

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 de área extensa e Internet

Tema 2

Arquitectura TCP/IP

Redes de Computadores

Curso 2017/2018
Segundo 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

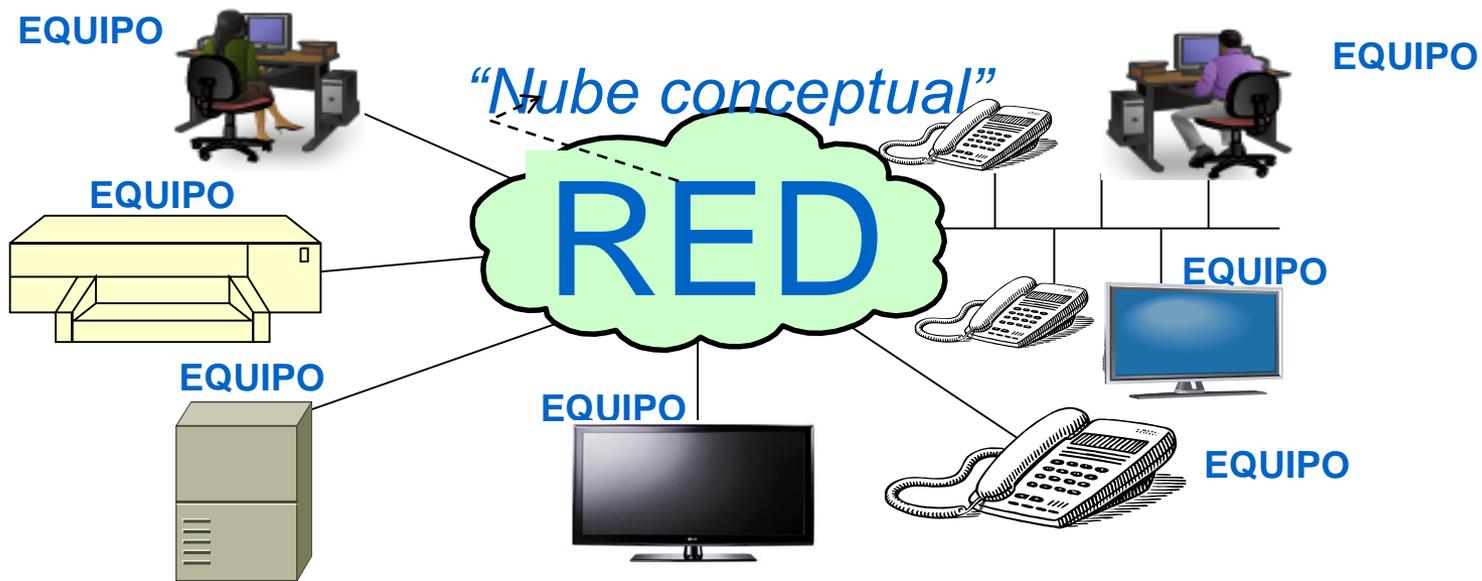
- 2.1 Redes y arquitecturas
- 2.2 Arquitecturas estructuradas de comunicaciones
- 2.3 Arquitectura TCP/IP
- 2.4 Nivel de enlace
- 2.5 Nivel de red
- 2.6 Ejercicios Tema 2

2.1 Redes y Arquitecturas

CONCEPTOS PRELIMINARES

Red de Comunicaciones: *Medio Físico de Comunicación y Compartición de Recursos de Información y Computación entre equipos*

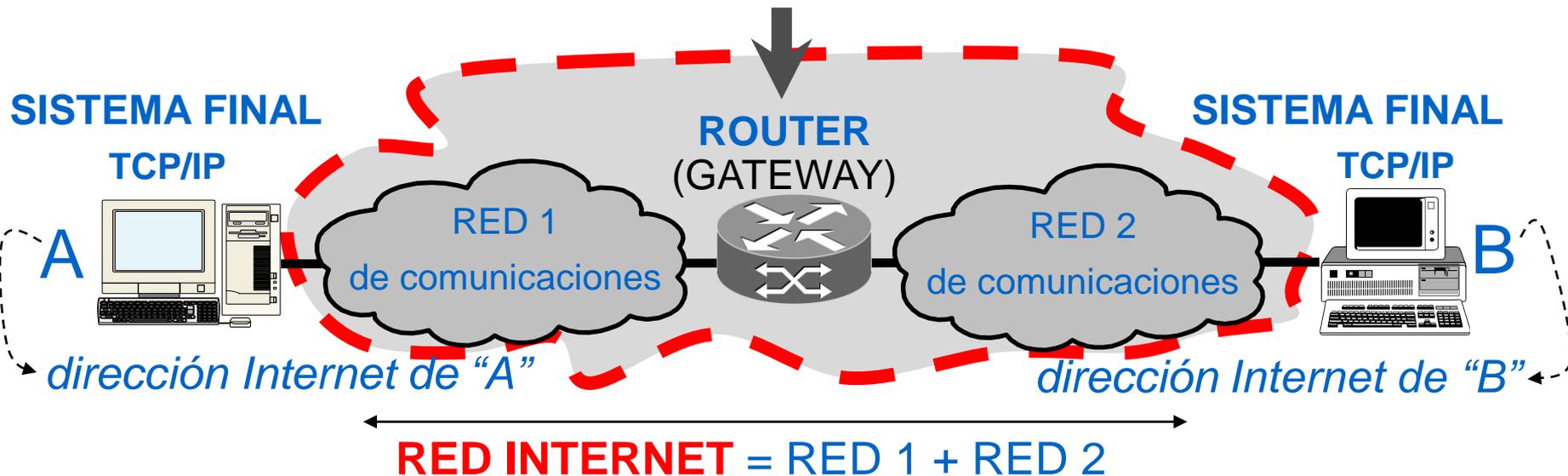
EQUIPO: *Cualquier dispositivo CONECTADO a una RED DIRECCIONABLE o con una dirección en dicha red, y CAPAZ DE “HABLAR” UN MISMO IDIOMA, con otros equipos conectados a la misma red, mediante mensajes pertenecientes a un mismo conjunto de PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES*



Formación de una Mínima Red INTERNET

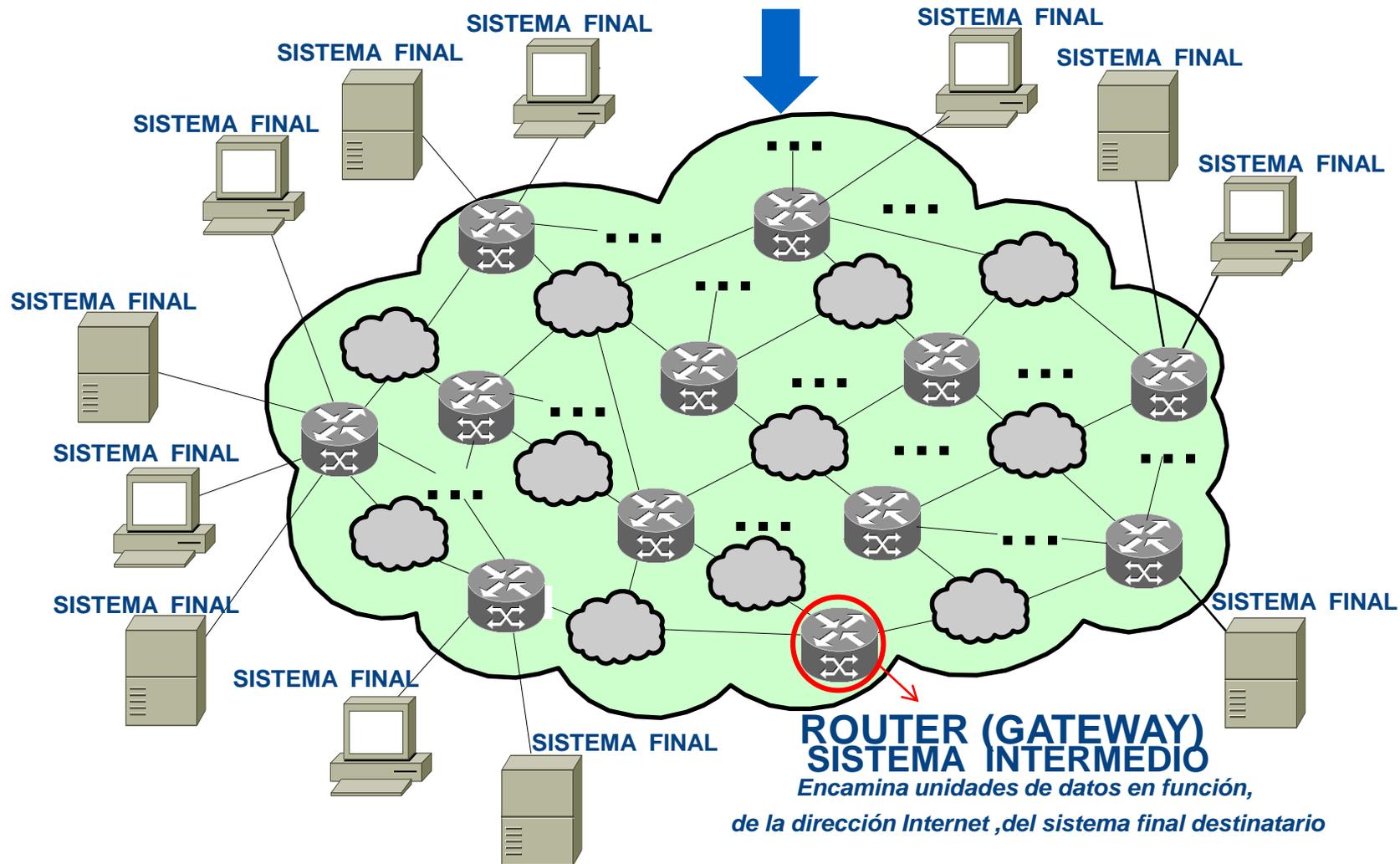
SISTEMAS FINALES NO VECINOS: A y B

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



Una MÍNIMA RED DE COMPUTADORAS INTERNET estaría formada por la interconexión de, al menos, dos redes de comunicaciones mediante un equipo intermedio o ROUTER que encaminan los paquetes de datos en función de la dirección Internet del destino

Una Hipotética Red Internet INTERNET



NÚMEROS EN INTERNET

Internet = Red de computadoras TCP/IP
más de 270 países

Planeta: Un poco más de 7.200 millones de habitantes y en Internet cerca de 3.500 millones de usuarios (49 %)

