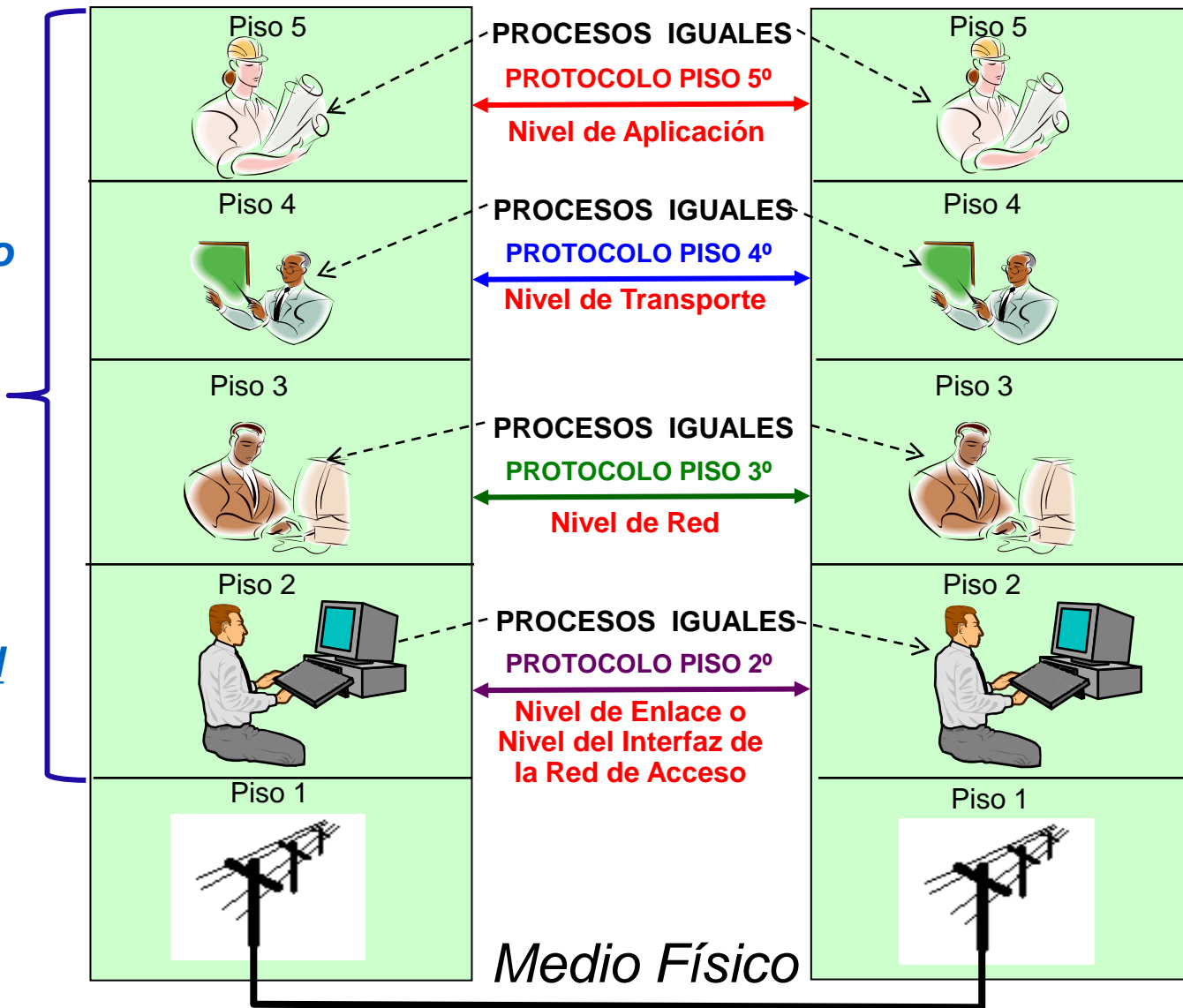
Analogía entre un edificio de 5 pisos y la Arquitectura de Comunicaciones TCP/IP

- *Arquitectura de edificio o sistema en 5 pisos o niveles como en TCP/IP*
- *En cada piso o nivel, exceptuando el piso 1, se encuentran vecinos o procesos que ejecutan su propio protocolo de comunicaciones*
- *Los protocolos de comunicaciones de cada piso o nivel son diferentes y, por tanto, son mutuamente independientes*



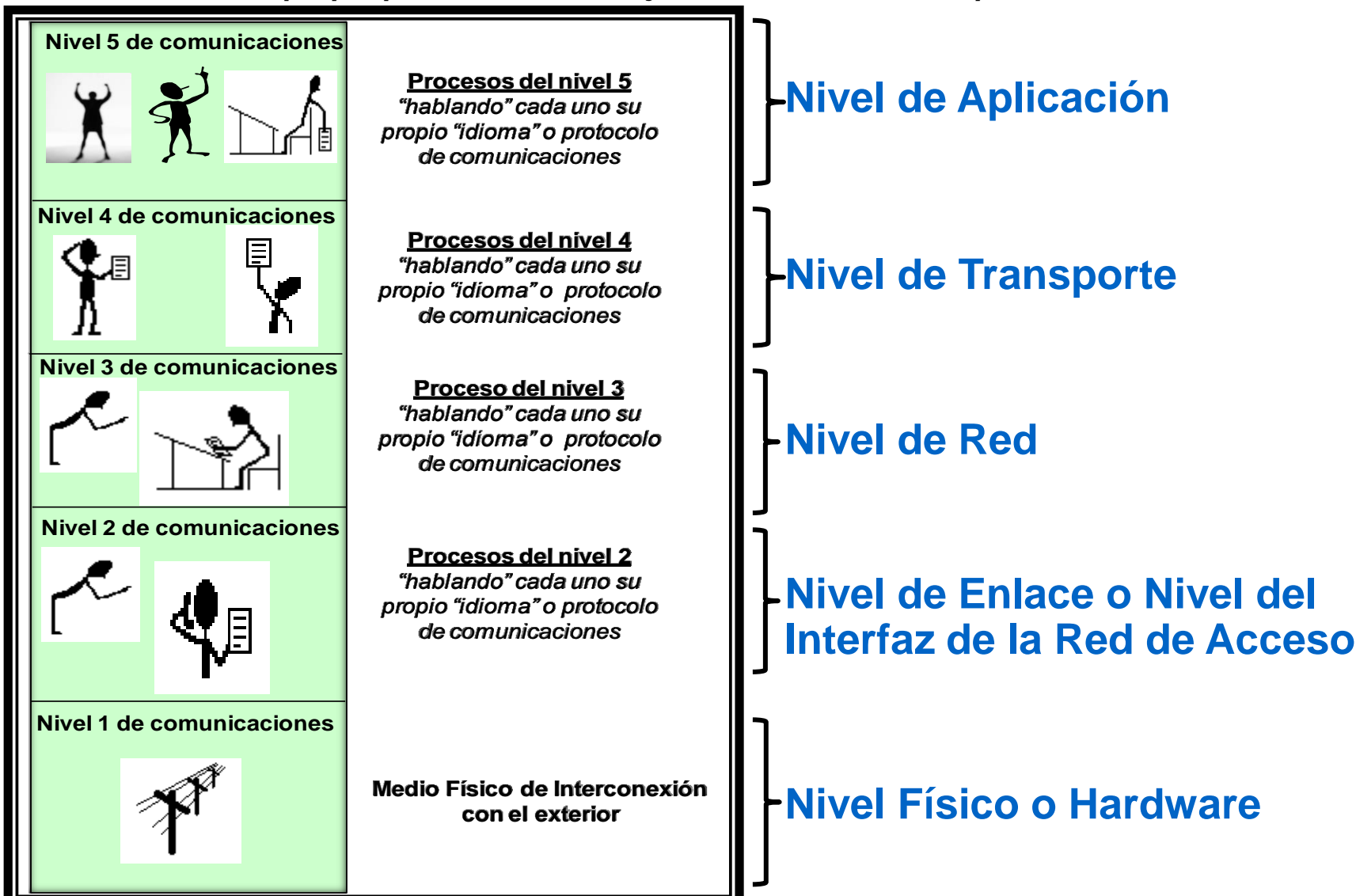
Analogía de comunicación entre dos edificios y dos sistemas TCP/IP

*En cada piso o nivel, exceptuando el piso 1, se encuentran **VECINOS** o **PROCESOS IGUALES** que ejecutan su protocolo de comunicaciones, propio de su nivel*



ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES TCP/IP

*“En cada nivel, **salvo el nivel físico**, puede haber 1 o más vecinos con su propio protocolo de nivel y diferente del resto de protocolos de dicho nivel”*



Diferencias entre PROTOCOLO de comunicaciones e Interfaz de Comunicaciones

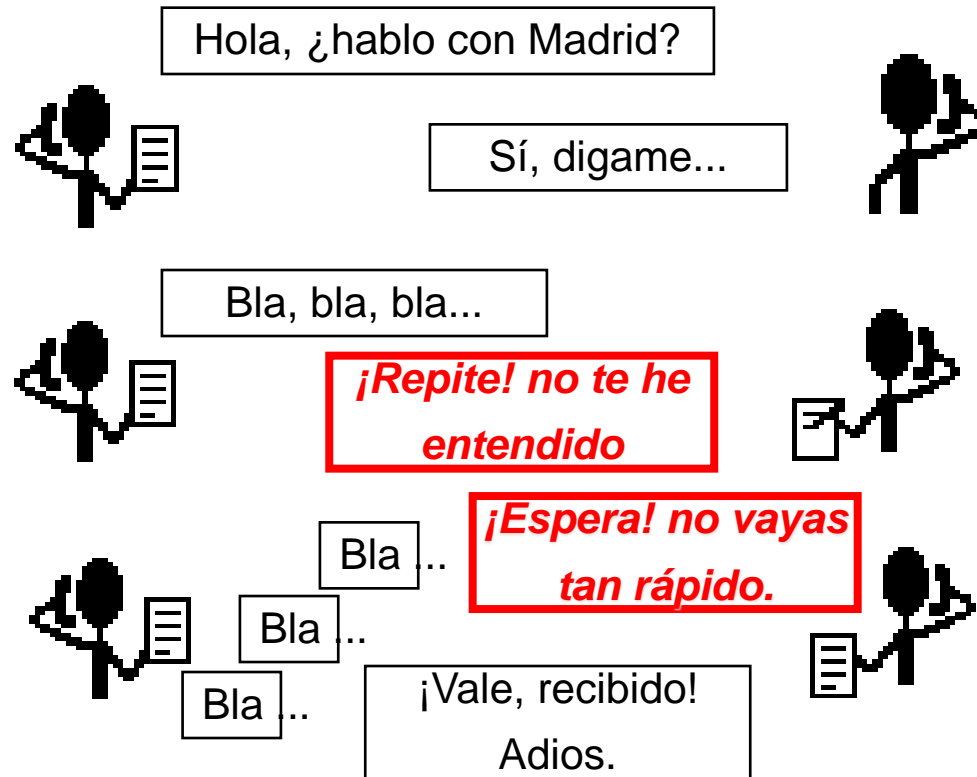
- **PROTOCOLO:** Conjunto de reglas que controlan la *interacción entre PROCESOS IGUALES o entidades pares en SISTEMAS DIFERENTES*
- **INTERFAZ:** Conjunto de reglas que controlan la *interacción entre PROCESOS NO IGUALES pero contiguos en el MISMO SISTEMA*

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES

Conjunto de reglas que definen el FORMATO Y ORDEN DE LAS UNIDADES DE DATOS intercambiadas entre DOS PROCESOS IGUALES (ENTIDADES PARES) que se ejecutan en diferentes sistemas, así como las FUNCIONES o ACCIONES que tienen que llevar a cabo dichas procesos iguales o entidades pares para proporcionar un determinado servicio

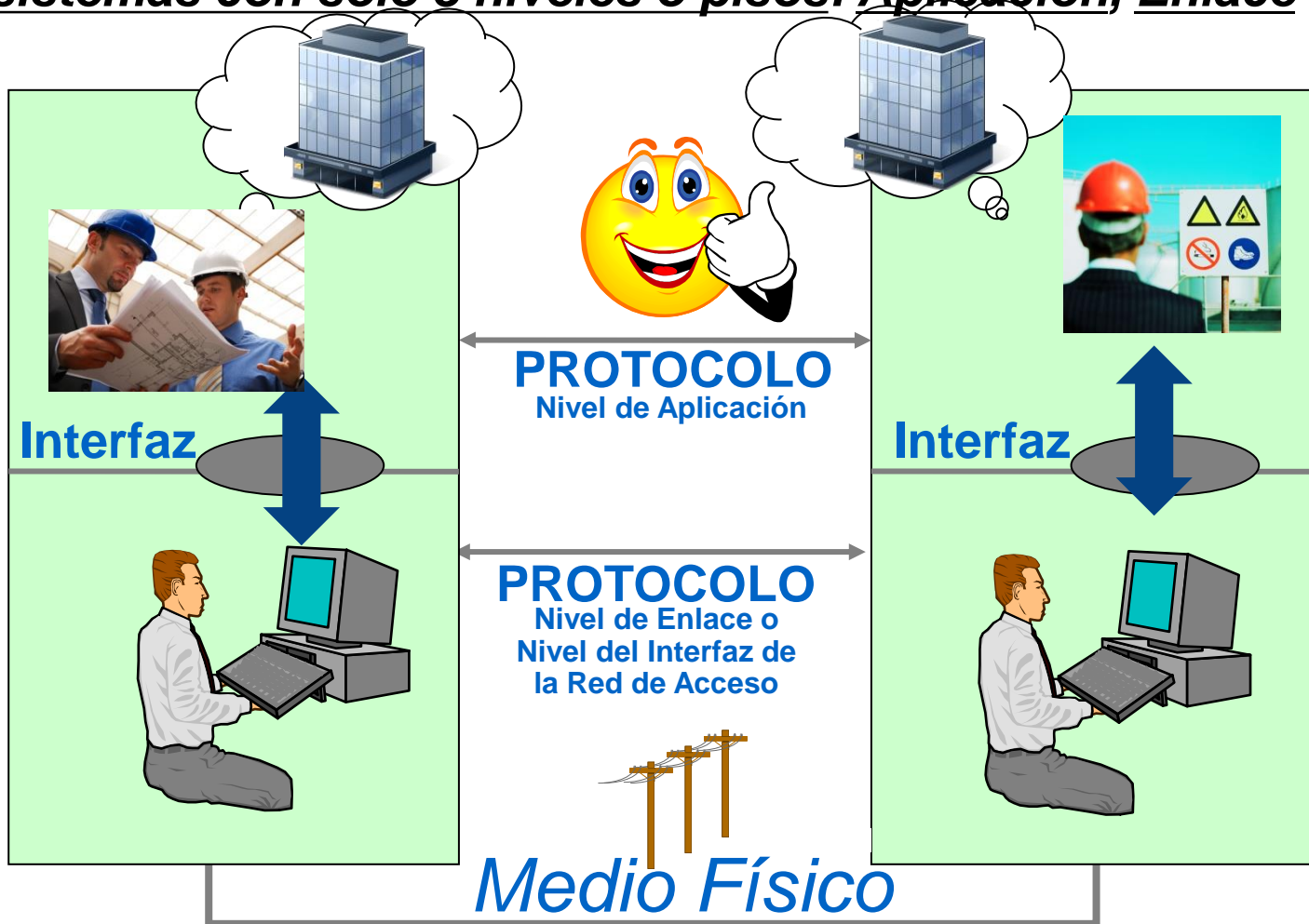


2 ENTIDADES PARES = 2 PROCESOS IGUALES ejecutándose en sistemas diferentes y manejando el mismo protocolo

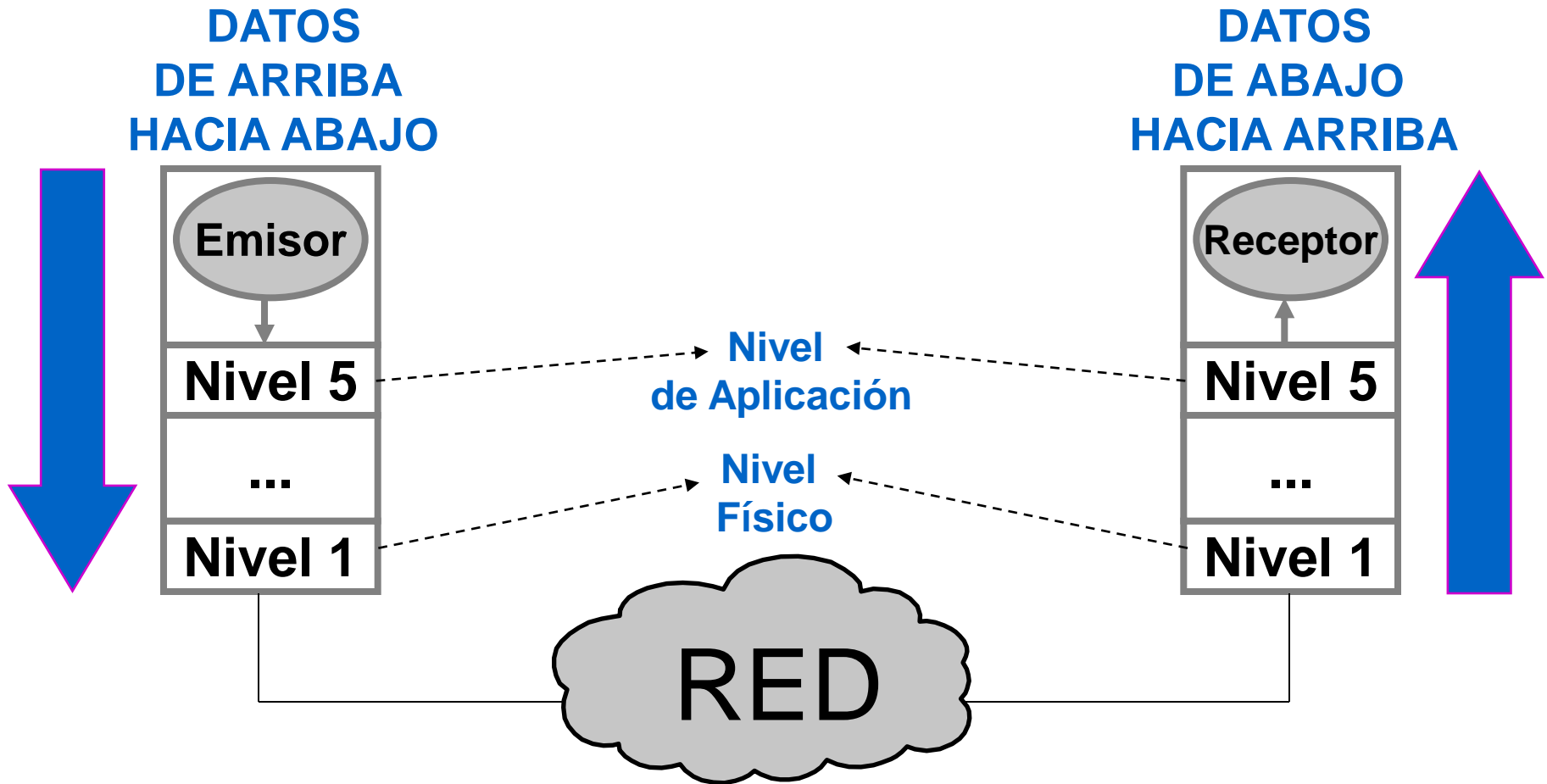


DIFERENCIAS ENTRE PROTOCOLO E INTERFAZ

Dos sistemas con sólo 3 niveles o pisos: Aplicación, Enlace y Físico

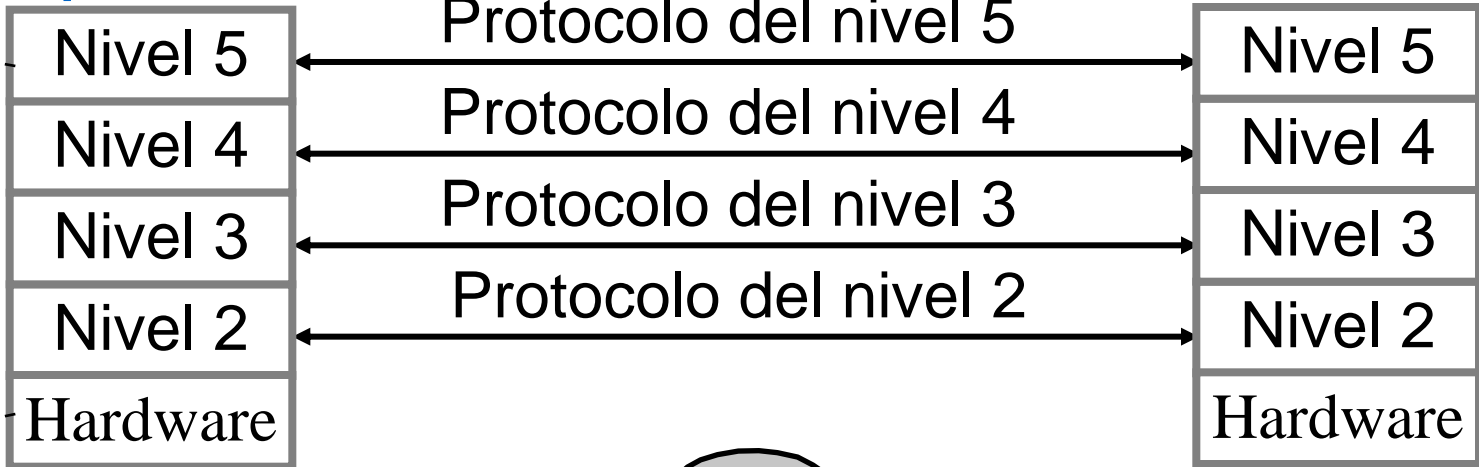


COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES DE UN MISMO SISTEMA



COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES EN SISTEMAS DIFERENTES

Nivel de Aplicación



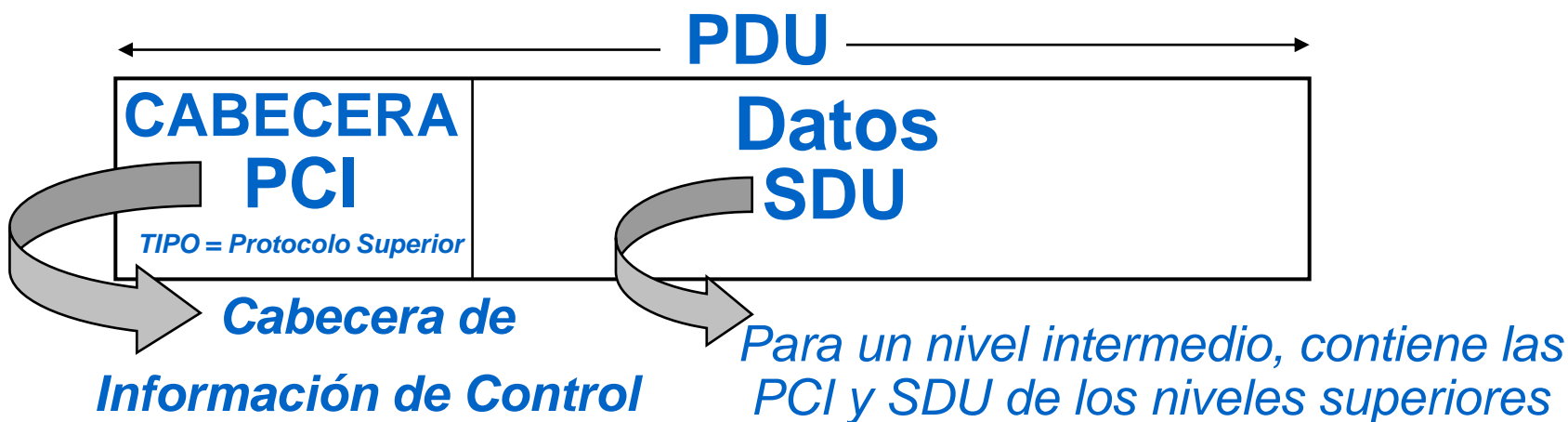
Nivel Físico

Entre ambos extremos y para cada nivel (salvo el nivel físico o de hardware) existe un protocolo de comunicaciones (formato de los mensajes, su orden y acciones o funciones)

FORMATO de una PDU

Unidad de Datos del Protocolo

**UNIDAD COMPLETA DE INFORMACIÓN
INTERCAMBIADA POR ENTIDADES PARES**



CADA PROTOCOLO DE COMUNICACIONES DEFINE SU PROPIA PDU

PDU: Protocol Data Unit = Unidad de Datos del Protocolo

PCI: Protocol Control Information = Información de Control del Protocolo

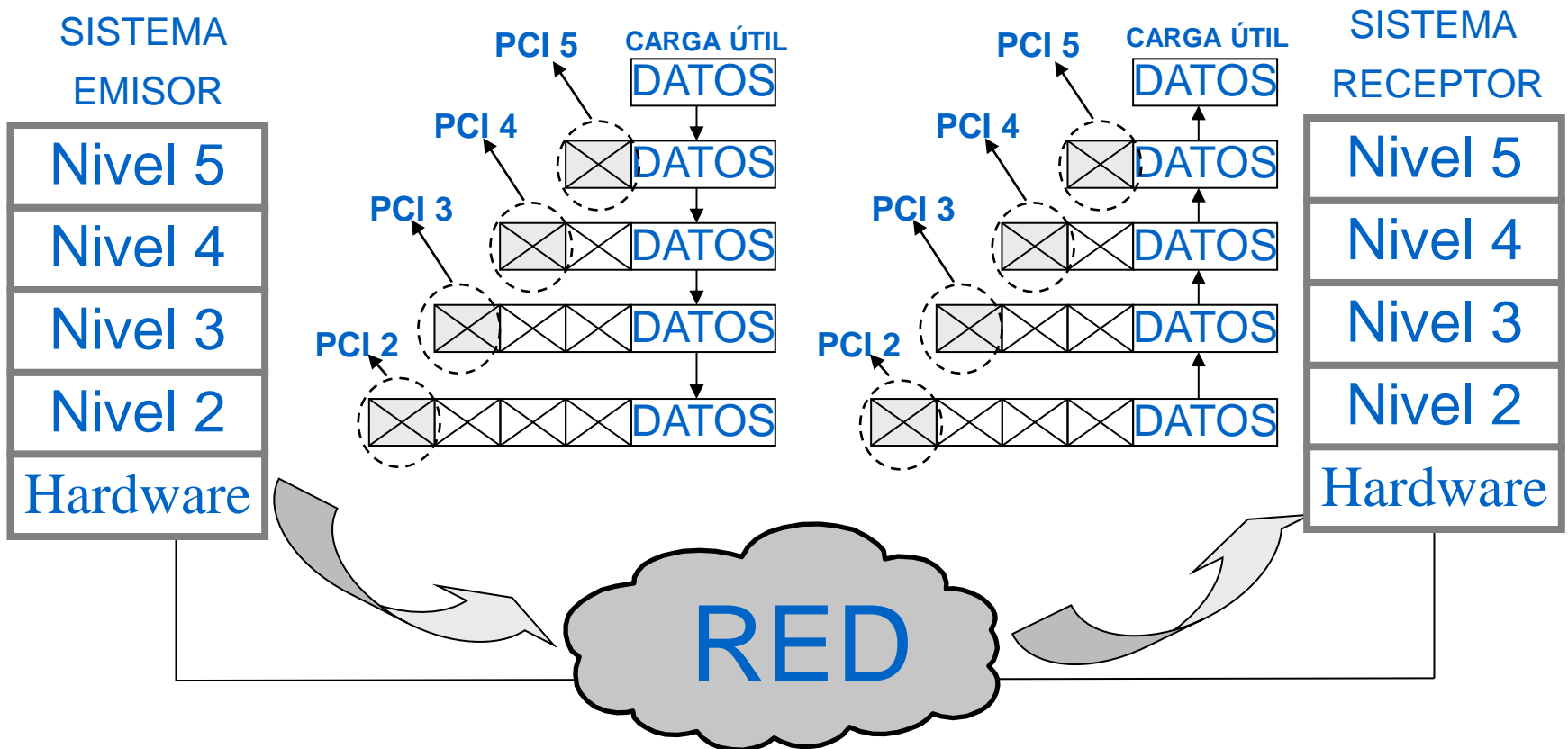
SDU: Service Data Unit = Unidad de Datos del Servicio

ENCAPSULACIÓN (ARRIBA-ABAJO) DESENCAPSULACIÓN (ABAJO-ARRIBA) DE LAS CABECERAS DE INFORMACIÓN DE CONTROL

- El sistema emisor *añade cabeceras de información de control en cada uno de los niveles salvo en el nivel físico o de hardware*
- El sistema receptor *lleva a cabo en cada uno de los niveles (salvo en el nivel físico) las funciones indicadas en dichas cabeceras y, posteriormente, va eliminando, progresivamente, dichas cabeceras*

ENCAPSULACIÓN (ARRIBA-ABAJO) Y DESENCAPSULACIÓN (ABAJO-ARRIBA) DE LAS CABECERAS DE INFORMACIÓN DE CONTROL

Se pasan al nivel inmediatamente inferior, la CABECERA (PCI) y DATOS (SDU) del nivel superior



La comunicación de arriba hacia abajo en el sistema emisor = Añadir cabeceras PCI a los datos de usuario

La comunicación de abajo hacia arriba en el sistema receptor = Eliminar cabeceras PCI a los datos de usuario

Arquitecturas de comunicaciones

Generalidades

- **Estándares** en las arquitecturas estructuradas de comunicaciones:
Definir, proponer, aprobar y publicar los protocolos estratificados

Dos tipos:

- **De Iure** (por razón, justicia, ...): Arquitectura de comunicaciones OSI del ISO (*International Standards Organization*)
- **De Facto** (hecho): Arquitectura de comunicaciones TCP/IP del IAB (*Internet Advisory Board*) de Internet

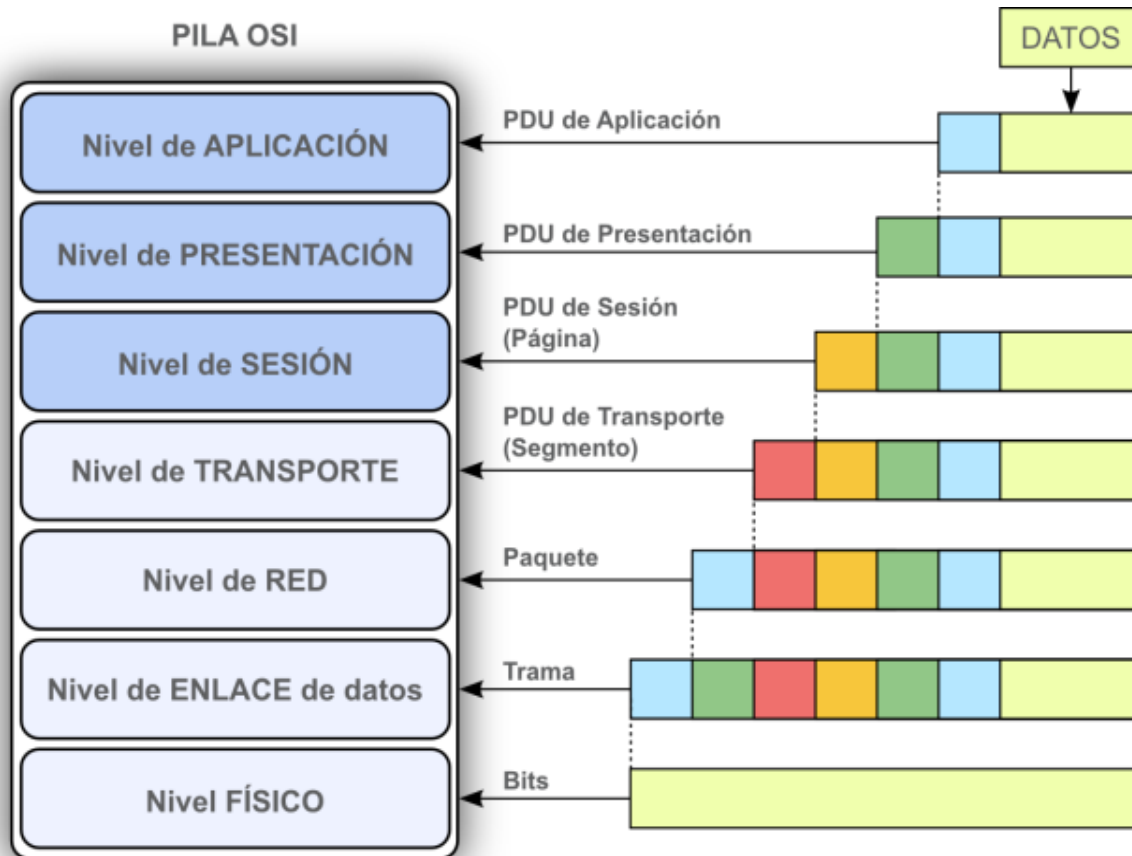
Arquitecturas de comunicaciones

Modelo de referencia OSI

- Modelo de Arquitectura de Comunicaciones (software) para Interconexión de Sistemas Abiertos
- Antes de OSI y TCP/IP (Internet): Computadoras = Sistemas cerrados o sistemas propietarios (sistemas de un fabricante incapaces de comunicarse con el de otros)
- Cada organización o empresa compraba los ordenadores y dispositivos de comunicaciones a un fabricante
- Torre de Babel: Protocolos de comunicaciones de los distintos fabricantes incompatibles
- Hoy se utiliza para la descripción conceptual de los niveles de comunicaciones de otras arquitecturas

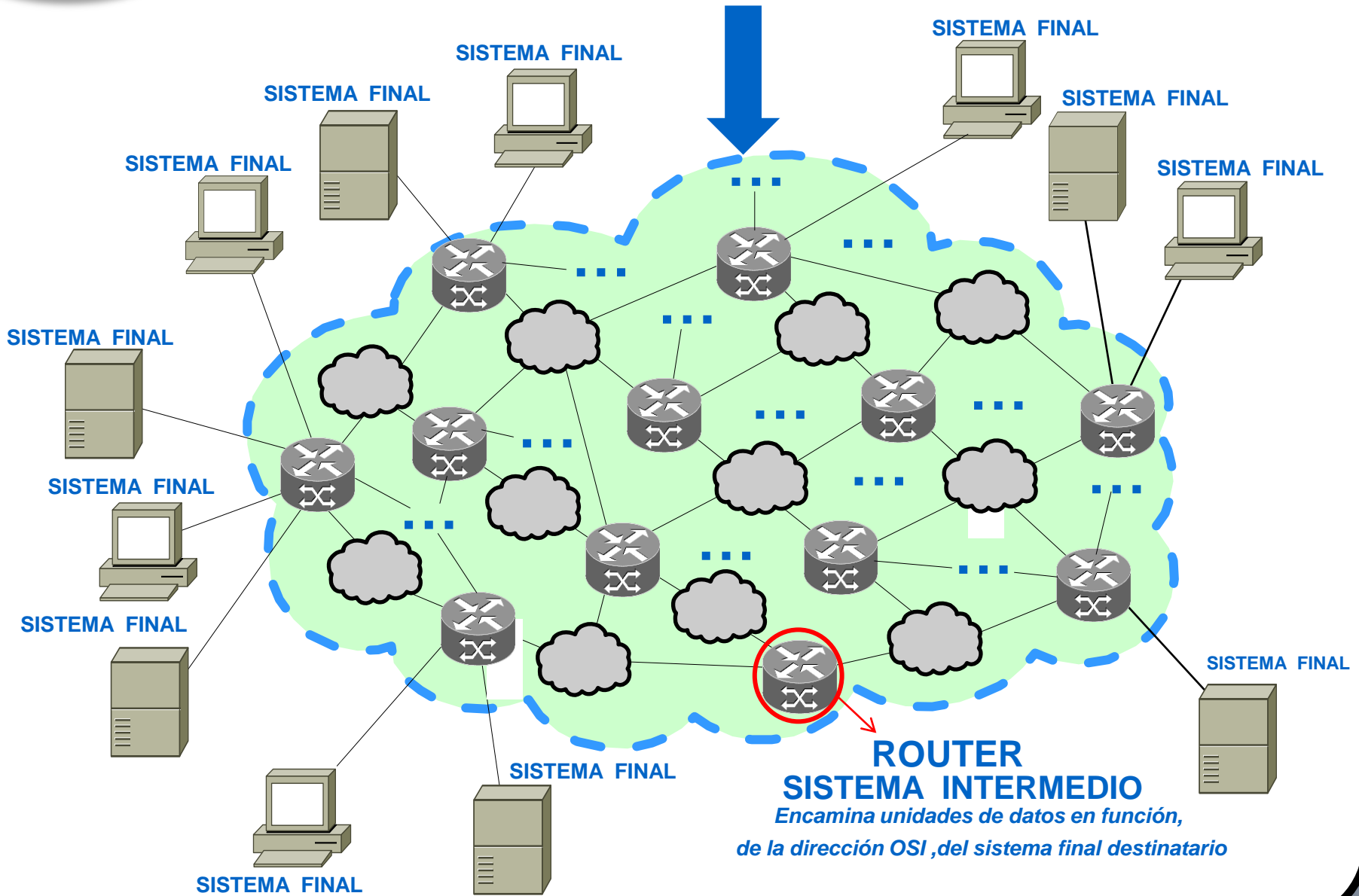
Arquitecturas de comunicaciones

Modelo de referencia OSI



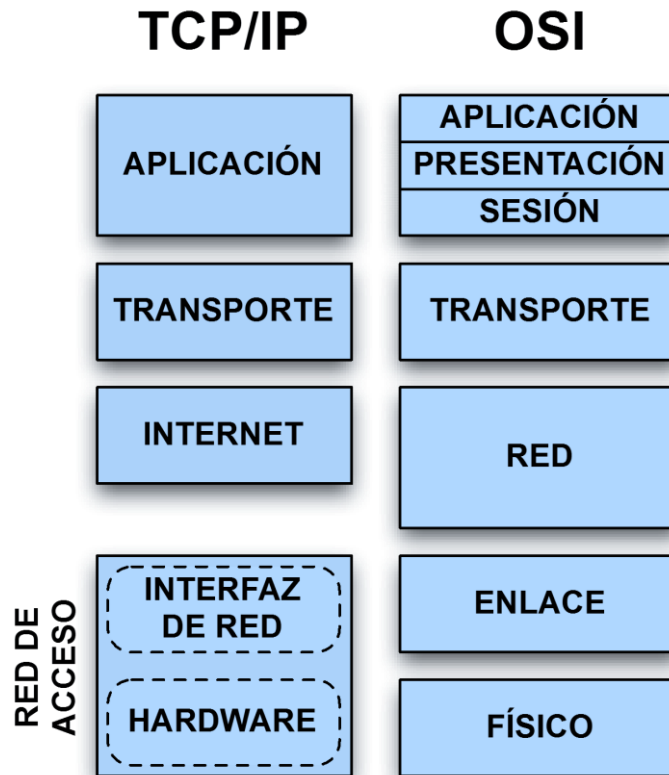
PDU: Protocol Data Unit = Unidad de Datos del Protocolo

UNA HIPOTÉTICA RED DE COMPUTADORAS OSI



Arquitecturas de comunicaciones

Comparativa TCP/IP y OSI



COMPARATIVA ARQUITECTÓNICA

El formato de representación de los datos por Internet
 Formato BINARIO BIG ENDIAN y codificación ASCII (7 bits)

TCP/IP

Aplicación

Transporte
Fiable y no Fiable

Internet
no Fiable

Red de Acceso

OSI

Aplicación
 Presentación
 Sesión

Transporte
Fiable y no Fiable

Red
Fiable y no Fiable

Enlace de Datos

Físico

Directorio X.500 = LDAP (TCP/IP)

ASN.1

Formato Universal de Sintaxis de Red



Independiente de la arquitectura física de la máquina

ASN.1 = SNMP (TCP/IP)

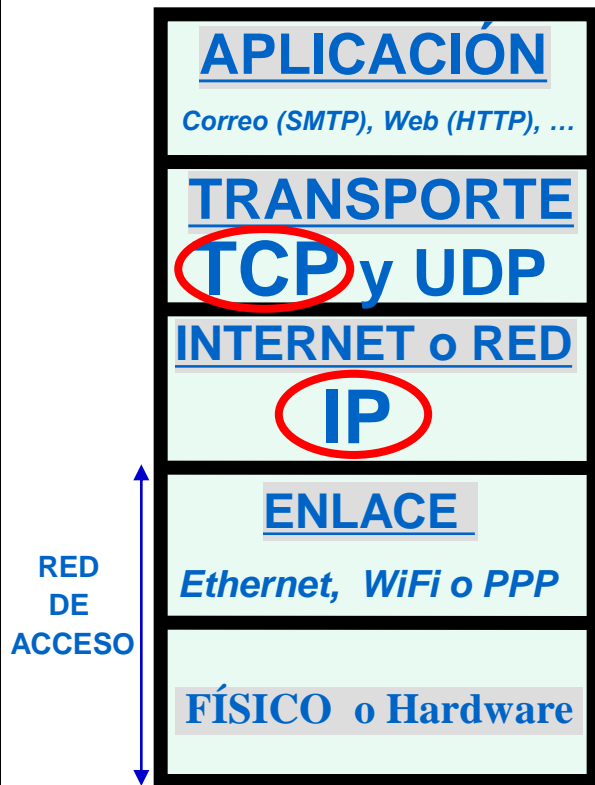
IEEE 802.3 SNAP utilizado en redes de área local del tipo Ethernet
 PPP (HDLC) utilizado en líneas serie o punto a punto telefónicas (accesos ADSL)

- Modelo de Referencia OSI: Referencia estandarizada para la descripción conceptual de los niveles de comunicaciones de otras arquitecturas
- ISO ha definido para OSI un conjunto de términos y conceptos estandarizados que con los mismos o diferentes nombres se han trasladado a otras arquitecturas como TCP/IP

2.3 Arquitectura TCP/IP

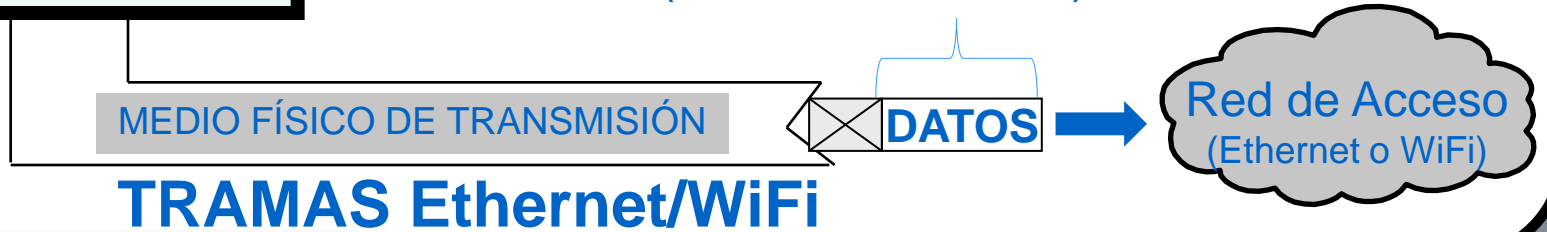
ARQUITECTURA TCP/IP

5 NIVELES DE COMUNICACIONES



- El PROTOCOLO DE APLICACIÓN añade una cabecera de aplicación a cada mensaje
- El PROTOCOLO TCP SEGMENTA, si procede (en función de la MTU de salida), el mensaje de aplicación y añade una cabecera TCP a cada segmento TCP numerando cada octeto de datos. A su vez, el PROTOCOLO UDP añade una cabecera UDP, sin numeración, a cada datagrama o mensaje UDP
- El PROTOCOLO IP añade una cabecera IP a cada segmento TCP o datagrama UDP y encamina en función de la dirección IP del destinatario
- El PROTOCOLO DEL NIVEL DE ENLACE o de la red de acceso (Ethernet, WiFi o PPP) añade su propia cabecera del nivel de enlace a cada datagrama IP o paquete IP y transmite hacia la siguiente máquina contigua o vecina, conectada a la misma red de acceso, en función de la dirección (Ethernet o WiFi) de dicha máquina