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

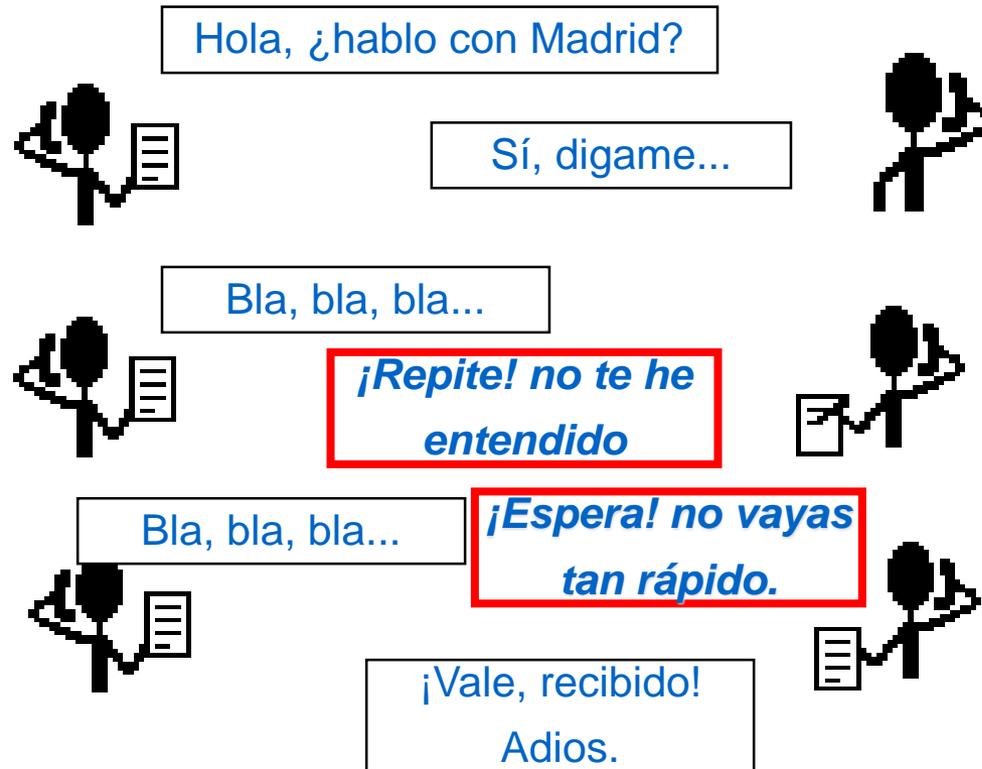
Socialmente: Red democrática, descentralizada y sin dueño

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 equipos diferentes, 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



Coordinación en Internet

- ORGANIZACIÓN DE CENTROS para controlar:
 - ✓ EL ACCESO A INTERNET
 - ✓ *ISPs*
 - ✓ LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE INTERNET
 - *IAB y RFCs*

El acceso a Internet



Proveedor de

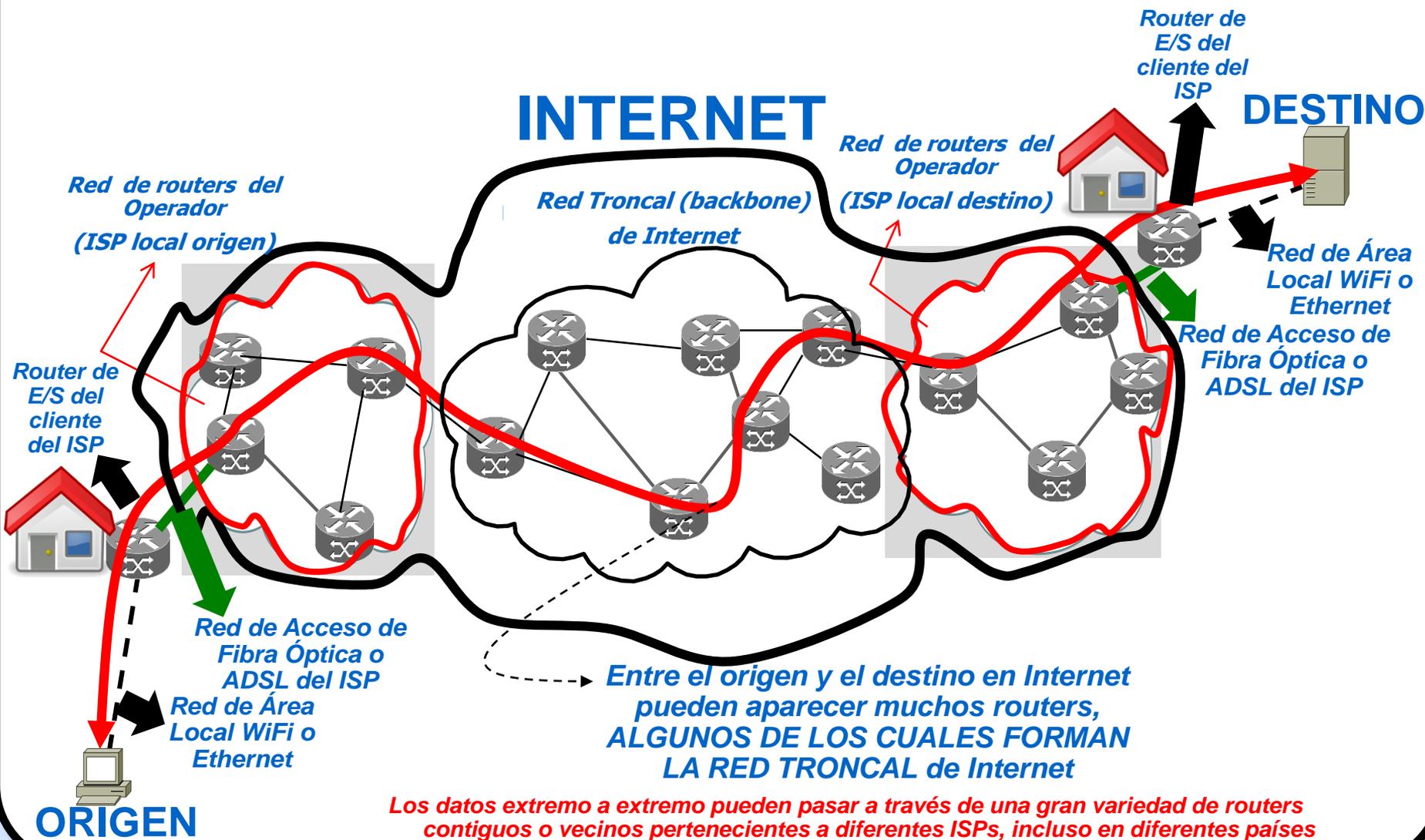
Servicios en Internet

(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, Vodafone, Yoigo, etc.**) que ofrecen la correspondiente infraestructura de acceso*

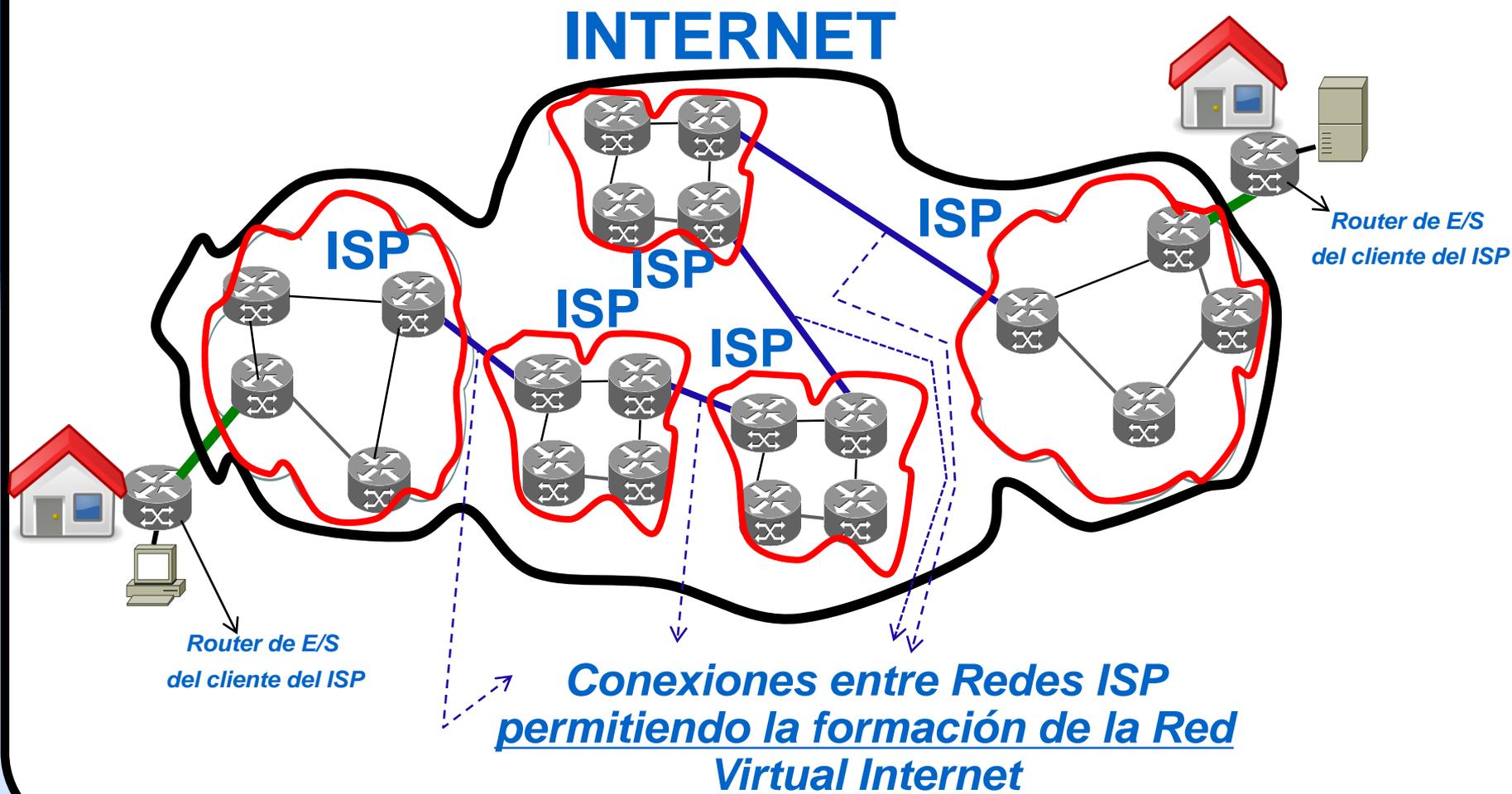
Ejemplo de un Típico Escenario de Comunicaciones en Internet



Arquitectura TCP/IP

Ejemplo de Conexiones entre las Redes de Routers de los ISP

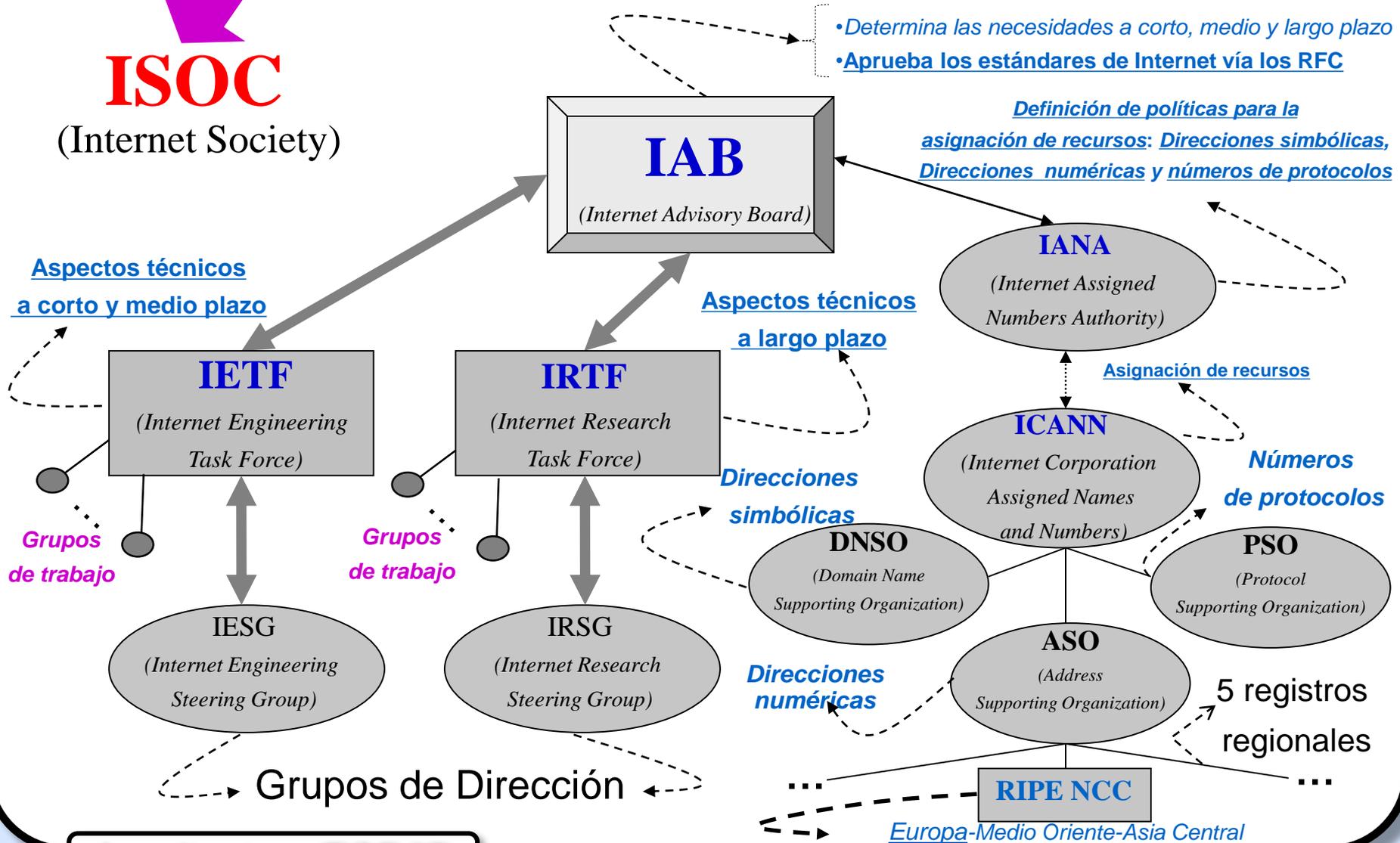
Los datos extremo a extremo pueden pasar a través de una gran variedad de routers contiguos o vecinos pertenecientes a diferentes ISPs, incluso en diferentes países



ORGANIZACIÓN DE CENTROS PARA EL CONTROL Y EVOLUCIÓN DE INTERNET

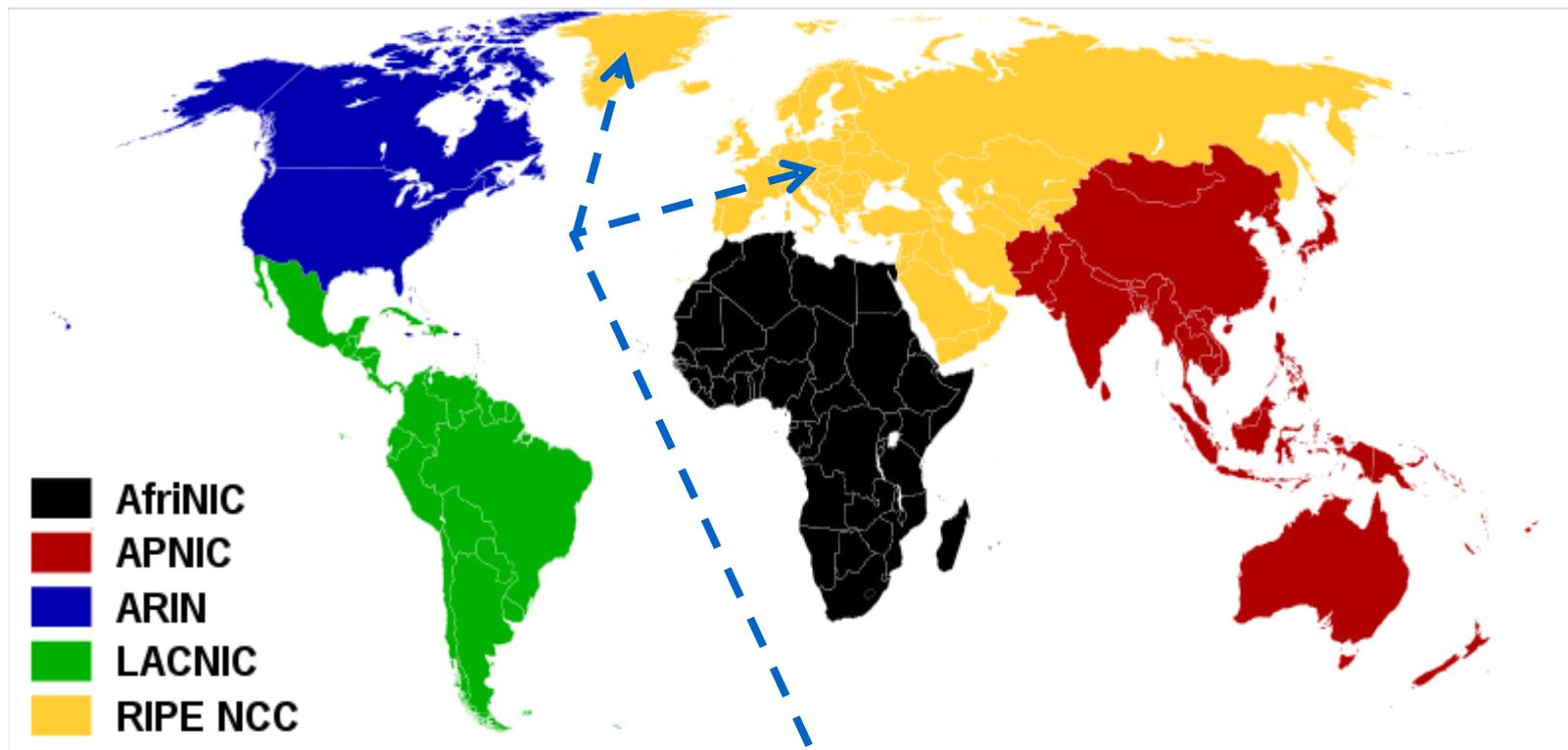
ISOC

(Internet Society)



Arquitectura TCP/IP

Cobertura de los 5 Registros Regionales



- American Registry for Internet Numbers (ARIN) para América Anglosajona
- *RIPE Network Coordination Centre (RIPE NCC) para Europa, el Oriente Medio y Asia Central: Amsterdam (Holanda) = www.ripe.net*
- Asia-Pacific Network Information Centre (APNIC) para Asia y la Región Pacífica
- Latin American and Caribbean Internet Address Registry (LACNIC) para América Latina y el Caribe
- African Network Information Centre (AfriNIC) para África

LAS ESPECIFICACIONES DE PROTOCOLOS, SERVICIOS Y OTRAS INFORMACIONES EN INTERNET

- ***Solicitudes de Comentarios: Request For Comments (RFC)***

- ***Documentos numerados en secuencia de forma cronológica por su número RFC: Un cambio en un RFC, implica un cambio en su número, con lo cual se debe obtener el número más alto***

 – ***RFC Editor es un miembro del IAB: http://www.rfc-editor.org/search/rfc_search.php (MOTOR DE BÚSQUEDA)***

- ***IAB (Internet Advisory Board) y el IAB Official Protocol Standards (RFC-5000, STD-0001): Listado de todos los estándares identificados por un número STD (STanDard)***

- ***Estado (status) de un RFC:***

↑
Evolución
de un
estándar

- » ***Estándar (STD o STanDard): Reconocido y normalizado o máximo status de un RFC***
 - ***IP (RFC-791, STD-0005)***
 - ***TCP (RFC-793, STD-0007)***
- » ***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***
 - » ***Desconocido***

- ***Mejor Práctica Actual (número BCP o Best Current Practice): Prácticas o experiencias útiles para todos.-*** Por ejemplo, RFC-5657, BCP-0009 (*Proceso de elaboración y presentación de un RFC para su análisis y aprobación*), RFC-1818, BCP-0001; etc.

- ***For Your Information (número FYI): Información útil.-*** Por ejemplo, RFC-1462, FYI-0020 “FYI on What is the Internet?”