MTU (Maximum Transmission Unit) = 1500 OCTETOS

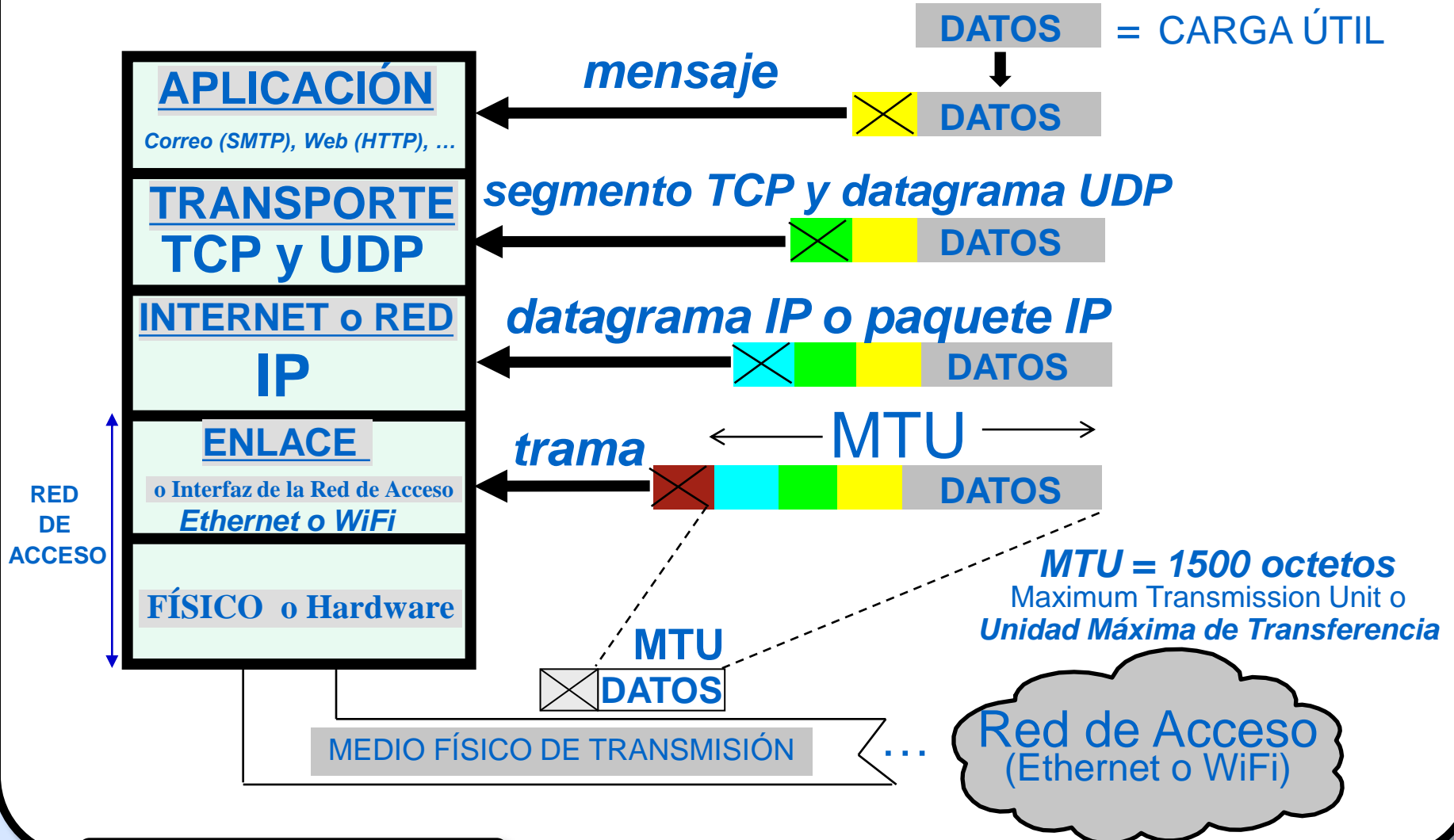


TRAMAS Ethernet/WiFi

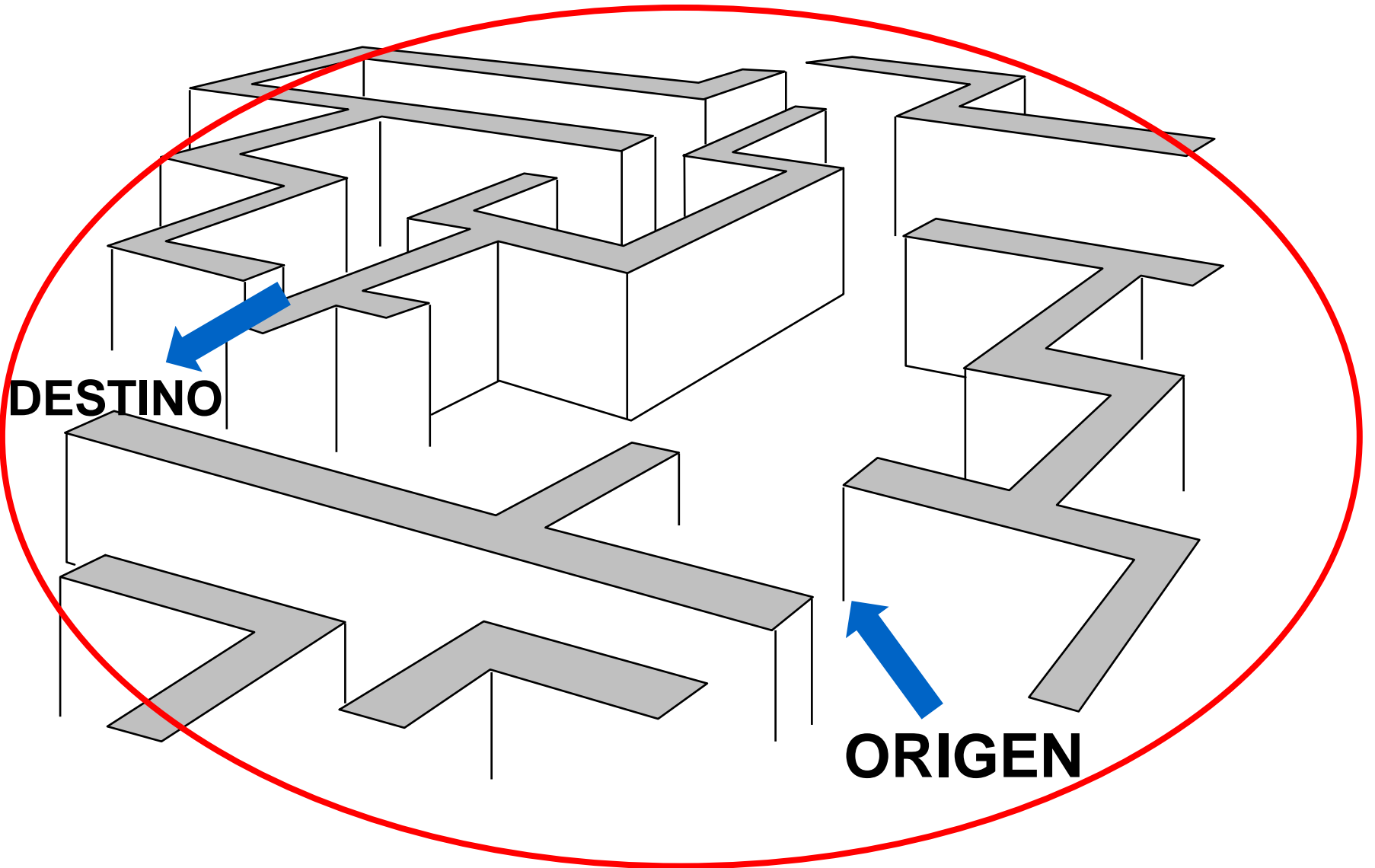
Arquitectura TCP/IP

ARQUITECTURA TCP/IP

Niveles y Unidades de Datos

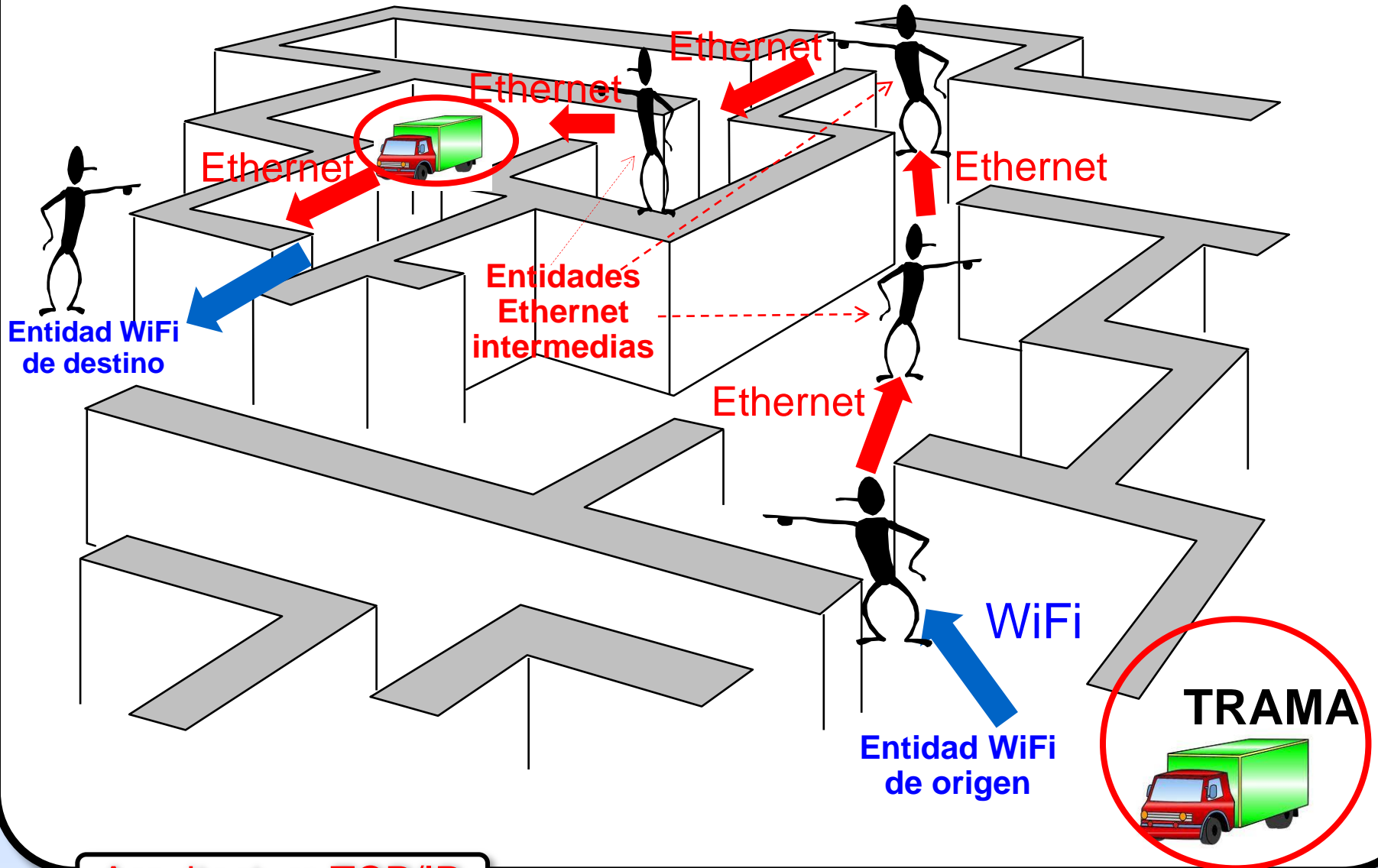


Nivel Físico



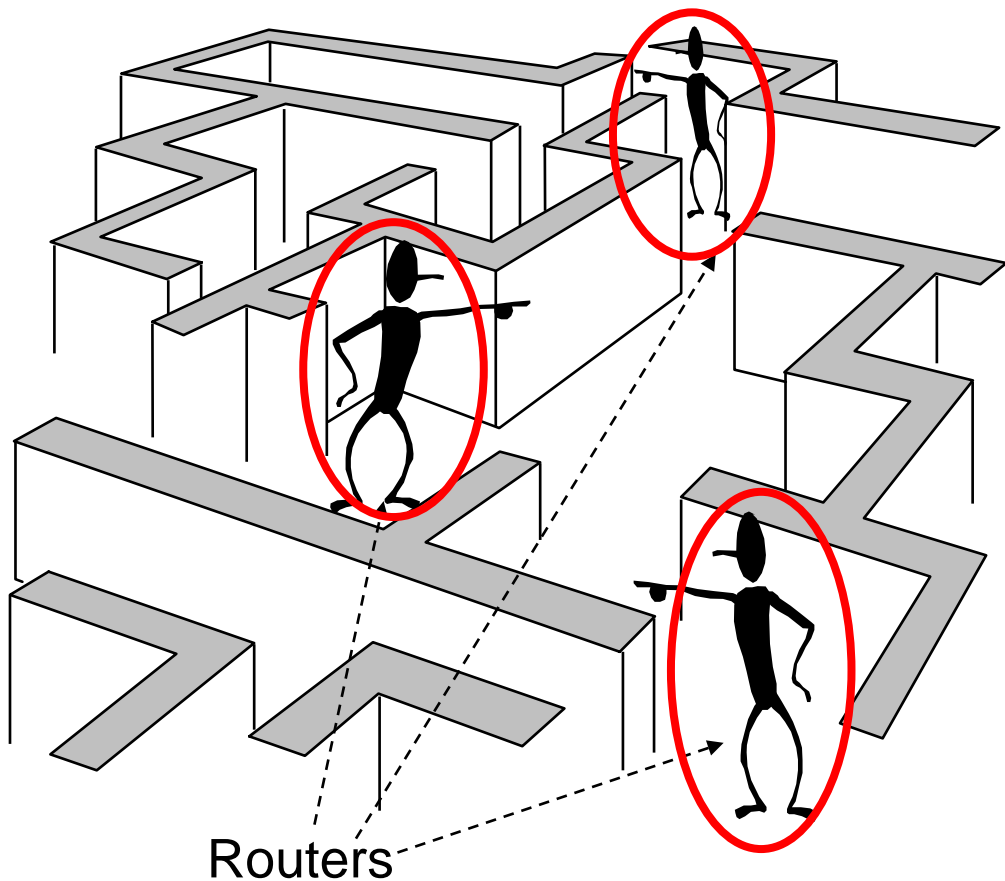
Nivel de Enlace

El conjunto de entidades del N2, de los routers vecinos y enlaces asociados, desde un origen a un destino



Nivel de Red

El conjunto de entidades IP, de los routers vecinos, que indican la ruta o enlace para llegar al siguiente router vecino y que un paquete IP (encapsulado en su trama) llegue al destino final



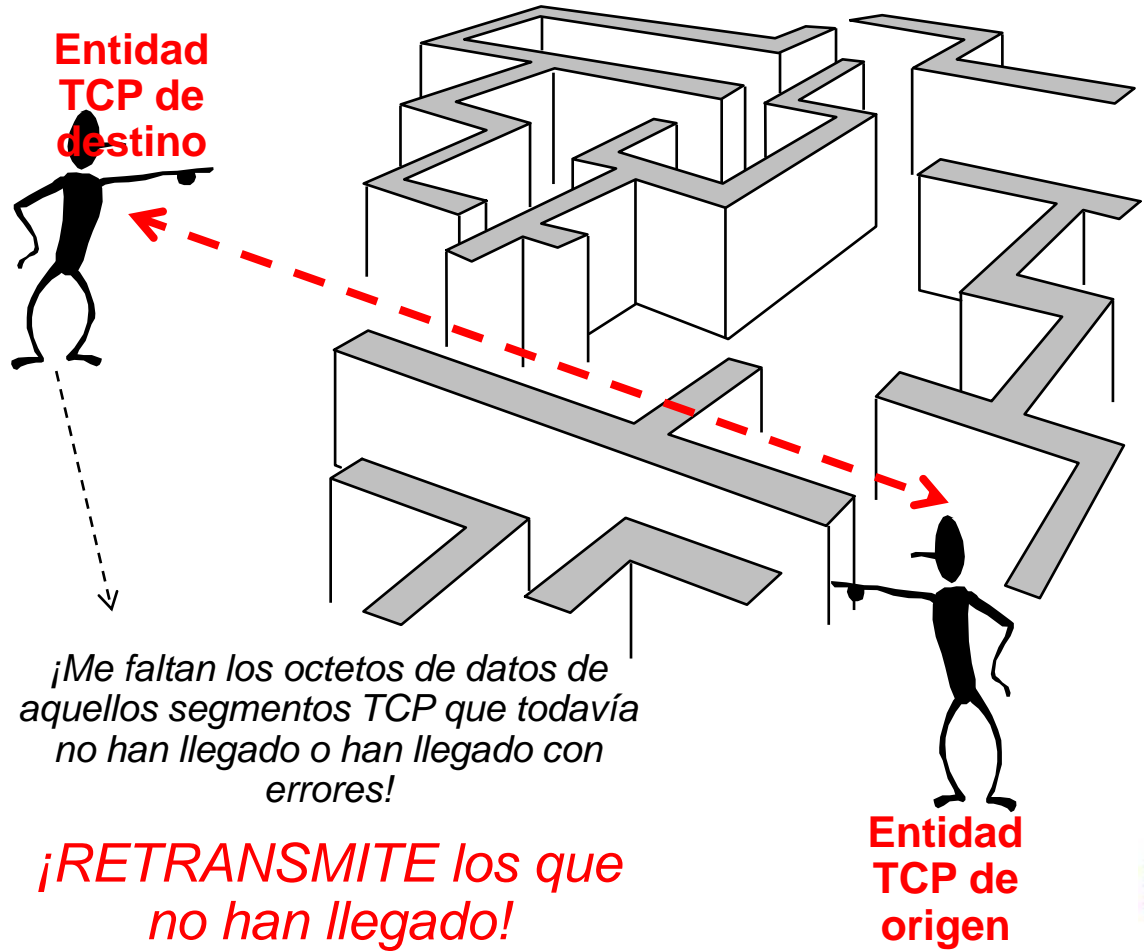
¿Por dónde debo ir al destino?

TRAMA



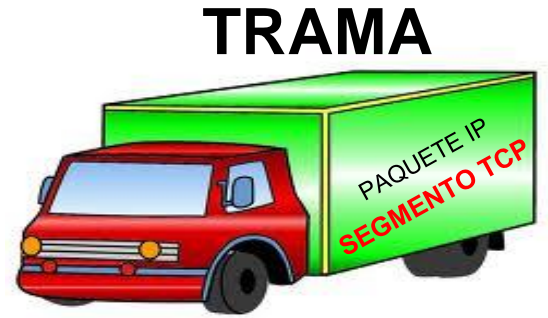
Nivel de Transporte

Las dos entidades TCP (o UDP), extremo a extremo, responsables del transporte fiable (TCP) o rápido o sin fiabilidad (UDP) de la carga útil de usuario almacenada en segmentos TCP (o datagramas UDP)



¡Me faltan los octetos de datos de aquellos segmentos TCP que todavía no han llegado o han llegado con errores!

¡RETRANSMITE los que no han llegado!

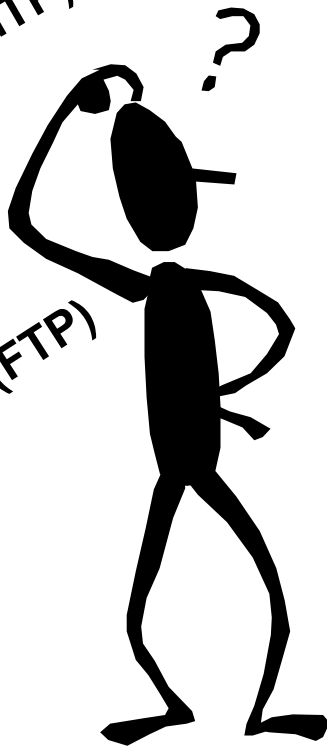


Nivel de Aplicación

El conjunto de entidades o procesos de aplicación que maneja directamente el usuario final

WWW (HTTP)
e-mail (SMTP)

Ficheros (FTP)



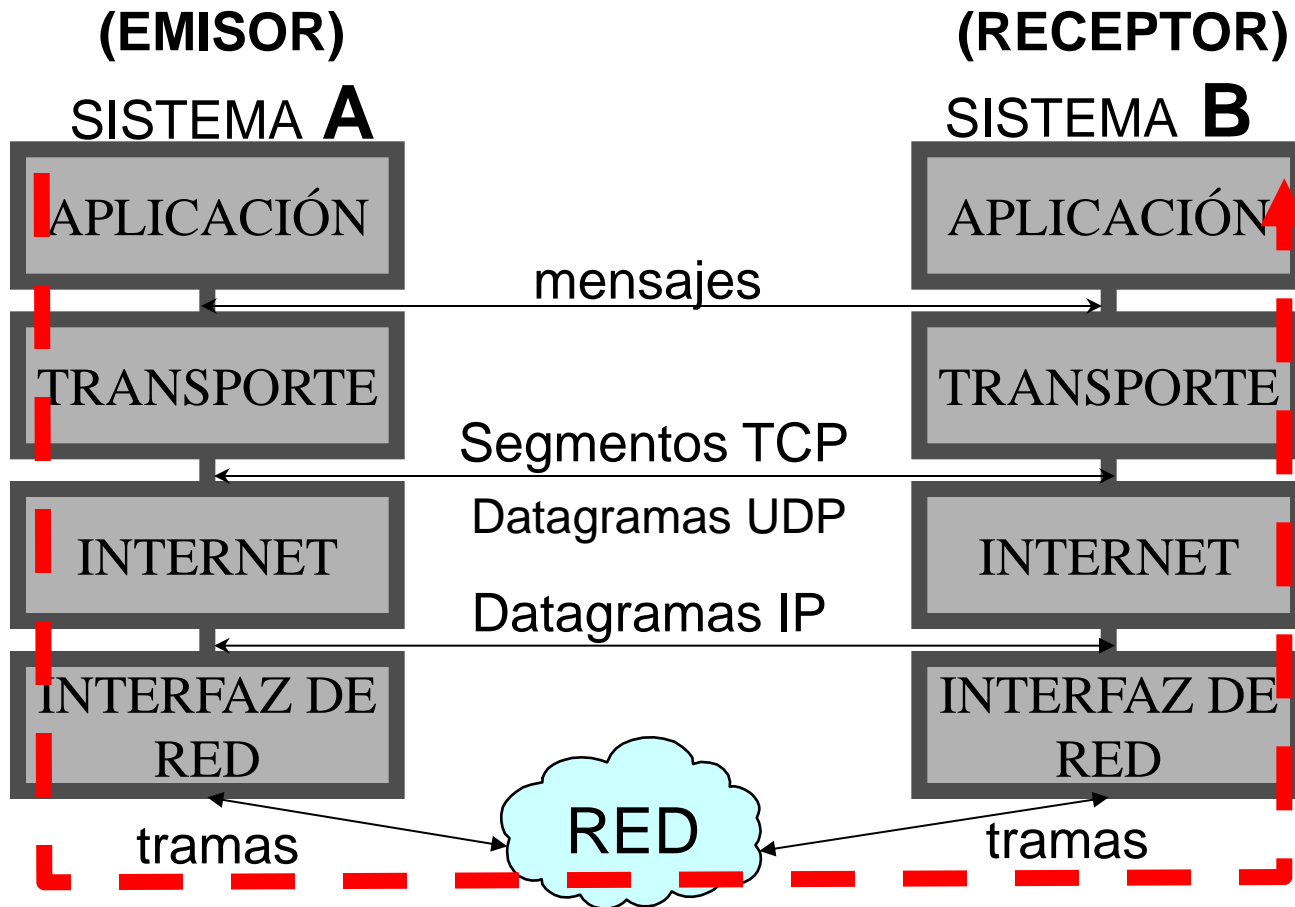
¿Qué debo enviar?

- *Es la aplicación que ejecuta el usuario y que maneja, generalmente, mediante un interfaz gráfico “amigable”*
- *Muestra la información recibida*
- *Envía los datos de usuario al proceso de aplicación del destino usando los servicios de los niveles inferiores*

Usuario

Arquitectura TCP/IP

COMUNICACIÓN ENTRE NIVELES DE SISTEMAS VECINOS

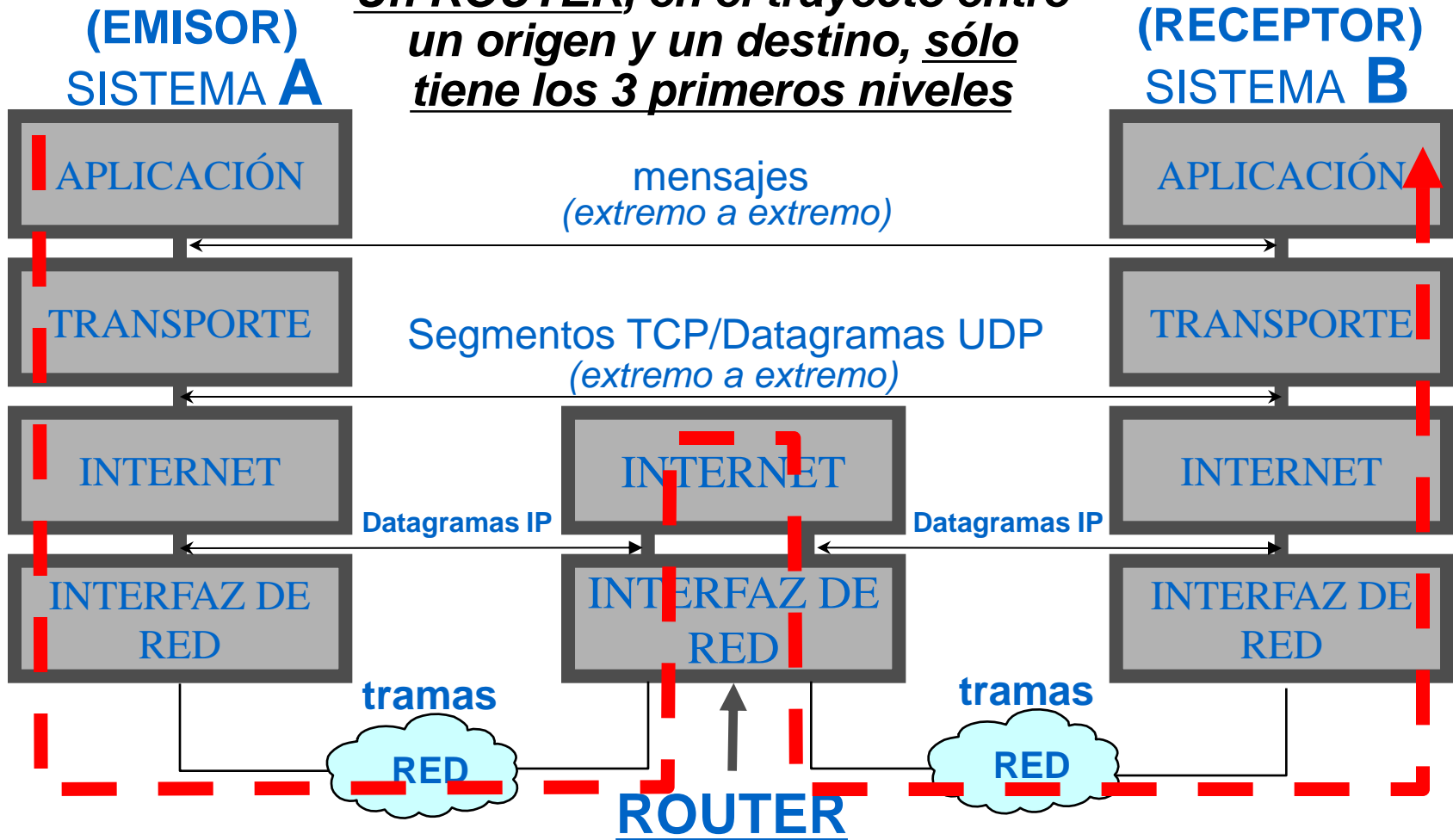


ENCAPSULACIÓN (ARRIBA-ABAJO) Y DEENCAPSULACIÓN (ABAJO-ARRIBA) DE LAS CABECERAS DE INFORMACIÓN DE CONTROL

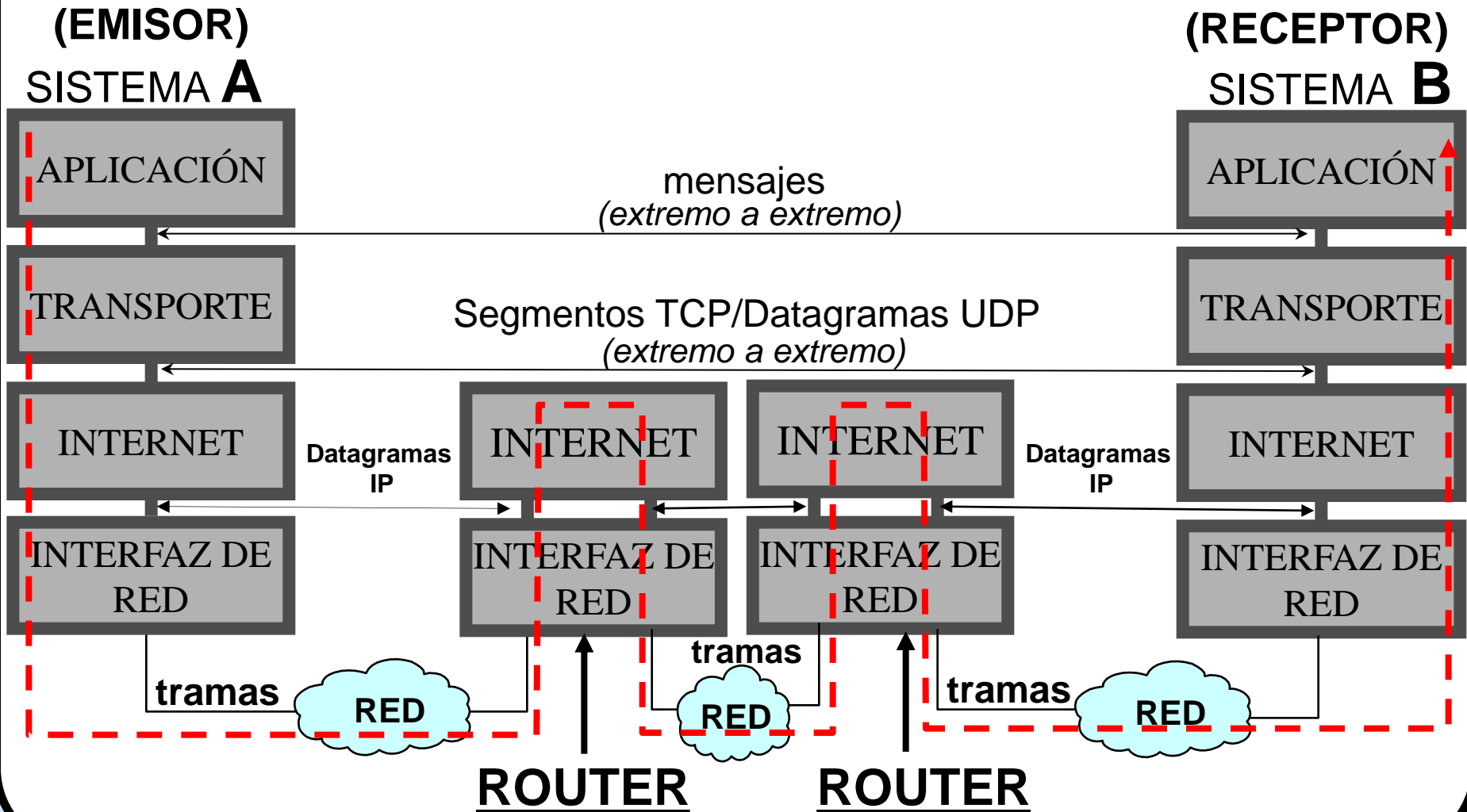
- El sistema emisor añade cabeceras de información de control en cada uno de los niveles salvo en el nivel físico o de hardware
- El sistema receptor lleva a cabo en cada uno de los niveles (salvo en el nivel físico) las funciones indicadas en dichas cabeceras y, posteriormente, va eliminando, progresivamente, dichas cabeceras

COMUNICACIÓN ENTRE NIVELES DE SISTEMAS NO VECINOS VÍA UN ROUTER

Un ROUTER, en el trayecto entre un origen y un destino, sólo tiene los 3 primeros niveles

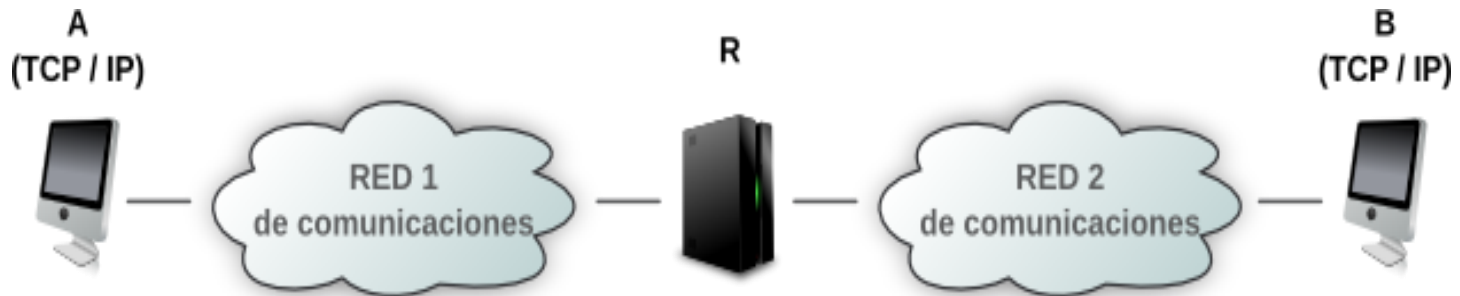


COMUNICACIÓN ENTRE NIVELES DE SISTEMAS NO VECINOS VÍA DOS ROUTERS



Arquitectura TCP/IP

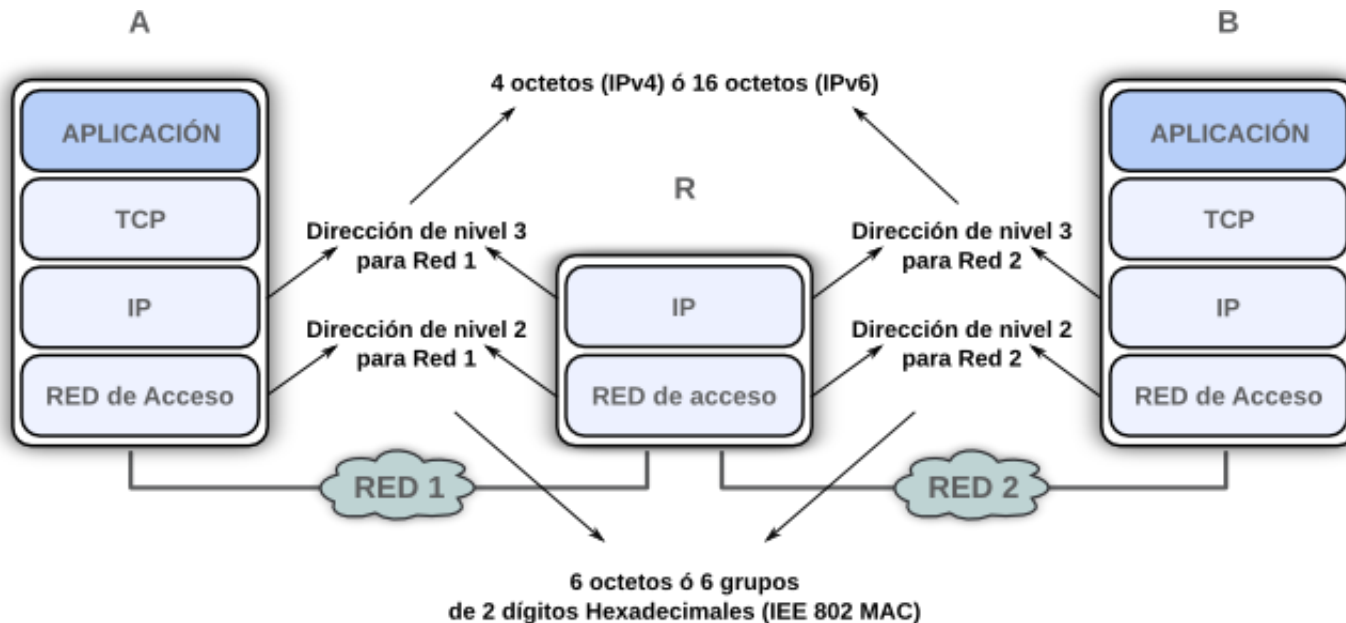
Direcciones de nivel de red y enlace



- Todo sistema , máquina o nodo TCP/IP tiene tantas direcciones del nivel de red y del nivel de enlace como redes de comunicaciones (*Ethernet* o WiFi) a las cuales esté conectado

Arquitectura TCP/IP

Direcciones de nivel de red y enlace



- “A” tiene una dirección del nivel 2 para RED1 y una dirección de nivel 3 para RED1
- “B” tiene una dirección del nivel 2 para RED2 y una dirección de nivel 3 para RED2
- El *router* “R” tiene una dirección de nivel 2 para RED1 y otra RED2. El *router* “R” tiene una dirección de nivel 3 para RED1 y otra para RED2

Direcciones MAC (Nivel de Enlace) y Direcciones IP

▪ Dirección MAC

- Nunca cambia independientemente de la red Ethernet a la que se conecte
- Conocida también como dirección física al estar asignada físicamente a la tarjeta de red (OUI + NIC)
- Se asemeja al nombre de una persona

▪ Dirección IP

- Se asemeja al domicilio de una persona
 - Depende de dónde se encuentra realmente un equipo
 - Conocida también como dirección lógica
 - Asignada a cada máquina por el administrador de red
- Ambas direcciones son necesarias para llevar a cabo una comunicación entre máquinas

Numeración TCP de los octetos del mensaje → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

miguel hola un saludo

←-----→
CABECERA APLICACIÓN **DATOS DE USUARIO (carga útil)**

UN EJEMPLO SENCILLO DEL FUNCIONAMIENTO TCP/IP para un protocolo de Aplicación "P" montado sobre TCP y para el transporte fiable del mensaje "hola un saludo" y con MTU = 50 octetos

(EMISOR)
javier

DATOS DE USUARIO
hola un saludo

DATOS DE USUARIO (RECEPTOR)
hola un saludo → miguel

A
"P" cliente

Usuario de Destino (CABECERA)
miguel | hola un saludo

Protocolo de Aplicación "P"

Usuario de Destino (CABECERA)
miguel | hola un saludo

B
"P" servidor

Segmenta y numera los octetos

Protocolo de Transporte TCP

En la cabecera TCP hay un nº de secuencia que indica el primer octeto del campo Datos

ok!