RFC Editor

[About this page](#)

RFC Number (or Subseries Number):

Title/Keyword:

Show Abstract Show Keywords

Additional Criteria ≈

[IAB](#) • [IANA](#) • [IETF](#) • [IRTF](#) • [ISE](#) • [ISOC](#)
[Reports](#) • [Site Map](#) • [Contact Us](#)

Búsqueda de Documentación

RFC RFC Search Detail

https://www.rfc-editor.org/search/rfc_search.php W - Wikipedia (es)

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 |

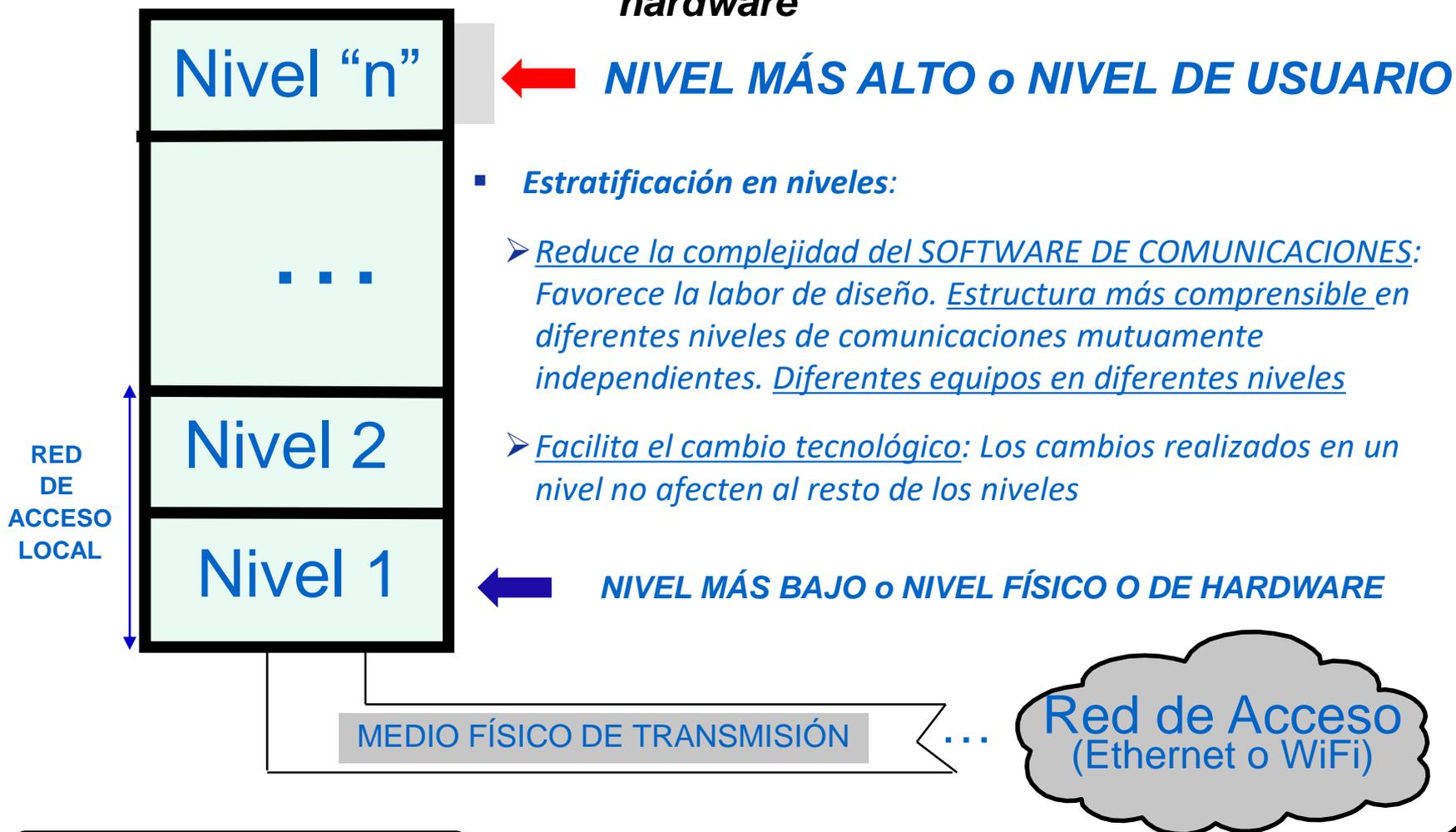
Firefox manda automáticamente algunos datos a Mozilla por lo que podemos mejorar su experiencia. Elegir qué comparto

Arquitectura TCP/IP

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



← **NIVEL MÁS ALTO o NIVEL DE USUARIO**

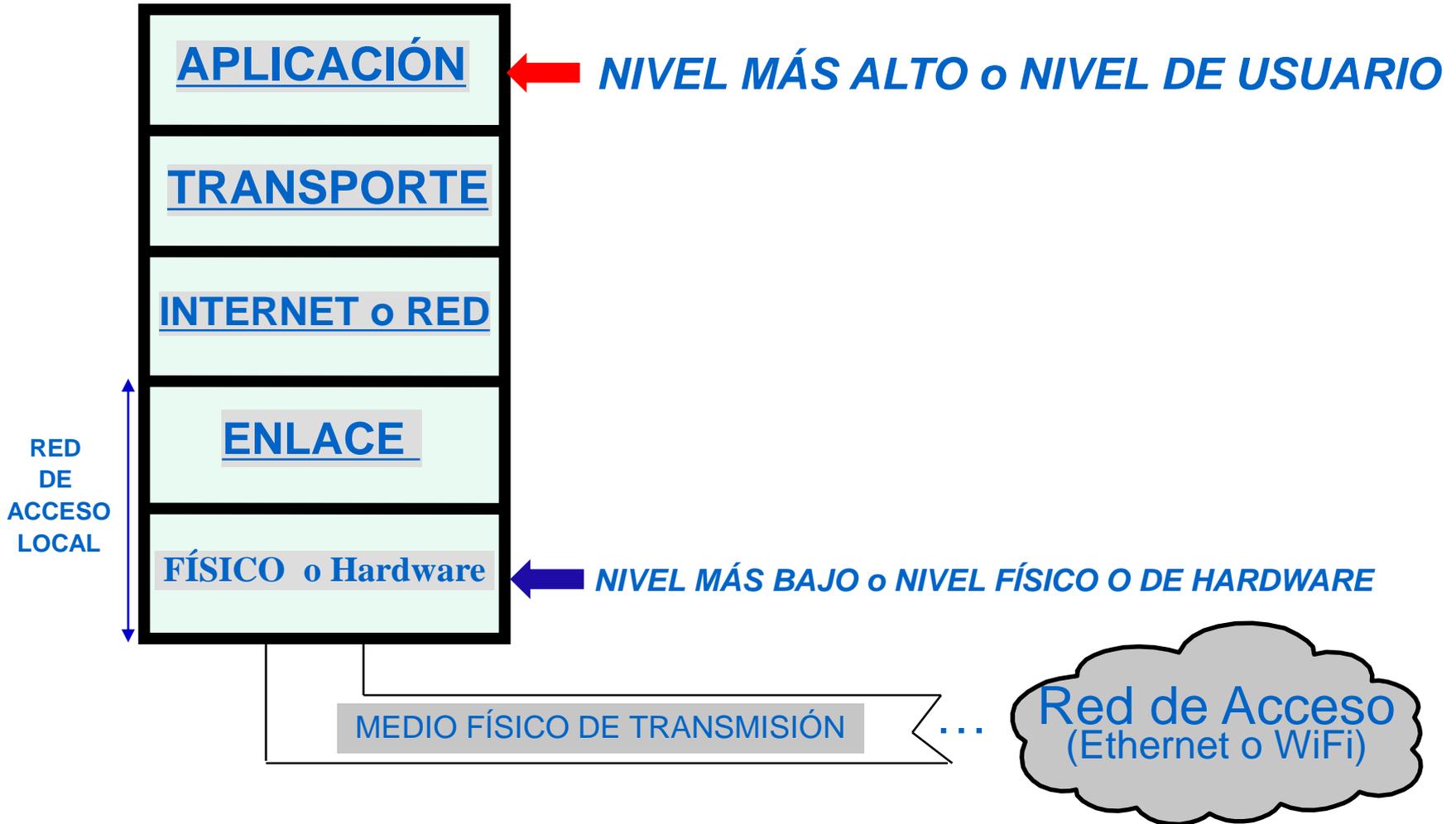
▪ **Estratificación en niveles:**

- Reduce la complejidad del SOFTWARE DE COMUNICACIONES: Favorece la labor de diseño. Estructura más comprensible en diferentes niveles de comunicaciones mutuamente independientes. Diferentes equipos en diferentes niveles
- Facilita el cambio tecnológico: Los cambios realizados en un nivel no afectan al resto de los niveles