TCP
11 | unsaludo
1 | miguel hola

TCP
1 | miguel hola
11 | unsaludo

IP A31
Destino B32 | 11 | unsaludo
B32 | 1 | miguel hola

IP R31 R32

IP B32
B32 | 1 | miguel hola
B32 | 11 | unsaludo

IP B32

RED de Acceso A21
Destino R21 | B32 | 11 | unsaludo
R21 | B32 | 1 | miguel hola

RED de Acceso R21 R22

RED de Acceso B22
B22 | B32 | 1 | miguel hola
B22 | B32 | 11 | unsaludo

RED de Acceso B22

MTU = 50 octetos

MTU = 50 octetos



Arquitectura TCP/IP

El Encaminamiento IP en el Sistema "A"

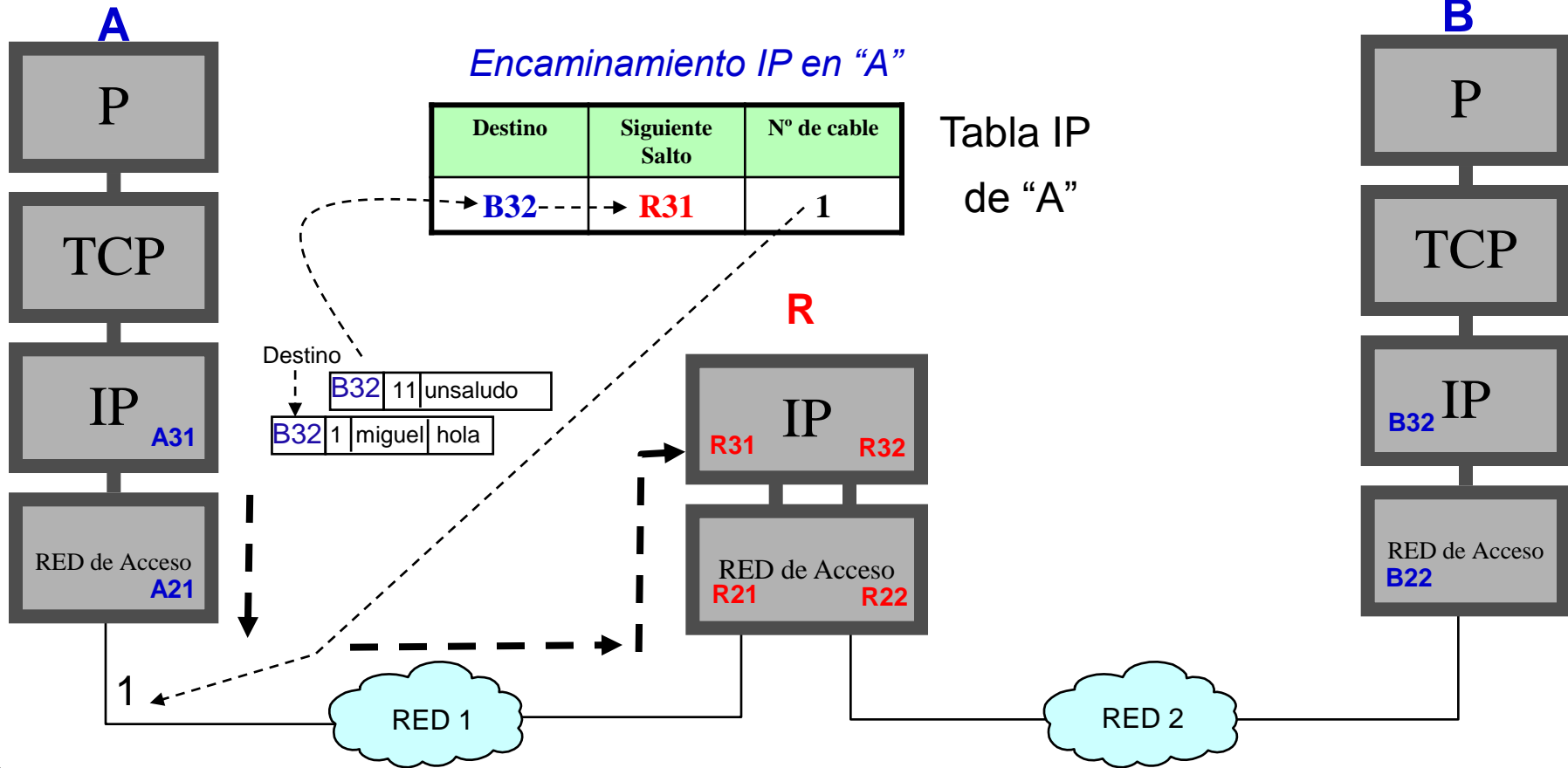
Mensaje de "A" a "B": *hola un saludo*

←----- DATOS DE USUARIO (CARGA ÚTIL) -----→

- El encaminamiento siempre se realiza en función de la dirección IP destino (B32) y del contenido de la Tabla IP de "A"
- Todo sistema TCP/IP tiene una Tabla IP para encaminar paquetes IP

EMISOR

RECEPTOR



Arquitectura TCP/IP

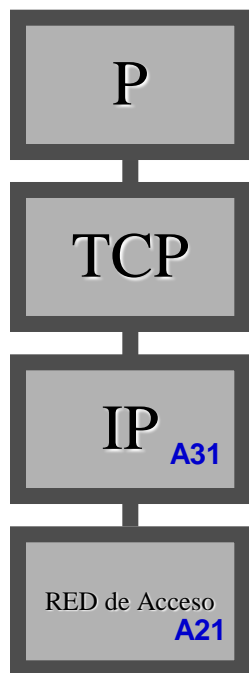
El Encaminamiento IP en el Router "R"

Mensaje de "A" a "B": *hola un saludo*

DATOS DE USUARIO

(CARGA ÚTIL)

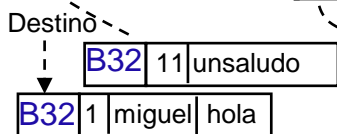
(EMISOR)
Javier
A



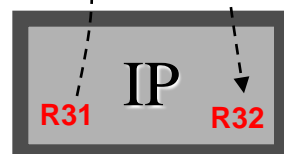
**Encaminamiento IP
en el Router "R"**

Destino	Siguiente Salto	Nº de cable
B32	R32 <i>("Yo" por RED2)</i>	1

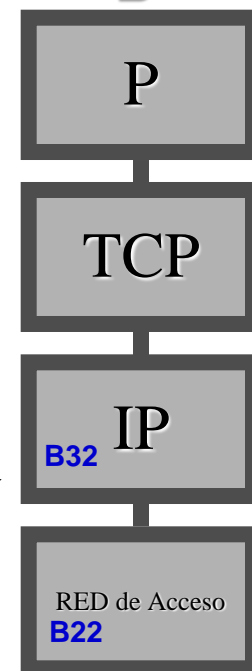
Tabla IP



R



(RECEPTOR)
Miguel
B



Arquitectura TCP/IP

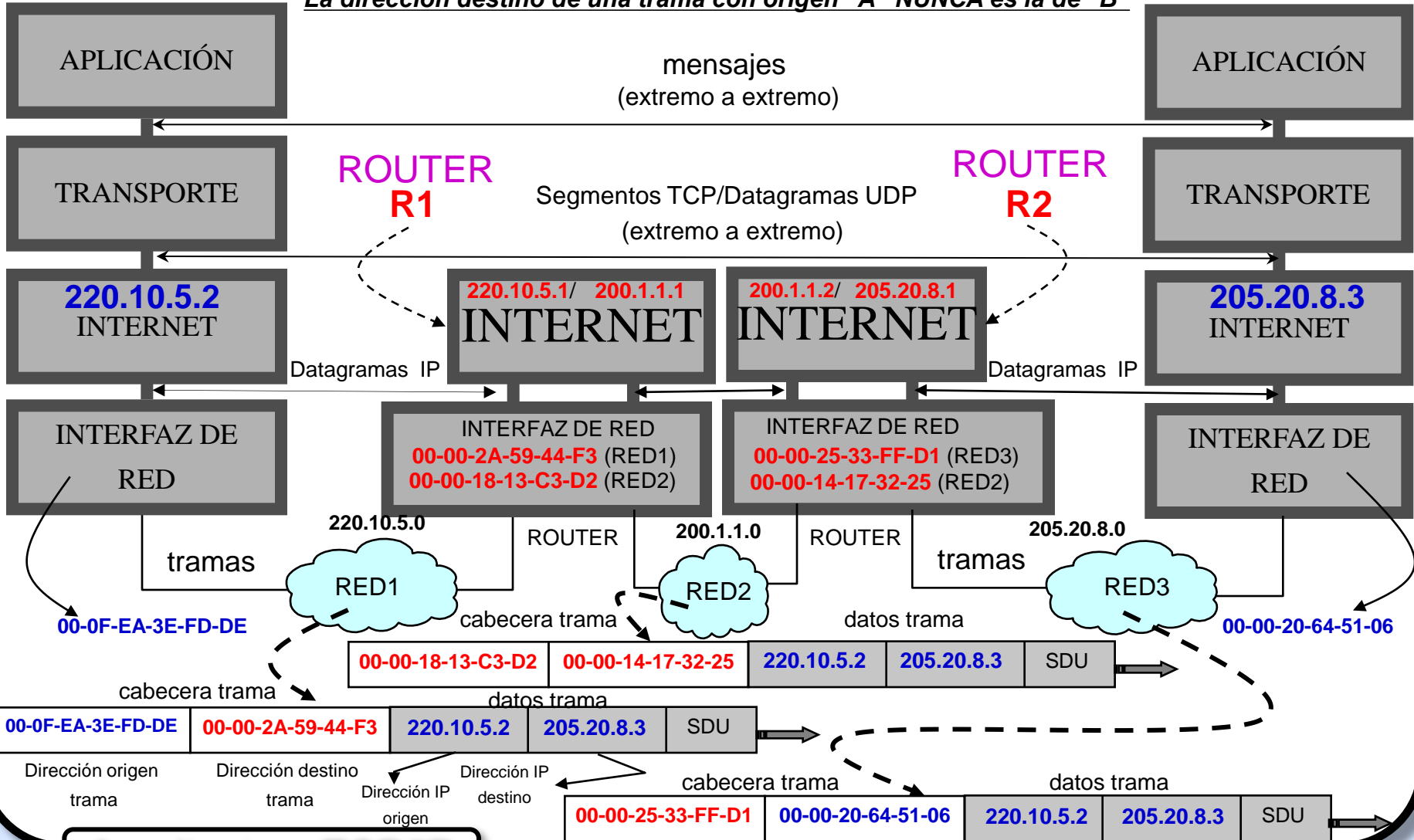
LAS MÁQUINAS DE ORIGEN Y DESTINO DEL NIVEL DE RED (IP) NO TIENEN PORQUÉ COINCIDIR CON LAS MÁQUINAS DE ORIGEN Y DESTINO DEL NIVEL DE ENLACE

Y NUNCA COINCIDEN CUANDO DICHAS MÁQUINAS NO SON VECINAS PORQUE AL MENOS HABRÁ UN ROUTER EN EL TRAYECTO

ORIGEN A

DESTINO B

La dirección destino de una trama con origen "A" NUNCA es la de "B"



Arquitectura TCP/IP

```

C:\> Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\MEMORY SISTEMAS> ipconfig -all

Configuración IP de Windows

Nombre del host . . . . . : LENOVO-FBCA409A
Sufijo DNS principal . . . . . :
Tipo de nodo . . . . . : desconocido
Enrutamiento habilitado. . . . . : No
Proxy WINS habilitado. . . . . : No
Lista de búsqueda de sufijo DNS: ls.fi.upm.es

Adaptador Conexiones de red inalámbricas :
Sufijo de conexión específica DNS : ls.fi.upm.es
Descripción. . . . . : Intel(R) Wireless WiFi Link 4965AG
Dirección física. . . . . : 00-1D-E0-C9-91-B1
DHCP habilitado. . . . . : No
Autoconfiguración habilitada. . . . . : Sí
Dirección IP. . . . . : 172.16.42.4
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada : 172.16.42.1
Servidor DHCP . . . . . : 172.16.42.1
Servidores DNS . . . . . : 172.16.42.1
Concesión obtenida . . . . . : lunes, 18 de febrero de 2013 12:28:39
Concesión expira . . . . . : lunes, 18 de febrero de 2013 13:28:39

Adaptador Ethernet Conexión de área local :
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Descripción. . . . . : Intel(R) 82566MM Gigabit Network Connection
Dirección física. . . . . : 00-15-58-84-4B-30

C:\Documents and Settings\MEMORY SISTEMAS>
  
```

Arquitectura TCP/IP

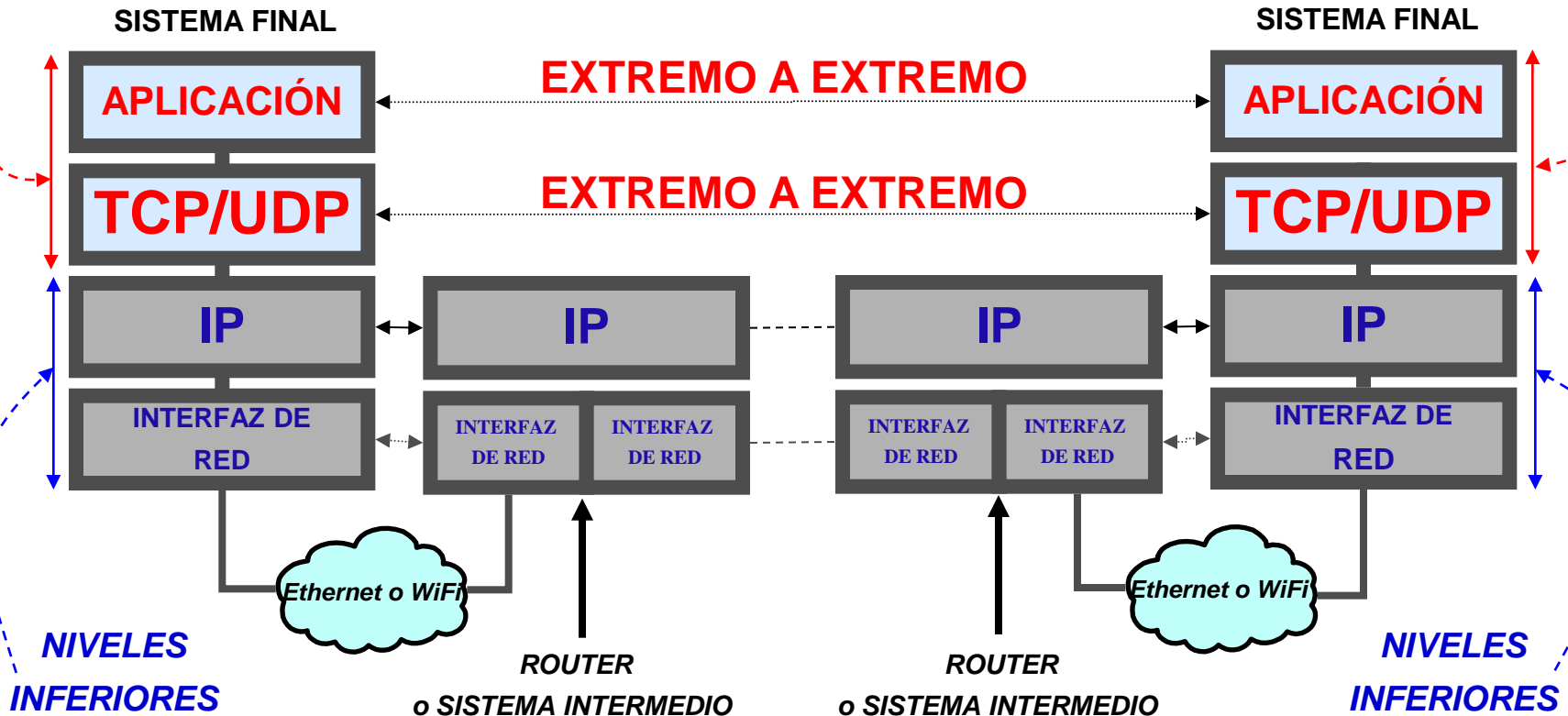
Interfaz de *sockets*

- En la línea divisoria entre los niveles de transporte y aplicación se encuentra la **interfaz de sockets**:
 - API basada en directorios con funciones de comunicaciones
 - Permite integrar aplicaciones sobre el nivel de transporte e identificar y conectar los procesos clientes y servidores del nivel de aplicación
- La mayoría de las aplicaciones en Internet funcionan según el típico **modelo cliente y servidor**:
 - **Servidor**: Proceso que ofrece un servicio en la red
 - **Cliente**: Proceso que envía a un servidor una solicitud específica de servicio

NIVELES SUPERIORES e INFERIORES DE LA ARQUITECTURA TCP/IP

NIVELES SUPERIORES

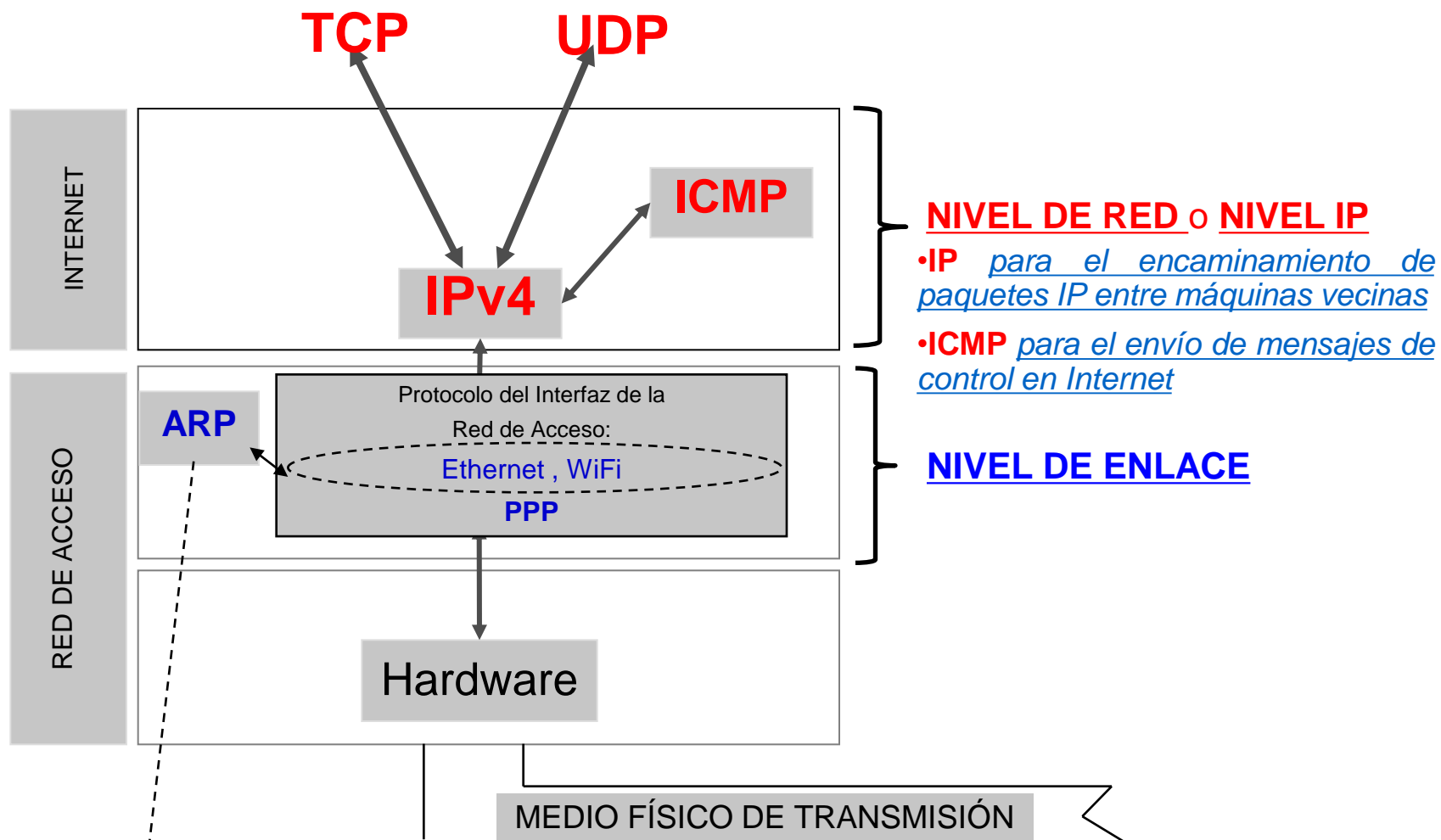
NIVELES SUPERIORES



ENTRE DOS EQUIPOS VECINOS CONECTADOS A LA MISMA RED DE ACCESO EN EL TRAYECTO ENTRE EL ORIGEN Y EL DESTINO

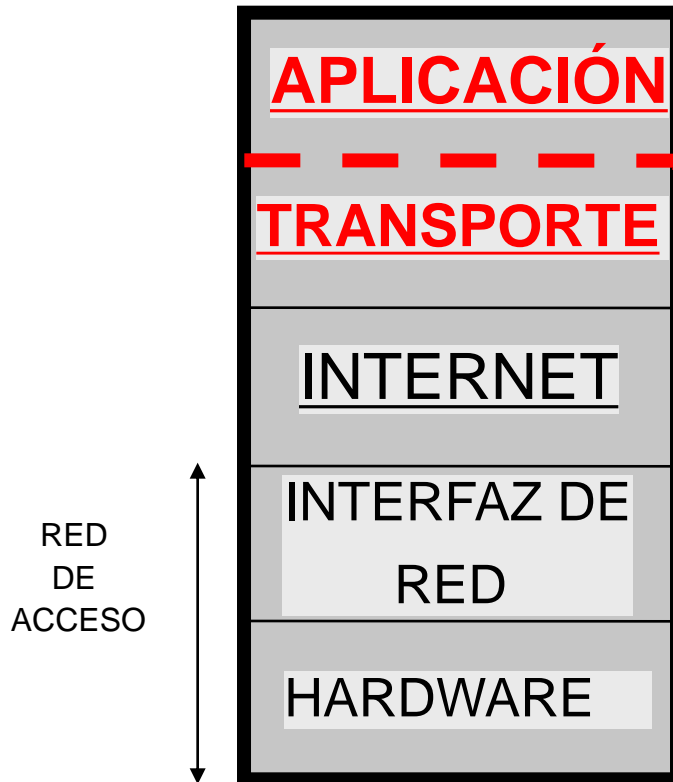
NIVELES INFERIORES DE LA ARQUITECTURA TCP/IP

EI PROTOCOLO IP Y LOS PROTOCOLOS DEL NIVEL DE ENLACE SIEMPRE ACTÚAN ENTRE DOS MÁQUINAS VECINAS CONECTADAS A LA MISMA RED DE ACCESO EN EL TRAYECTO ENTRE EL ORIGEN Y EL DESTINO



Permite obtener automáticamente la dirección del nivel de enlace o dirección MAC (media access control) asociada a la dirección IP de una máquina vecina en una RAL de difusión (del tipo Ethernet o WiFi)

UBICACIÓN del INTERFAZ DE SOCKETS



Interfaz de sockets
(API de sockets o API de red basado en directorios con funciones de comunicaciones)

- Para integrar aplicaciones sobre el nivel de transporte
- Identificar y conectar los procesos clientes y servidores del nivel de aplicación
- Hacer uso directo de los servicios TCP y UDP e implícitamente del resto de servicios de la arquitectura

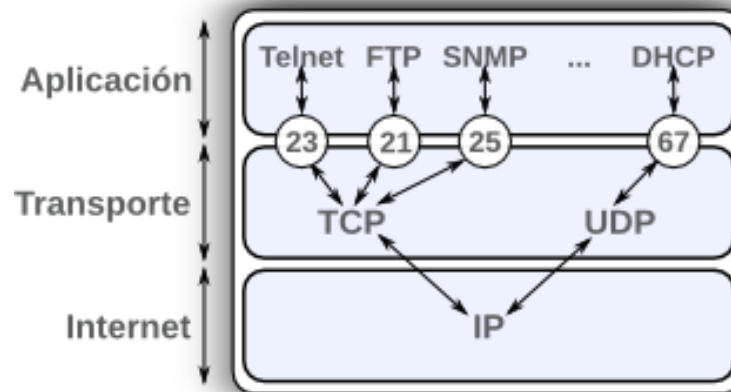
Arquitectura TCP/IP

Interfaz de *sockets*

- Cada proceso cliente y servidor está identificado por un n° de puerto
- **Puerto:** Entero positivo manejado por TCP y UDP para identificar tanto al proceso servidor como al proceso cliente

Web: 80

DNS: 53



NÚMEROS DE PUERTO DEFINIDOS POR IANA-ICANN

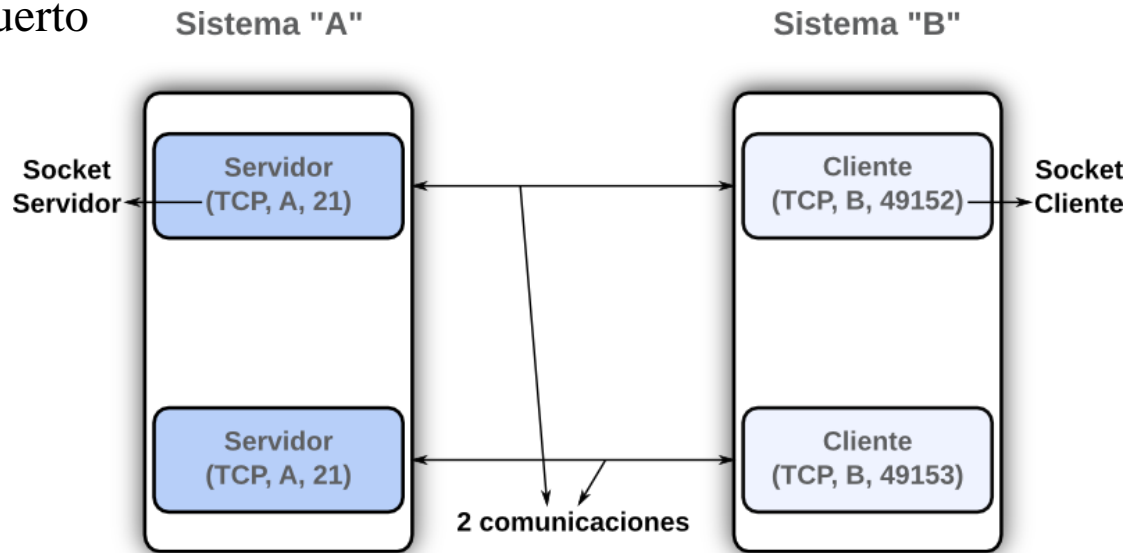
RFC-1700, STD-0002

- *Del 0 al 1.023: Procesos servidores estándares en Internet*
- *Del 1.024 al 65.535: Procesos servidores no estándares en Internet y procesos clientes*
 - *Del 1.024 al 49.151: Procesos servidores de aplicaciones de empresas (o particulares) desarrolladoras de software*
 - *Del 49.152 al 65.535 se recomienda que se asignen dinámicamente por el sistema operativo a los procesos clientes*

Arquitectura TCP/IP

Interfaz de *sockets*

- Socket:** punto de acceso o extremo de una comunicación entre un proceso cliente y otro servidor
 - Dirección IP
 - Protocolo TCP o UDP
 - Nº puerto



- Conexión:** Definida por una pareja de sockets (socket cliente y socket servidor) que se comunican

Resumen del Concepto Socket

Para TCP o UDP, la combinación de una dirección IP y un número de puerto identifica un punto de conexión del nivel de transporte o “socket”

Ejemplo de socket: **138.10.1.16** : **80**

Dirección IP Número de Puerto

Socket
(Para TCP o UDP)

Ejemplo de Sockets Locales y Remotos

➔ Servidor local SMTP montado sobre TCP a la escucha de cualquier conexión a la máquina local, vía TCP, por cualquier dirección IP local o interfaz de entrada y desde cualquier dirección y puerto de cliente

c:\> **netstat -a -n**
Conexiones activas

Proto	Dirección local	Dirección remota	Estado
TCP	0.0.0.0:25	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:80	138.100.9.10:12234	ESTABLISHED
TCP	138.100.10.117:49152	138.100.8.1:143	ESTABLISHED
UDP	0.0.0.0:2000	*:*	LISTENING

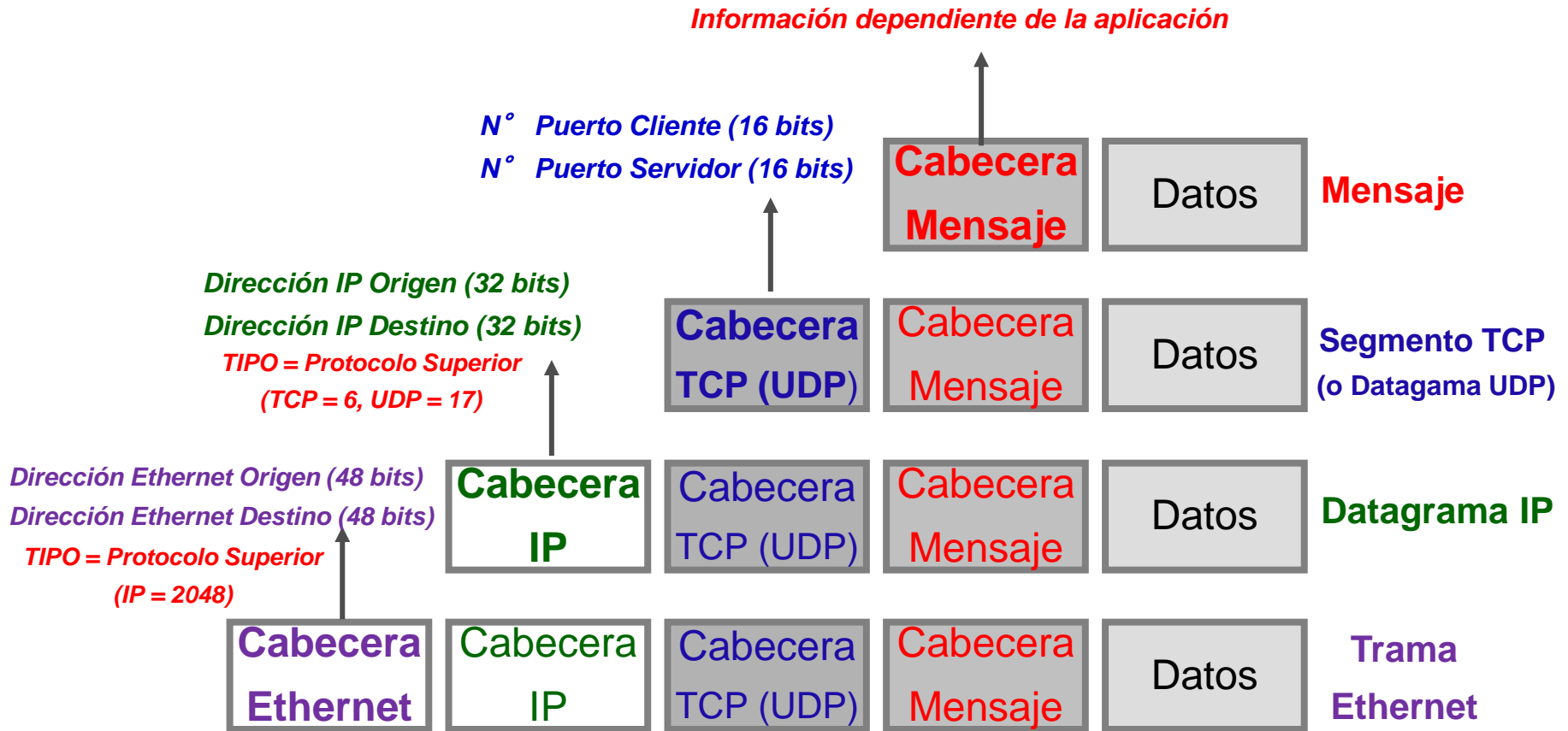
C:\>

➔ Conexión establecida, con el servidor local HTTP, vía TCP, a través de cualquier dirección IP local o interfaz de entrada,

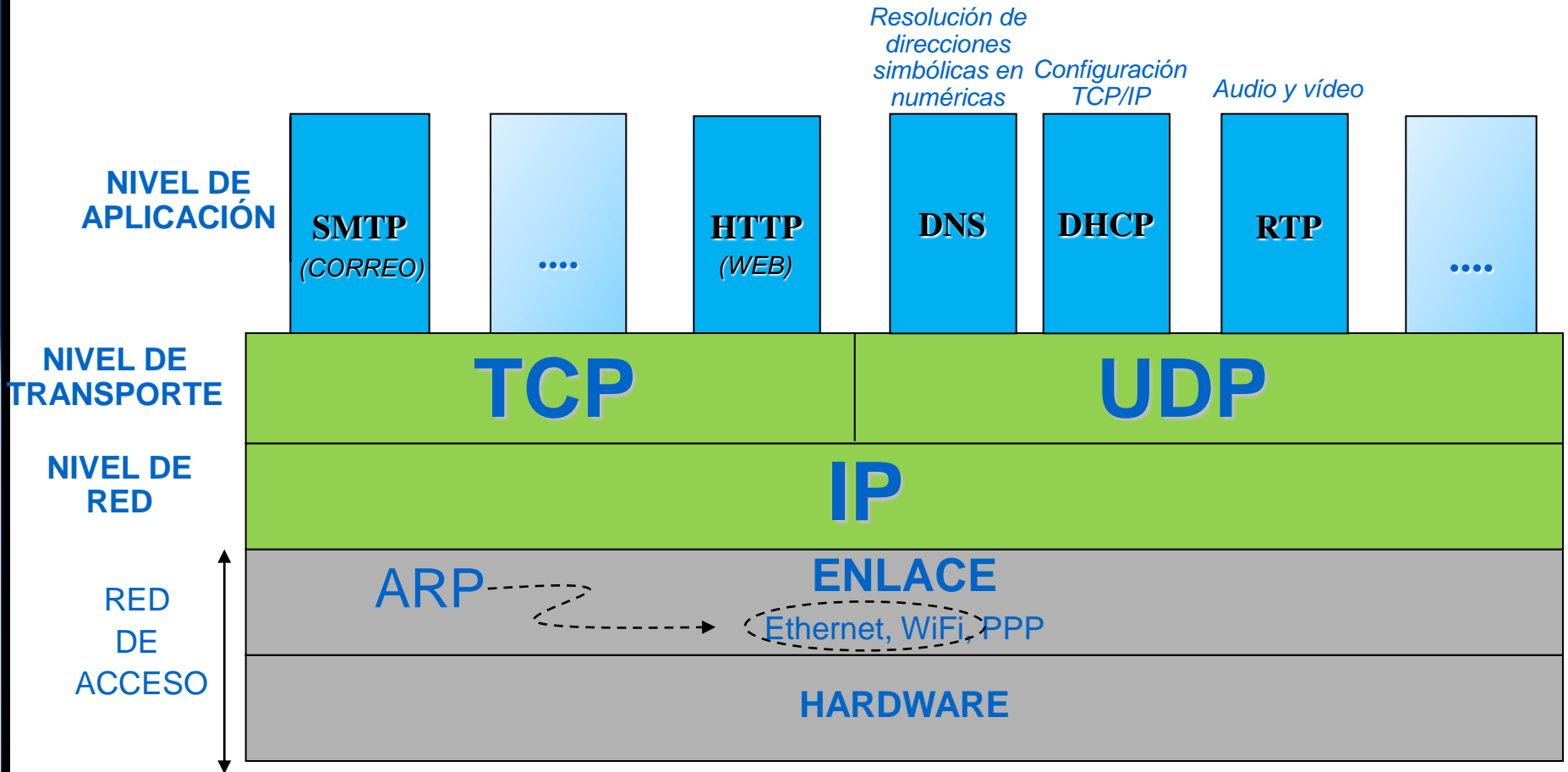
➔ Servidor local con nº de puerto 2000 a la escucha de cualquier acceso a la máquina local, vía UDP, a través de cualquier dirección IP local o interfaz de entrada y desde cualquier dirección y puerto de cliente

CABECERAS DE INFORMACIÓN DE CONTROL

Información más Relevante



Un Ejemplo de Arquitectura TCP/IP

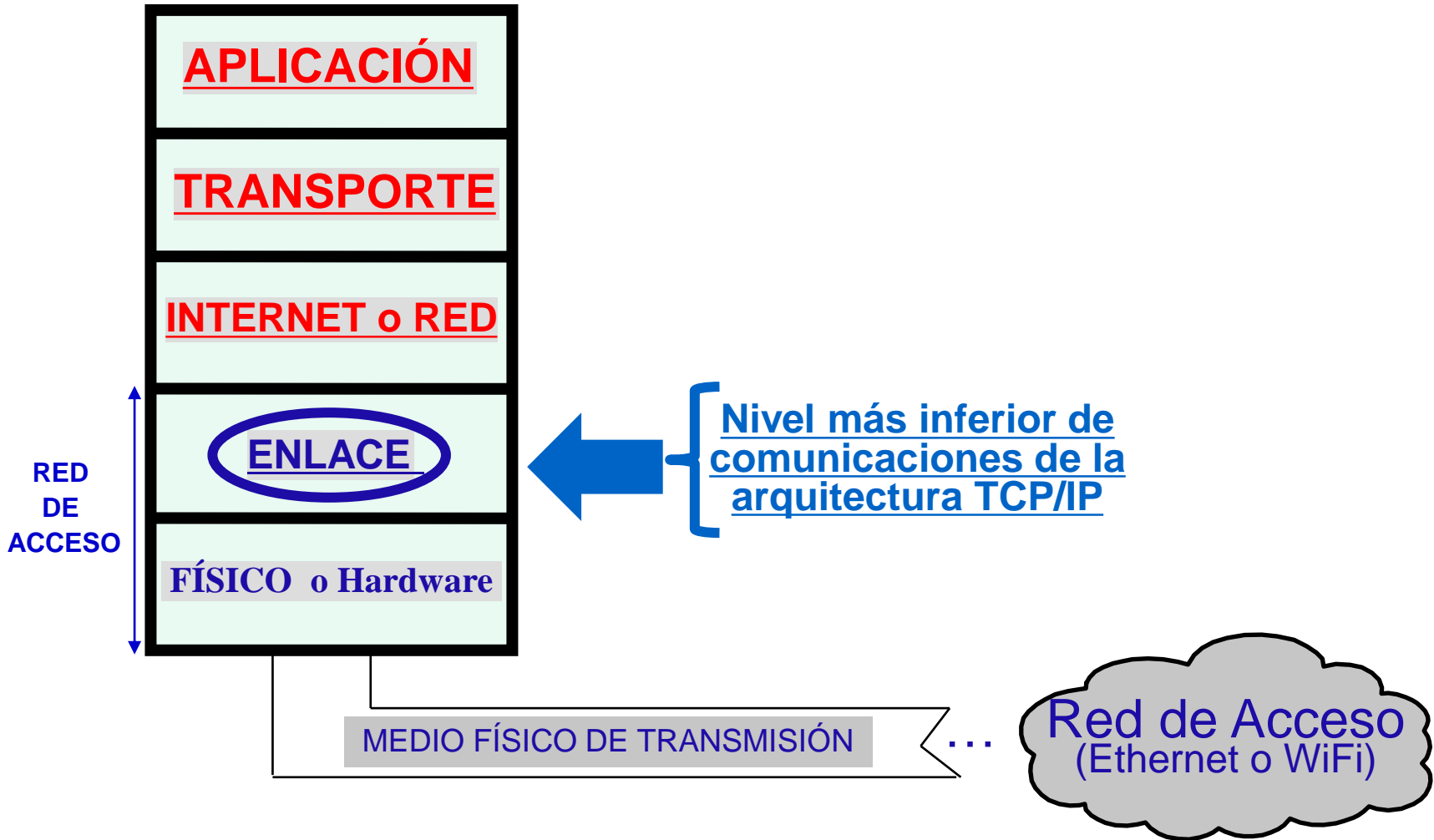


2.4 Nivel de enlace

- Generalidades
- Funciones y servicios
- Protocolos actuales del nivel de enlace en Internet

Nivel de Enlace

o Nivel de Comunicaciones del Interfaz de la Red de Acceso



Nivel de enlace

Generalidades

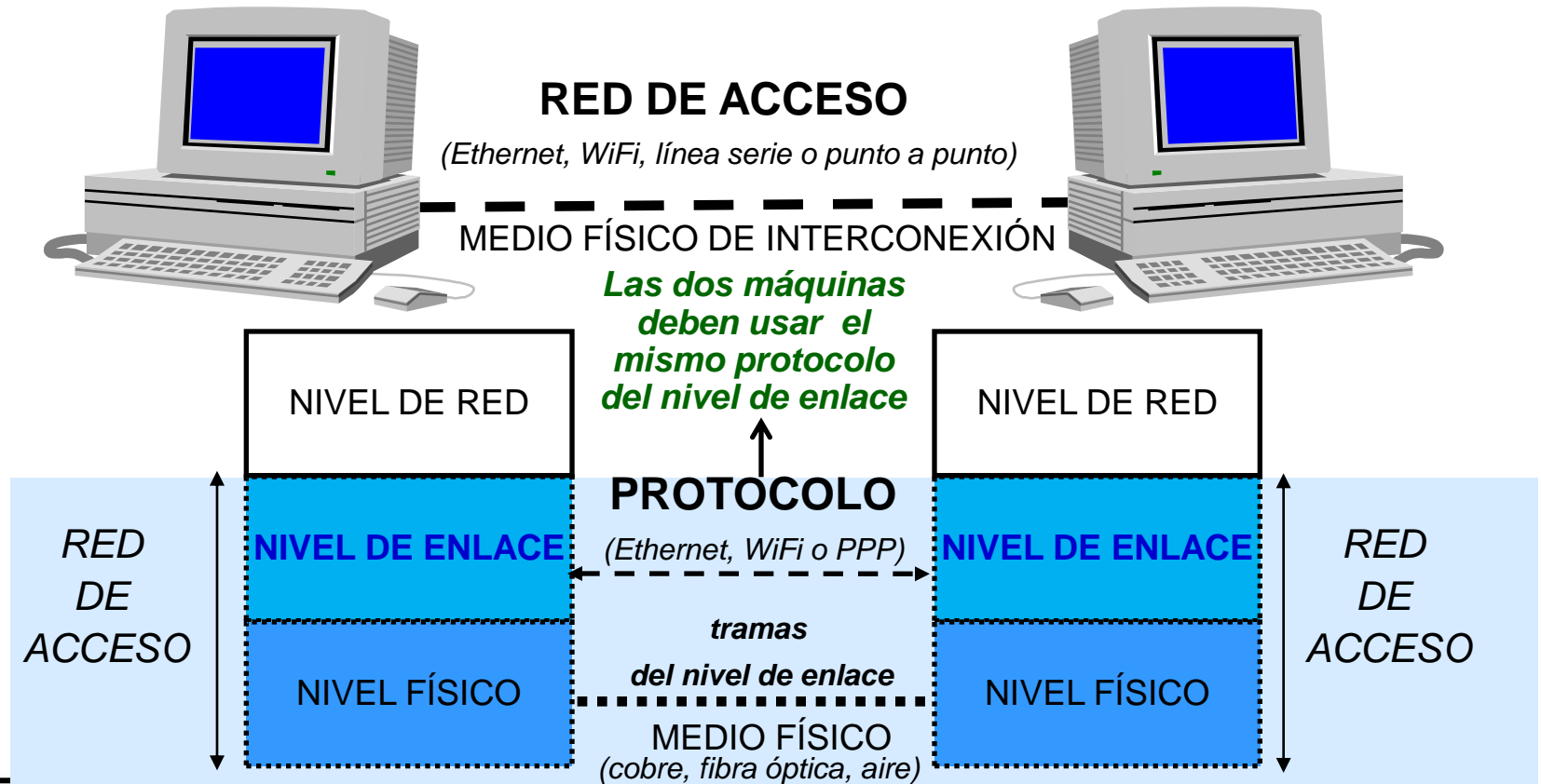
- Nivel Inferior de la arquitectura TCP/IP para el intercambio de información entre equipos vecinos
 - Los dos equipos deben usar el mismo protocolo de nivel de enlace
 - Cada trama de nivel de enlace encapsula un único paquete IP

Nivel de Enlace

o Nivel de Comunicaciones del Interfaz de la Red de Acceso

Nivel inferior de la arquitectura TCP/IP y, por tanto, entre Máquinas Vecinas, es decir, conectadas a la misma Red de Acceso para el intercambio de paquetes IP encapsulados en tramas de dicha Red de Acceso

MÁQUINAS VECINAS O CONTIGUAS



Arquitectura TCP/IP

Nivel de Enlace

o Nivel de Comunicaciones del Interfaz de la Red de Acceso

Dos procesos o entidades pares o iguales y, por tanto, “hablando el mismo idioma” en función de un mismo protocolo de comunicaciones del nivel de enlace

MÁQUINAS VECINAS O CONTIGUAS

A

B

*PROCESO O ENTIDAD
DEL NIVEL DE ENLACE*



*PROCESO O ENTIDAD
DEL NIVEL DE ENLACE*

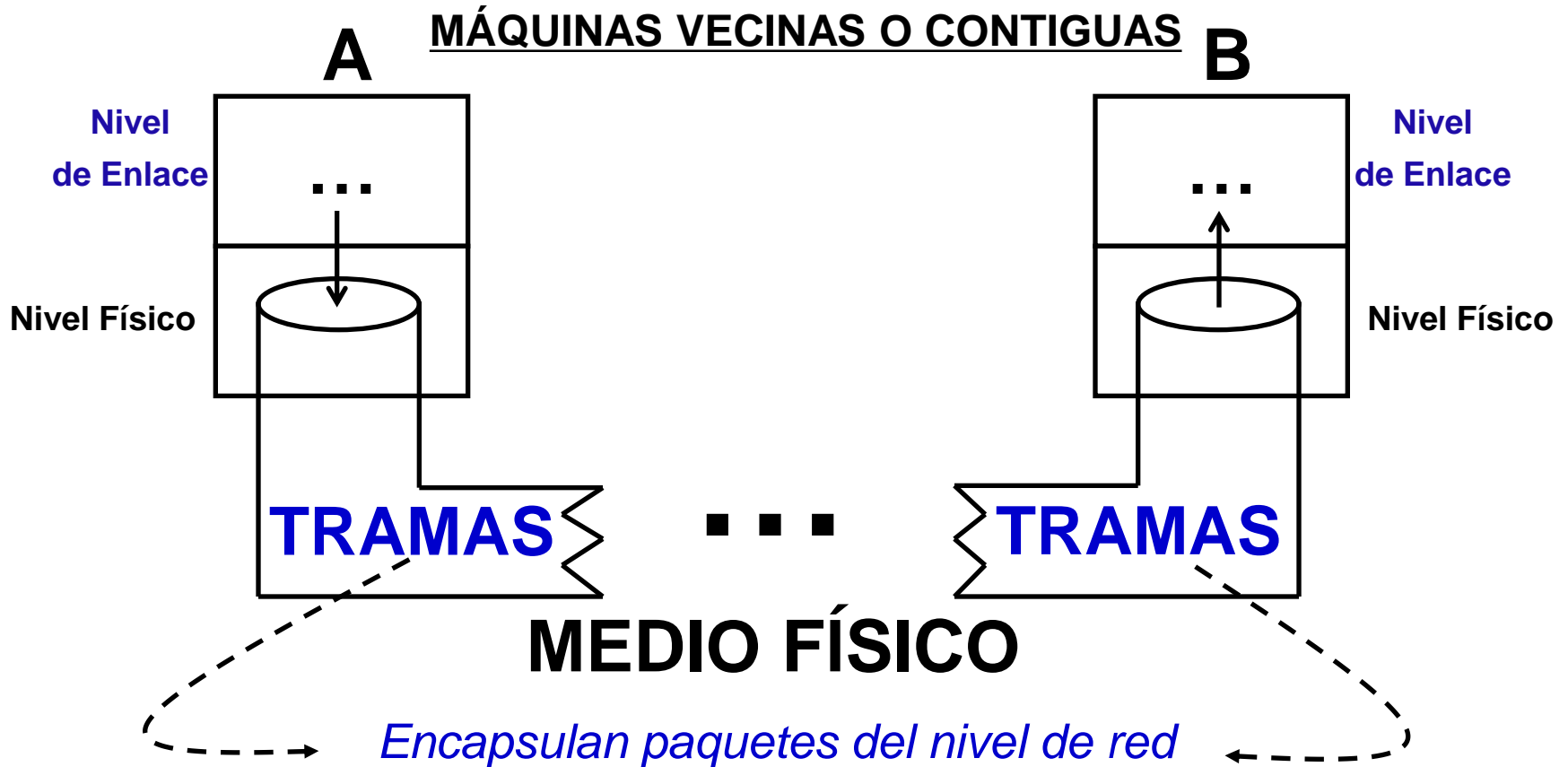
ENLACE DE DATOS

(Tubo “lógico” punto a punto)

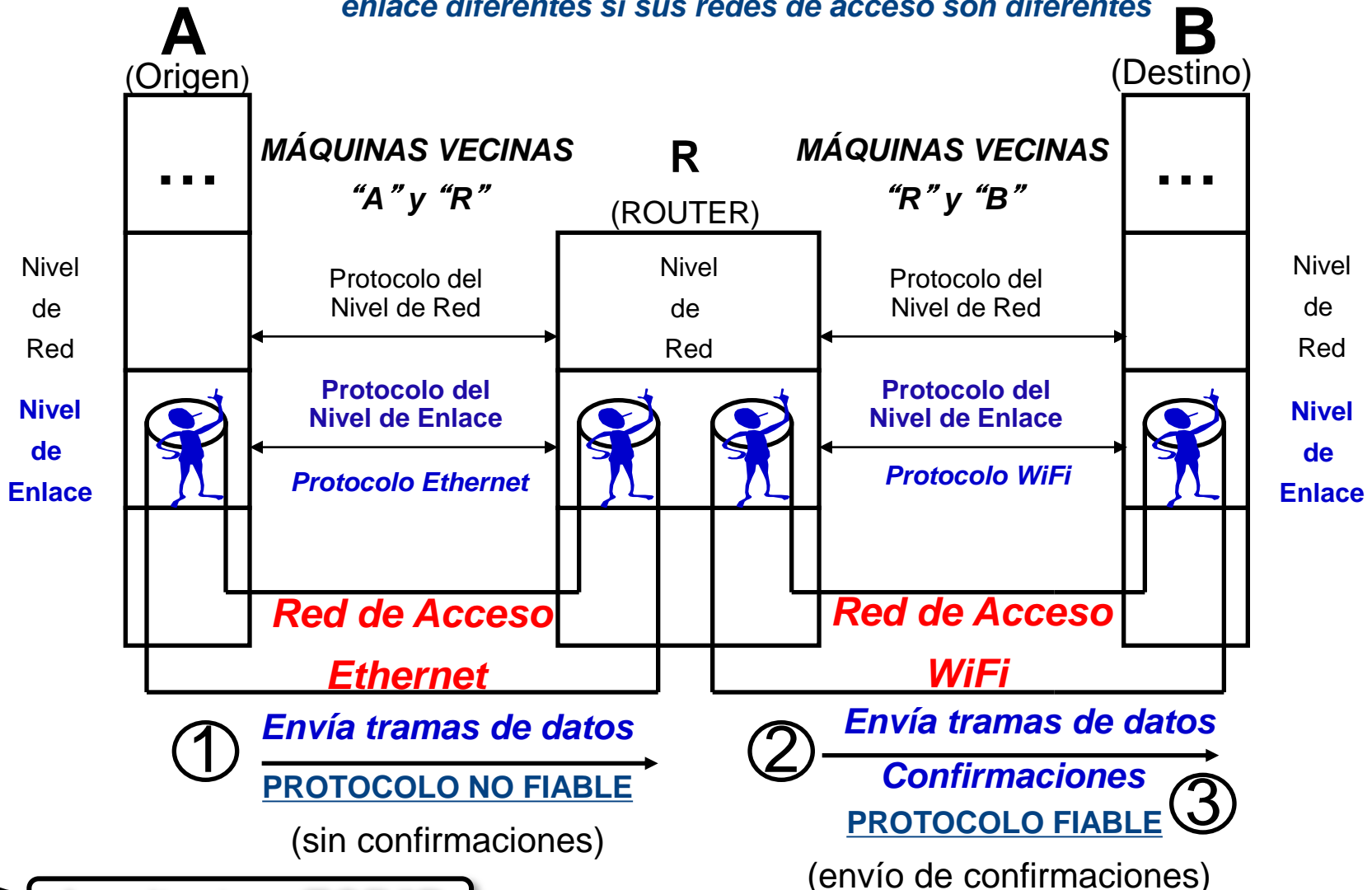
Nivel de Enlace

o Nivel de Comunicaciones del Interfaz de la Red de Acceso

Intercambio de tramas encapsulando datagramas IP o paquetes IP



SI LOS SISTEMAS FINALES ORIGEN Y DESTINO NO SON VECINOS, las direcciones origen y destino de las tramas en un punto del trayecto no tienen porqué coincidir con las direcciones origen y destino del nivel de enlace de los sistemas finales e, incluso éstos, pueden disponer de protocolos del nivel de enlace diferentes si sus redes de acceso son diferentes



FUNCIONES PRINCIPALES DE UN PROTOCOLO DEL NIVEL DE ENLACE

- 1. Sincronización y Delimitación de trama**
- 2. Control (detección y corrección o recuperación) de errores**
- 3. Control de flujo**

FUNCIÓN DE SINCRONIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE TRAMA

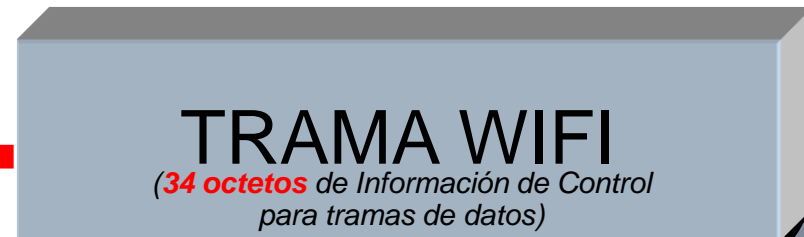
■ TRAMAS ETHERNET *(26 octetos de información de control)*

■ En el nivel Físico



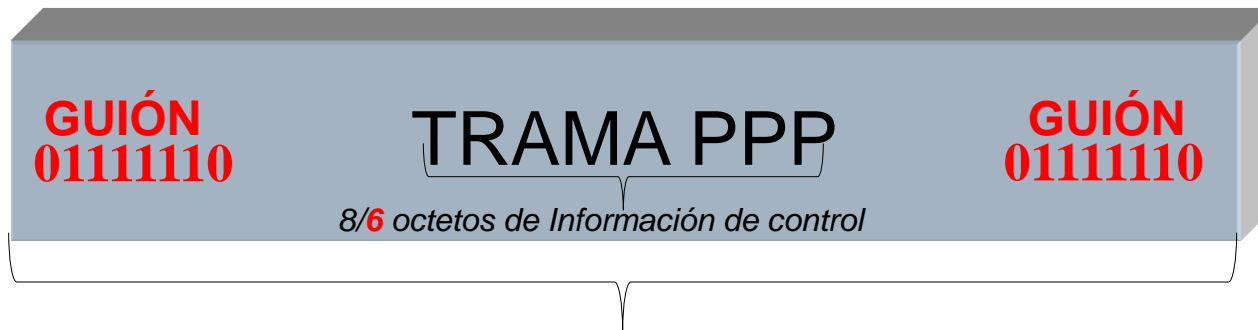
■ TRAMAS WIFI *(49 octetos de información de control)*

– En el nivel Físico



FUNCIÓN DE DELIMITACIÓN DE TRAMA

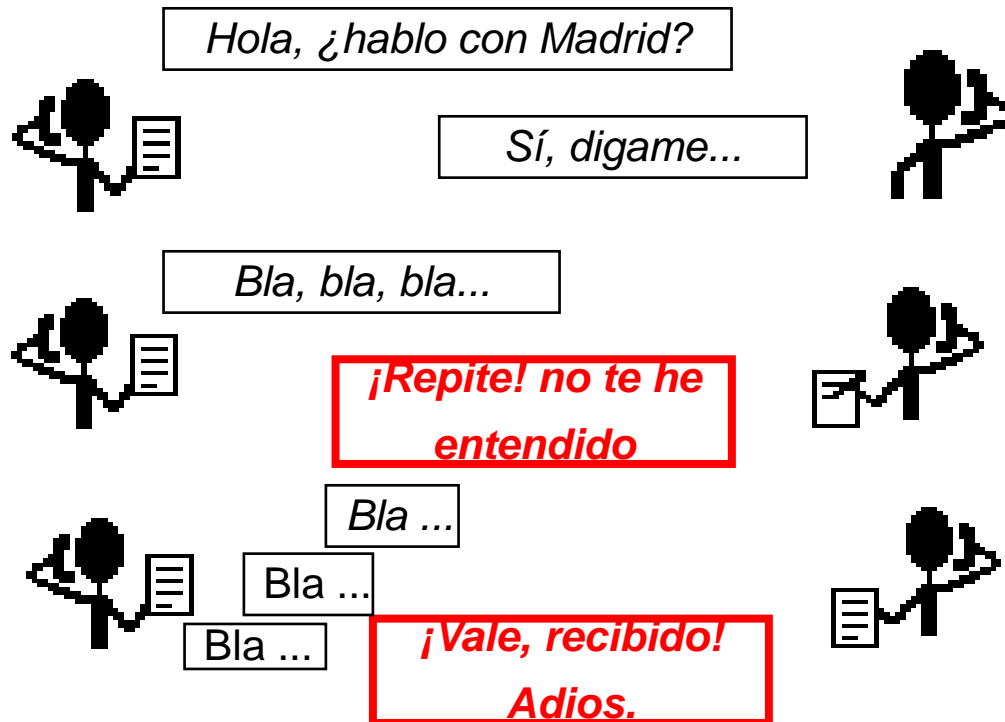
- TRAMAS PPP (*accesos ADSL vía cable telefónico*)
 - En el nivel de Enlace (*17 octetos de información de control*)
 - GUIÓN DELIMITADOR (01111110) de Inicio y Fin de trama



TOTAL DE INFORMACIÓN DE CONTROL = 2 (GUIONES) + 6 = 8 OCTETOS

FUNCIÓN DE CONTROL DE ERRORES

- *Detección y recuperación de errores lógicos (anomalías que no suelen ocurrir por tramas perdidas, desordenadas y duplicadas) y errores físicos o de transmisión (anomalías que no suelen ocurrir por bits cambiados, típicamente en redes WiFi) en las tramas*



FUNCIÓN DE CONTROL DE FLUJO

- *Función por la que se asegura que una entidad o proceso emisor del nivel de enlace no inunde con datos a su entidad o proceso receptor vecino del nivel de enlace*



- Mecanismo básico de control de flujo:
✓ *Parada y espera*

FUNCIÓN DE CONTROL DE FLUJO

MECANISMO DE PARADA-ESPERA

- Mecanismo que **impide** a la entidad emisora enviar una nueva trama de datos sin haber recibido una confirmación de la anterior
- La entidad emisora, una vez transmitida una trama, SE PARA Y ESPERA a recibir su confirmación antes de enviar una nueva trama

Emisor Receptor

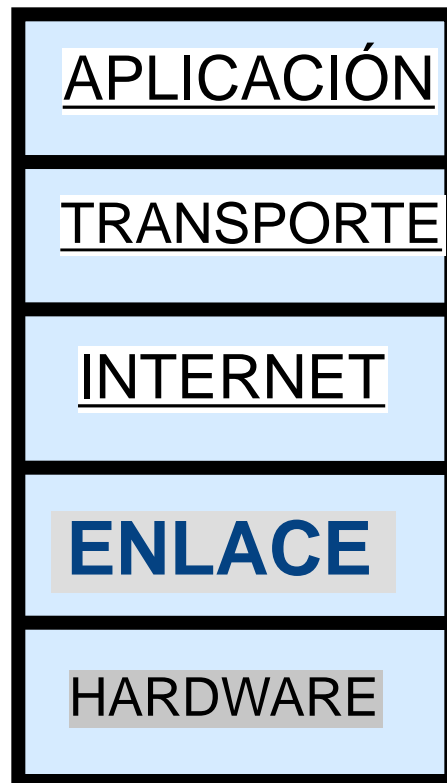


PROTOSCOLOS DEL NIVEL DE ENLACE EN INTERNET

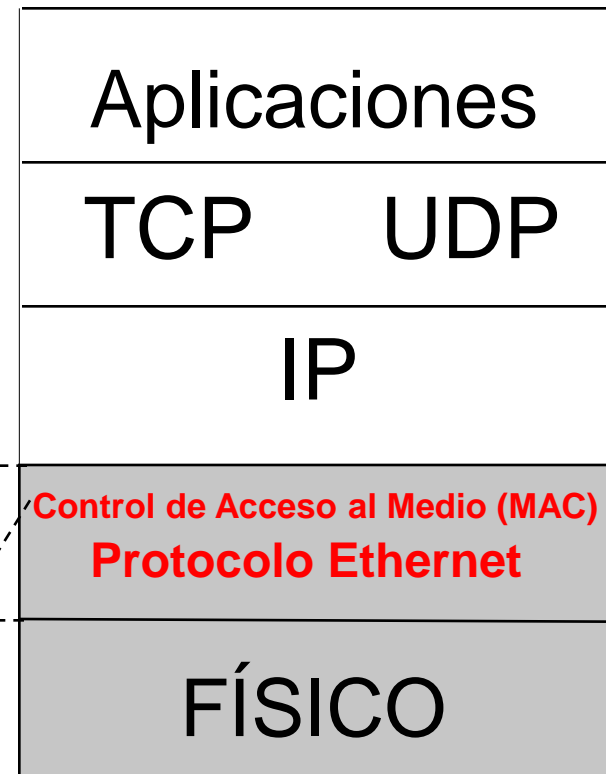
Protocolo Ethernet del Interfaz de la Red de Acceso Ethernet

ARQUITECTURA

TCP/IP



Arquitectura TCP/IP en una Red Ethernet

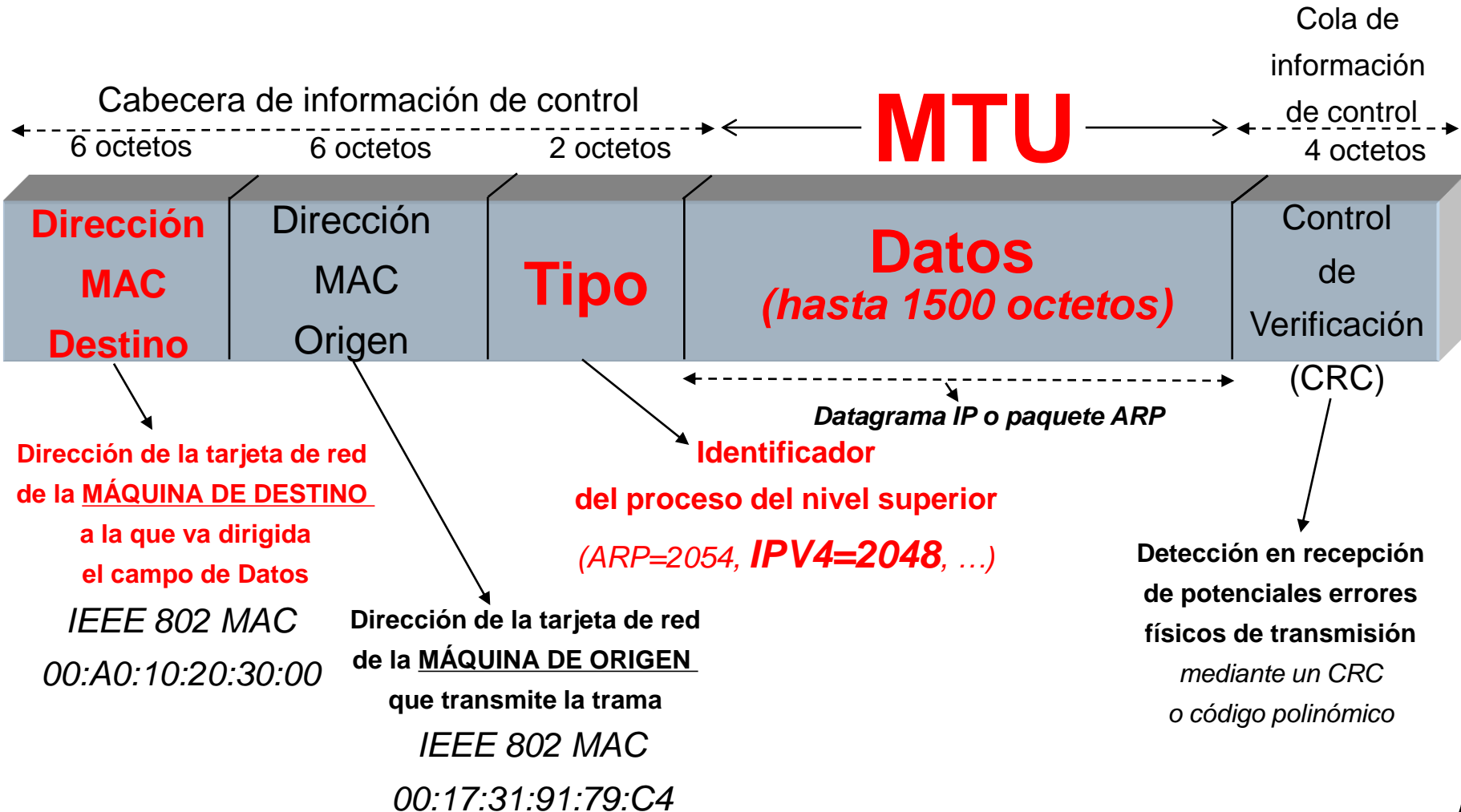


MAC: Media Access Control

Servicio No Fiable

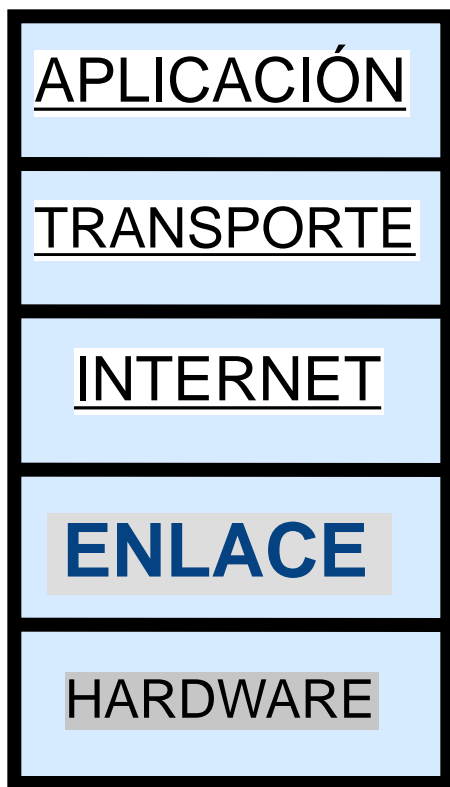
- No hay control de errores ni control de flujo
 - *Detecta errores físicos o de transmisión (bits cambiados) y elimina dichas tramas*

Formato de la Trama Ethernet



Protocolo WiFi

ARQUITECTURA TCP/IP



Arquitectura TCP/IP en una Red WiFi



MAC: Media Access Control

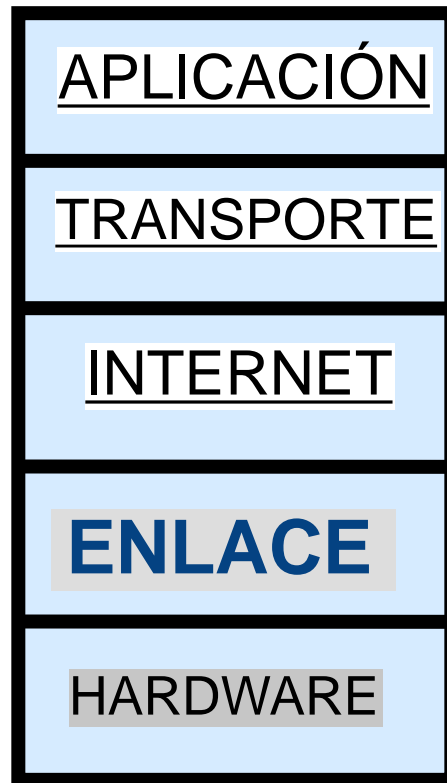
Servicio Fiable

- Hay control de errores y flujo
 - Detecta errores físicos o de transmisión (bits cambiados), eliminando y recuperando dichas tramas

EL PROTOCOLO DEL INTERFAZ DE RED EN LAS LÍNEAS PUNTO A PUNTO DE INTERNET

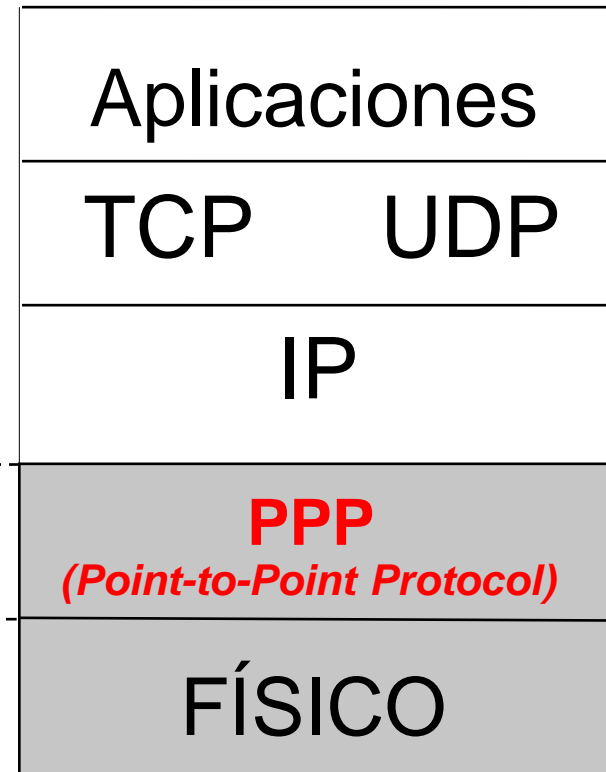
RFC-1661 STD 0051

ARQUITECTURA
TCP/IP



RED DE
ACCESO:
Línea serie o
punto a punto
(accesos ADSL)

*Arquitectura TCP/IP en una Red de
Acceso Punto a Punto*



Arquitectura TCP/IP

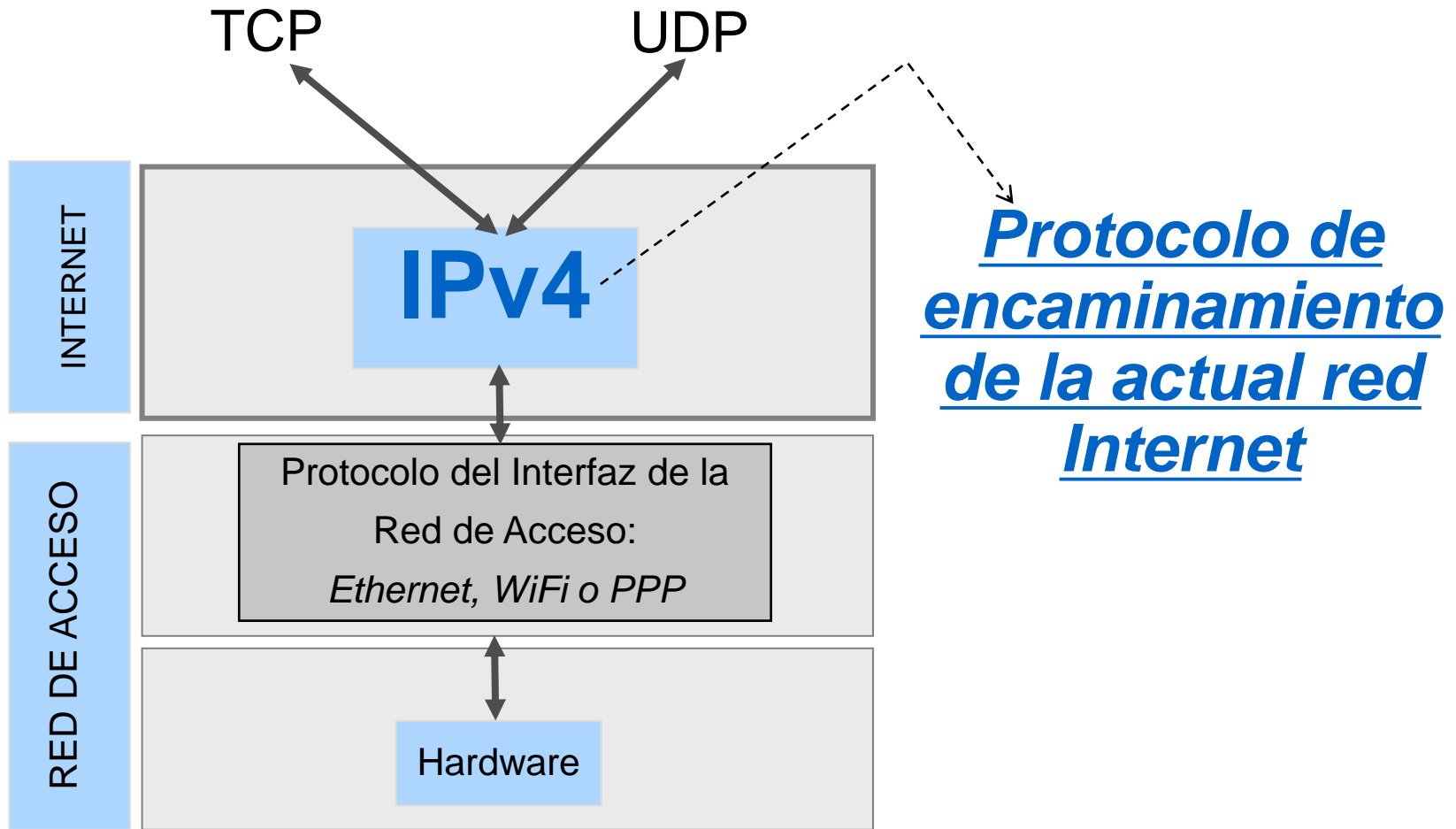
Servicio Fiable y No Fiable

- Con confirmaciones o FIABLE
 - Protocolo PPP con negociación previa de fiabilidad
- Sin confirmaciones o NO FIABLE
 - Protocolo PPP (configuración por omisión)

2.5 Nivel de red

- Generalidades
- Tipos de transmisiones
- Direccionamiento IPv4
- Protocolo IPv4
- Protocolo ICMPv4

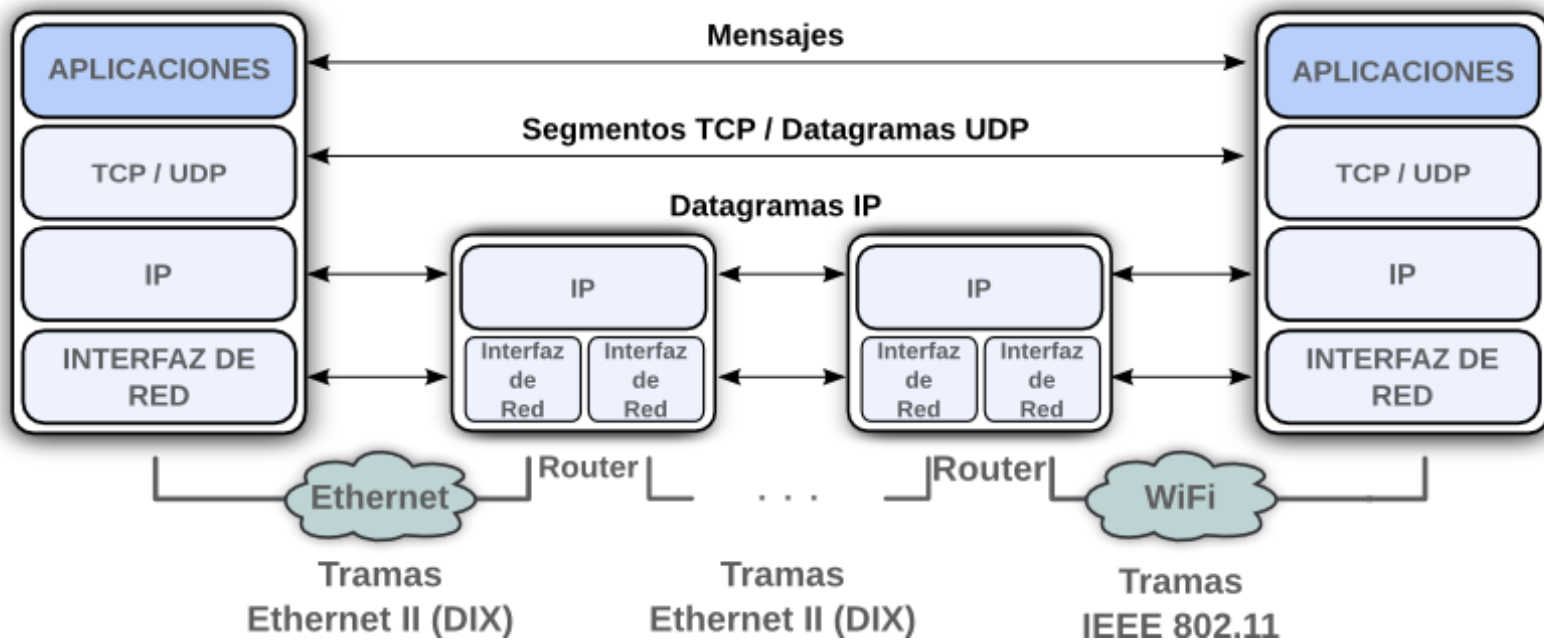
NIVEL IP o NIVEL DE RED o NIVEL DE INTERNET



Nivel de red

Generalidades

- Protocolo IP: Nivel inferior TCP/IP responsable del **encaminamiento**, en función de la dirección IP del destinatario y siempre entre dos máquinas vecinas conectadas a la misma red de acceso en el trayecto entre el origen y el destino
- Un datagrama IP lleva encapsulado un segmento TCP o datagrama UDP



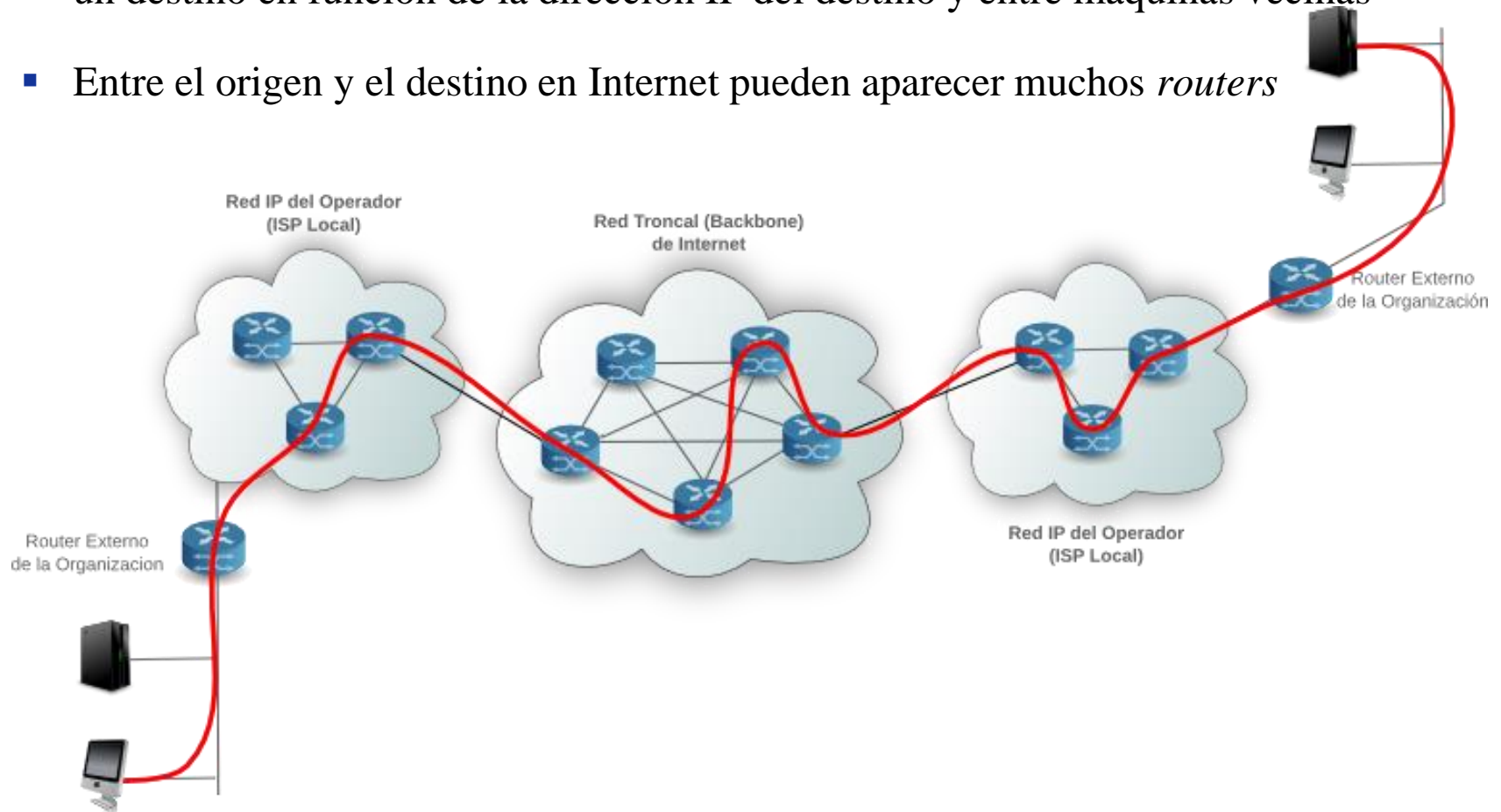
Dos Versiones del Protocolo IP

- IPv4: Protocolo de encaminamiento ACTUAL en Internet
 - Versión que está alcanzando el final de su vida operativa
 - El mundo de las comunicaciones ha evolucionado mucho desde su aparición
 - Aunque se diseñó hace más de 40 años, sigue funcionando, incluso, con aplicaciones en tiempo real basadas en streaming de audio y vídeo
 - Deficiencias de diseño para la actual y futura red Internet
- IPv6: Protocolo de encaminamiento FUTURO en Internet
 - IPv6 es un IPv4 mejorado
 - Diferencias actuales con respecto a IPv4:
 - DIRECCIONAMIENTO: *De 4 octetos a 16 octetos*
 - Flexibilidad y rapidez en el ENCAMINAMIENTO (mayor rendimiento en los routers): *Cabecera de información de control más simple con la mitad de campos*
 - SEGURIDAD

Nivel de red

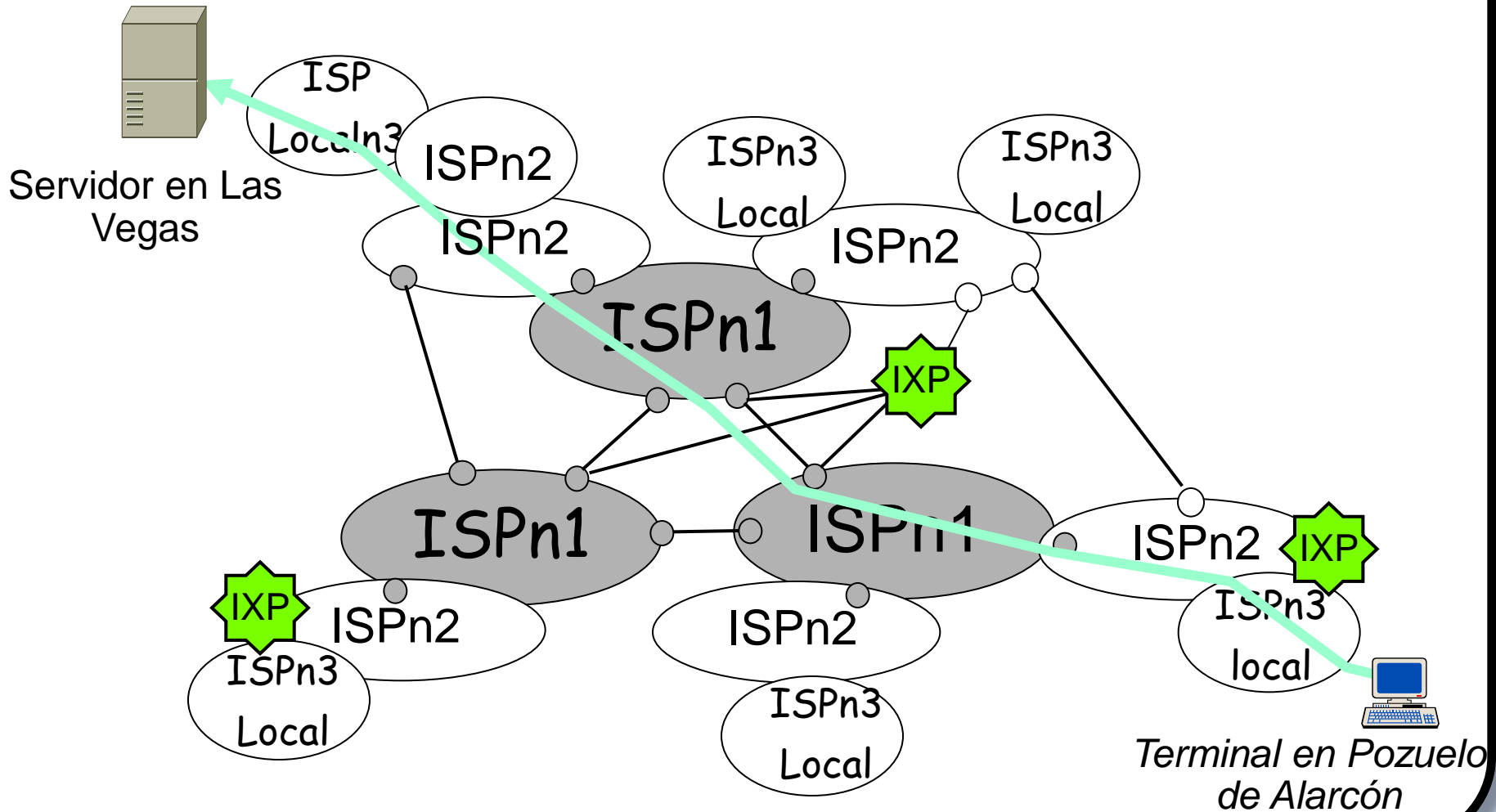
Generalidades

- IPv4 encamina paquetes por los diferentes *routers* de Internet desde un origen a un destino en función de la dirección IP del destino y entre máquinas vecinas
- Entre el origen y el destino en Internet pueden aparecer muchos *routers*



Comunicaciones en Internet

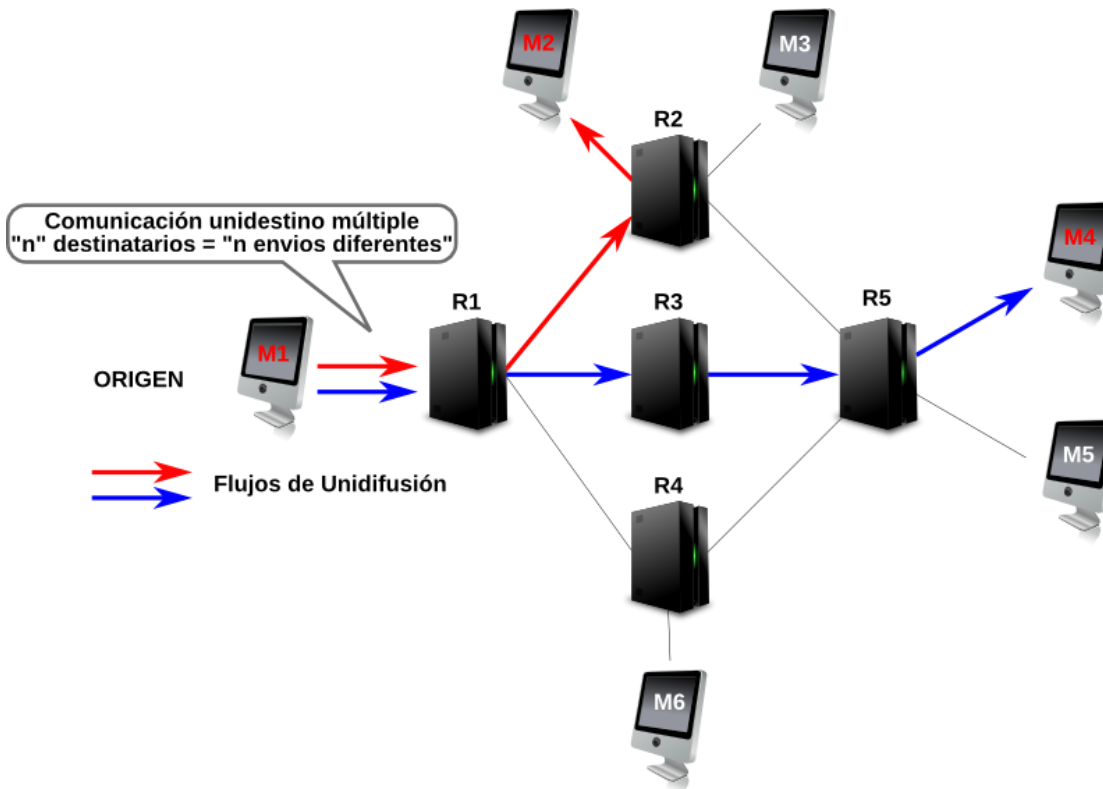
Los paquetes IP pueden pasar a través de una gran variedad de routers y redes pertenecientes a ISPs de diferentes niveles



Nivel de red

Tipos de transmisiones

- Unidifusión (*unicast*)**



Transmisión punto a punto desde un sistema final origen a un sistema final destinatario

Comunicación de "1 a 1" con entrega a un único interfaz

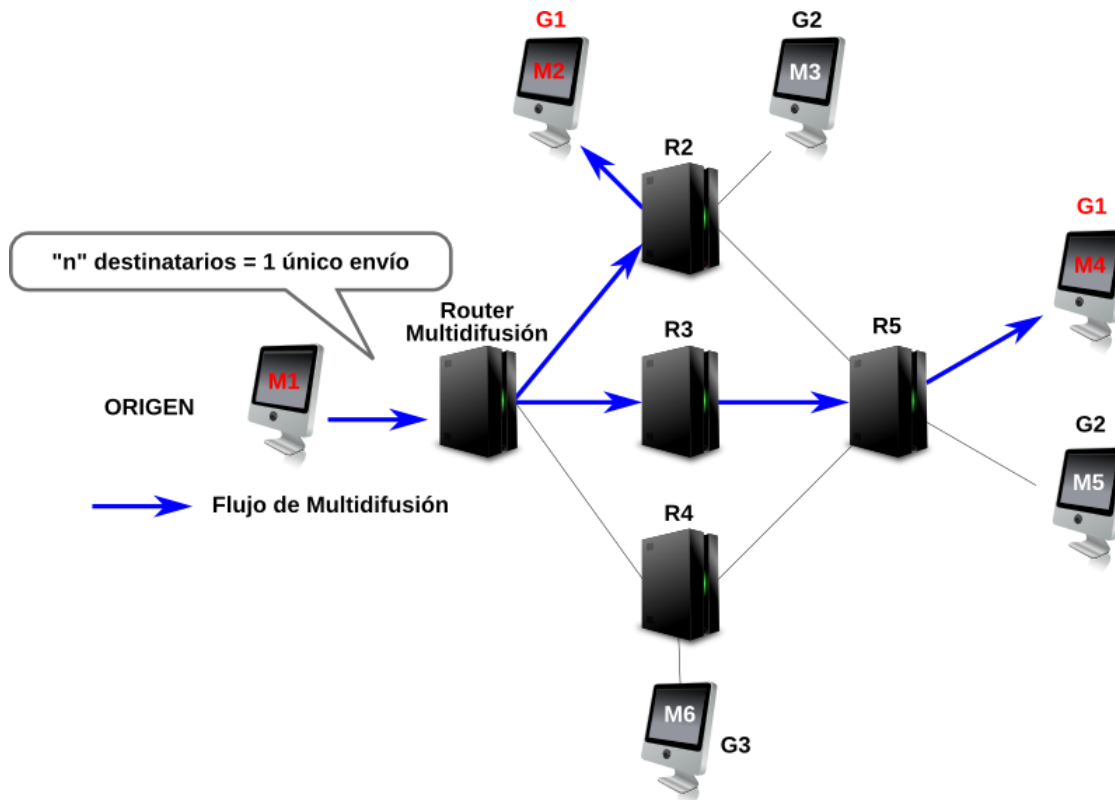
En aplicaciones tales como programas de radio y televisión, etc. Muy poco eficientes.