← **NIVEL MÁS BAJO o NIVEL FÍSICO O DE HARDWARE**

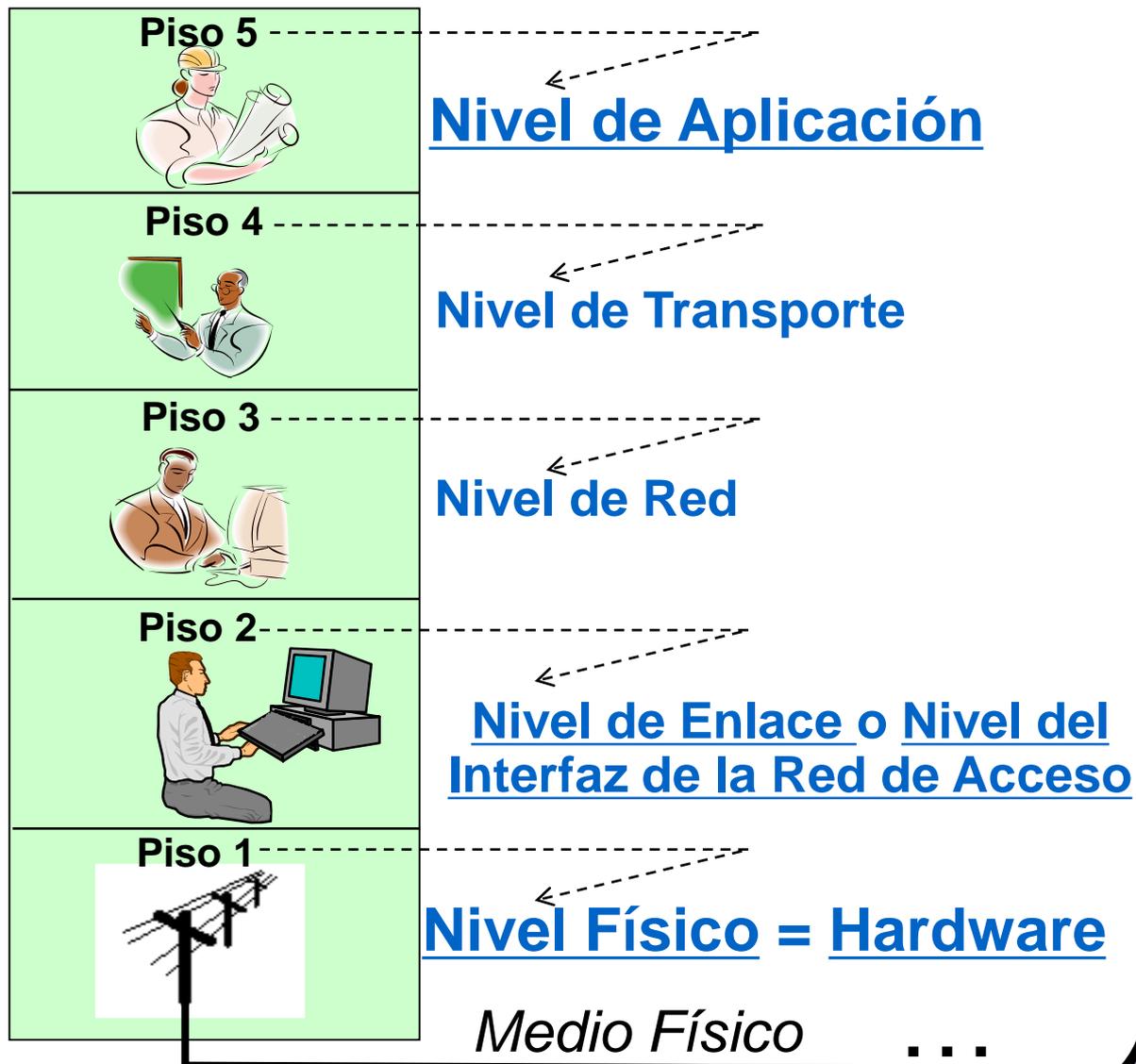
ARQUITECTURA TCP/IP

ARQUITECTURA ESTRUCTURADA en 5 NIVELES DE COMUNICACIONES



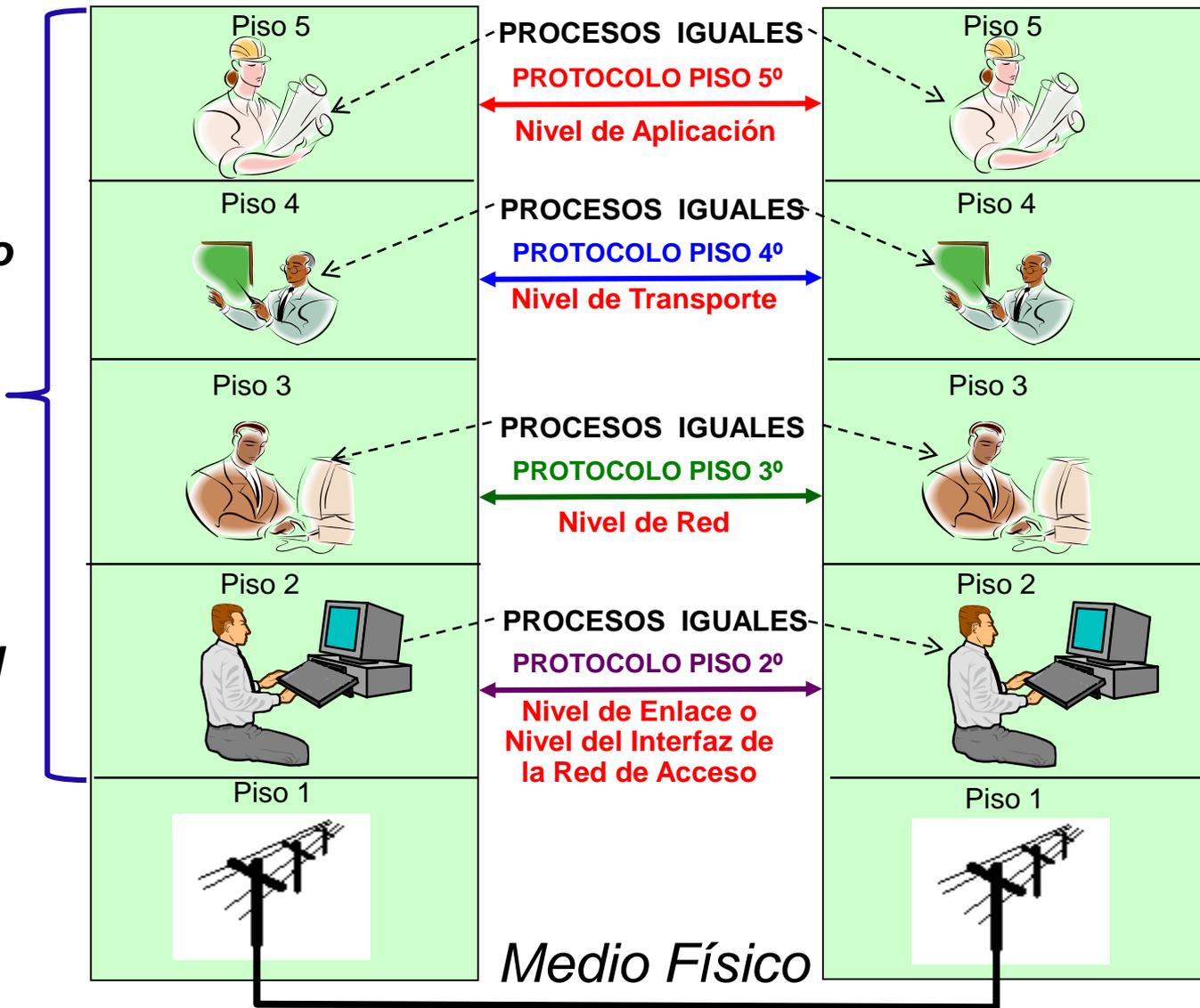
Analogía entre un Edificio de 5 pisos y la Arquitectura de Comunicaciones TCP/IP

- **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



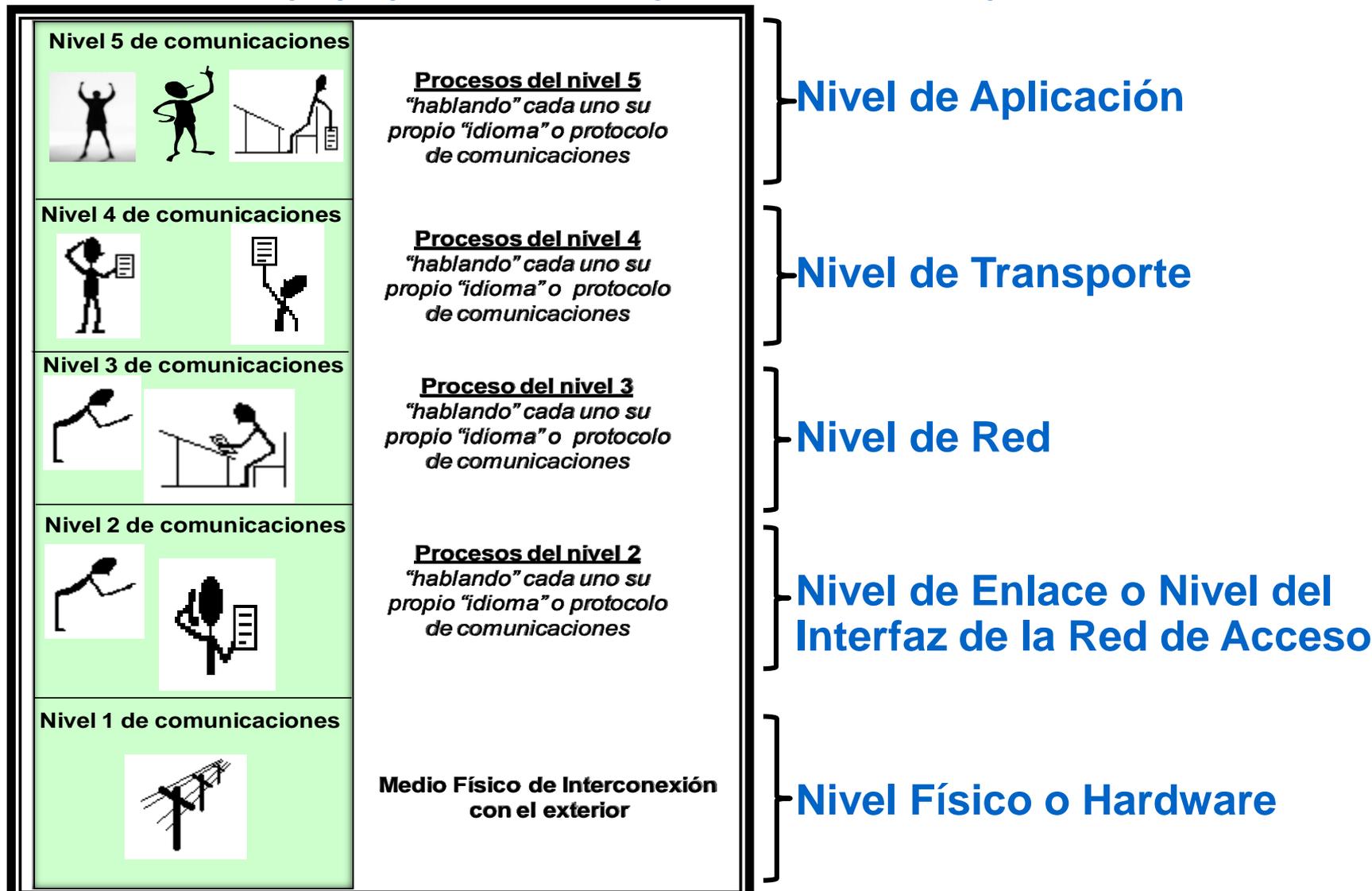
Analogía de Comunicación entre dos Edificios y dos Equipos TCP/IP

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

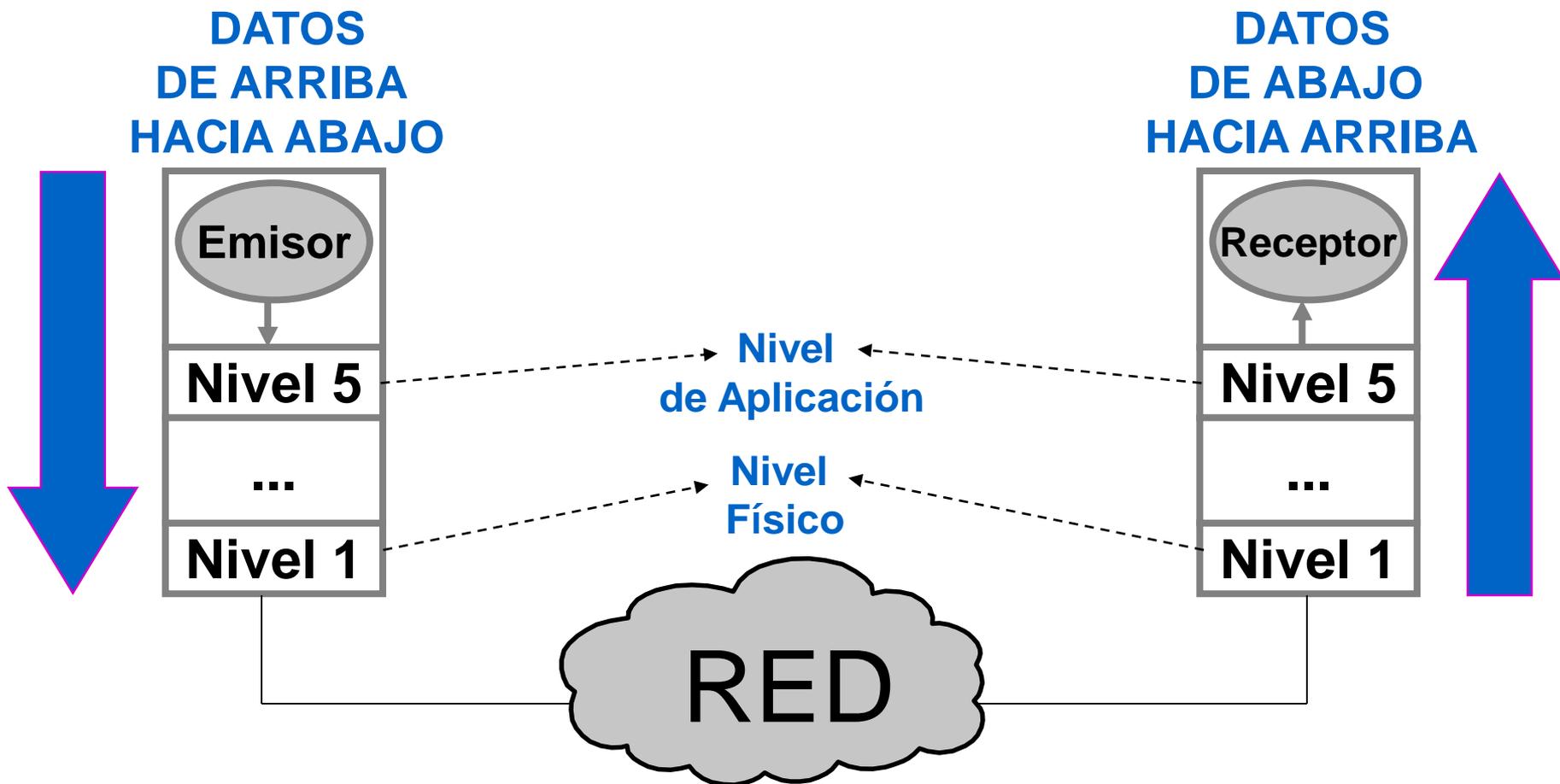


ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES TCP/IP

“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”