A nivel IP se transmiten los mismos datagramas a todos los destinos.

Nivel de red

Tipos de transmisiones

- Multidifusión (*multicast*):**



Transmisión, en un solo envío, desde un sistema final origen a todos los sistemas destinatarios que comparten una misma dirección IP de multidifusión correspondiente a un grupo

Comunicación de 1 a "n" con entrega a "n" interfaces

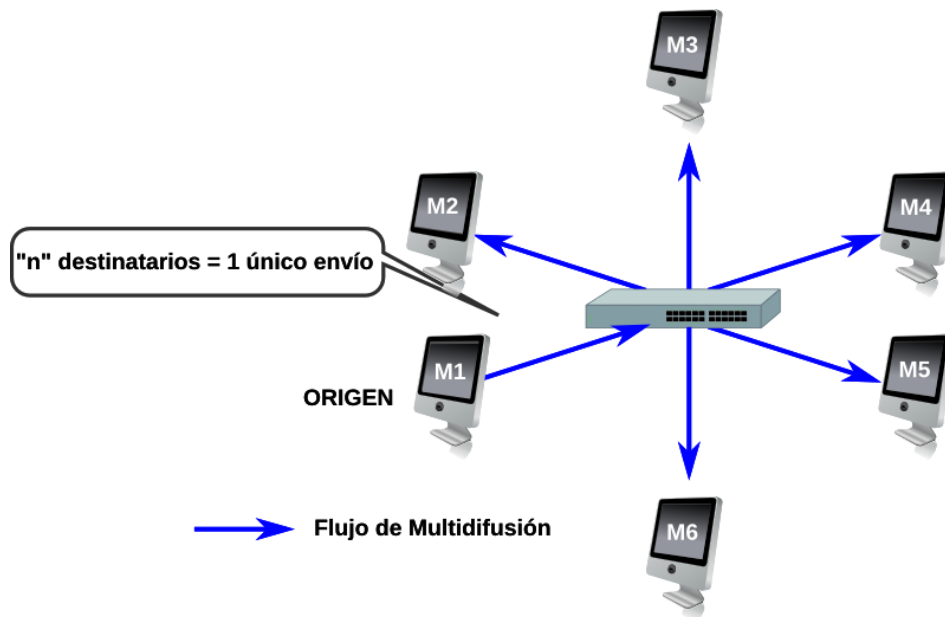
Si hay "n" destinatarios en el grupo, sólo se transmite una vez la información desde el sistema origen

Routers de multidifusión por Internet manejan direcciones IP de multidifusión y hacen las copias necesarias

Nivel de red

Tipos de transmisiones

- Difusión** (*broadcast*)



Difusión (broadcast): transmisión, en un solo envío, desde un sistema final origen a todos los “sistemas destinatarios vecinos” conectados a la misma red de difusión (Ethernet o WiFi)

Comunicación de 1 a “n” con entrega a “n” interfaces VECINOS

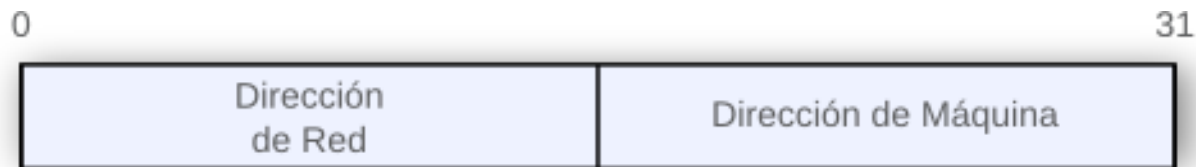
Si hay “n” destinatarios vecinos, sólo se transmite una vez la información desde el sistema origen

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Direcciones numéricas

- Las redes de comunicaciones en Internet (*Ethernet* y WiFi) y las máquinas conectadas a dichas redes tienen siempre una dirección IPv4
- **Formato de una dirección IP** (o dirección Internet o dirección numérica):
 - ✓ Modelo jerárquico de direccionamiento en dos niveles: Redes y sistemas



- ✓ Notación decimal con puntos: 4 octetos (un octeto es un entero decimal) separados por puntos

138.100.12.16

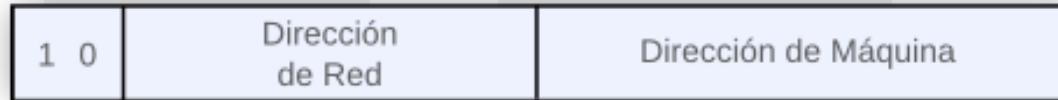
Nivel de red

Direccionamiento IPv4. Direcciones numéricas

0 1 7 8 31



0 1 2 15 16 31



0 1 2 3 23 24 31



■ Clase A:

■ Clase B:

■ Clase C:

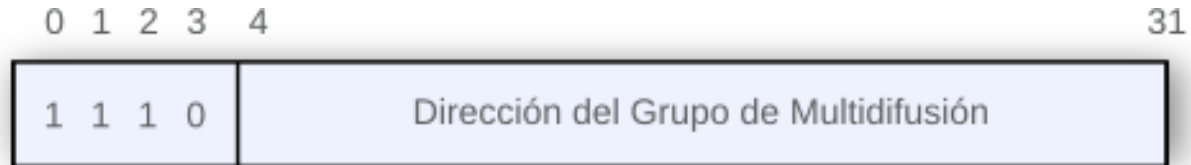
Clase	Rango de identificación	Nº máximo de redes	Nº máximo de máquinas
A	$0 < \text{red} < 127$	$2^7 - 2 = 126$ (todos los 0s y 127 reservado)	$2^{24} - 2 = 16.777.214$ (todos los 0s y 1s reservado)
B	$128 \leq \text{red} < 192$	$2^{14} = 16.384$	$2^{16} - 2 = 65534$ (todos los 0s y 1s reservado)
C	$192 \leq \text{red} < 224$	$2^{21} = 2.097.152$	$2^8 - 2 = 254$ (todos los 0s y 1s reservado)

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

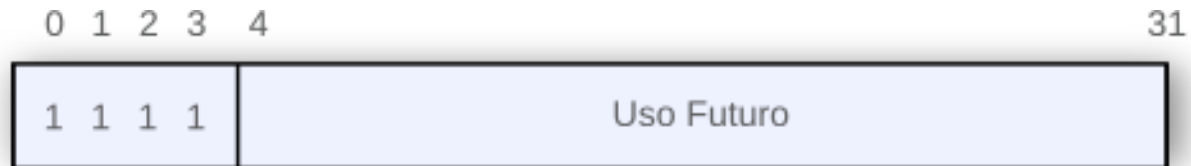
Direcciones numéricas

■ Clase D:



- ✓ Transmisiones simultáneas en tiempo real: audio y videoconferencias, teleeducación, video bajo demanda, juegos en red, simulaciones distribuidas, noticias, ...
- ✓ Rango completo: 224.0.0.0 --- 239.255.255.255
- ✓ Direcciones reservadas: 224.0.0.1 --- 224.0.0.255
- ✓ Aplicaciones de multidifusión por Internet: 224.0.1.1---239.255.255.255

■ Clase E:



- ✓ Sin usar o formato futuro o experimental
- ✓ Rango completo: 240.0.0.0 --- 255.255.255.255

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Direcciones numéricas

- **Clases de direcciones IP:** en función de las 3 clases de transmisiones IP y del nº de bits utilizados para identificar redes y máquinas:
 - ✓ Clase A: Unidifusión y difusión
 - ✓ Clase B: Unidifusión y difusión
 - ✓ Clase C: Unidifusión y difusión
 - ✓ Clase D: Multidifusión
 - ✓ Clase E: Experimental o reservada

Dos Direcciones Particulares IPv4 Clases A, B, C

- DIRECCIONES IPv4 RESERVADAS
- DIRECCIONES IPv4 ESPECIALES

DIRECCIONES IPv4 RESERVADAS CLASES A, B y C (RFC-950, STD-5)

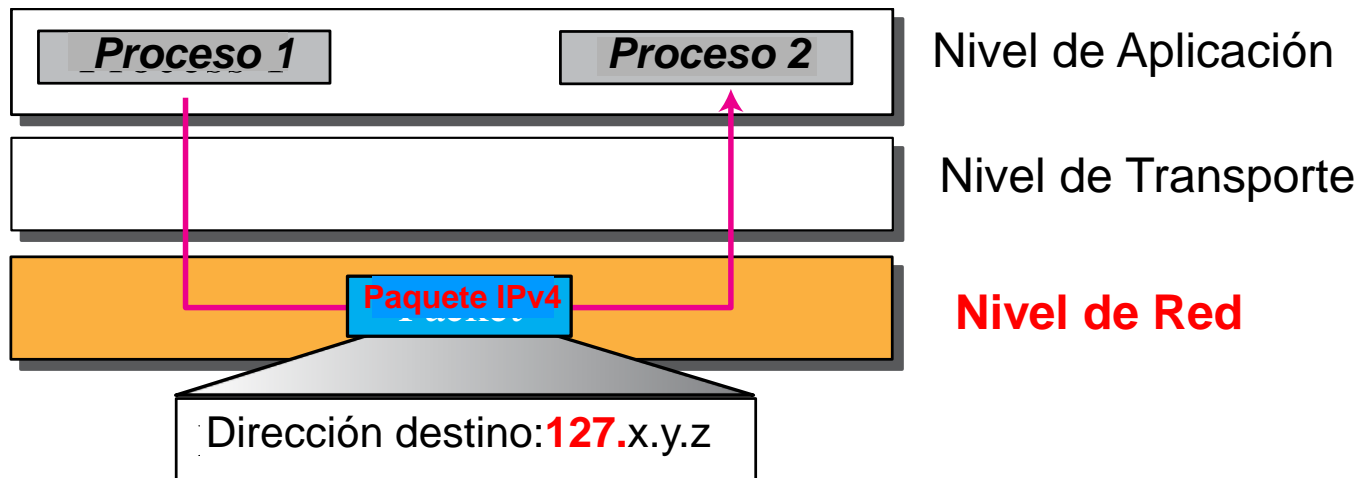
- Hay 2 direcciones de red clase A reservadas, aquéllas cuyo primer octeto en decimal comienza por un **“0”** (0000 0000) o un **127”** (0111 1111)
 - **0.0.0.0**: Ruta por omisión en una tabla IP o ruta directa a través de la propia máquina en una tabla IP o solicitud de configuración TCP/IP vía DHCP (dirección IP CLIENTE u origen de la solicitud = 0.0.0.0), etc.
 - **127.0.0.0**: Dirección de la red de bucle o loopback
- Hay 2 direcciones de máquinas clase A, B y C reservadas
 - **“Todo a “ceros”** (dirección de red)
 - **“todo a “unos”** (difusión dirigida a una red)

Tres Direcciones IPv4 ESPECIALES

- DIFUSIÓN LIMITADA a una red (Limited Broadcast): Todo a “unos” en los 32 bits de la dirección IP destino
 - Dirección IP destino = **255.255.255.255**
- DIFUSIÓN DIRIGIDA a una red (Directed Broadcast): Todo a “unos” en la parte de máquina de la dirección IP destino
 - red.red.**255.255** (difusión dirigida a una red de la clase B)
- DIRECCIÓN DE BUCLE (Loopback address): Primer octeto = **127**.x.x.x
 - Pruebas de acceso a la propia máquina y a procesos servidores locales
 - Desarrollo de aplicaciones cliente y servidor en la propia máquina

Dirección de Bucle

EQUIPO



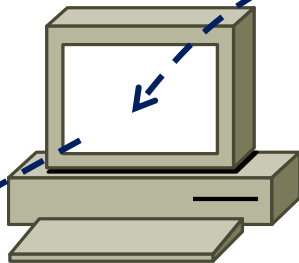
DIRECCIÓN DE BUCLE

Pruebas de acceso a la propia máquina

TABLA IP

DESTINO	RUTA	INTERFAZ
127.0.0.0	127.0.0.1 (Por mí mismo)	1

A cualquier máquina de esta red



127.0.0.0
(RED FICTICIA)

127.0.0.1

ping 127.0.0.1 (comprobación de la disponibilidad de la utilidad "ping" y de IP/ICMP)

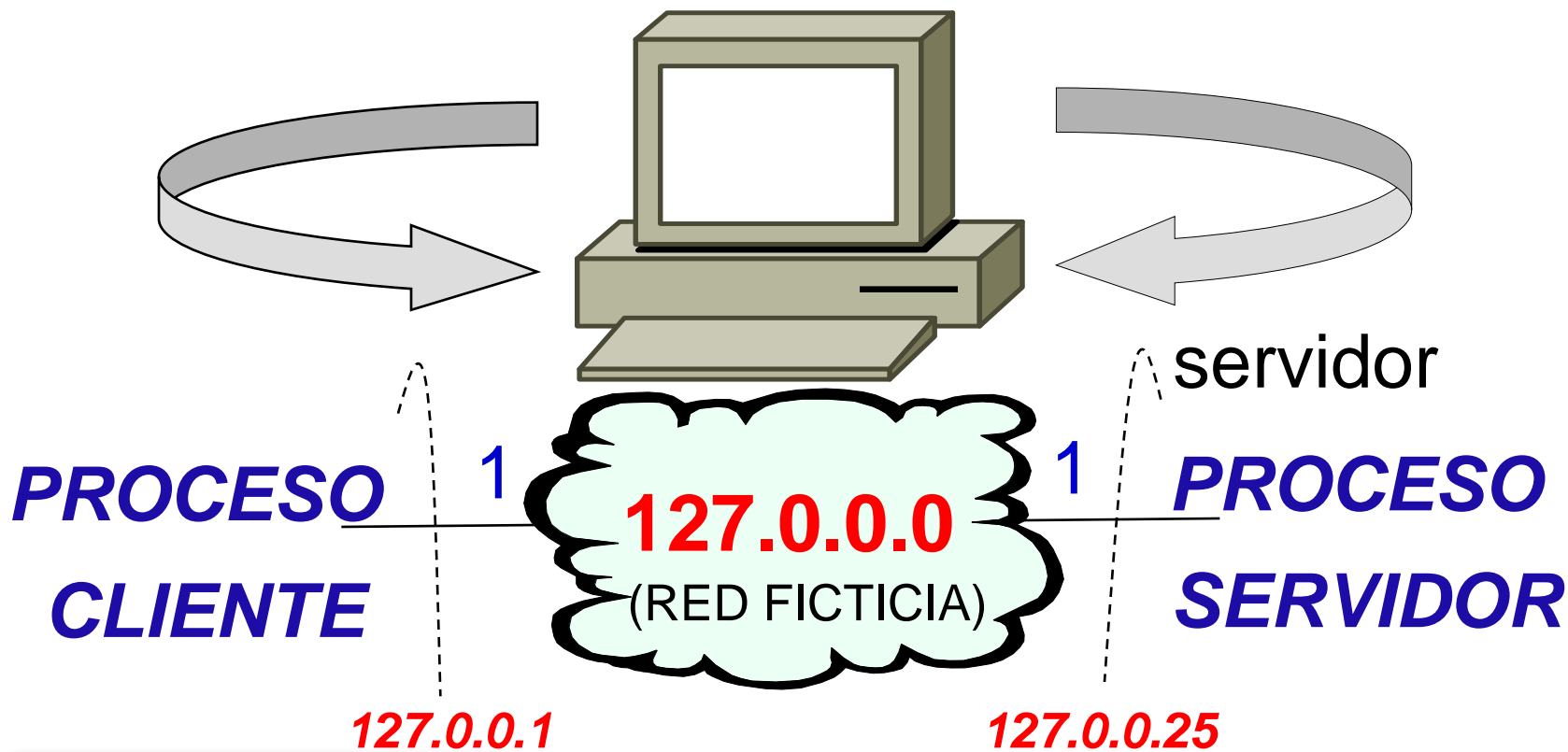
tracert 127.0.0.1 (comprobación de la disponibilidad de la utilidad "tracert" y de IP/ICMP)

DIRECCIÓN DE BUCLE

Desarrollo de Aplicaciones Cliente y Servidor dentro de la Propia Máquina

TABLA IP

DESTINO	ruta	INTERFAZ
127.0.0.0	127.0.0.1	1



4 Tipos de Direcciones IPv4

- Direcciones de Red
- Direcciones de Subred
- Direcciones de Superred
- Direcciones de Máquina

TODA DIRECCIÓN IPv4 TIENE UNA MÁSCARA ASOCIADA

4 TIPOS DE DIRECCIONES IP: De red, subred, superred y máquina

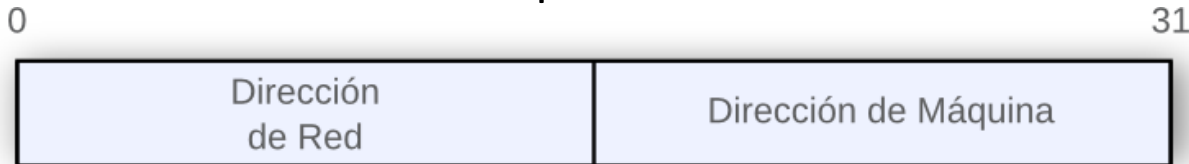
4 TIPOS DE MÁSCARAS: De red, subred, superred y máquina

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Máscaras

- Toda dirección IP tiene una máscara asociada
- Una **máscara de red** es un número de 32 bits que contiene “unos” en los bits que identifican a la dirección de red y “ceros” en los bits que identifican a la dirección de máquina en dicha red



- ✓ Los “unos” de una máscara de red indican los bits de la dirección IP que no se pueden “tocar”
- ✓ Los “ceros” de una máscara de red indican los bits de la dirección IP que se pueden “tocar” para direccionar máquinas (o subredes y máquinas en dichas subredes)
- ✓ El estándar RFC-950 recomienda que los bits a “unos” sean contiguos
- ✓ Toda máscara de red (registrada en la tabla de encaminamiento) facilita las labores de encaminamiento mediante la aplicación de la operación lógica “AND” a la dirección destino y máscara correspondiente

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Máscaras

- Máscaras por omisión** para las redes de clase A, B y C:

Clase de dirección	Máscara por omisión (Decimal)
A	255. 0.0.0
B	255.255. 0.0
C	255.255.255. 0

Ceros y Unos en una Máscara de la Tabla IP

- Toda máscara de subred debe cumplir que aplicada la operación lógica AND a una dirección IP destino de máquina en una subred, ponga a 0s la parte de máquina dejando sin modificar los bits de red y subred
 - ✓ Ninguna máscara lleva un 0 intercalado entre los 1s
 - ✓ Al aplicar la operación lógica “AND”, los 1s de la máscara proporcionan los bits más significativos de la correspondiente dirección IP destino
- Un 0 en una máscara significa que el bit correspondiente en la dirección IP de destino no es significativo para la función de encaminamiento
 - 128.1.1.0/255.255.255.0 (ningún bit del cuarto octeto de la dirección IP de destino se va a usar en el encaminamiento)
 - 0.0.0.0/0.0.0.0 (ningún bit de la dirección por omisión se va a usar en el encaminamiento)
- Un 1 en una máscara significa que el bit correspondiente en la dirección IP de destino es muy significativo para la función encaminamiento
 - de 128.1.1.1/255.255.255.255 (todos los bits de la dirección IP de destino se van a usar en el encaminamiento)

MÁSCARA DE UNA DIRECCIÓN DE MÁQUINA

- Una MÁSCARA DE MÁQUINA es un número de 32 bits que contiene “**UNOS**” en los bits que identifican a la dirección de máquina
- Una máquina utiliza los 32 bits de una dirección IP, por tanto, tiene una máscara de 32 bits a “**UNOS**”
 - 20.1.2.3/**255.255.255.255 (/32)**
 - 136.15.22.3/**255.255.255.255 (/32)**
 - 220.10.1.1/**255.255.255.255 (/32)**

Todos los bits de la dirección IP asociada son fundamentales para el encaminamiento

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Subredes

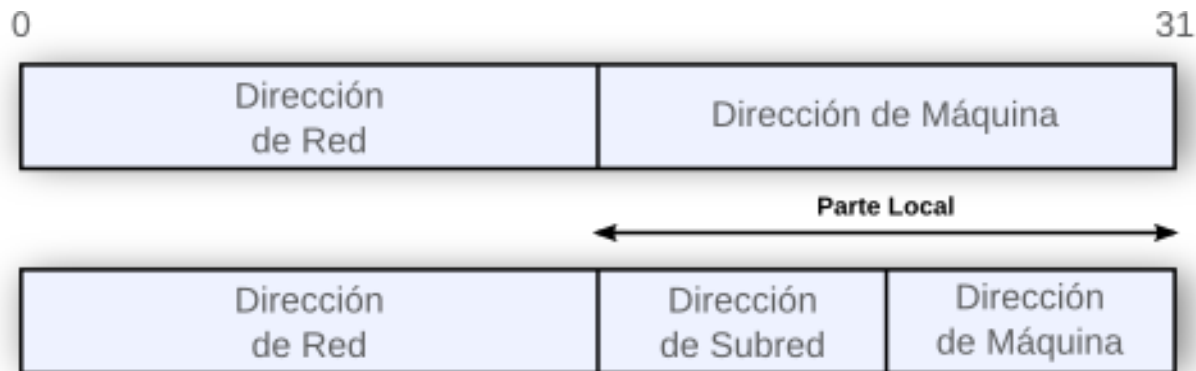
- **Creación de subredes** en una organización:
 - ✓ Cuando no se desean tener todas las máquinas conectadas a la misma red de una organización entonces se crean tantas subredes de dicha red como departamentos u oficinas existan
 - ✓ Una **subred** es una “red de comunicaciones más pequeña que la red original” y se crea a partir de la dirección IP asignada a la red de una organización
 - ✓ Una **subred** es una parte o un subconjunto de la red de comunicaciones, clase A, B o C, de una organización y, por tanto, es un subconjunto de la dirección IP asignada a la red de una organización
 - ✓ Un administrador crea sus propias subredes, y asigna direcciones IP a dichas subredes, a partir de la dirección IP de la red de dicha organización y del número de ceros de la máscara asociada a dicha dirección IP

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

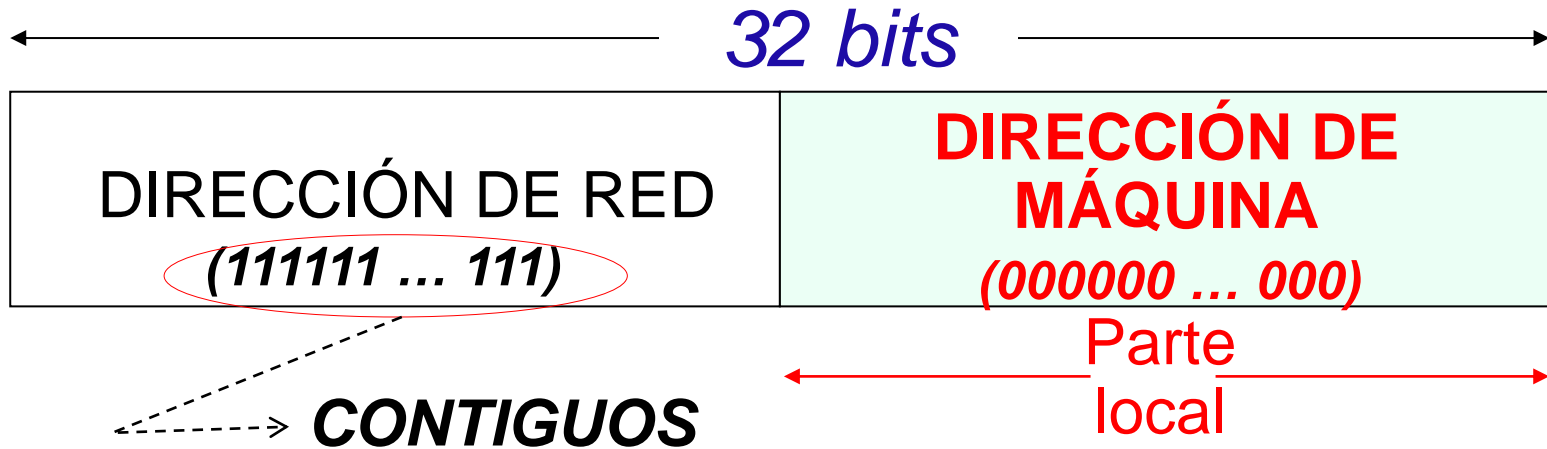
Subredes

- Se divide la dirección de máquina en dos partes:
 - ✓ Dirección de subred
 - ✓ Dirección de máquina



CREACIÓN DE SUBREDES EN UNA ORGANIZACIÓN

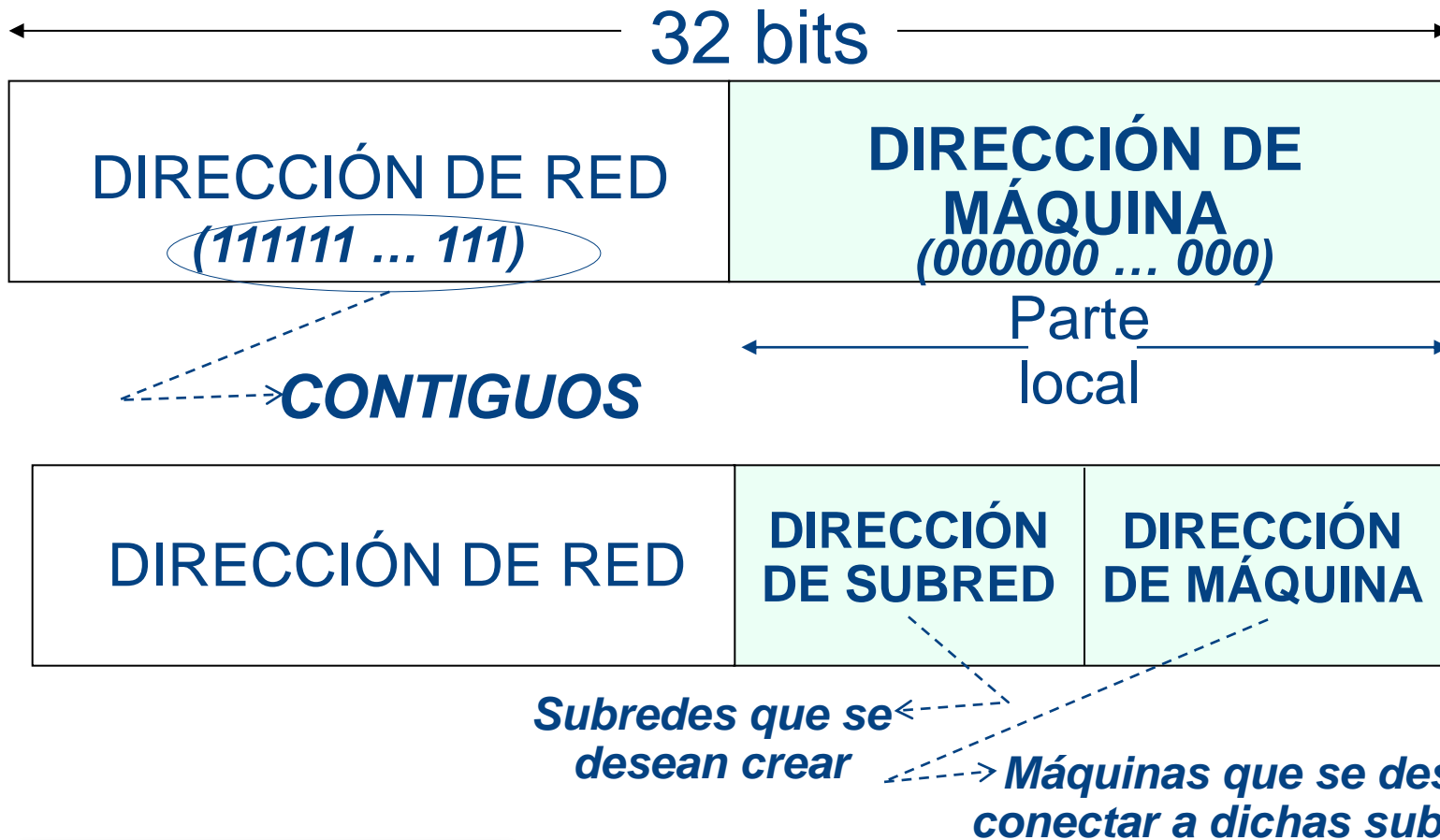
- En función del NUMERO DE CEROS DE LA MÁSCARA DE RED, se sabe cuál es la PARTE LOCAL, de la dirección IP de red, que se puede DIVIDIR EN DOS PARTES



- Los ceros de la máscara asociada a la dirección IP de partida (red de la organización) identifican los bits de la PARTE LOCAL o de DIRECCIÓN DE MÁQUINA que podemos "tocar" para direccionar:
 - MÁQUINAS (si no hay subredes)
 - SUBREDES y MÁQUINAS en dichas subredes

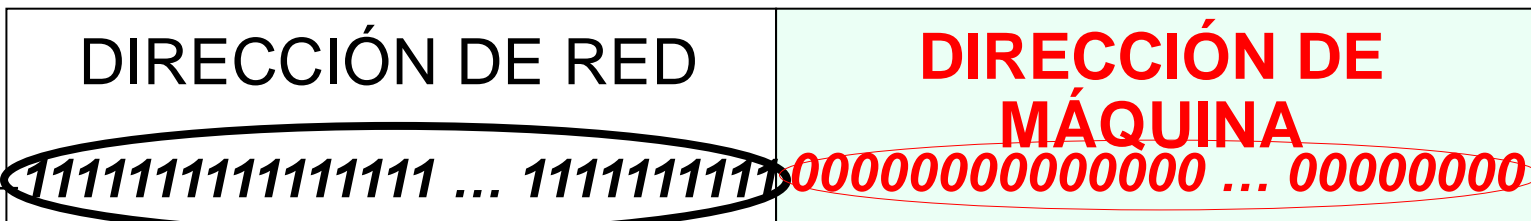
CREACIÓN DE SUBREDES EN UNA ORGANIZACIÓN

- Se divide la parte local o de dirección de máquina (todo a ceros) en dos partes:
 - Dirección de subred y Dirección de máquina



MÁSCARAS DE SUBREDES EN UNA ORGANIZACIÓN

← 32 bits →



MÁSCARA DE RED

Parte local

Los “unos”, de una máscara de red, indican los bits de la dirección IP QUE NO SE PUEDEN “TOCAR”

Los “ceros” de una máscara de red indican los bits de la dirección IP QUE SE PUEDEN “TOCAR” para crear subredes y máquinas en dichas subredes



MÁSCARA DE SUBRED

Máquinas que se desean conectar a dichas subredes

Los “unos”, de una máscara de red, indican los bits de la dirección IP QUE NO SE PUEDEN “TOCAR”

Subredes que se desean crear

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Subredes

- **Máscara de subred** un número de 32 bits que contiene “unos” en los bits que identifican a la dirección de subred y “ceros” en los bits que identifican a la dirección de máquina en dicha subred
 - ✓ Los “unos” de una máscara de subred indican los bits de la dirección IP que no se pueden “tocar”
 - ✓ Los “ceros” de una máscara de subred indican los bits de la dirección IP que se pueden “tocar” para direccionar máquinas (o más subredes y máquinas en dichas subredes)
 - ✓ Una dirección de subred también se puede utilizar para crear más subredes a partir de su máscara
 - ✓ El estándar RFC-950 recomienda que los bits a “unos” sean contiguos
 - ✓ Toda máscara de subred, tiene siempre más “unos” que la correspondiente máscara por omisión, clase A, B, y C, de la dirección IP de partida
 - ✓ Toda máscara de subred (registrada en la tabla de encaminamiento) facilita las labores de encaminamiento mediante la aplicación de la operación lógica “AND” a la dirección destino y máscara correspondiente

Criterio de Distribución de Bits en la Parte Local de Subred y Máquina

1. Clase A, B, o C de la DIRECCIÓN IP DE RED ASIGNADA y MÁSCARA ASOCIADA para OBTENER LA PARTE LOCAL DE DICHA DIRECCIÓN en función del número de ceros de dicha máscara
2. Número de subredes que se desean crear y número de máquinas que se desean conectar a dichas subredes
3. Direcciones reservadas para la parte local de máquina (“todo a ceros y unos”)

Nivel de red

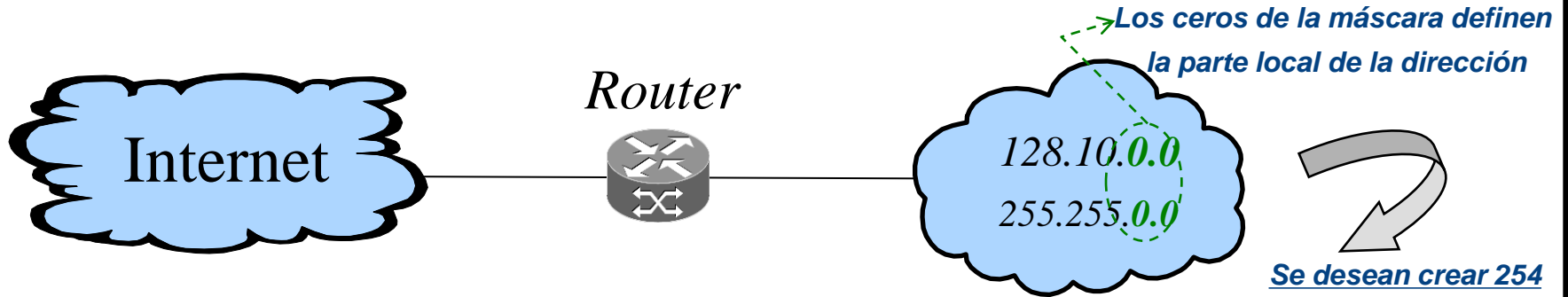
Direccionamiento IPv4

Subredes

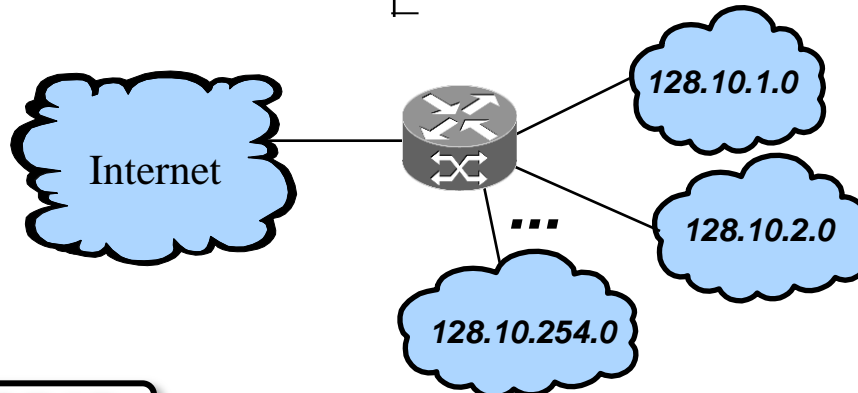
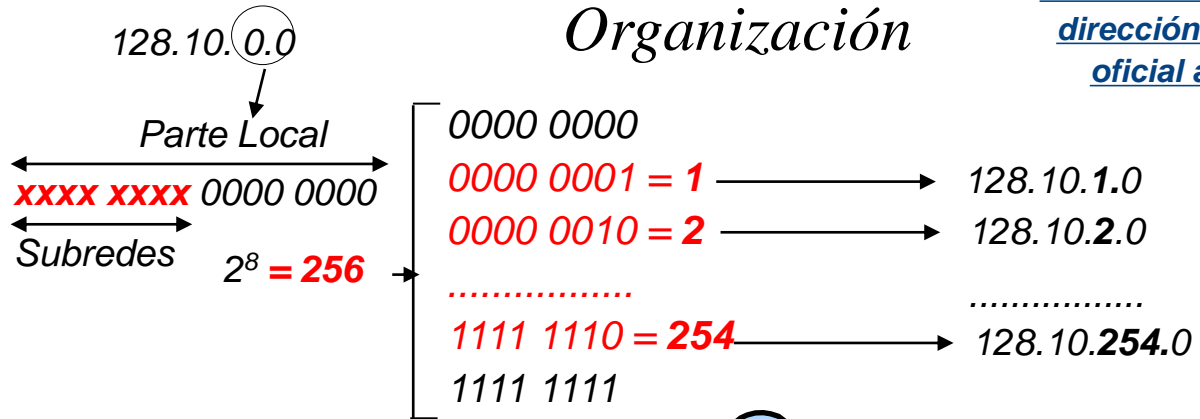
- Cálculo del octeto de la máscara:
 - ✓ Conversión de binario a decimal: se expresa el número binario como suma de potencias en base 2

Valor del octeto	Cálculo del octeto	Máscara binaria
0	0	0000 0000
128	128 (2^7)	1000 0000
192	128+64 (2^7+2^6)	1100 0000
224	128+64+32 ($2^7+2^6+2^5$)	1110 0000
240	128+64+32+16 ($2^7+...+2^4$)	1111 0000
248	128+64+32+16+8	11111 000
252	128+64+32+16+8+4	1111 1100
254	128+64+32+16+8+4+2	1111 1110
255	128+64+32+16+8+4+2+1 ($2^7+...+2^0$)	1111 1111

CREACIÓN DE SUBREDES CLASE B CON UNA MÁSCARA COMÚN o CONECTANDO UN MISMO NÚMERO MÁXIMO DE MÁQUINAS A DICHAS SUBREDES

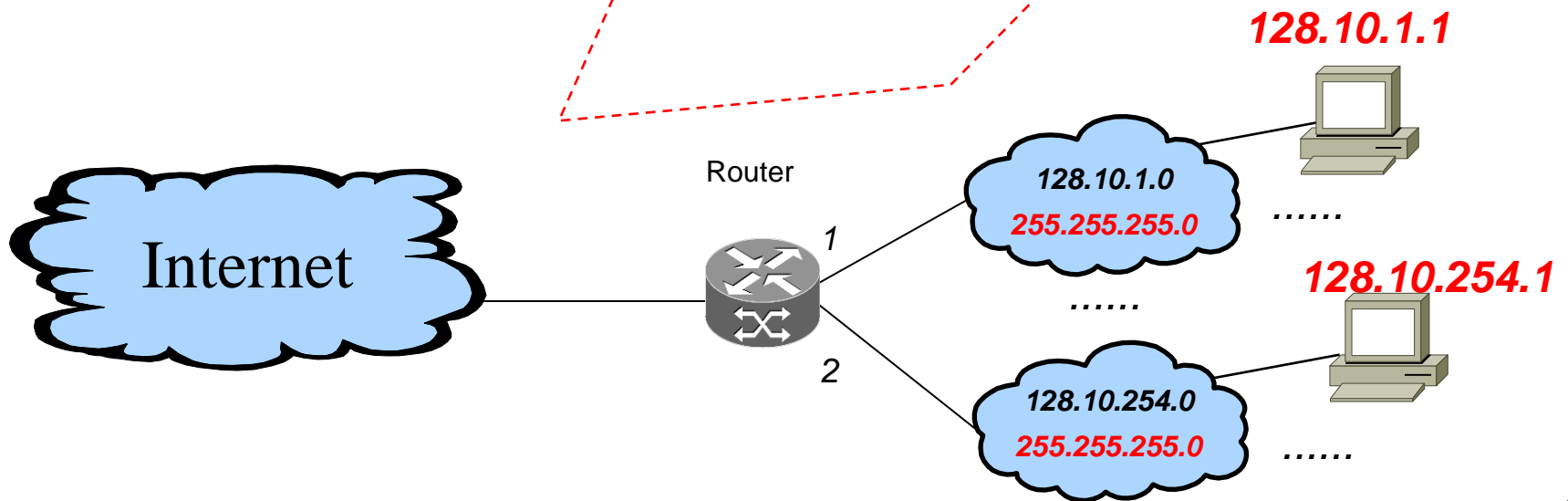


¿Cuál es el menor nº de bits que se necesitan en la parte de subred, teniendo en cuenta que hay que restar las dos direcciones reservadas? = 8 bits



Obtención de la Máscara de Subred

- *¿Cuántos bits se han utilizado en la parte local para direccionar subredes?*
- Se pone todo a “unos”, de izquierda a derecha, hasta cubrir la parte de subred



Función de la Máscara

Operación Lógica "AND"

(función booleana de producto lógico)