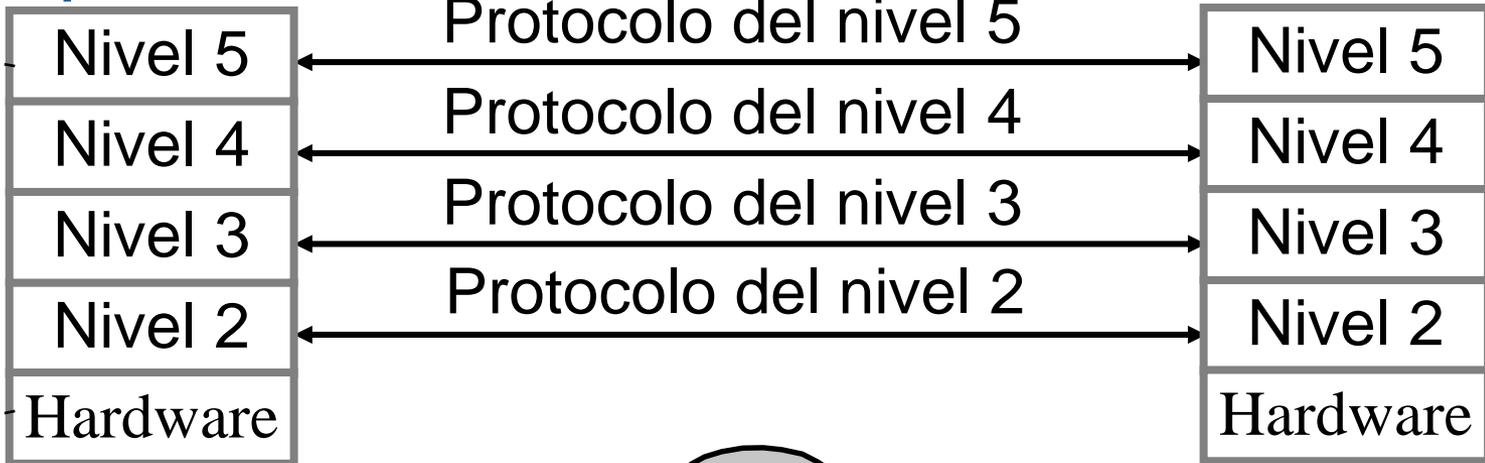


COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES DE UN MISMO EQUIPO



COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES EN EQUIPOS DIFERENTES

Nivel de Aplicación



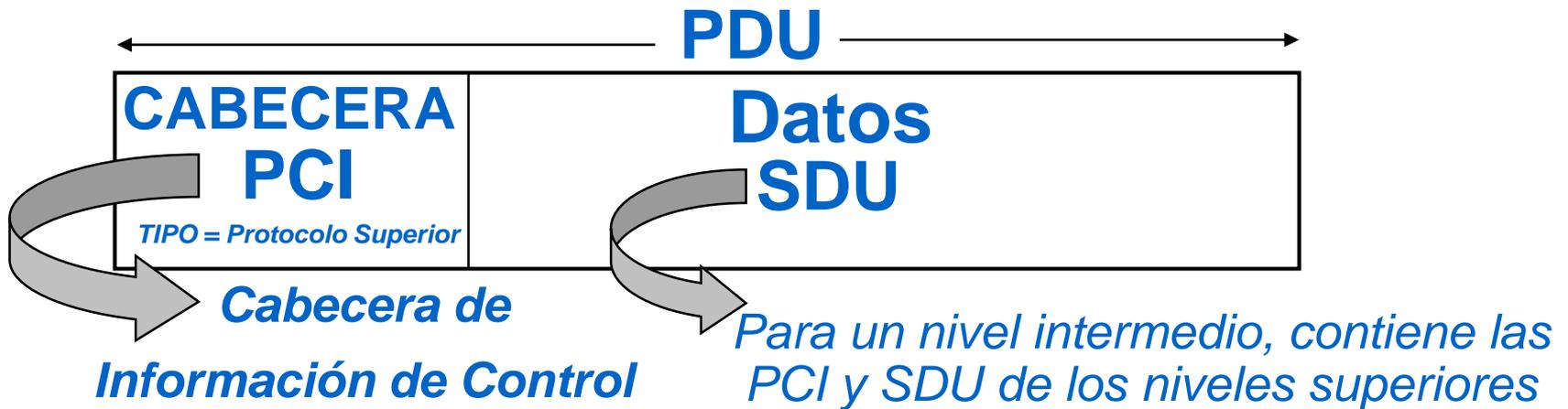
Nivel Físico

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

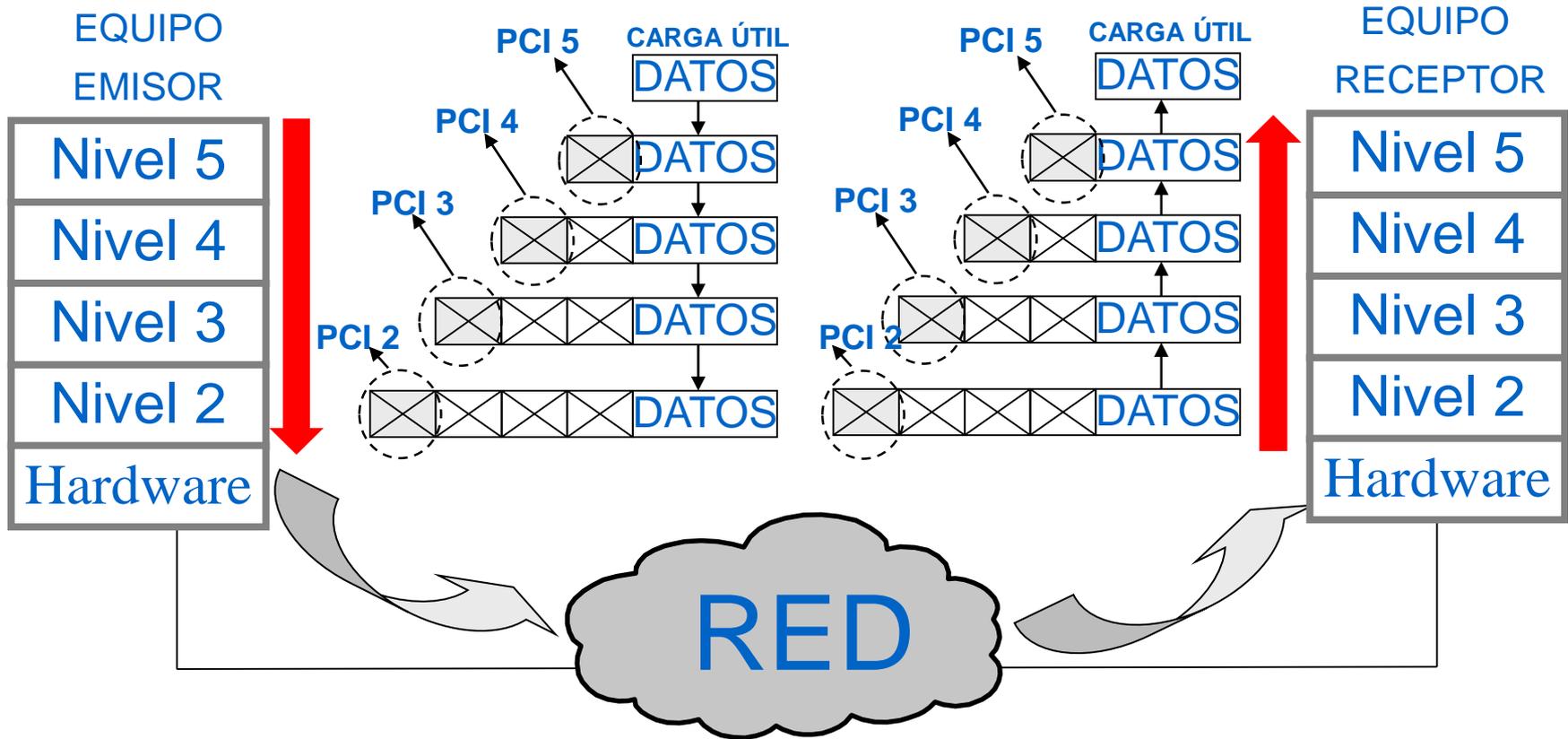
PCI: Protocol Control Information = Información de Control del Protocolo

SDU: Service Data Unit = Unidad de Datos del Servicio

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

- El equipo emisor (ARRIBA-ABAJO) *añade cabeceras de información de control en cada uno de los niveles salvo en el nivel físico o de hardware*
- El equipo receptor (ABAJO-ARRIBA) *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*

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



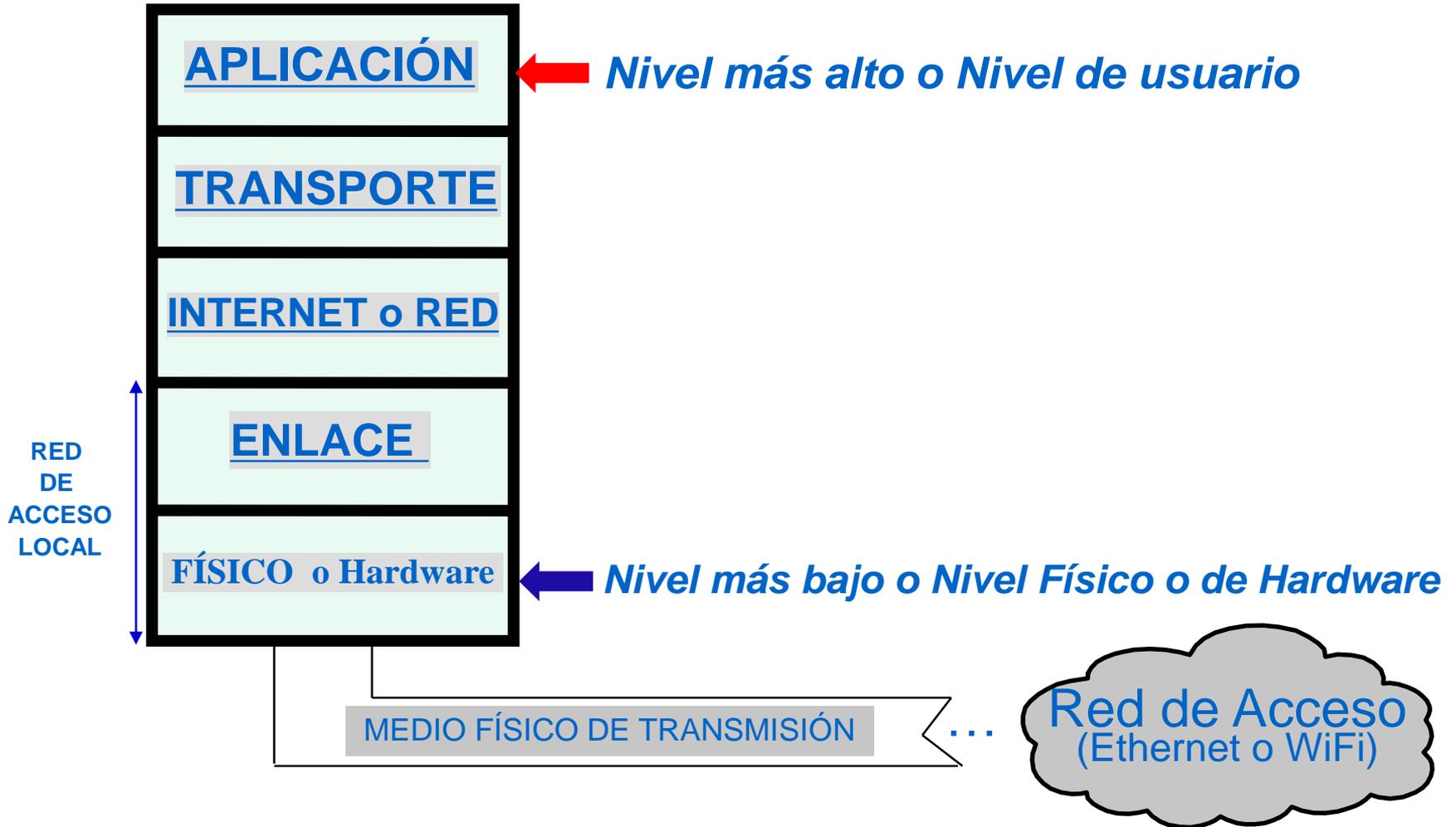
La comunicación de arriba hacia abajo en el equipo emisor = Añadir cabeceras PCI a los datos de usuario

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

2.3 Arquitectura TCP/IP

ARQUITECTURA TCP/IP

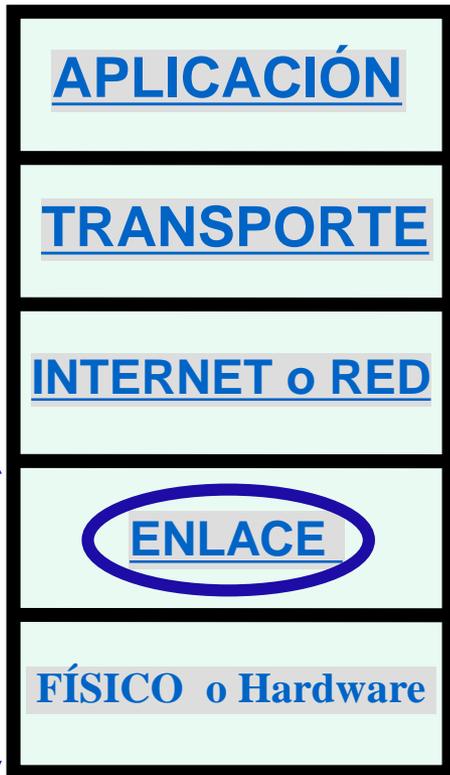
ARQUITECTURA ESTRUCTURADA en 5 NIVELES DE COMUNICACIONES



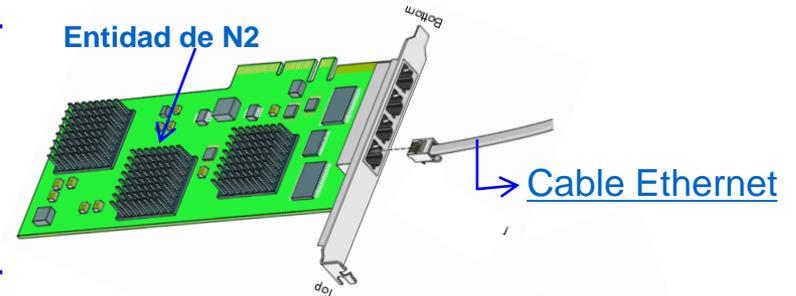
Nivel 2 o Nivel de Enlace

NIVEL MÁS BAJO DE COMUNICACIONES DE LA ARQUITECTURA TCP/IP

Nivel de Comunicaciones del Interfaz de la Red de Acceso Local



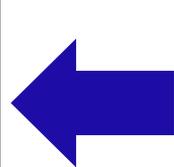
Red de Acceso Ethernet



Red de Acceso WiFi



Nivel más inferior de comunicaciones de la arquitectura TCP/IP en donde se ejecuta el protocolo de comunicaciones de más bajo nivel de dicha arquitectura



MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN

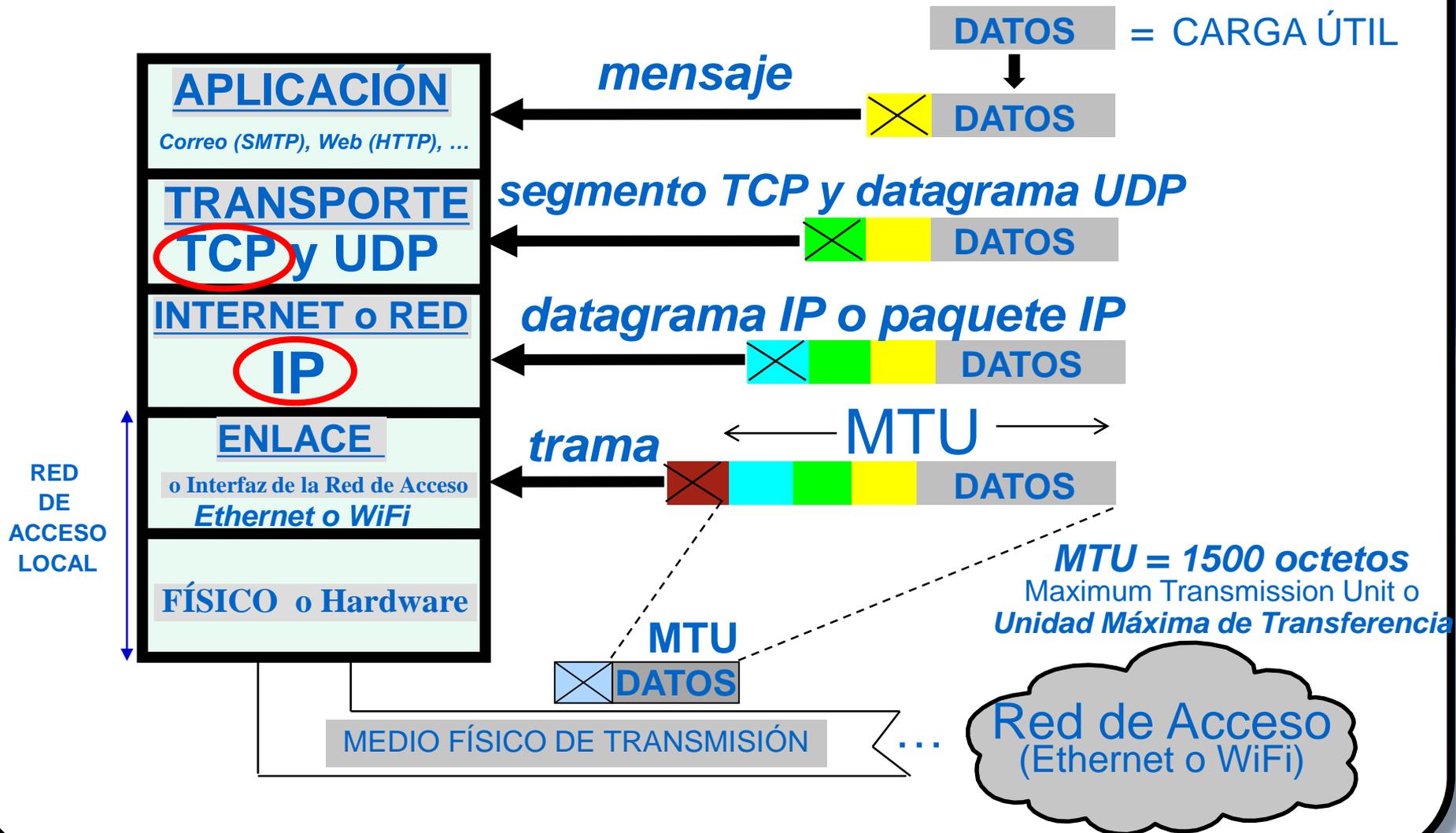
...