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{cccc}
 128 & 10 & 1 & 1 \\
 \hline
 10000000 & 00001010 & 00000001 & 00000001 \\
 \hline
 11111111 & 11111111 & 11111111 & 00000000 \\
 \hline
 10000000 & 00001010 & 00000001 & 00000000
 \end{array} \\
 \text{MÁSCARA =} \\
 (255.255.255.0)
 \end{array}$$

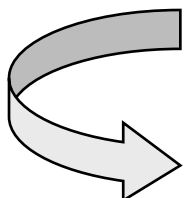
128 10 1

Toda máscara de subred debe cumplir que aplicada la operación lógica "AND" a una dirección IP destino, ponga a 0s la parte de máquina dejando sin modificar los bits de red y subred

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{cccc}
 128 & 10 & 254 & 1 \\
 \hline
 10000000 & 00001010 & 11111110 & 00000001 \\
 \hline
 11111111 & 11111111 & 11111111 & 00000000 \\
 \hline
 10000000 & 00001010 & 11111110 & 00000000
 \end{array} \\
 \text{MÁSCARA =} \\
 (255.255.255.0)
 \end{array}$$

128 10 254

TABLA DE ENCAMINAMIENTO DEL ROUTER



Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
128.10.1.0	255.255.255.0	Directa	1
...
128.10.254.0	255.255.255.0	Directa	254

Tres Direcciones IPv4 ESPECIALES

- DIRECCIÓN DE BUCLE (Loopback address): Primer octeto = **127**.x.x.x
 - Pruebas de acceso a la propia máquina y a procesos servidores locales
 - Desarrollo de aplicaciones cliente y servidor en la propia máquina
- DIFUSIÓN LIMITADA a una red (Limited Broadcast): Todo a “unos” en los 32 bits de la dirección IP destino
 - Dirección IP destino = **255.255.255.255**
- DIFUSIÓN DIRIGIDA a una red (Directed Broadcast): Todo a “unos” en la parte de máquina de la dirección IP destino
 - red.red.**255.255** (difusión dirigida a una red de la clase B)

DOS TIPOS DE DIFUSIÓN

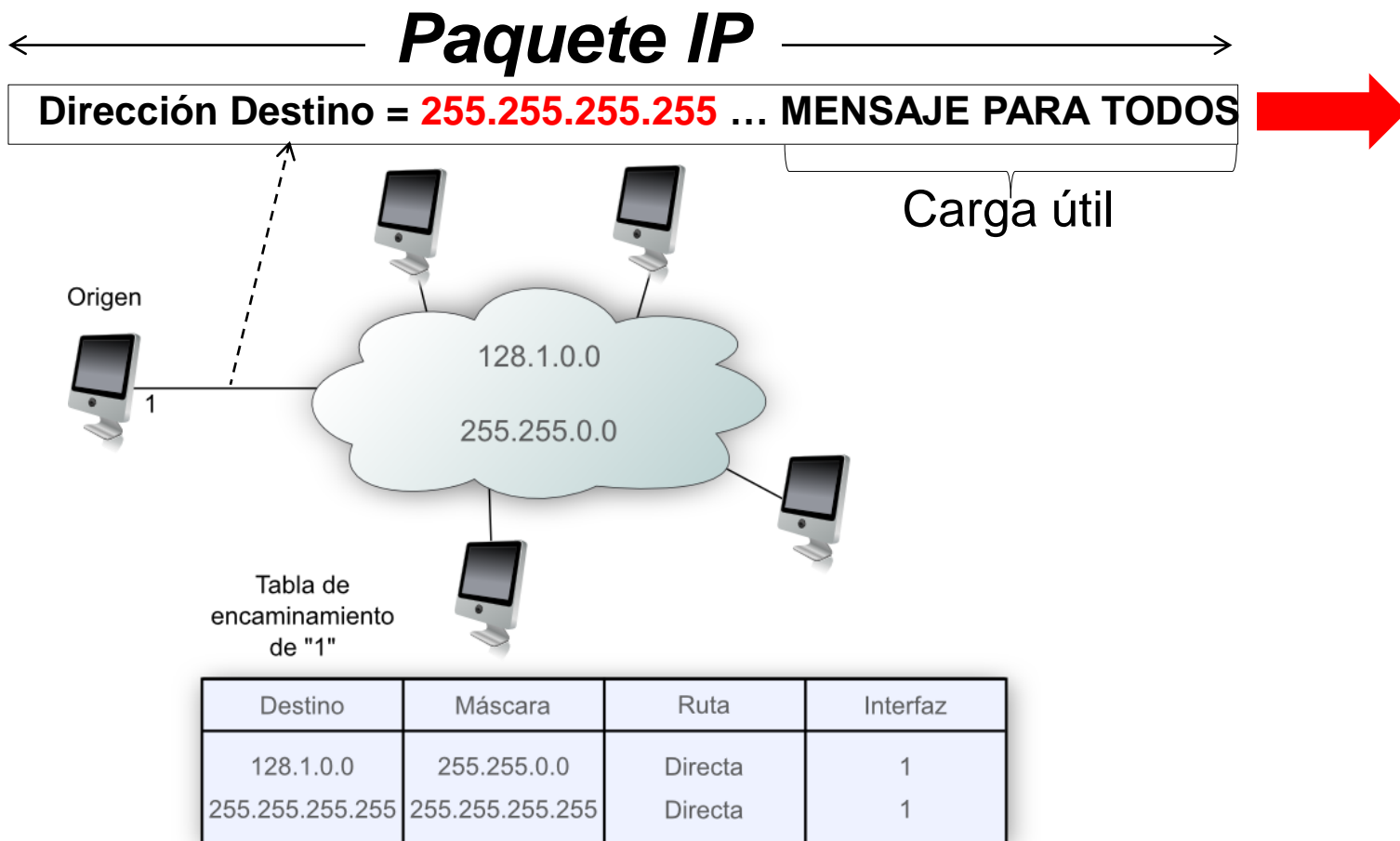
RFC-922, STD-0005

- DIFUSIÓN LIMITADA (*BROADCAST o BROADCAST LIMITADO*)
 - En redes y subredes
 - TRANSMISIÓN EN UN SOLO ENVÍO, desde una máquina origen a todas las "máquinas vecinas" conectadas a la misma red de difusión Ethernet o WiFi
 - 255.255.255.255/255.255.255.255
 - 48 bits a 1s en la dirección MAC destino
- DIFUSIÓN DIRIGIDA (BROADCAST DIRIGIDO)
 - En subredes
 - Todo a 1s en la PARTE DE MÁQUINA DE LA DIRECCIÓN DE SUBRED
 - 48 bits a 1s en la dirección MAC destino

Nivel de red

DIFUSIONES

- Difusión limitada** (*broadcast*) a una red o subred

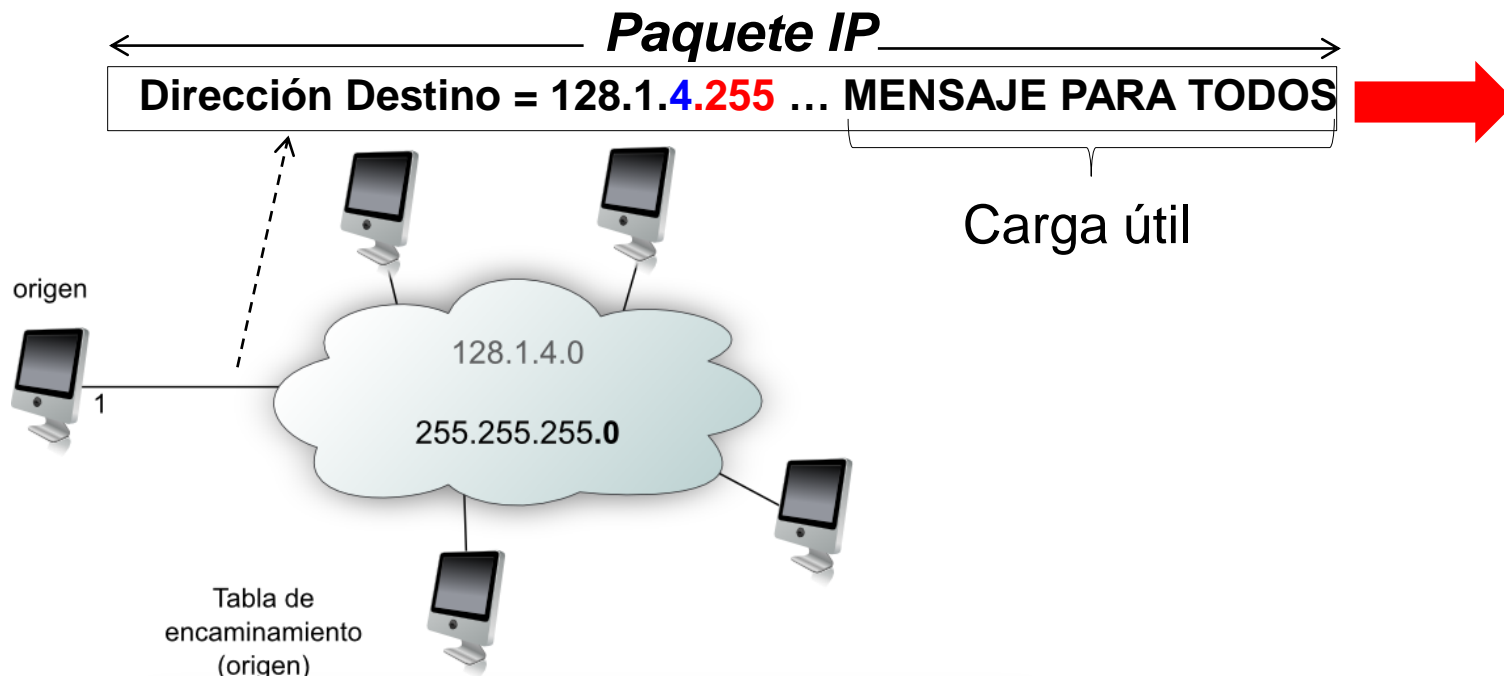


Nivel de red

DIFUSIONES

■ Difusión dirigida a una subred:

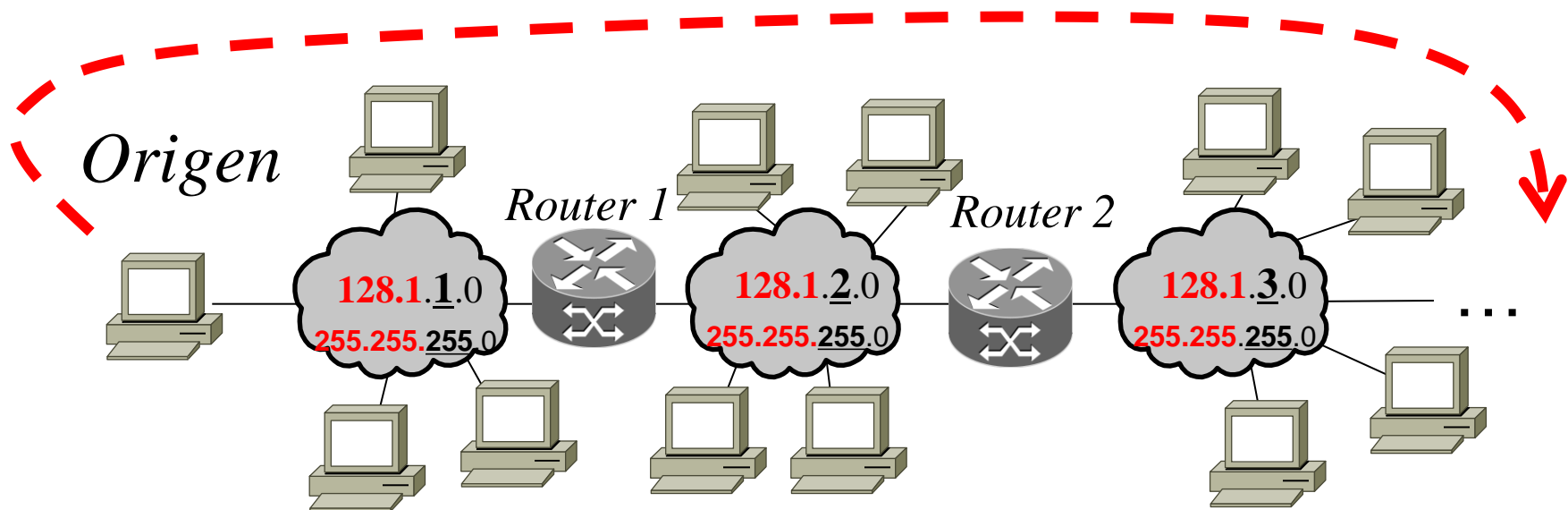
- ✓ Los ceros de una máscara de subred definen la parte local de máquina en la dirección de la subred, la cual tiene que estar toda a “unos” para aplicar una difusión dirigida a dicha subred definida en la parte local de subred



Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
128.1.4.0	255.255.255.0	Directa	1
128.1.4.255	255.255.255.255	Directa	1

OBJETIVO DE LA DIFUSIÓN DIRIGIDA

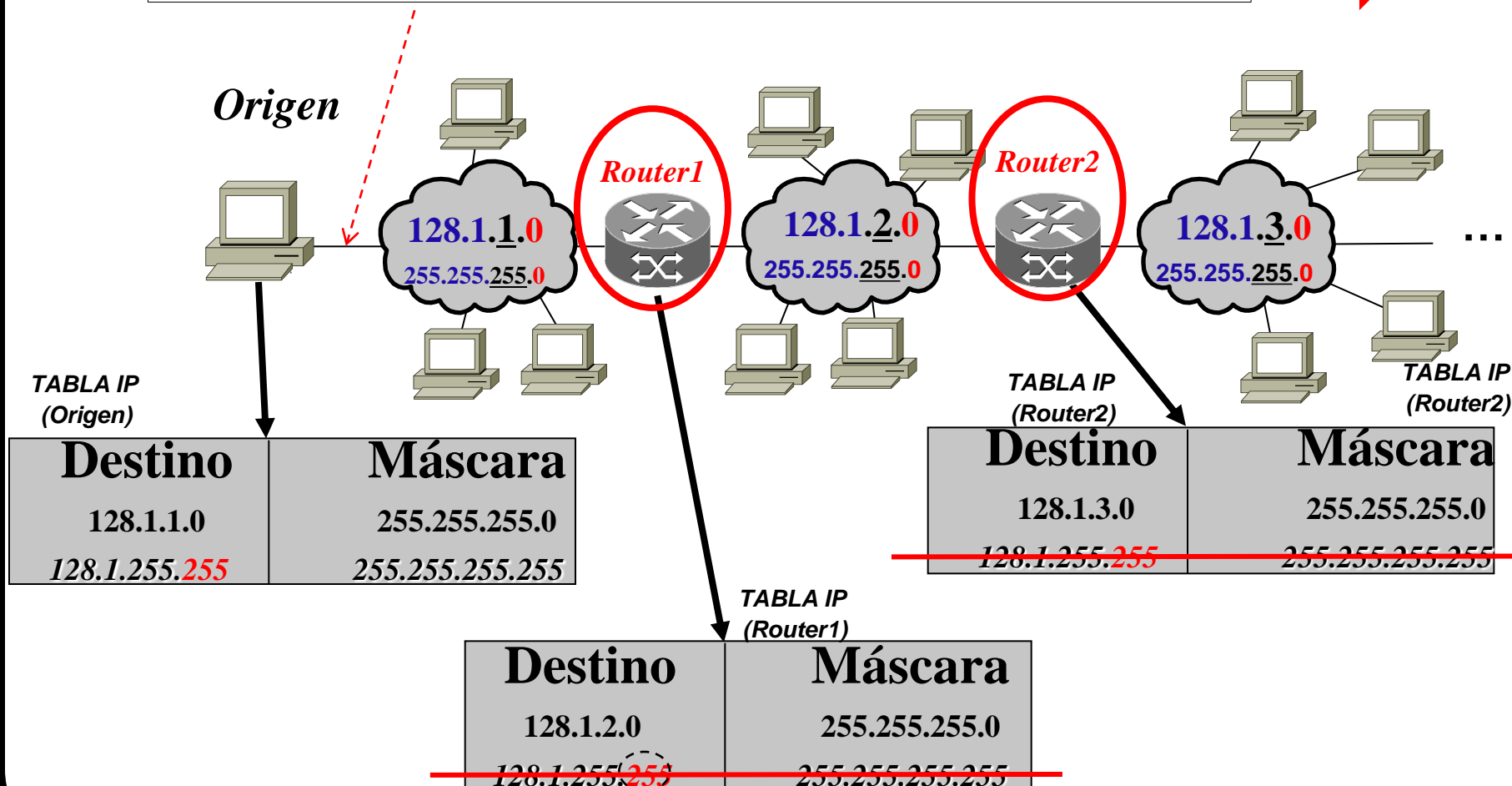
TRANSMITIR, EN UN SOLO ENVÍO, UN MISMO MENSAJE A TODAS LAS MÁQUINAS DE TODAS LAS SUBREDES DE LA ORGANIZACIÓN



Al conjunto de subredes de una misma organización con prefijo común (p.ej., 128.1) y máscara común

Paquete IP

Dirección Destino = 128.1.255.255 ... MENSAJE PARA TODOS



Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Tipos de encaminamiento

- **Directo:** Cuando la máquina destino es vecina (está conectada a la misma red de acceso) y la dirección de red de dicha máquina está registrada en la tabla IP
- **Indirecto:** Cuando la máquina destino no es vecina (no está conectada a la misma red de acceso), la dirección de red de dicha máquina está registrada en la tabla IP y hay que pasar por un *router* vecino
- **Por omisión (0.0.0.0):** Cuando la máquina destino no es vecina (no está conectada a la misma red de acceso), la dirección de red de dicha máquina no está registrada en la tabla IP y hay que pasar por un *router* vecino

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Tipos de encaminamiento

- Toda máquina debe registrar en su tabla de encaminamiento la dirección IP de sus *routers* vecinos
- Cada *router* dispone de 2 o más direcciones IP en función del número de redes a las que esté conectado
- Una máquina puede saber si la máquina destinataria es vecina (conectada a la misma red de acceso), comparando la dirección de red de dicha máquina con la suya:
 - ✓ Igual: Encaminamiento directo
 - ✓ No igual: Encaminamiento indirecto o por omisión

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Tipos de encaminamiento

- Se van aplicando “de una a una” las máscaras en un determinado orden, de la entrada más prioritaria a la más general, hasta encontrar, o no, una dirección de destino registrada en la tabla IP

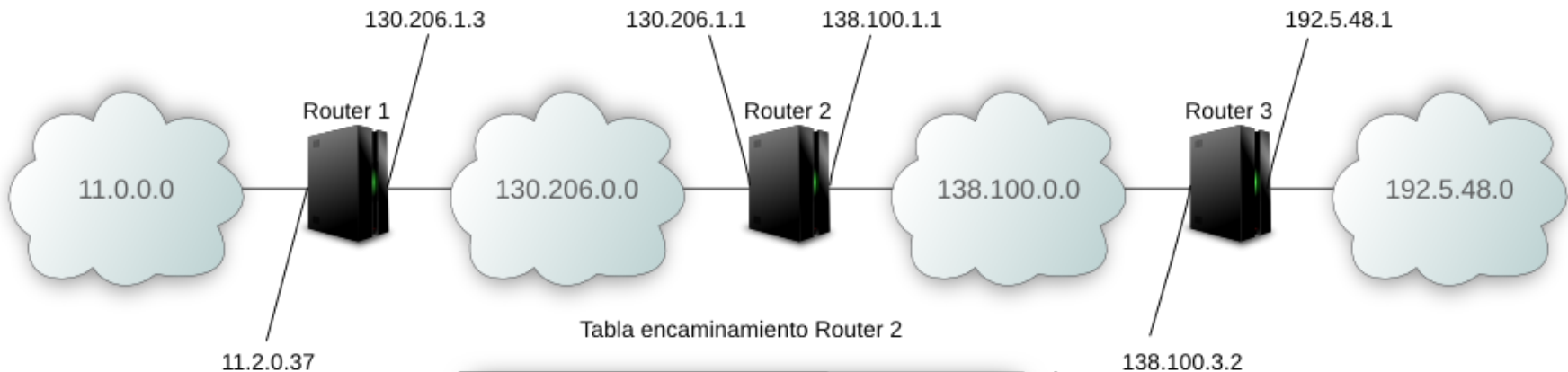


Tabla encaminamiento Router 2

Destino	Ruta	Interfaz
130.206.0.0	DIRECTA	1
138.100.0.0	DIRECTA	2
11.0.0.0	130.206.1.3	1
192.5.48.0	138.100.3.2	2
0.0.0.0	138.100.3.2	2

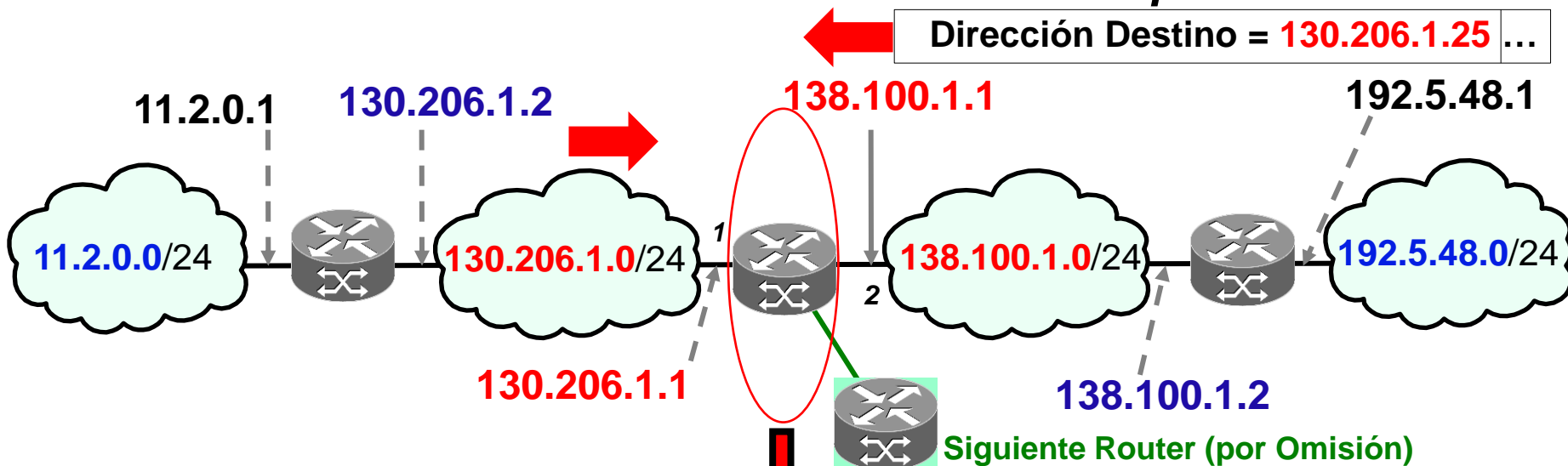
Orden



Un Ejemplo de Tabla de Encaminamiento

ENCAMINAMIENTO DIRECTO, INDIRECTO Y POR OMISIÓN

Paquete IP



DESTINO	MÁSCARA	RUTA	INTERFAZ
0.0.0.0	/0	Dir IP Siguiete Router	2
192.5.48.0	/24	138.100.1.2	2
11.2.0.0	/24	130.206.1.2	1
138.100.1.0	/24	138.100.1.1	2
130.206.1.0	/24	130.206.1.1	1

orden ↑

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Tipos de encaminamiento

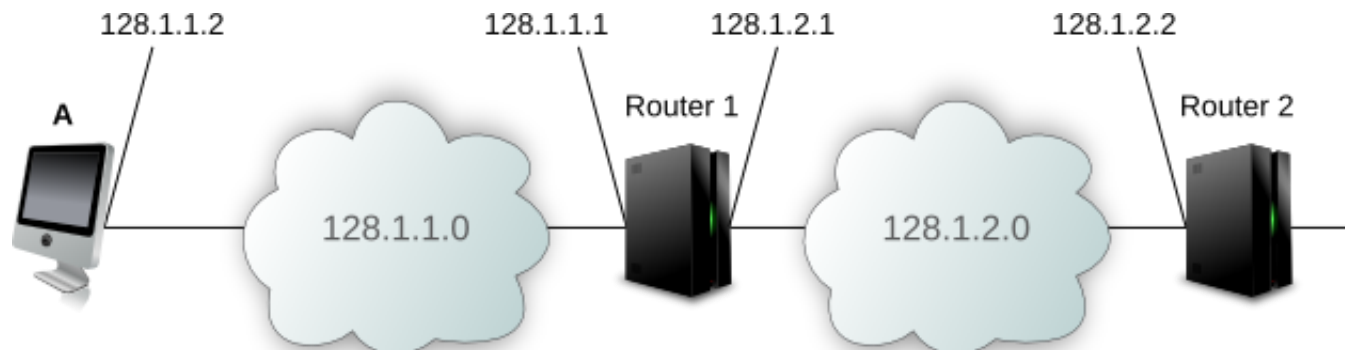


Tabla de Encamio de A

Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
255.255.255.255	255.255.255.255	128.1.1.2	128.1.1.2
224.0.0.0	240.0.0.0	128.1.1.2	128.1.1.2
128.1.255.255	255.255.255.255	128.1.1.2	128.1.1.2
128.1.1.2	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
128.1.1.0	255.255.255.0	128.1.1.2	128.1.1.2
128.1.2.0	255.255.255.0	128.1.1.1	128.1.1.2
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	1.27.0.0.1
0.0.0.0	0.0.0.0	128.1.1.1	128.1.1.2

Orden

EJEMPLO DE UNA TABLA IP

VISUALIZAR TABLAS IP

`netstat -r` = `route print` = **WINDOWS** = visualizar tablas IPv4/IPv6 (para saber más: *netstat help*)

`netstat -r` = **OS X** = visualizar tablas IPv4/IPv6 (para saber más: *man netstat*)

`route -n` = **LINUX** = visualizar tablas IPv4/IPv6 (para saber más: *man route*)

```
C:\Documents and Settings\Rafa>ROUTE PRINT
=====
ILista de interfaces
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 20 18 8e 78 68 ..... NIC Fast Ethernet PCI Familia RTL8139 de Realtek
- Minipuerto del administrador de paquetes
=====
Rutas activas:
Destino de red      Máscara de red      Puerta de acceso    Interfaz  Métrica
0.0.0.0             0.0.0.0             192.168.0.1         192.168.0.2  30
127.0.0.0           255.0.0.0           127.0.0.1           127.0.0.1   1
192.168.0.0         255.255.255.0       192.168.0.2         192.168.0.2  30
192.168.0.2         255.255.255.255     127.0.0.1           127.0.0.1   30
192.168.0.255       255.255.255.255     192.168.0.2         192.168.0.2  30
224.0.0.0           240.0.0.0           192.168.0.2         192.168.0.2  30
255.255.255.255     255.255.255.255     192.168.0.2         192.168.0.2  1
Puerta de enlace predeterminada: 192.168.0.1
=====
Rutas persistentes:
ninguno
```

MODIFICAR TABLAS IP

`route add, change, delete,...` = **WINDOWS** = modificar tablas IPv4/IPv6

`route add, change, delete,...` = **OS X** y **LINUX** = modificar tablas IPv4/IPv6 (para saber más: *man route*)

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Subredes

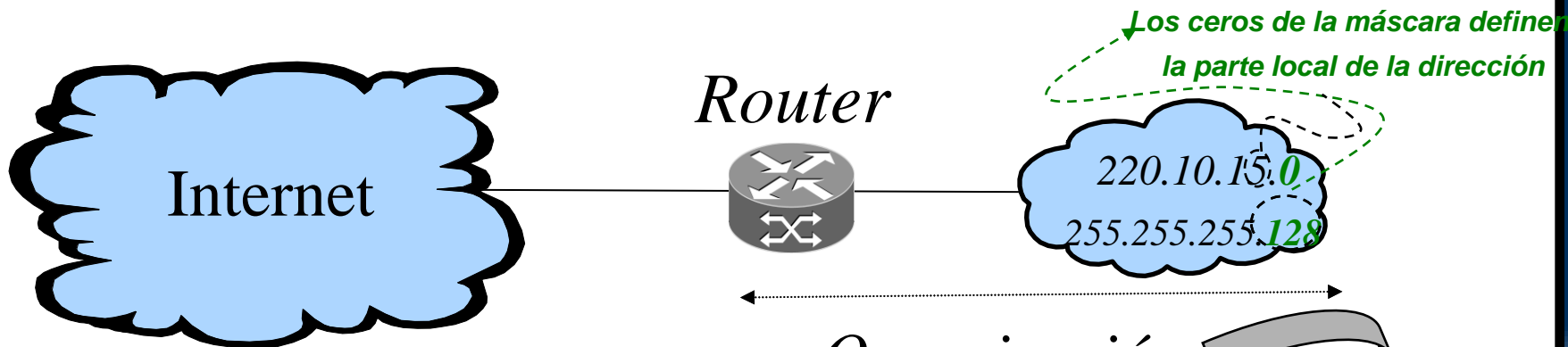
■ Clases de máscaras de subred:

- ✓ **Máscara de subred de longitud fija:** Máscara común para todas las subredes creadas y, por tanto, asigna un mismo número máximo de máquinas a cada subred
- ✓ **Máscara de subred de longitud variable** (VLSM: *Variable Length Subnet Masks*): Máscara diferente para las subredes creada en función del número máximo de máquinas que se deseen conectar a cada subred

Algoritmo para Subredes de Longitud Variable

- 1) ORDENAR LAS SUBREDES, DE MENOR A MAYOR TAMAÑO o VICEVERSA, en función del nº máximo de máquinas que se desean conectar a dichas subredes, INCLUYENDO al correspondiente ROUTER o ROUTERS VECINOS
- 2) ASIGNAR A LA 1ª SUBRED, LA DIRECCIÓN IP ORIGINAL o INICIAL es decir, la inicial asignada por el ISP
- 3) CALCULAR LA NUEVA MÁSCARA ASOCIADA A DICHA DIRECCIÓN IP ORIGINAL en función del número máximo de máquinas que se desean conectar (incluyendo al router o routers vecinos). Los bits que se necesitan definen el nº de ceros de la nueva máscara y el nº de ceros de la PARTE LOCAL DE MÁQUINA DE LA DIR IP ORIGINAL
 - RESTAR a /32, EL Nº DE BITS que se necesitan para identificar el nº máximo de máquinas que se desean conectar y que coinciden con los ceros de la nueva máscara y de la parte local de la dirección IP original
- 4) NUMERAR LAS MÁQUINAS en función de la PARTE LOCAL calculada para la DIRECCIÓN IP ORIGINAL
- 5) CALCULAR la DIFUSIÓN DIRIGIDA a todas las máquinas definidas en la PARTE LOCAL de la DIRECCIÓN IP ORIGINAL
- 6) CALCULAR, como en el paso 3), LA MÁSCARA DE LA SIGUIENTE SUBRED DE MENOR o MAYOR TAMAÑO
- 7) ASOCIAR A LA NUEVA MÁSCARA UNA DIRECCIÓN IP
 - A PARTIR DE LA DIFUSIÓN DIRIGIDA A LA ANTERIOR SUBRED
 - LO MÁS CERCANA A DICHA DIFUSIÓN DIRIGIDA
 - QUE TENGA EL MISMO NÚMERO DE CEROS QUE LA NUEVA MÁSCARA calculada en el paso 6
- 8) NUMERAR LAS MÁQUINAS en función de la PARTE LOCAL calculada para la NUEVA DIRECCIÓN IP
- 9) CALCULAR la DIFUSIÓN DIRIGIDA a todas las máquinas definidas en la PARTE LOCAL de la NUEVA DIRECCIÓN IP
- 10) REPETIR LOS PASOS 6, 7, 8, 9 y 10 para la(s) nueva(s) subred(es)

Ejemplo de Subredes de Longitud Variable



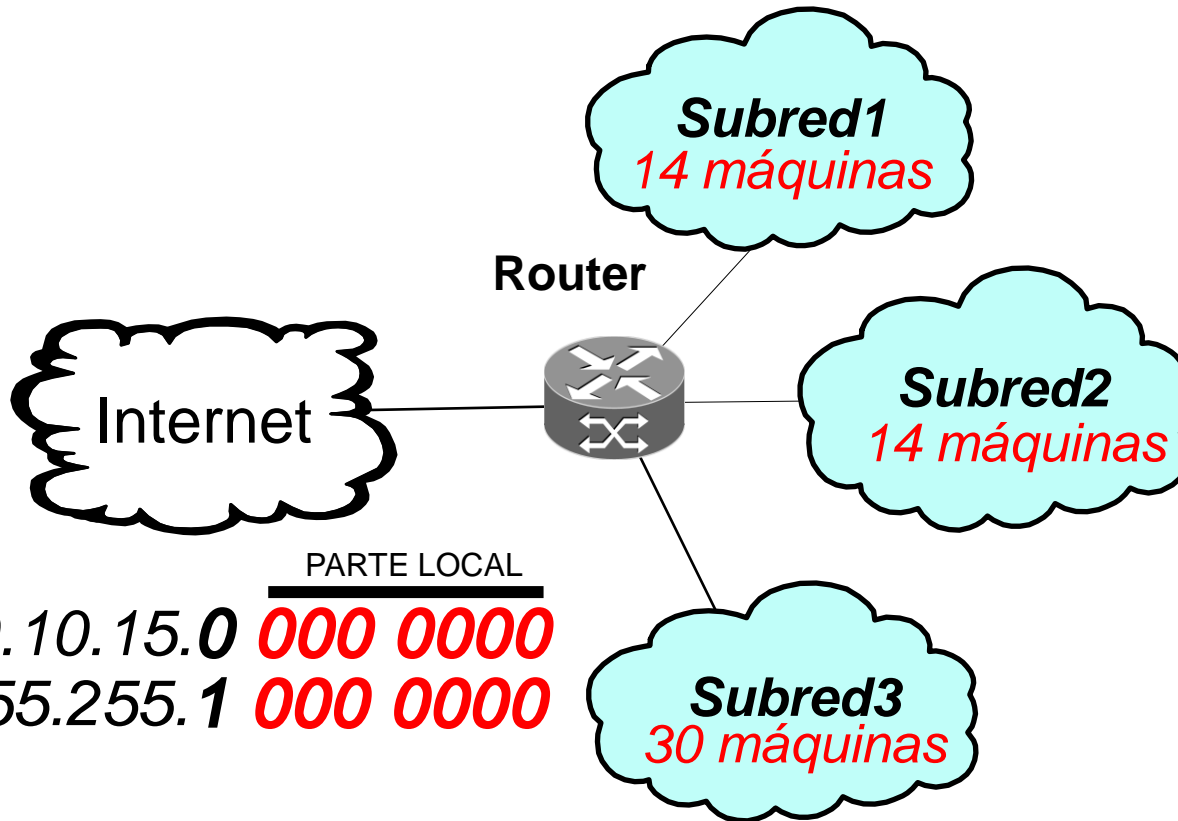
Organización

Se desea crear, a partir de la dirección y máscara oficial asignada, tres subredes con 30 máquinas en una y 14 máquinas en las dos restantes

	<u>PARTE LOCAL</u>
220.10.15.0	000 0000
255.255.255.1	000 0000

Parte local: Los 7 bits menos significativos del último octeto: 220.10.15.00000 0000/25

Identificación de las Subredes de los Departamentos de la Organización



Se desea crear, a partir de la dirección y máscara oficial asignada, tres subredes con 30 máquinas en una y 14 máquinas en las dos restantes

Identificación de las Subredes de los Departamentos de la Organización

1. PARA SEGUIR UN DETERMINADO ORDEN, SE ORDENAN LAS SUBREDES, POR EJEMPLO, DE MENOR A MAYOR TAMAÑO, en función del número máximo de máquinas que se desean conectar a dichas subredes, INCLUYENDO al correspondiente ROUTER
 - Subred1: Máximo 14 máquinas + Router = **15 máquinas**
 - Subred2: Máximo 14 máquinas + Router = **15 máquinas**
 - Subred3: Máximo 30 máquinas + Router = **31 máquinas**

Cálculo de Máscara y Asignación de Direcciones IP a las Subredes de los Departamentos de la Organización

2. SE ASIGNA A LA 1ª SUBRED DE MENOR TAMAÑO = Subred1, LA DIRECCIÓN IP ORIGINAL es decir, la inicial asignada por el ISP: **220.10.15.0**
3. SE CALCULA LA MÁSCARA asociada a dicha primera dirección en función del nº máximo de máquinas que se desean conectar en Subred1. Los bits que se necesitan definen el nº de ceros de dicha máscara y el nº de ceros de la PARTE LOCAL DE MÁQUINA DE LA DIR IP; como se desean conectar 15 máquinas, entonces, $2^5 - 2 > 15$.

Por tanto, necesitamos 5 bits (ceros), en la máscara y PARTE LOCAL DE MÁQUINA de la dirección IP, para direccionar máquinas. La máscara es /27 (32 “unos” – 5 “ceros”)

Por tanto, **220.10.15.0/27 = 220.10.15.00000000/27**

4. Se numeran las máquinas de la 1 (220.10.15.00000001) a la 15 (220.10.15.00001111) y hasta como máximo la 30 (220.10.15.00011110)
5. Dirección de difusión dirigida = 220.10.15.**31** (220.10.15.00011111)

Cálculo de Máscara y Asignación de Direcciones IP a las Subredes de los Departamentos de la Organización

6. SE CALCULA LA MÁSCARA de la siguiente subred de menor tamaño (Subred2) en función del nº máximo de máquinas que se desean conectar en Subred2 y que definen el nº de ceros de dicha máscara (y el nº de ceros de la PARTE LOCAL DE MÁQUINA DE LA DIR IP que se va a asociar a dicha nueva máscara)
7. Y SE LE ASOCIA A DICHA MÁSCARA: UNA DIRECCIÓN IP, A PARTIR DE LA DIFUSIÓN DIRIGIDA A LA ANTERIOR SUBRED (220.10.15.31), LO MÁS CERCANA POSIBLE A ÉSTA Y QUE TENGA EL MISMO Nº DE CEROS QUE LA NUEVA MÁSCARA CALCULADA. Si a la 2ª subred se desean conectar 15 máquinas entonces $2^5 - 2 > 15$. Por tanto, necesitamos 5 bits (ceros), en la máscara y PARTE LOCAL DE MÁQUINA de la dirección IP, para direccionar máquinas. La máscara es /27 (32 “unos” – 5 “ceros”) Por tanto, **220.10.15.32/27 = 220.10.15.0010 0000/27**
8. Se numeran las máquinas de la 33 (220.10.15.0010 0001) a la 47 (220.10.15.0010 1111)
9. Se calcula la dirección de difusión dirigida = 220.10.15.63 (220.10.15.0011 1111)

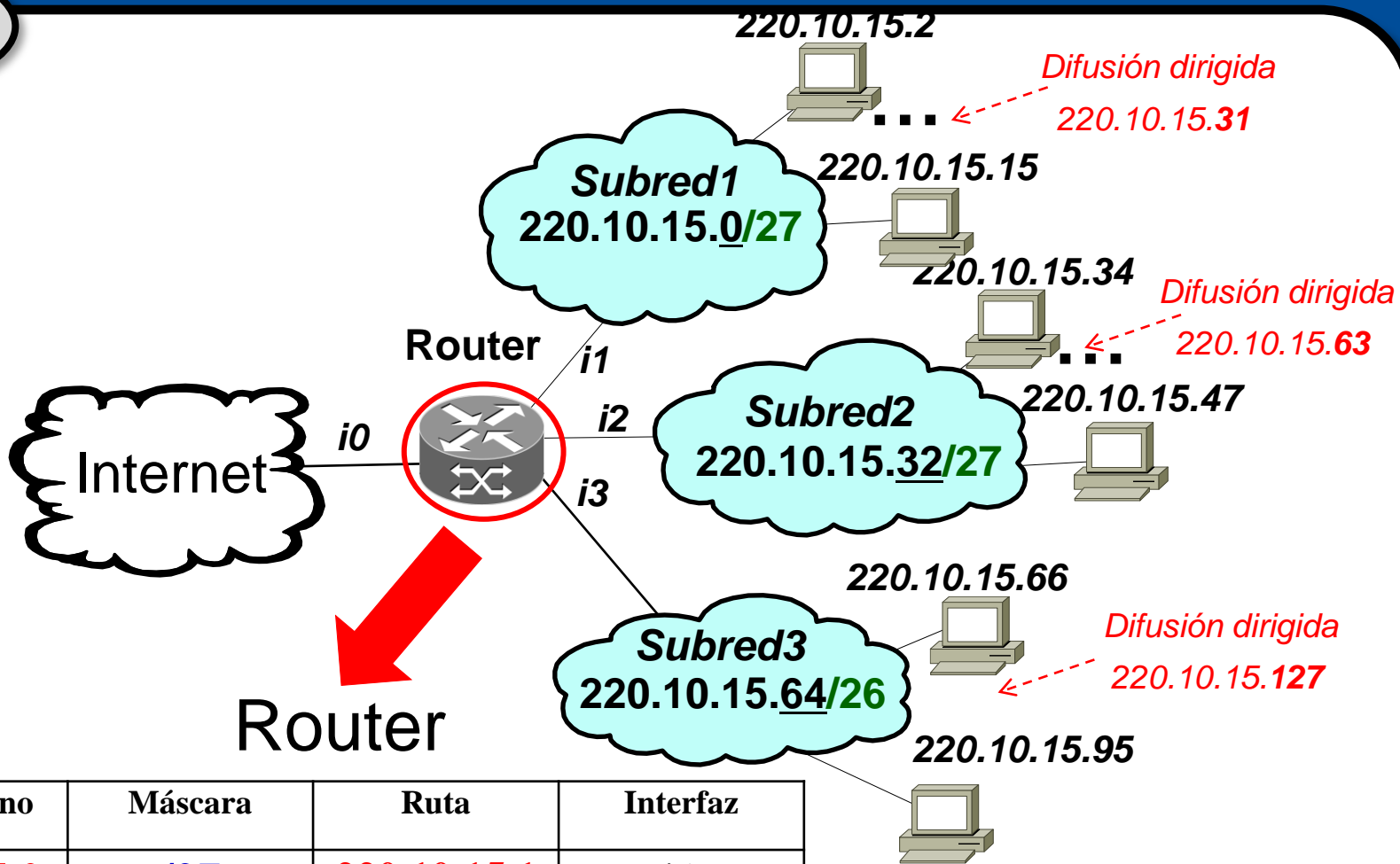
Cálculos de Máscaras y Asignación de Direcciones IP a las Subredes de los Departamentos de la Organización

6. SE CALCULA LA MÁSCARA de la siguiente subred de menor tamaño (Subred3) en función del nº máximo de máquinas que se desean conectar en Subred3 y que definen el nº de ceros de dicha máscara (y el nº de ceros de la PARTE LOCAL DE MÁQUINA DE LA DIR IP que se va a asociar a dicha nueva máscara)
7. SE LE ASOCIA A DICHA MÁSCARA: UNA DIRECCIÓN IP, A PARTIR DE LA DIFUSIÓN DIRIGIDA A LA ANTERIOR SUBRED (220.10.15.63), LO MÁS CERCANA POSIBLE A ÉSTA Y QUE TENGA EL MISMO Nº DE CEROS QUE LA NUEVA MÁSCARA CALCULADA. Si a la 3ª subred se desean conectar 31 máquinas entonces $2^6 - 2 > 31$.

Por tanto, necesitamos 6 bits (ceros) en la PARTE LOCAL DE MÁQUINA, de la dirección IP, para direccionar máquinas. *La máscara es /26 (32 “unos” – 6 “ceros”)*

Por tanto, **220.10.15.64/26 = 220.10.15.0**100 0000/26

8. Se numeran las máquinas de la 65 (220.10.15.0100 0001) a la 95 (220.10.15.0101 1111)
9. *Se calcula la dirección de difusión dirigida 220.10.15.*127 (197.55.12.0111 1111)



Router

Dir. IP Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
220.10.15.0	/27	220.10.15.1	i1
220.10.15.32	/27	220.10.15.33	i2
220.10.15.64	/26	220.10.15.65	i3
0.0.0.0	/0	<i>Siguiente Router en Internet</i>	i0

4 Tipos de Direccionamiento IPv4

- RED
- MÁQUINA
- SUBRED
- SUPERRED

DIRECCIONAMIENTO DE SUPERRED o CIDR (Classless Internet Domain Routing)

- *TECNOLOGÍA DE DIRECCIONAMIENTO* utilizada, fundamentalmente, por los *ROUTERS INTERMEDIOS* y de *NÚCLEO* en Internet para encaminar en función de unas *DIRECCIONES* y *MÁSCARAS especiales* denominadas de *SUPERRED*

OBJETIVOS:

1. REDUCIR LAS TABLAS IP de dichos routers
2. No acabar con el espacio de direccionamiento IPv4 clase B asignable en Internet
 - a) Si a una organización, que sólo quiere conectar 2000 ó 3000 máquinas, se le asigna una dirección pública clase B ($2^{16}-2 = 65.534$ máquinas), se desperdician muchas direcciones de máquinas que nadie va a usar
 - b) Además, si se hubiera asignado una dirección de red pública clase B a cada organización que deseara conectar más de 254 máquinas, se habría agotado ya el espacio de direccionamiento clase B de Internet ($2^{14} = 16.384$ redes)

DIRECCIONAMIENTO DE SUPERRED o CIDR (Classless Internet Domain Routing)

Solución ISP

- 1. ASIGNAR tantos BLOQUES DE DIRECCIONES IP DE RED CLASE C PÚBLICAS Y CONSECUTIVAS ($2^{24} = 2.097.152$ redes clase C) como máquinas quiera conectar una organización*
- 2. RESUMIR CADA BLOQUE en una:*
 - DIRECCIÓN DE SUPERRED / MÁSCARA DE SUPERRED*

Asignación de Bloques de Direcciones IP Públicas y Consecutivas

- *Teniendo en cuenta que una Red de clase C = 254 máquinas y el tamaño de una superred debe ser potencia de 2, para definir el número de bloques de direcciones IP de red clase C públicas y consecutivas*
 - ✓ **Bloque de 2 redes clase C contiguas = 508 máquinas**
 - *1 bit en la dirección de Superred representa (2^1) un 1 bloque de 2 redes contiguas clase C*
 - ✓ **Bloque de 4 redes clase C contiguas = 1.016 máquinas**
 - ✓ *2 bits en la dirección de Superred para representar (2^2) un 1 bloque de 4 redes contiguas clase C*
 - ✓ **Bloque de 8 redes clase C contiguas = 2.032 máquinas**
 - *3 bits en la dirección de Superred para representar (2^3) un 1 bloque de 8 redes contiguas clase C*
 - ✓ **Bloque de 16 redes clase C contiguas = 4.064 máquinas**
 - *4 bits en la dirección de Superred para representar (2^4) un 1 bloque de 16 redes contiguas clase C*
 - ✓ **Bloque de 32 redes clase C contiguas = 8.128 máquinas**
 - *5 bits en la dirección de Superred para representar (2^5) un 1 bloque de 32 redes contiguas clase C*
 - ✓ **Bloque de 64 redes clase C contiguas = 16.256 máquinas**
 - *6 bits en la dirección de Superred para representar (2^6) un 1 bloque de 64 redes contiguas clase C*
 - ✓ ...

ASIGNACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

ASIGNACIÓN de 1 o más Bloques de Direcciones IP de Red Clase C Públicas y Consecutivas, (un bloque de 1 dirección, un bloque de 2 direcciones, un bloque de 4 direcciones, un bloque de 8 direcciones, etc.) ***hasta igualar o superar mínimamente el número máximo de máquinas que quiera conectar la organización***

EJEMPLOS DE ASIGNACIÓN

- Determinar cuántas direcciones IP clase C recibirá una organización de su ISP
 - ✓ Si necesita 1.000 direcciones IP para máquinas, el ISP deberá asignarle redes contiguas clase C HASTA IGUALAR o SUPERAR MÍNIMAMENTE dichas 1.000
 - ✓ Asignación consecutiva de direcciones de red IP de la clase C:
 - Bloque de 1 red de clase C = 254 máquinas
 - Bloque de 2 redes contiguas de clase C = 508 máquinas
 - Bloque de 4 redes contiguas de clase C = 1.016 máquinas
 - Bloque de 8 redes contiguas de clase C = 2.032 máquinas
 - Bloque de 16 redes contiguas de clase C = 4.064 máquinas
 - Bloque de 32 redes contiguas de clase C = 8.128 máquinas
 - Bloque de 64 redes contiguas de clase C = 16.256 máquinas
 - El ISP ASIGNA BLOQUES DE REDES CONTIGUAS clase C hasta igualar o superar mínimamente dichas 1.000 máquinas
 - Bloque de 4 redes x 254 máquinas = 1.016 direcciones IP de redes contiguas clase C agrupadas en 4 direcciones IP de red contiguas

EJEMPLOS DE ASIGNACIÓN

- **Determinar cuántas direcciones IP clase C recibirá una organización de su ISP**
 - ✓ **Si necesita 1.500 direcciones IP para máquinas, el ISP deberá asignarle redes contiguas clase C HASTA IGUALAR o SUPERAR MINIMAMENTE dichas 1.500**
 - ✓ *Asignación consecutiva de direcciones de red IP de la clase C:*
 - *Bloque de 1 red de clase C = 254 máquinas*
 - **Bloque de 2 redes contiguas de clase C = 508 máquinas**
 - **Bloque de 4 redes contiguas de clase C = 1.016 máquinas**
 - *Bloque de 8 redes contiguas de clase C = 2.032 máquinas*
 - *Bloque de 16 redes contiguas de clase C = 4.064 máquinas*
 - *Bloque de 32 redes contiguas de clase C = 8.128 máquinas*
 - *Bloque de 64 redes contiguas de clase C = 16.256 máquinas*
 - ***El ISP ASIGNA BLOQUES DE REDES CLASE C CONTIGUAS hasta igualar o superar mínimamente dichas 1.500 máquinas***
 - **Bloque de 4 redes x 254 máquinas = 1.016 direcciones IP + Bloque de 2 redes x 254 máquinas = 508 direcciones IP de redes**
 - ❖ = 1.524 direcciones IP de redes contiguas clase C agrupadas en 2 Bloques (4+2)

EJEMPLOS DE ASIGNACIÓN

- **Determinar cuántas direcciones IP clase C recibirá la organización de su ISP**
 - ✓ Si necesita 2.500 direcciones IP para máquinas, el ISP deberá asignarle redes contiguas clase C HASTA IGUALAR o SUPERAR MINIMAMENTE dichas 2.500
 - ✓ *Asignación consecutiva de direcciones de red IP de la clase C:*
 - *Bloque de 1 red de clase C = 254 máquinas*
 - *Bloque de 2 redes contiguas de clase C = 508 máquinas*
 - *Bloque de 4 redes contiguas de clase C = 1.016 máquinas*
 - *Bloque de 8 redes contiguas de clase C = 2.032 máquinas*
 - *Bloque de 16 redes contiguas de clase C = 4.064 máquinas*
 - *Bloque de 32 redes contiguas de clase C = 8.128 máquinas*
 - *Bloque de 64 redes contiguas de clase C = 16.256 máquinas*
 - *El ISP ASIGNA 2 BLOQUES DE REDES CLASE C CONTIGUAS hasta igualar o superar mínimamente dichas 2.500 máquinas*
 - *Bloque de 8 redes x 254 máquinas = 2.032 direcciones IP + Bloque de 2 redes x 254 máquinas = 508 direcciones IP = 2.540 direcciones IP*
 - ❖ *= 2.540 direcciones IP de redes contiguas clase C agrupadas en 2 Bloques (8+2)*

FORMATO DE SUPERRED o FORMATO CIDR

RESUMEN de cada Bloque asignado, de Direcciones IP de red clase C Públicas y Consecutivas, en FORMATO DE SUPERRED

FORMATO DE SUPERRED o FORMATO CIDR

- **FORMATO o NOTACIÓN DE SUPERRED: 2 parámetros**

- **Dirección/Máscara**

- ✓ Dirección de Superred: Dirección IP más baja del bloque de direcciones IP de red clase C públicas y contiguas que se va a resumir en una única dirección de red clase C
- ✓ Máscara de Superred o Longitud: Número de bits a “unos” de la máscara de superred define el **PREFIJO COMÚN** que comparten todas las direcciones de un determinado bloque de direcciones de red clase C públicas y contiguas
 - ✓ Una máscara de superred siempre tiene MENOS “UNOS” que la máscara por omisión de una dirección clase C (255.255.255.0 o /24)
 - ✓ LA DIFERENCIA DE “UNOS”, entre la máscara por omisión clase C y la máscara de superred, define el NÚMERO DE BITS que identifican a un determinado BLOQUE en la DIRECCIÓN DE SUPERRED o la POTENCIA EN BASE 2 que identifica al BLOQUE de redes resumidas

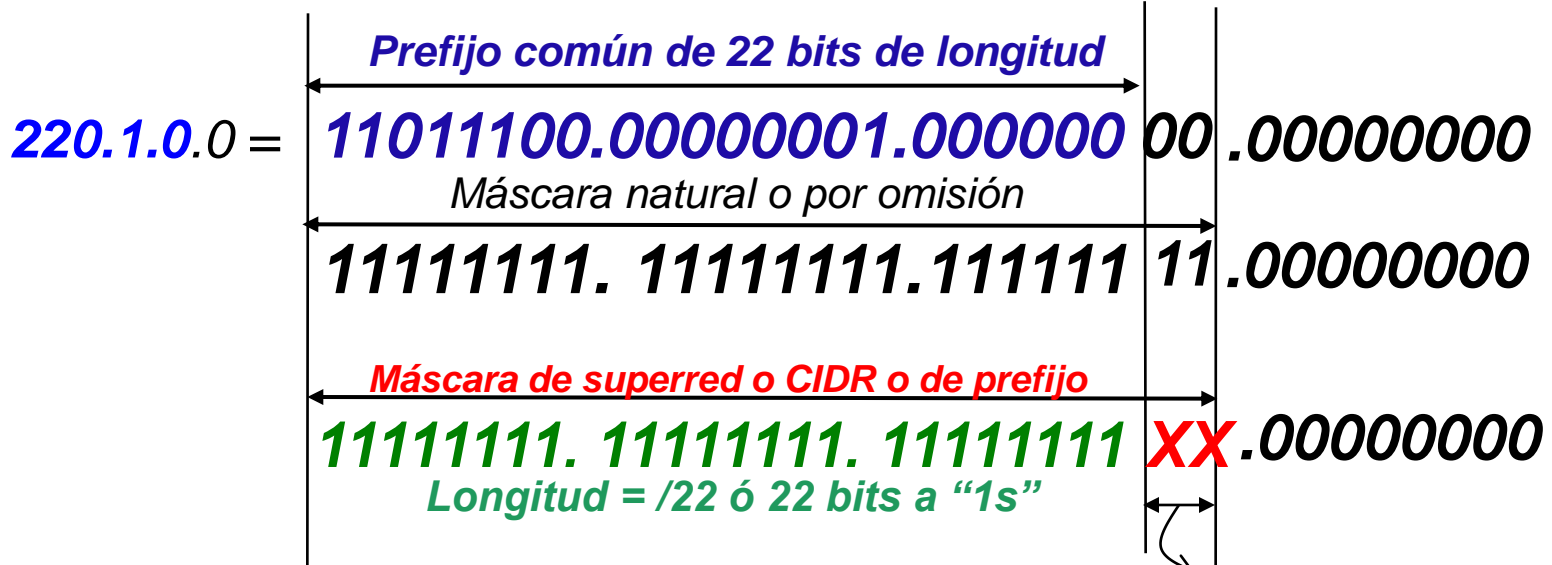
Diferencias entre las Máscaras de Subred y Superred

- *TODA MÁSCARA DE SUBRED, CLASE A, B, y C, TIENE SIEMPRE MÁS “UNOS” QUE LA CORRESPONDIENTE MÁSCARA POR OMISIÓN, CLASE A, B, y C, DE LA DIRECCIÓN IP DE PARTIDA*
- *TODA MÁSCARA DE SUPERRED, CLASE A, B, y C, TIENE SIEMPRE MENOS “UNOS” QUE LA CORRESPONDIENTE MÁSCARA POR OMISIÓN, CLASE A, B, y C, DE LA DIRECCIÓN IP DE PARTIDA*

EJEMPLO DE UNA SUPERRED

FORMATO DE SUPERRED = **220.1.0.0/22** (= 220.1.0.0/255.255.252.0)

TODA MÁSCARA DE SUPERRED, TIENE SIEMPRE MENOS “UNOS” QUE LA CORRESPONDIENTE MÁSCARA POR OMISIÓN DE LA DIRECCIÓN IP DE PARTIDA (/22 < /24)



Una red se denomina SUPERRED cuando su máscara de SUPERRED o CIDR contiene menos bits que la máscara por omisión de la red.

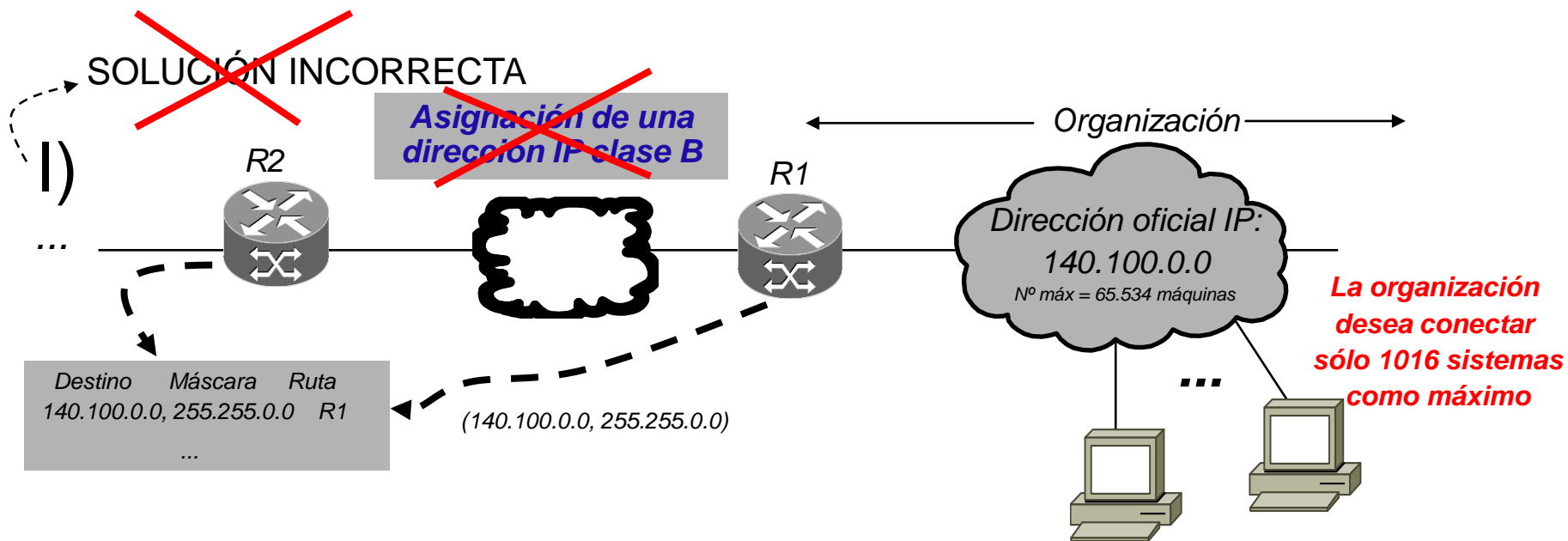
Bloque de superred = **2 bits** = $2^2 = 4$ redes contiguas
BLOQUE DE SUPERRED = MÁSCARA POR OMISIÓN - MÁSCARA SUPERRED =
= Nº de bits del bloque o la potencia en base 2 del nº de redes del bloque

Nº RESUMIDO DE SUPERREDES →

220.1.0000 00xx.0
xx = 00 = 0; xx = 01 = 1
xx = 10 = 2; xx = 11 = 3

220.1.0.0; 220.1.1.0
220.1.2.0; 220.1.3.0

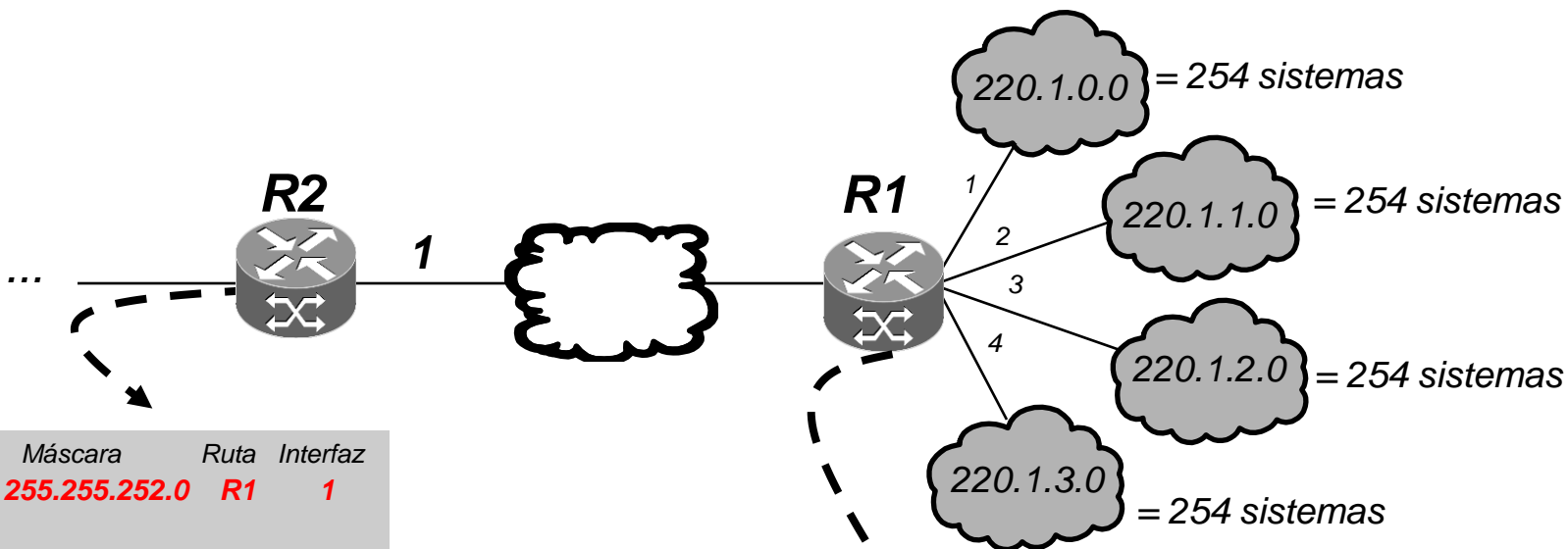
EJEMPLO PRÁCTICO DE UNA SUPERRED



EJEMPLO PRÁCTICO DE UNA SUPERRED

SOLUCIÓN CORRECTA

II)



Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
220.1.0.0, 255.255.252.0		R1	1

Dirección original y máscara asignada por el ISP a la Organización

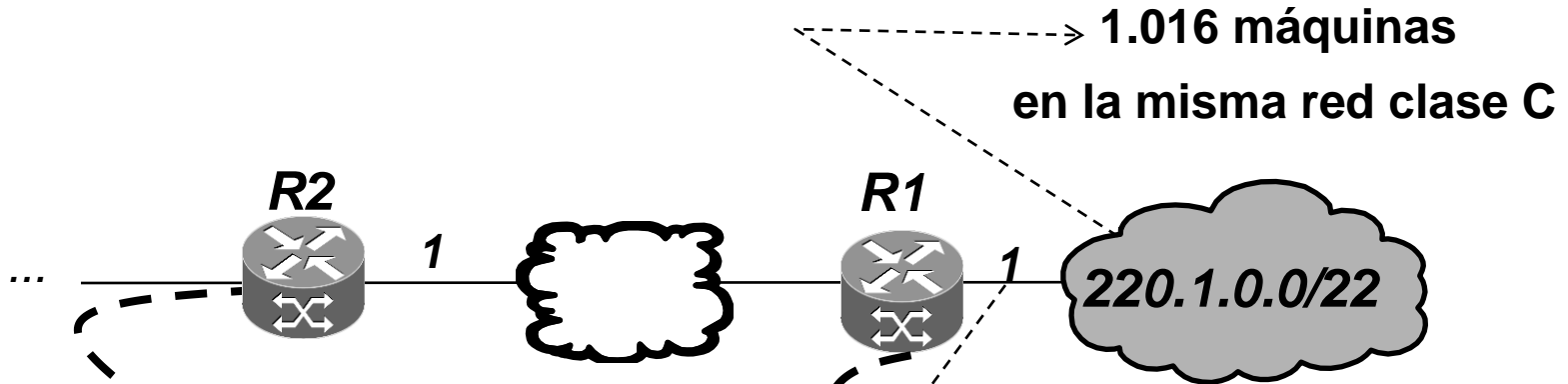
Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
220.1.0.0, 255.255.255.0		Dir	1
220.1.1.0, 255.255.255.0		Dir	2
220.1.2.0, 255.255.255.0		Dir	3
220.1.3.0, 255.255.255.0		Dir	4

Un router intermedio no incluye en su tabla IP direcciones IP de subred o máquina

OTRA SOLUCIÓN EN EL EJEMPLO PRÁCTICO DE UNA SUPERRED

SOLUCIÓN CORRECTA

II)



1.016 máquinas
en la misma red clase C

220.1.0.0/22

Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
220.1.0.0	255.255.252.0	R1	1

Dirección original y máscara asignada por el ISP a la Organización

Una sola tarjeta adaptadora de red y la entidad IP en R1 no pierde el tiempo encaminando por uno de los 4 interfaces, ya que sólo tienen uno

Destino	Máscara	Ruta	Interfaz
220.1.0.0	/22	----	1

Entrada de superred en la Tabla IP de R1

$220.1.0.0/22 = 220.1.0.0/24 + 220.1.1.0/24 + 220.1.2.0/24 + 220.1.3.0/24$

- **PÚBLICO**

- **Direcciones IP Públicas u oficiales**

- **Individuales**

- **Coste**

- **PRIVADO**

- **Direcciones IP Privadas**

- **Compartidas**

- **Gratis**

DIRECCIONAMIENTO PRIVADO Y TRADUCCIÓN DE DIRECCIONES IP o NAPT (NETWORK ADDRESS PORT TRANSLATION)

■ NAPT (o NAT)

- Software que se ejecuta en el nivel de red del router de E/S de una organización (o en un router ADSL/de fibra óptica en el domicilio de un usuario) para efectuar
 - Una TRADUCCIÓN de direcciones entre las DIRECCIONES IP PRIVADAS o internas y las DIRECCIONES IP PÚBLICAS o externas u oficiales
 - Una TRADUCCIÓN de NÚMEROS DE PUERTO entre los NÚMEROS DE PUERTO PRIVADOS o internos y LOS NÚMEROS DE PUERTO PÚBLICOS o externos

DIRECCIONAMIENTO PRIVADO Y TRADUCCIÓN DE DIRECCIONES IP o NAT (NETWORK ADDRESS PORT TRANSLATION)

■ TRES OBJETIVOS:

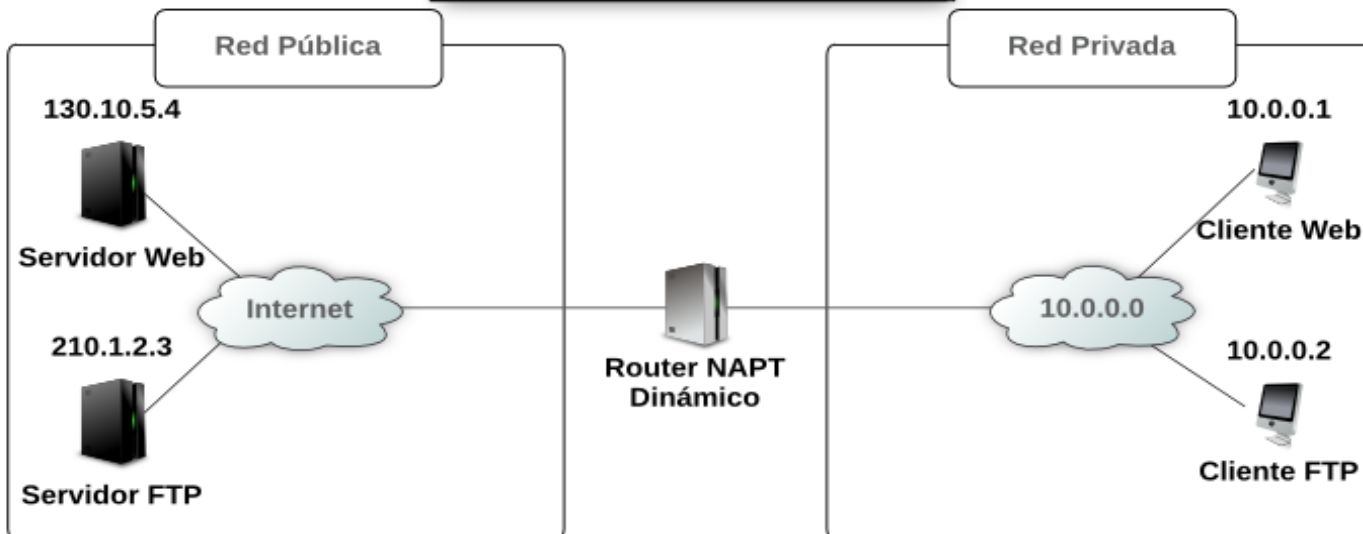
1. **NO AGOTAR** el espacio oficial de direcciones IP públicas asignables
2. **MINIMIZAR** el coste de las dirección IP públicas
3. **ASEGURAR** que no haya un acceso directo desde Internet a la dirección real de una máquina

DIRECCIONAMIENTO PRIVADO Y TRADUCCIÓN DE DIRECCIONES IP o NAT (NETWORK ADDRESS PORT TRANSLATION)

- RFC-1918, BCP-0005.- Direcciones de red clase A, B, C privadas que todo el mundo puede usar y compartir
 - 10.0.0.0 hasta 10.255.255.255 (una dirección de red clase A)
 - 172.16.0.0 hasta 172.31.255.255 (16 direcciones de red contiguas de clase B)
 - 192.168.0.0 hasta 192.168.255.255 (256 direcciones de red contiguas de clase C)
 - 192.168.1.0/255.255.255.0: Típica dirección de red clase C compartida Ethernet-WiFi a través del router ADSL/Fibra Óptica del usuario

NAPT DINÁMICA

Tabla de Traducción NAPT	
Direcciones Públicas y puertos	Direcciones Privadas y puertos
160.50.2.1:6001	10.0.0.1:2001
160.50.2.1:6002	10.0.0.2:1055



Cambio en la

Dirección de Origen	Dirección de Destino	Puerto Origen	Puerto Destino	...
160.50.2.1	210.1.2.3	6002	21	...

Dirección de Origen	Dirección de Destino	Puerto Origen	Puerto Destino	...
10.0.0.2	210.1.2.3	1055	21	...

Puerto Destino	Puerto Origen	Dirección de Destino	Dirección de Origen
...	6002	21	160.50.2.1

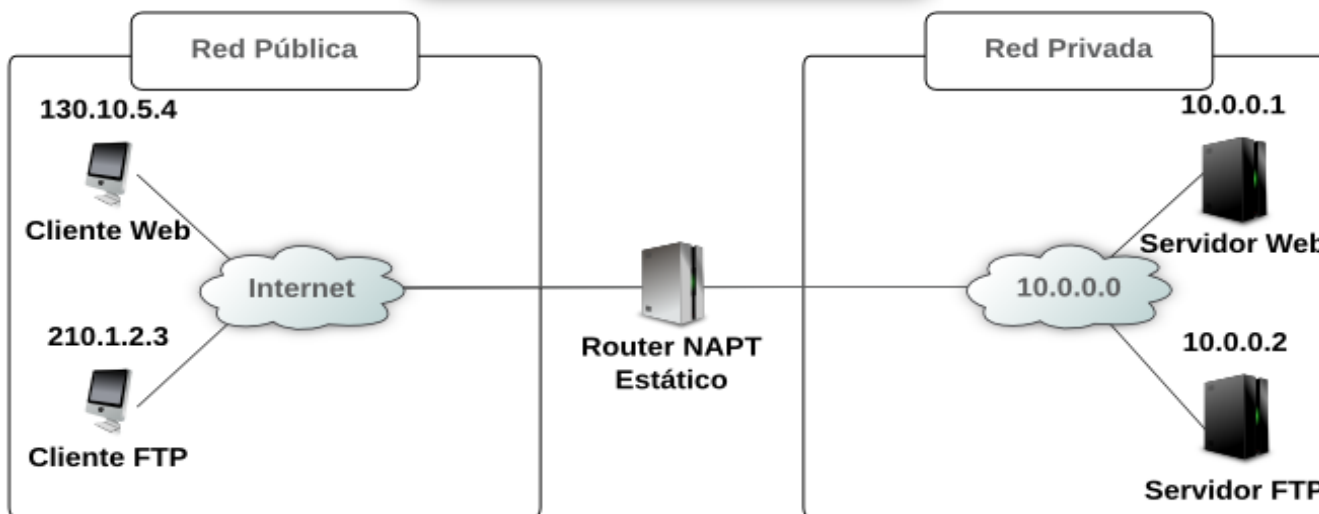
Cambio en la

Puerto Destino	Puerto Origen	Dirección de Destino	Dirección de Origen
...	1055	21	10.0.0.2

NAPT ESTÁTICA

PROCESOS SERVIDORES

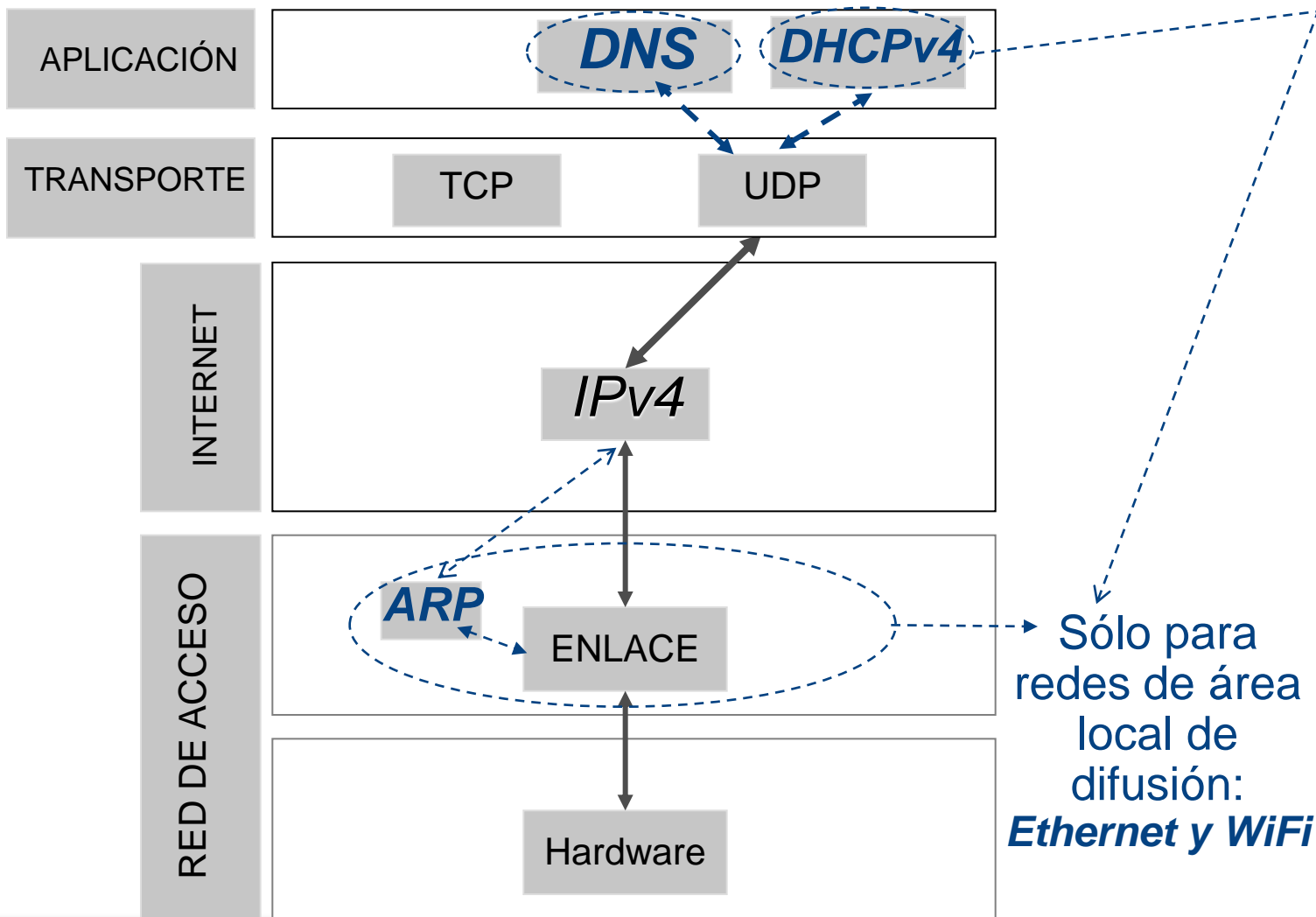
Tabla de Traducción NAPT	
Direcciones Públicas y puertos	Direcciones Privadas y puertos
160.50.2.1:80	10.0.0.1:80
160.50.2.1:21	10.0.0.2:21



Puerto Destino	Puerto Origen	Dirección de Destino	Dirección de Origen		Puerto Destino	Puerto Origen	Dirección de Destino	Dirección de Origen	
...	21	1055	160.50.2.1	210.1.2.3	...	21	1055	10.0.0.2	210.1.2.3
Cambio en la Dirección de Origen				Cambio en la Dirección de Destino					
160.50.2.1	210.1.2.3	21	1055	...	10.0.0.2	210.1.2.3	21	1055	...

Protocolos y Niveles TCP/IP

Relacionados con el Direccionamiento IP



Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Protocolos relacionados con el direccionamiento IPv4

- **Protocolo ARP** (*Address Resolution Protocol*) RFC-826, STD 0037: permite obtener automáticamente la dirección MAC asociada a la dirección IP de una máquina vecina en una RAL de difusión (*Ethernet* o *WiFi*)
 - ✓ **Caché ARP**: evita que el administrador de la máquina tenga que gestionar las altas o bajas puntuales de máquinas vecinas

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Protocolos relacionados con el direccionamiento IPv4

- Protocolo ARP** (*Address Resolution Protocol*):

Tabla de asignaciones en A (Memoria Cache)

dirIP(B)	dirEthernet(B)
dirIP(C)	dirEthernet(C)
dirIP(D)	dirEthernet(D)
dirIP(E)	dirEthernet(E)
dirIP(F)	???



- Si “A” quiere comunicarse con “F” y sólo conoce la dirección IP (“F”), debe obtener dirección MAC (“F”)
- “A” envía un paquete ARP de solicitud de dirección MAC en una trama RAL de difusión a todas las estaciones incluyendo dirección IP (“A”), dirección MAC (“A”) y dirección IP (“F”)
- “F” reconoce su dirección IP (“F”) y envía a “A” en como respuesta (en un paquete ARP de respuesta encapsulado en una trama MAC), incluyendo su dirección MAC (“F”) que se almacenará en la tabla de asignaciones ARP (Caché ARP) de “A”

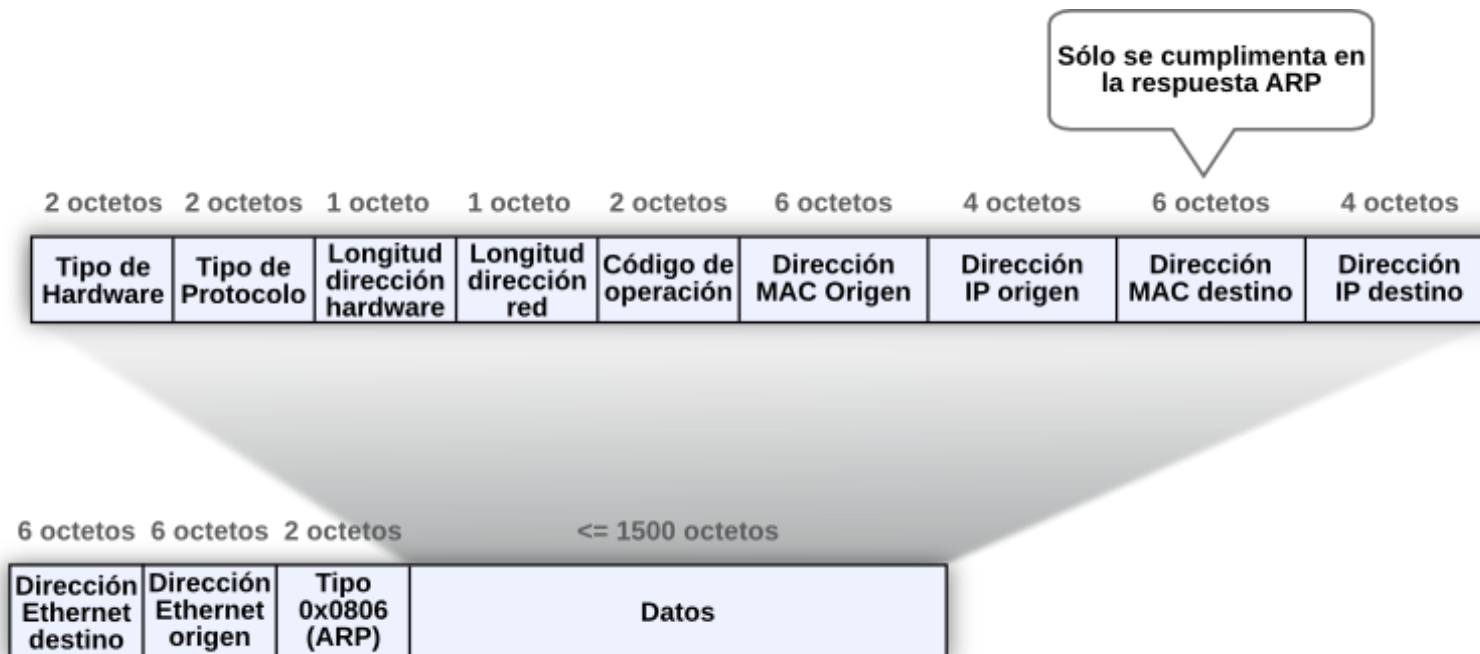
Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Protocolos relacionados con el direccionamiento IPv4

- **Protocolo ARP** (*Address Resolution Protocol*):

Formato del paquete ARP (solicitud y respuesta) para tramas *Ethernet II* (DIX):



Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Protocolos relacionados con el direccionamiento IPv4

■ **Protocolo ARP** (*Address Resolution Protocol*):

Campos del paquete ARP:

- ✓ **Tipo de hardware** : Tipo de dirección hardware o MAC (1 dirección *Ethernet*)
- ✓ **Tipo de protocolo**: Tipo de formato de dirección que se va a traducir en una dirección de hardware (0x0800 para direcciones IP)
- ✓ **Longitud de la dirección hardware**: Longitud en octetos de la dir MAC (6)
- ✓ **Longitud de la dirección de red**: Longitud en octetos de la dir IP (4)
- ✓ **Código de operación**: Indica si es una solicitud (1) o una respuesta (2).
- ✓ **Dirección MAC origen** : Dirección hardware de la máquina origen
- ✓ **Dirección IP origen**: Dirección IP de la máquina origen
- ✓ **Dirección MAC destino**: Dirección hardware de la máquina destino. Sólo se cumplimenta en la correspondiente respuesta ARP.
- ✓ **Dirección IP destino**: Dirección IP de la máquina destino

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Protocolos relacionados con el direccionamiento IPv4

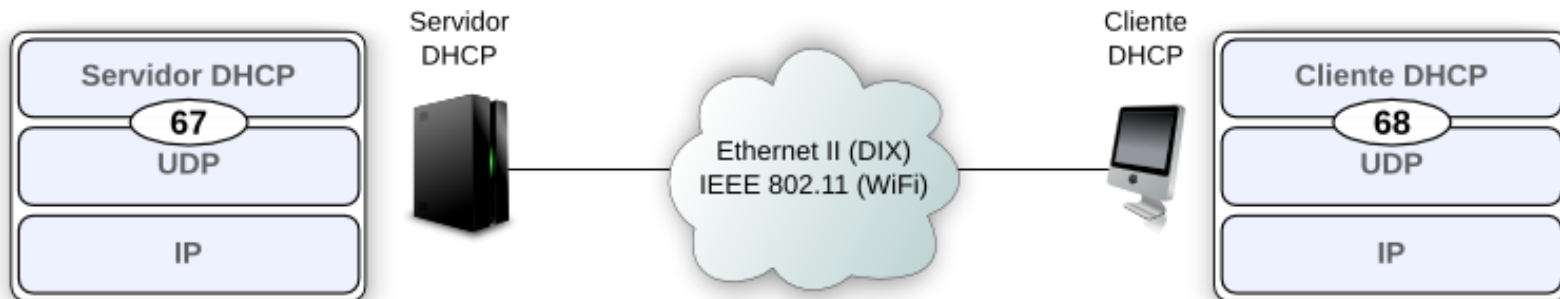
- **Protocolo DHCP** (*Dynamic Host Configuration Protocol*)
RFC-2131:
 - ✓ Permite automatizar la asignación de direcciones IP y toda la información TCP/IP de configuración (dirección IP de la red, dirección IP del siguiente *router*, máscaras asociadas, direcciones IP de los servidores DNS, ...) para que cualquier sistema pueda crear su tabla de encaminamiento IP y acceder a una red TCP/IP o a Internet.
 - ✓ Protocolo del nivel de aplicación sobre UDP

Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Protocolos relacionados con el direccionamiento IPv4

- **Protocolo DHCP** (*Dynamic Host Configuration Protocol*):



Ejemplo de Solicitudes y Respuestas DHCP

GENERADO POR EL CLIENTE DHCP

ORIGEN TRAMA	DESTINO TRAMA	ORIGEN IP	DESTINO IP		
MAC ORIGEN	FFFFFFFFFFFF	0.0.0.0	255.255.255.255	UDP	MENSAJE DE SOLICITUD DHCP

Difusión limitada en el nivel de trama

¿Cuál es mi dirección de máquina en esta red?

Difusión limitada en el nivel IP

Hacia el servidor DHCP

GENERADO POR EL SERVIDOR DHCP

ORIGEN TRAMA	DESTINO TRAMA	ORIGEN IP	DESTINO IP		
MAC ORIGEN	MAC DESTINO	10.1.2.2	10.1.2.X	UDP	MENSAJE DE RESPUESTA DHCP

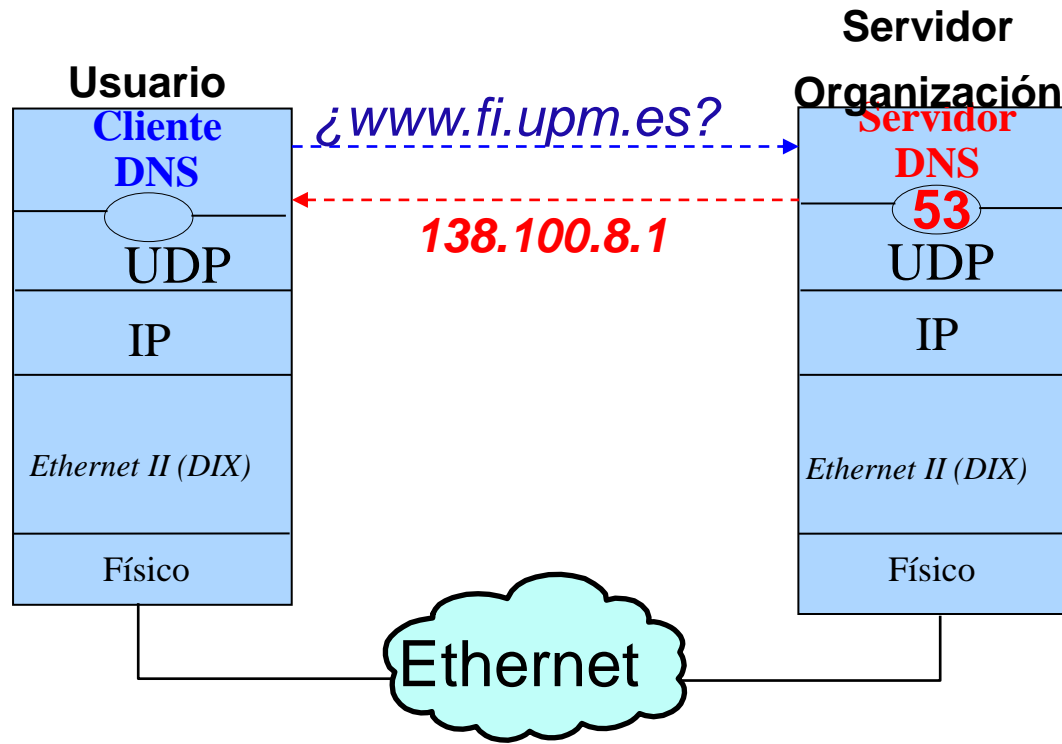
Dirección IP asignada,

Hacia el cliente DHCP

El Protocolo DNS (DOMAIN NAME SYSTEM)

RFC-1034 y RFC-1035

- Aparte de su dirección IP (dirección numérica), una máquina puede disponer también de una dirección simbólica
- Un **dirección simbólica** se representa mediante una estructura jerárquica de dominios o nombres simbólicos desde el dominio más particular al dominio más general
 - máquina.dominio(n).dominio(n-1)...dominio(1).dominio

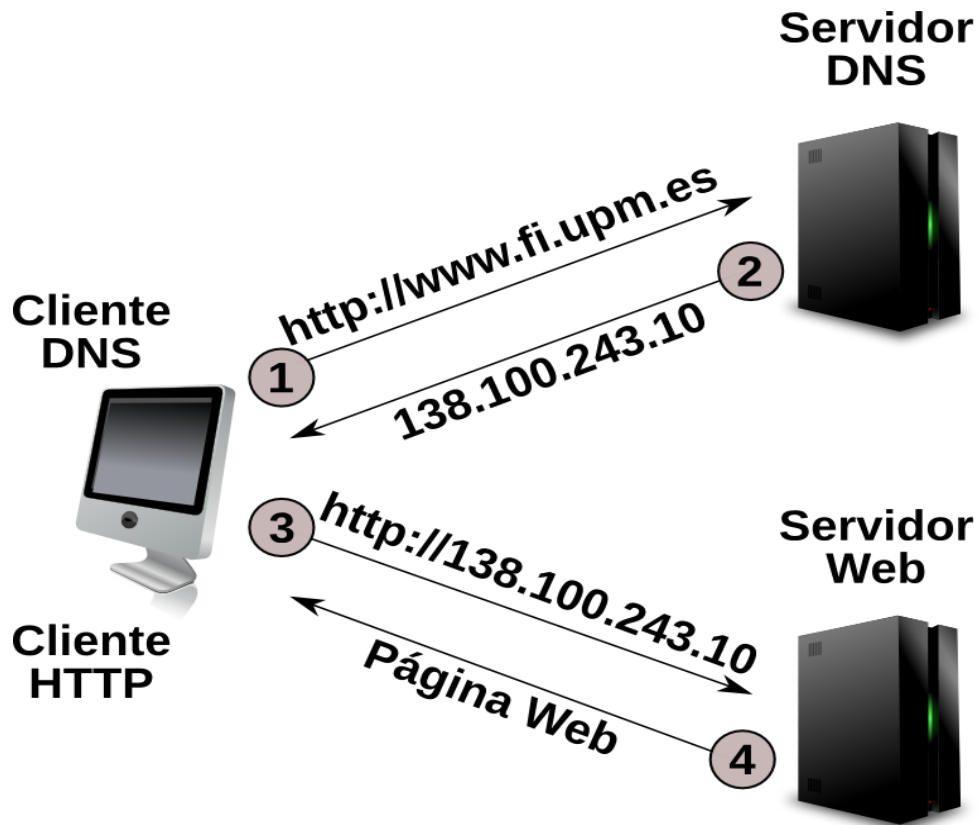


Nivel de red

Direccionamiento IPv4

Direcciones simbólicas - DNS

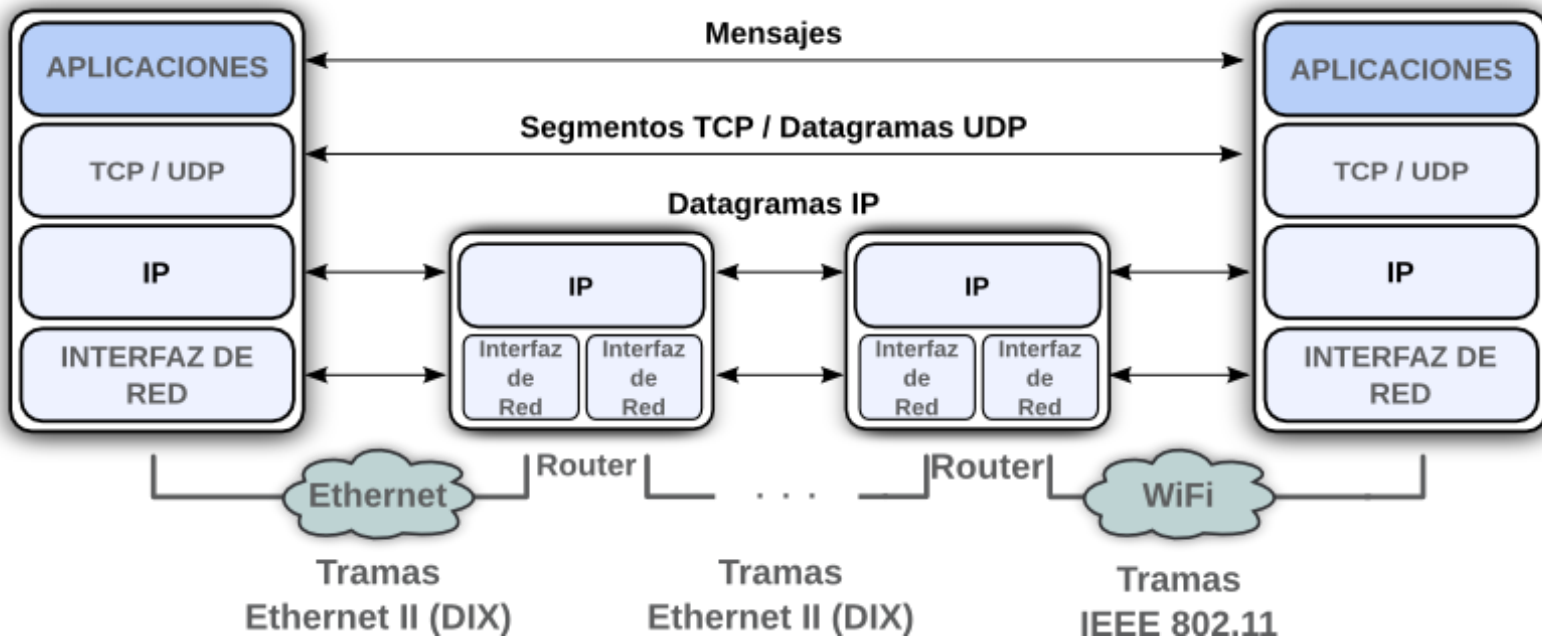
- **Consulta DNS:** Acceso a una página Web vía HTTP a través del nombre simbólico del servidor Web que mantiene dicha página



Nivel de red

Protocolo IPv4

- Servicio no orientado a conexión (no fiable)
 - Sin control de errores, ni control de flujo
 - “Mejor y más rápida entrega posible” o “Hago lo que puedo” (“*Best Effort*”)



Nivel de red

Protocolo IPv4

- Características:
 - Protocolo clave de la arquitectura TCP/IP
 - Su función primordial es encaminar paquetes IP por Internet
 - Ofrece un servicio no orientado a conexión y no fiable
 - No hay control de errores ni flujo
 - Sólo detección de errores físicos en la cabecera IP
 - Por omisión, no ofrece prioridades de procesamiento para que un paquete adelante a otro en la cola del *buffer* de la interfaz de salida de un *router*
 - Por omisión, tampoco proporciona calidad de servicio o QoS (*Quality of Service*) en cuanto a caudal, retardos y pérdidas
 - Sólo prioridades de calidad de servicio en los *routers* de la red IP de un operador si se ha contratado previamente una determinada calidad de servicio con dicho operador

Nivel de red

Protocolo IPv4

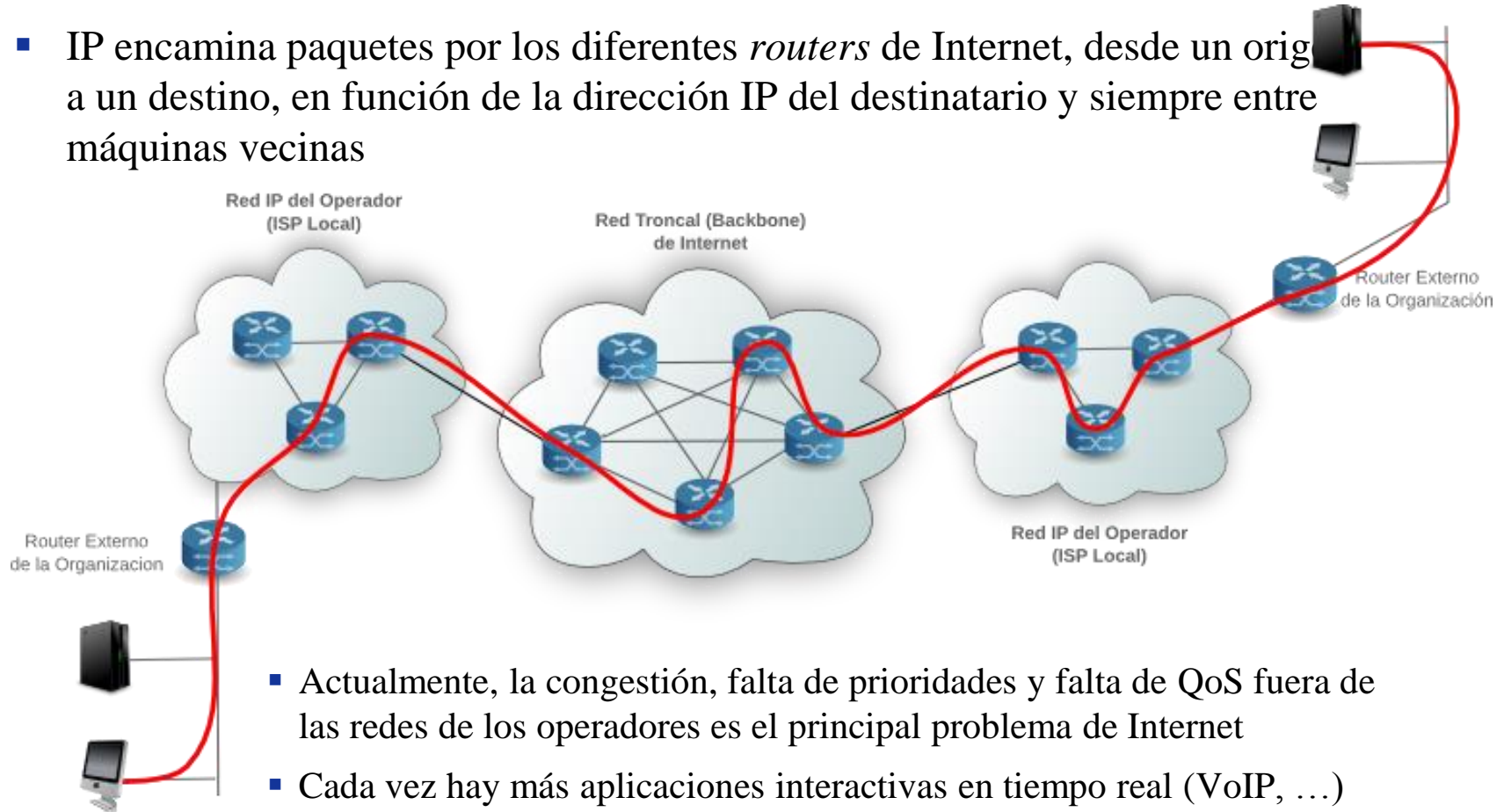
■ Encaminamiento en Internet:

- IP, por omisión, sólo proporciona un servicio “*best-effort*” o “de mejor entrega o reenvío posible” o “hago lo que puedo”
- Es decir, IP “hace lo que puede” para encaminar cada paquete desde un origen a un destino tan rápidamente como sea posible
- Ventaja:
 - IP encamina rápido porque fundamentalmente se dedica a encaminar
- Desventajas: por omisión
 - Para IP todos los paquetes son iguales y se les aplica un mismo tratamiento
 - IP no ofrece prioridades de tratamiento en las colas de los buffers de salida (para que unos paquetes adelanten a otros en dichas colas)
 - IP no garantiza calidad de servicio o QoS (*Quality of Service*) o elección de los mejores enlaces hacia un determinado destino en función de un máximo caudal, mínimo retardo, mínimas pérdidas
 - Actualmente, sólo los operadores garantizan, por contrato previo a sus clientes, prioridades y QoS, en los routers de sus redes IP

Nivel de red

Protocolo IPv4

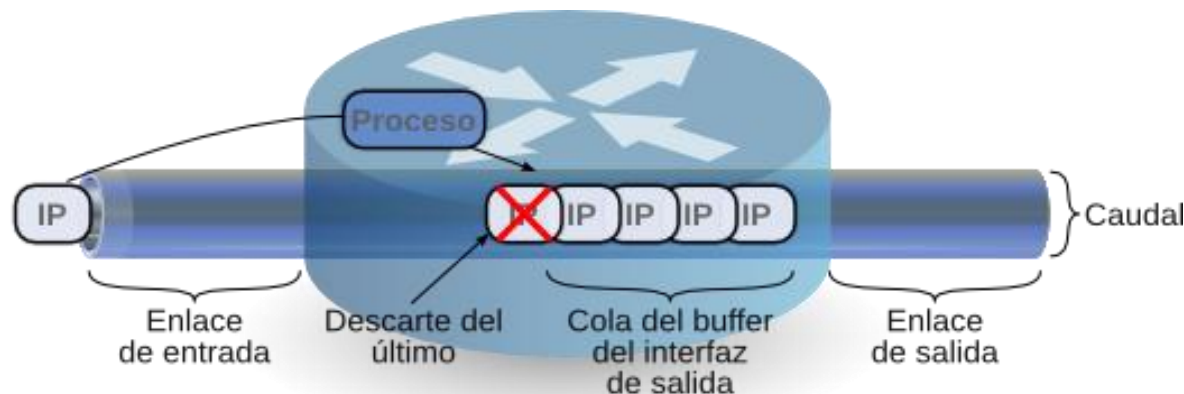
- Entre el origen y el destino en Internet pueden aparecer muchos *routers*
- IP encamina paquetes por los diferentes *routers* de Internet, desde un origen a un destino, en función de la dirección IP del destinatario y siempre entre máquinas vecinas



Nivel de red

Protocolo IPv4

- Las pérdidas de paquetes IP se suelen ocasionar en los *routers*
- Se descartan paquetes IP (**congestión de un router**) cuando se desborda la capacidad de almacenamiento de los *buffers* asociados a las distintas líneas de salida al superar las tasas de entrada las capacidades de salida
- La congestión o pérdida de paquetes IP en un *router* de acceso, es especialmente crítico en enlaces de entrada de alta capacidad y enlaces de salida de menor capacidad



Nivel de red

Protocolo IPv4

- Campos de la cabecera de control de un datagrama IP:
 - **Versión:** Indica la versión 4 del protocolo IP.
 - **Longitud de la cabecera:** N° de bloques de 4 octetos de que consta la cabecera
 - **Tipo de servicio:** El IETF cambió la interpretación y el nombre de este campo que, ahora, se denomina de **servicios diferenciados**
 - **Longitud total:** N° de octetos de un datagrama (cabecera y datos). Dicha longitud como máximo es de 65.535 octetos
 - **Identificador:** Asignado, por omisión, a todo datagrama (se fragmente o no) e identifica a los fragmentos pertenecientes a un mismo datagrama
 - **Un bit a cero:** Reservado para un uso futuro
 - **DF:** Bit de no fragmentar
 - **MF:** Bit de más fragmentos
 - **Desplazamiento:** N° de bloques de 8 octetos contenidos en el campo de datos en fragmentos anteriores

Nivel de red

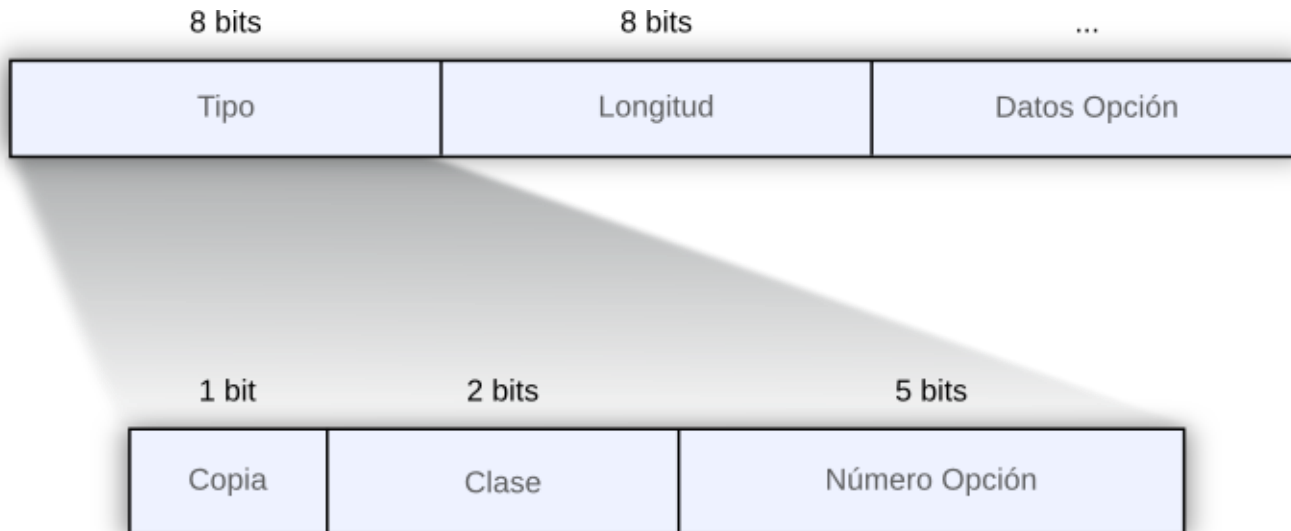
Protocolo IPv4

- Campos de la cabecera de control de un datagrama IP (cont.):
 - **Tiempo de vida (TTL):** N° máximo de *routers* (255) que el datagrama puede atravesar en Internet desde un origen a un destino. Cada *router* decrementa en una unidad el valor almacenado en este campo. Si el resultado es cero, se elimina el datagrama
 - **Protocolo:** Identifica el protocolo superior (TCP = 6, UDP = 17, ICMP = 1)
 - **Suma de comprobación:** Suma aritmética binaria o en módulo 2 sin acarreo (suma XOR) de la cabecera.
 - **Dirección de origen:** Sistema origen del datagrama
 - **Dirección de destino:** Sistema destino del datagrama
 - **Opciones:** Información de control para servicios adicionales
 - **Relleno:** Bits añadidos al campo de opciones para que la cabecera tenga una longitud total múltiplo de 4 octetos

Nivel de red

Protocolo IPv4

- Campo **Opciones de Servicio**: Información de control de longitud variable para servicios adicionales



Nivel de red

Protocolo IPv4

- Campo **Opciones de Servicio**:
 - **Tipo**: Tipo de la opción en función de los siguientes campos:
 - **Copia**: Indica si el campo de opción se debe copiar en todos los fragmentos o sólo en el primero
 - **Clase**: Clase general de la opción
 - **Número de opción**:
 - Seguridad
 - Encaminamiento desde origen: estricto y no estricto
 - Registro de ruta
 - Sello o marca de tiempo
 - **Longitud**: Longitud total en octetos de la opción
 - **Datos**: Información para poder procesar debidamente la opción

Nivel de red

Protocolo IPv4

▪ Rutina de comprobación de la cabecera:

1. Suma de comprobación
2. Versión
3. Longitud de la cabecera
4. Longitud total
5. TTL-1: Sólo las entidades IP intermedias en los *routers* decrementan en una unidad el contenido del campo TTL (nunca la entidad IP destinataria ya que el paquete ha llegado al destino)
 - Si el resultado es diferente de cero, entonces se actualiza el campo TTL y se calcula y actualiza la suma de comprobación
 - Si el resultado es cero se elimina el paquete

Nivel de red

Protocolo IPv4

Fragmentación IP:

- **MTU** (*Maximum Transfer Unit*) de una red = Unidad máxima de transferencia que se puede enviar sin fragmentar por dicha red = Máxima longitud de un datagrama IP sin fragmentar = Longitud máxima del campo de datos de las tramas de información de dicha red
- Para evitar fragmentar, la MTU mínima por Internet es de 1500 octetos (*Ethernet*)
- Aumenta el número de cabeceras por Internet = Aumenta la carga de tráfico y proceso
- Incrementa la posibilidad de perder un datagrama IP. La pérdida de un solo fragmento provoca la pérdida del datagrama completo
- Entidad IP destinataria arranca un temporizador de reensamblado cuando recibe un primer fragmento. Si vence el temporizador antes de que lleguen todos los fragmentos, se elimina el resto del paquete

Un Ejemplo de Fragmentación IPv4

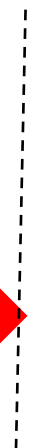
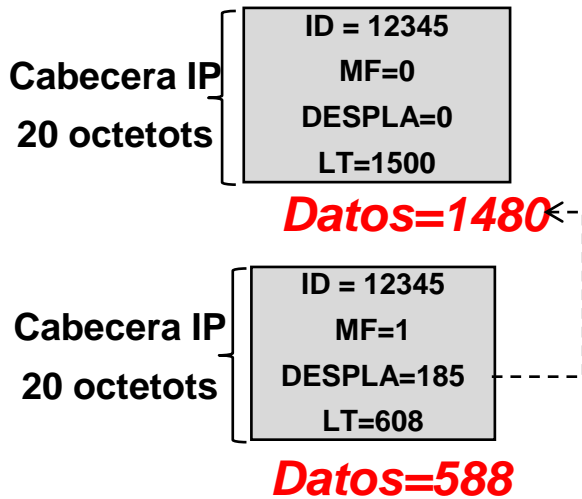
Fragmentación SÓLO en Origen



IP trocea 2.068 octetos teniendo en cuenta que tiene que añadir 20 octetos a cada trozo sin superar la MTU = 1500 octetos

SIEMPRE en destino

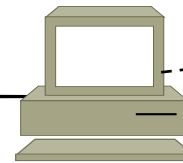
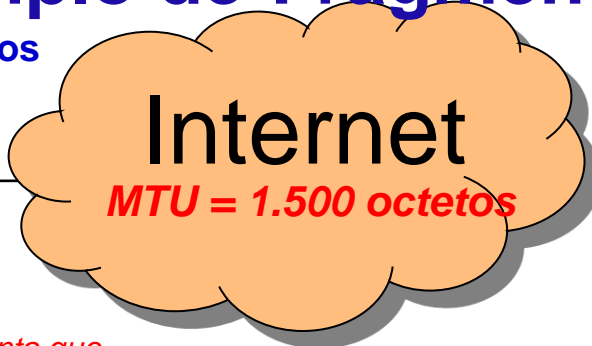
TEMPORIZADOR DE REENSAMBLADO



Un Ejemplo de Fragmentación IPv4

A MSS = 4.096 octetos

B



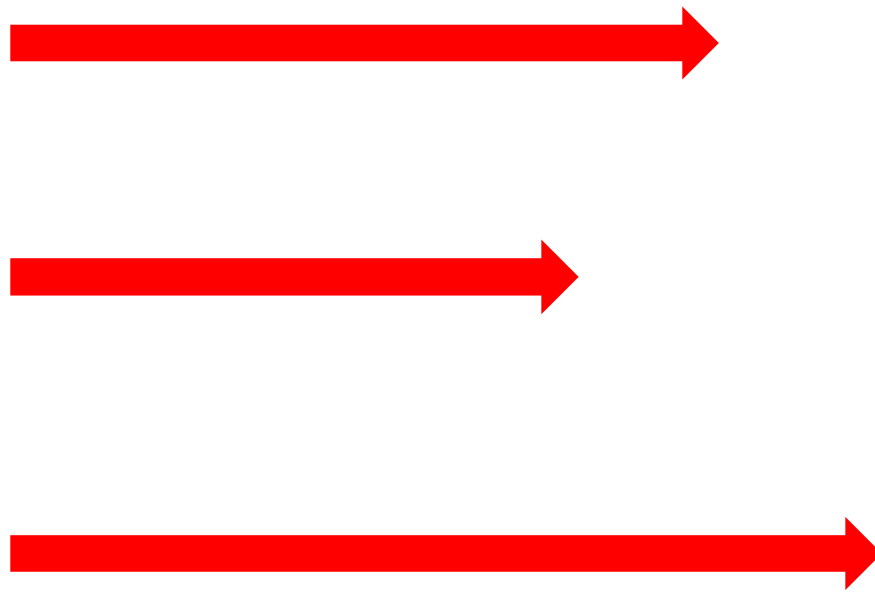
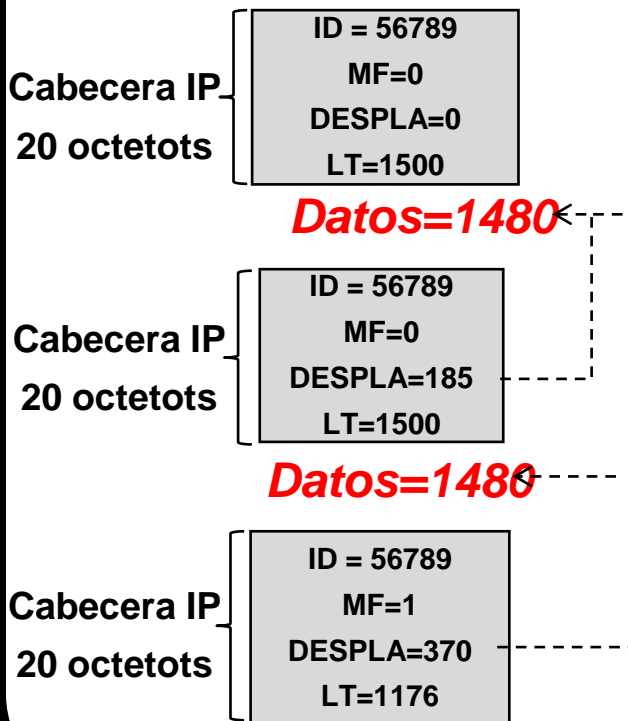
Segmento TCP = 20 + 4.096 octetos

IP trocea 4.116 octetos teniendo en cuenta que tiene que añadir 20 octetos a cada trozo sin superar la MTU = 1500 octetos

Reensamblaje

SIEMPRE en destino

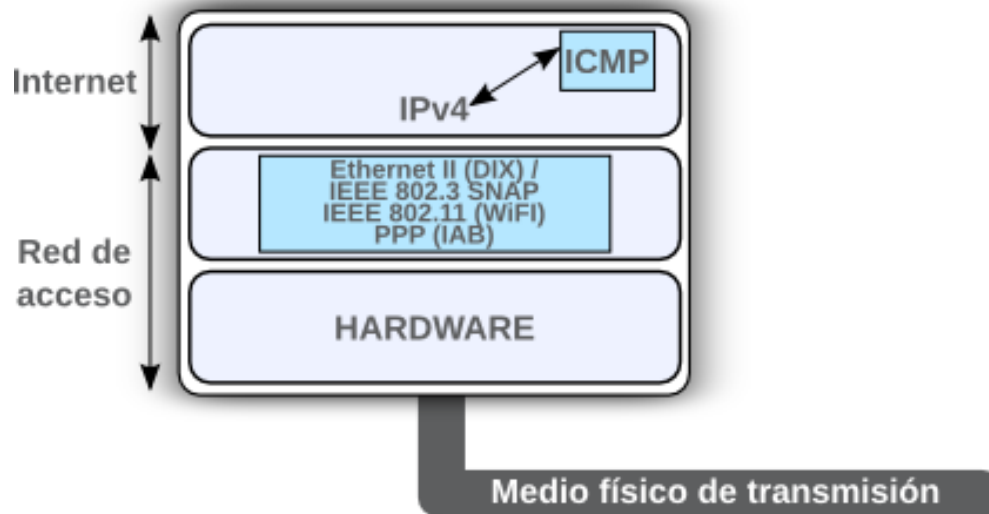
TEMPORIZADOR DE REENSAMBLADO



Nivel de red

Protocolo ICMPv4

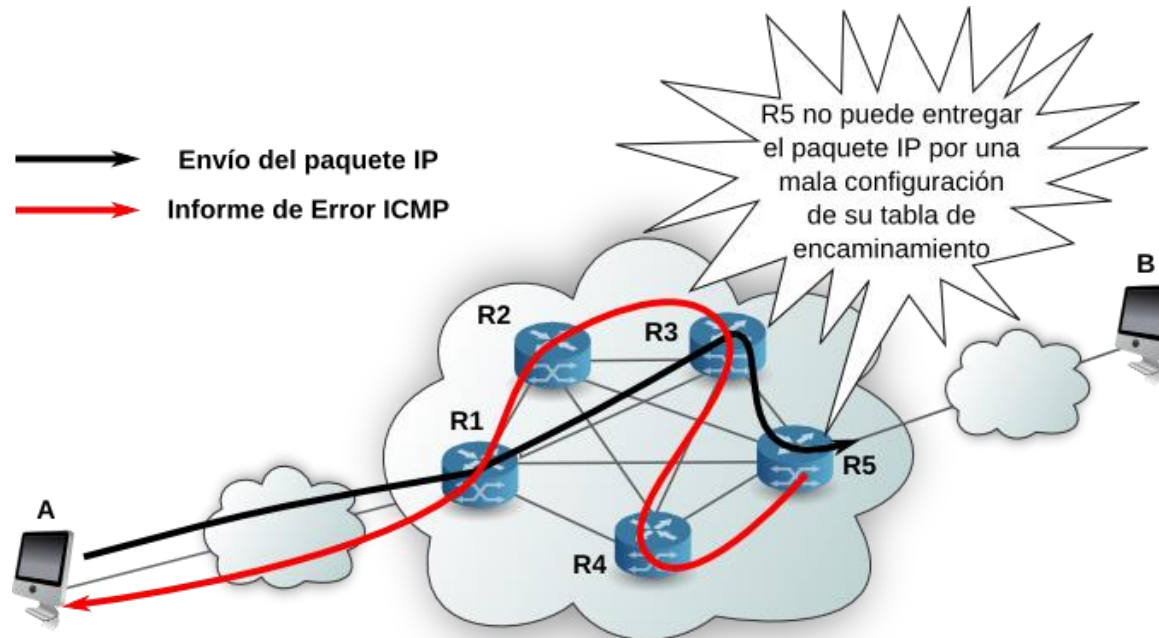
- **Protocolo ICMP** (*Internet Control Message Protocol*) RFC-792, STD-0005: envío de mensajes de control en Internet: Informes de error y consultas
 - Destino del mensaje ICMP: Sistema origen indicado en el datagrama IP que encapsula el mensaje ICMP
 - ICMP no hace más fiable a IPv4



Nivel de red

Protocolo ICMPv4

- Envío de un datagrama IP desde el sistema “A” al sistema B”:
 - Informe de error por destino inalcanzable



Nivel de red

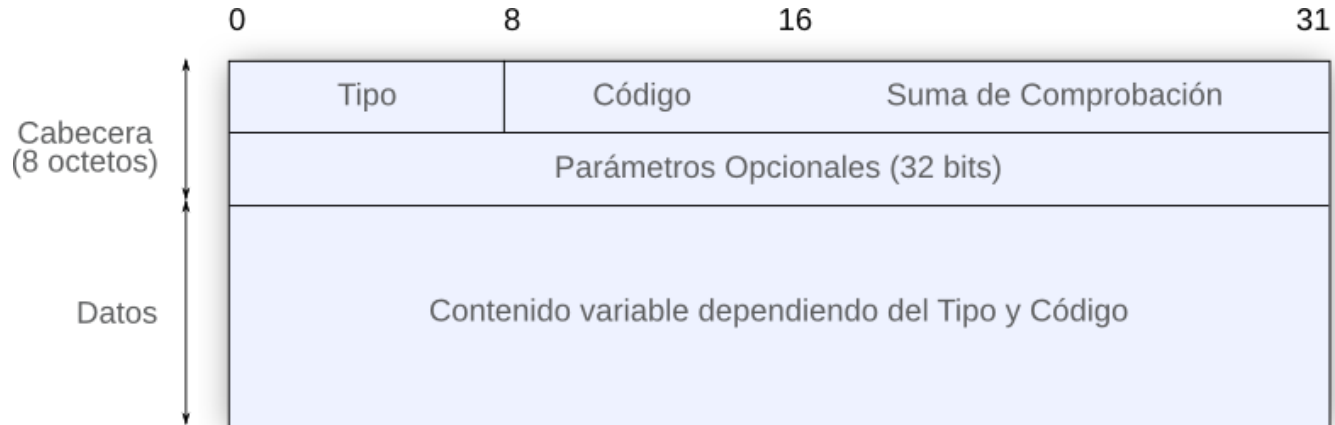
Protocolo ICMPv4

- **Tipos de mensajes ICMP:**
 - **Informes de error:** problemas que un *router*, la máquina destino (o la máquina origen), pueden encontrar al procesar un datagrama IP
 - Destino inalcanzable (falta de información en la tabla IP)
 - Tiempo excedido (TTL = 0 en un *router* o tiempo de reensamblado excedido en la máquina destino)
 - Frenado en el origen (evitar una congestión en un *router* de Internet)
 - Problemas con los parámetros (información ininteligible en la cabecera del datagrama IP)
 - ...
 - **Consultas:** información que permite que una máquina tenga información de otra
 - Solicitud y respuesta de eco (comprobación de si una máquina está conectada y responde)
 - ...

Nivel de red

Protocolo ICMPv4

- Formato del mensaje ICMP:

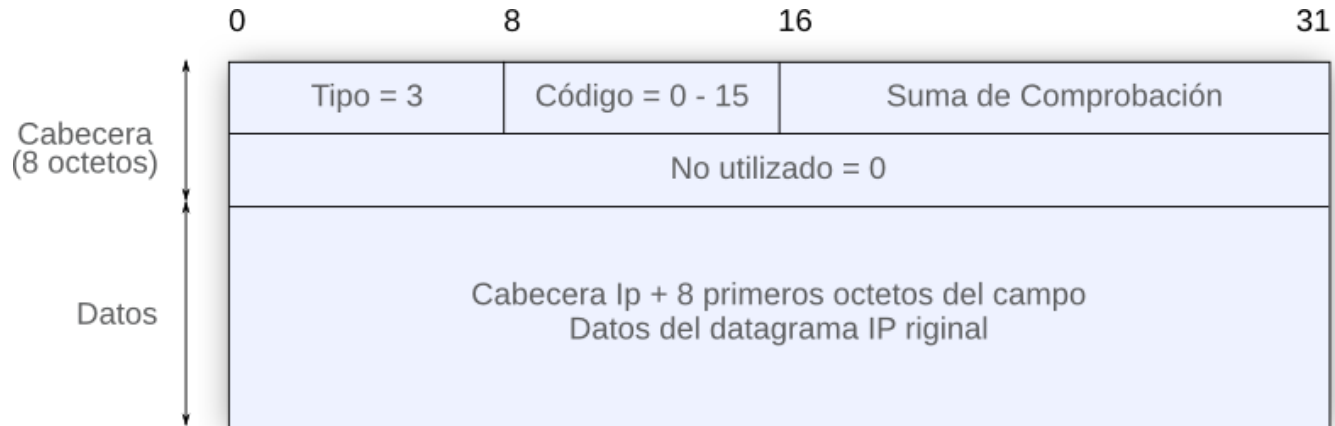


- Campos de la cabecera del mensaje ICMP:
 - Tipo:** Tipo de mensaje ICMP
 - Código:** Información adicional
 - Suma de comprobación:** Se aplica a todo el mensaje ICMP. Sólo hay detección de errores físicos
 - Parámetros opcionales:** Información opcional

Nivel de red

Protocolo ICMPv4

▪ Mensaje ICMP de Destino Inalcanzable:



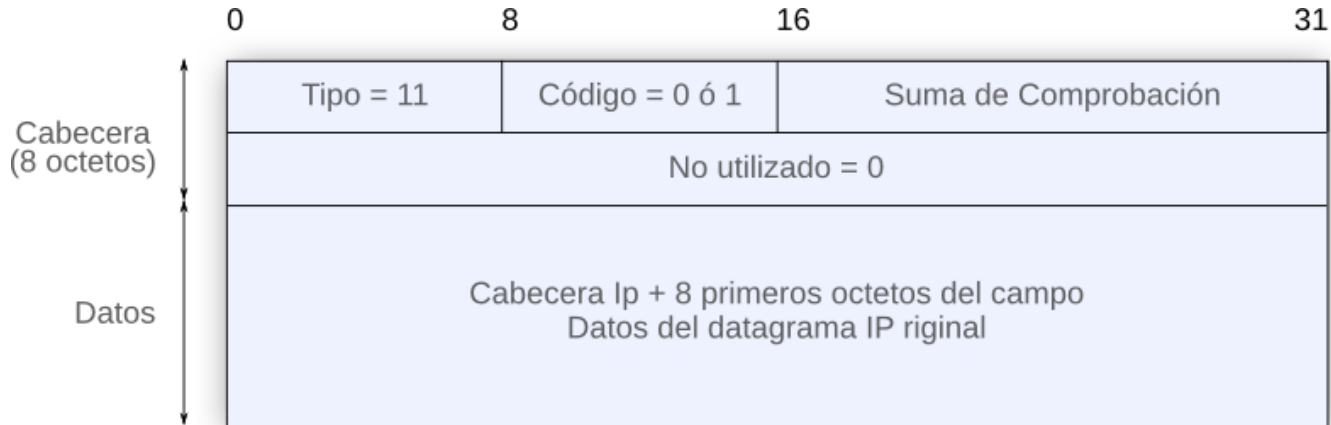
Código:

- 0: Red no alcanzable (*router* o sistema origen)
- 1: Máquina destinataria no alcanzable o sin respuesta ARP (*router* final)
- 2: Protocolo superior (TCP, UDP, etc.) no alcanzable (nivel 3 del sistema destinataria)
- 3: Puerto no alcanzable (nivel 4 del sistema destinataria)
- ...

Nivel de red

Protocolo ICMPv4

▪ Mensaje ICMP de Tiempo Excedido:



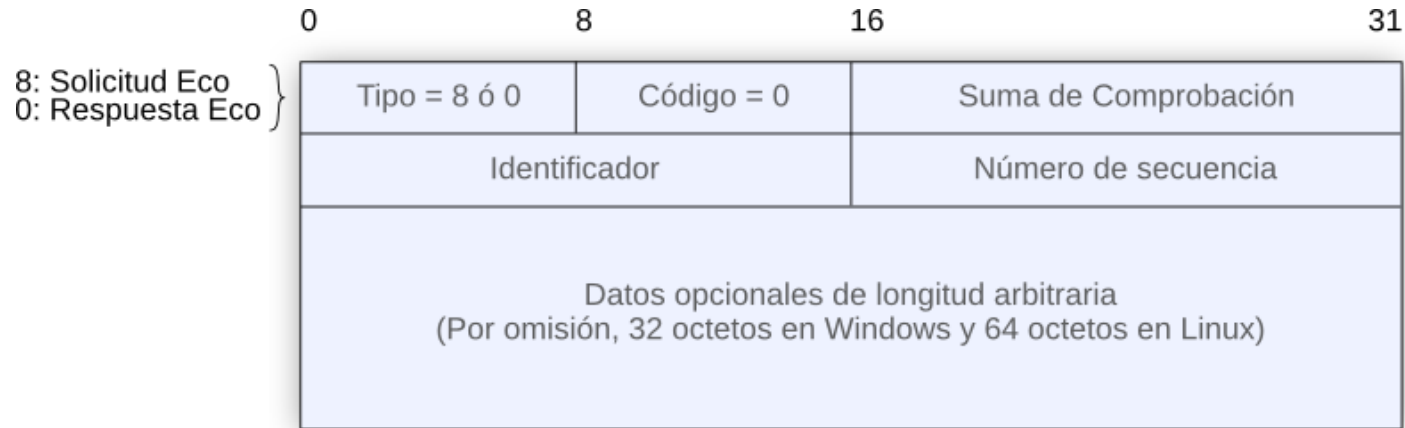
Código:

- 0: Tiempo de vida (TTL) del datagrama excedido
- 1: Tiempo de reensamblado excedido

Nivel de red

Protocolo ICMPv4

▪ Mensaje ICMP de Solicitud y Respuesta de Eco:



- La utilidad Ping hace uso de los mensajes ICMP de solicitud y respuesta de eco, fundamentalmente, para saber si una máquina por Internet está conectada y responde
- La combinación de ambos mensajes determina si dos sistemas se pueden comunicar entre sí por Internet, es decir, si hay comunicación en el nivel IP
- Si se envía un mensaje de solicitud de eco y se recibe un mensaje de respuesta “con el mismo eco” es que hay comunicación IP con la máquina destino y, además, los *routers* intermedios están encaminando