Red de Acceso

(Red de Comunicaciones)

ARQUITECTURA TCP/IP

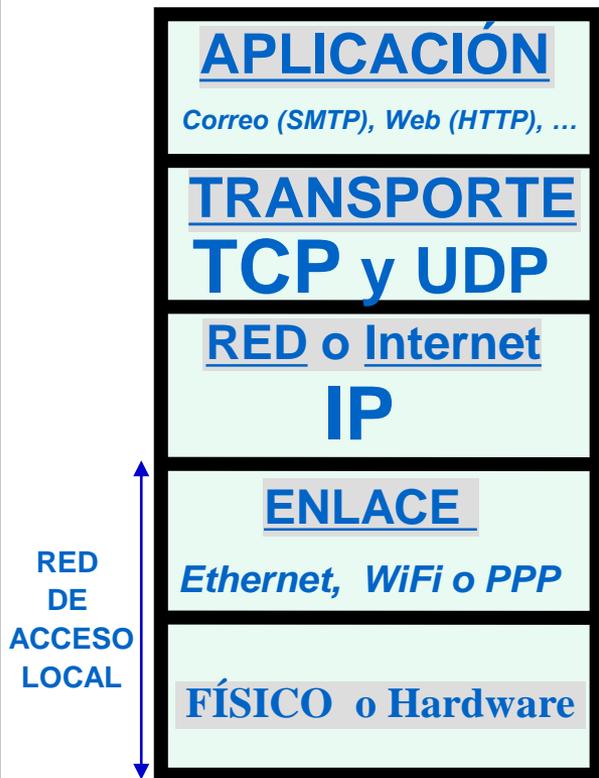
Niveles, Protocolos y Unidades de Datos



ARQUITECTURA TCP/IP

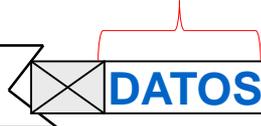
5 NIVELES DE COMUNICACIONES

- EL PROTOCOLO DE APLICACIÓN es el responsable de enviar los DATOS o CARGA ÚTIL de una aplicación de usuario, EXTREMO A EXTREMO (los routers no tienen nivel de aplicación) entre los dos procesos pares de dicha aplicación, mediante mensajes de la propia aplicación según la sintaxis de red, AÑADIENDO una cabecera de aplicación a dichos DATOS
- EL PROTOCOLO TCP se encarga de realizar un TRANSPORTE FIABLE EXTREMO A EXTREMO (los routers no tienen nivel de transporte), y de SEGMENTAR, si procede (en función de la MTU de salida), el mensaje de aplicación y, para ello, AÑADE una cabecera TCP a cada mensaje de aplicación numerando y controlando cada octeto de datos. A su vez, el PROTOCOLO UDP se encarga de realizar un TRANSPORTE RÁPIDO EXTREMO A EXTREMO y de AÑADIR una cabecera UDP a cada mensaje de aplicación
- EL PROTOCOLO IP ENCAMINA, POR INTERNET, entre ROUTERS VECINOS conectados a la misma red de COMUNICACIONES EN EL TRAYECTO ORIGEN-DESTINO, en función de la dirección IP del destinatario; y, para ello, AÑADE una cabecera IP a cada segmento TCP o datagrama UDP
- EL PROTOCOLO DEL NIVEL DE ENLACE o de la red de acceso (*Ethernet o WiFi*) ENCAMINA, POR LA RED DE ÁREA LOCAL (Ethernet o Wifi), entre EQUIPOS VECINOS conectados a dicha red de comunicaciones, en función de la dirección de Nivel de Enlace (MAC) del destinatario en dicha red de acceso; y, para ello, AÑADE su propia cabecera del nivel de enlace a cada datagrama IP o paquete IP



MTU (Maximum Transmission Unit) = 1500 OCTETOS

MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN

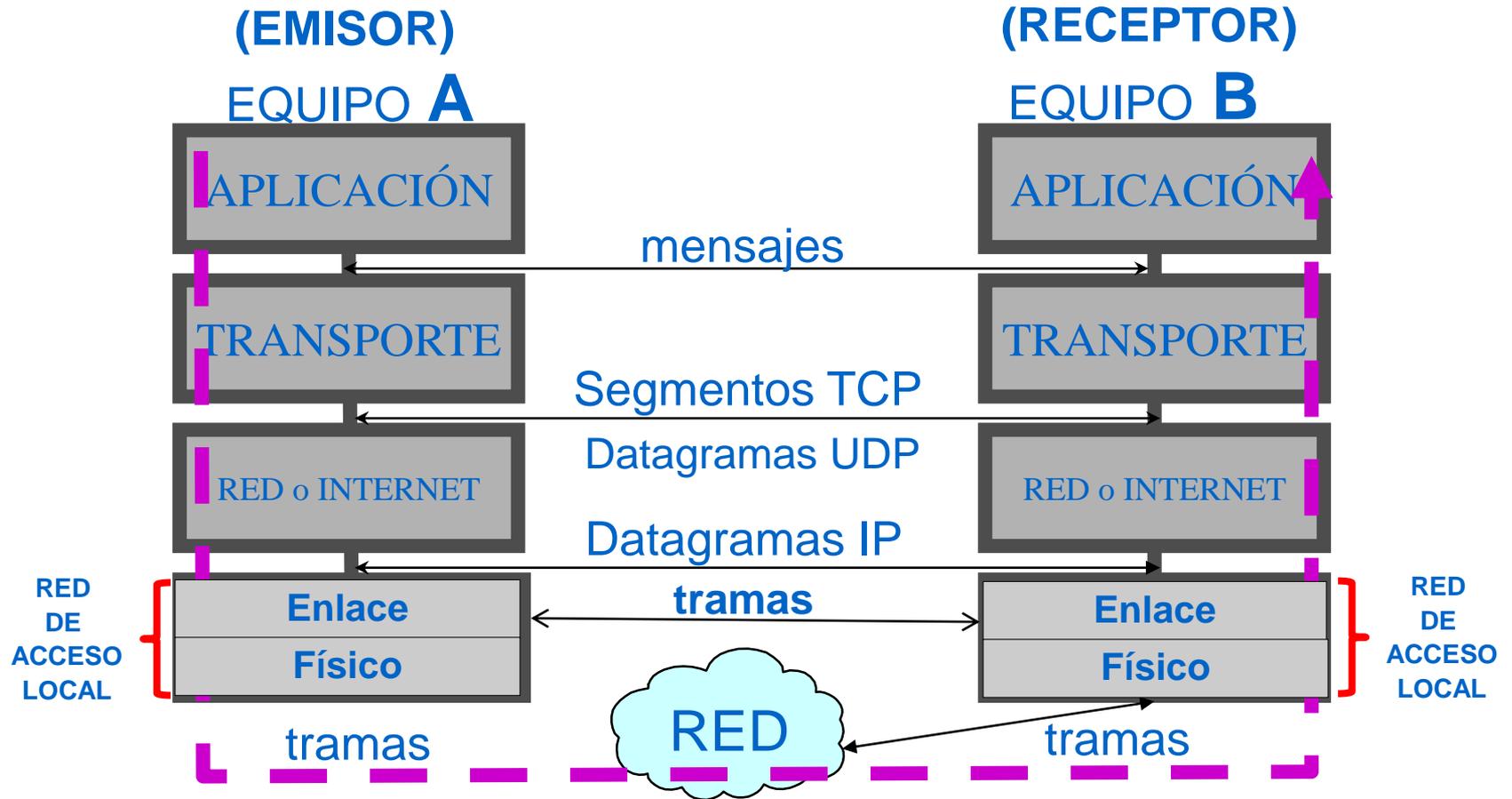


Red de Acceso (Ethernet o WiFi)

TRAMAS Ethernet/WiFi

Arquitectura TCP/IP

EJEMPLO DE COMUNICACIÓN ENTRE NIVELES DE EQUIPOS VECINOS

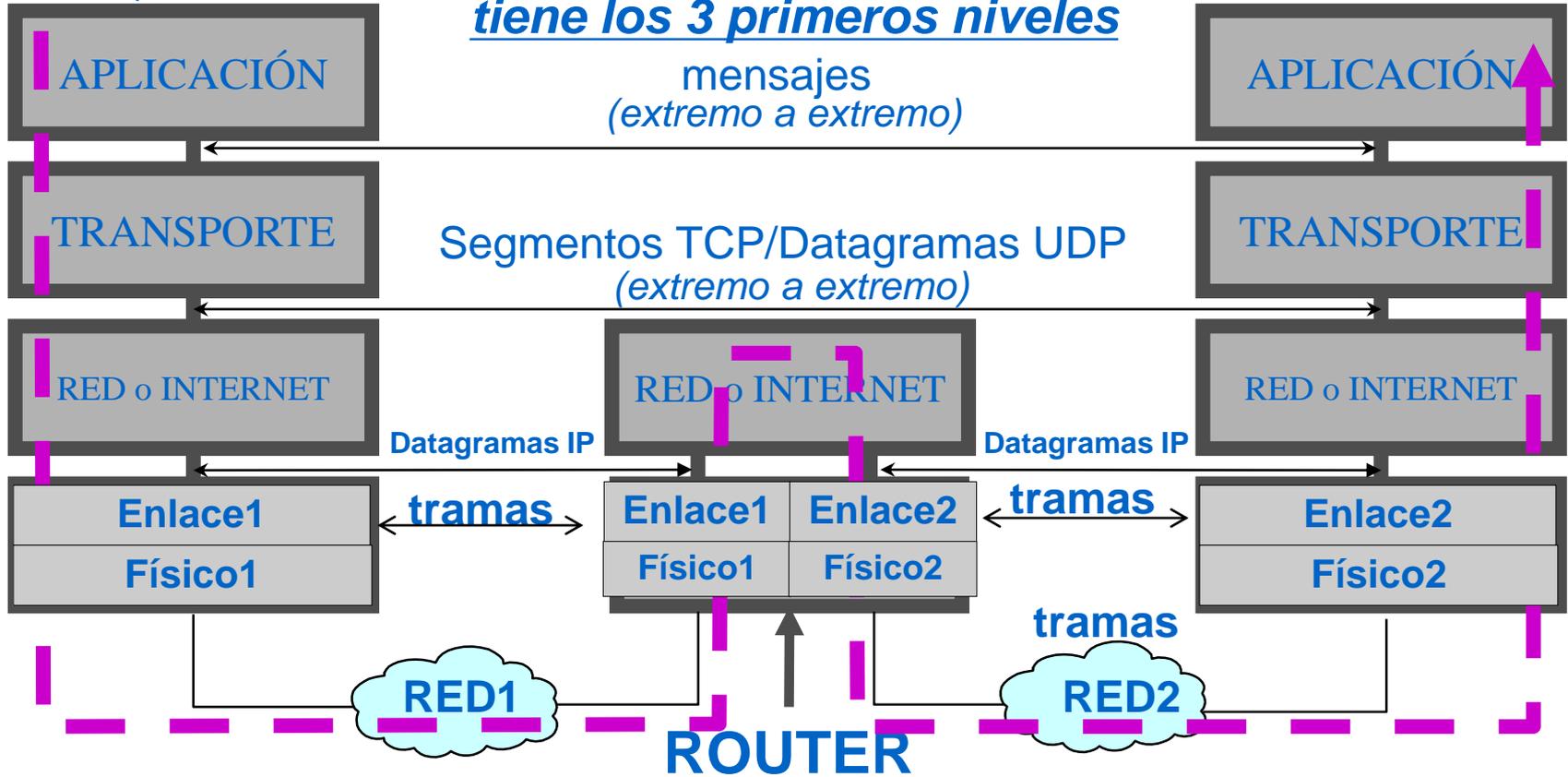


EJEMPLO DE COMUNICACIÓN ENTRE NIVELES DE EQUIPOS NO VECINOS VÍA UN ROUTER

(EMISOR)
EQUIPO A

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

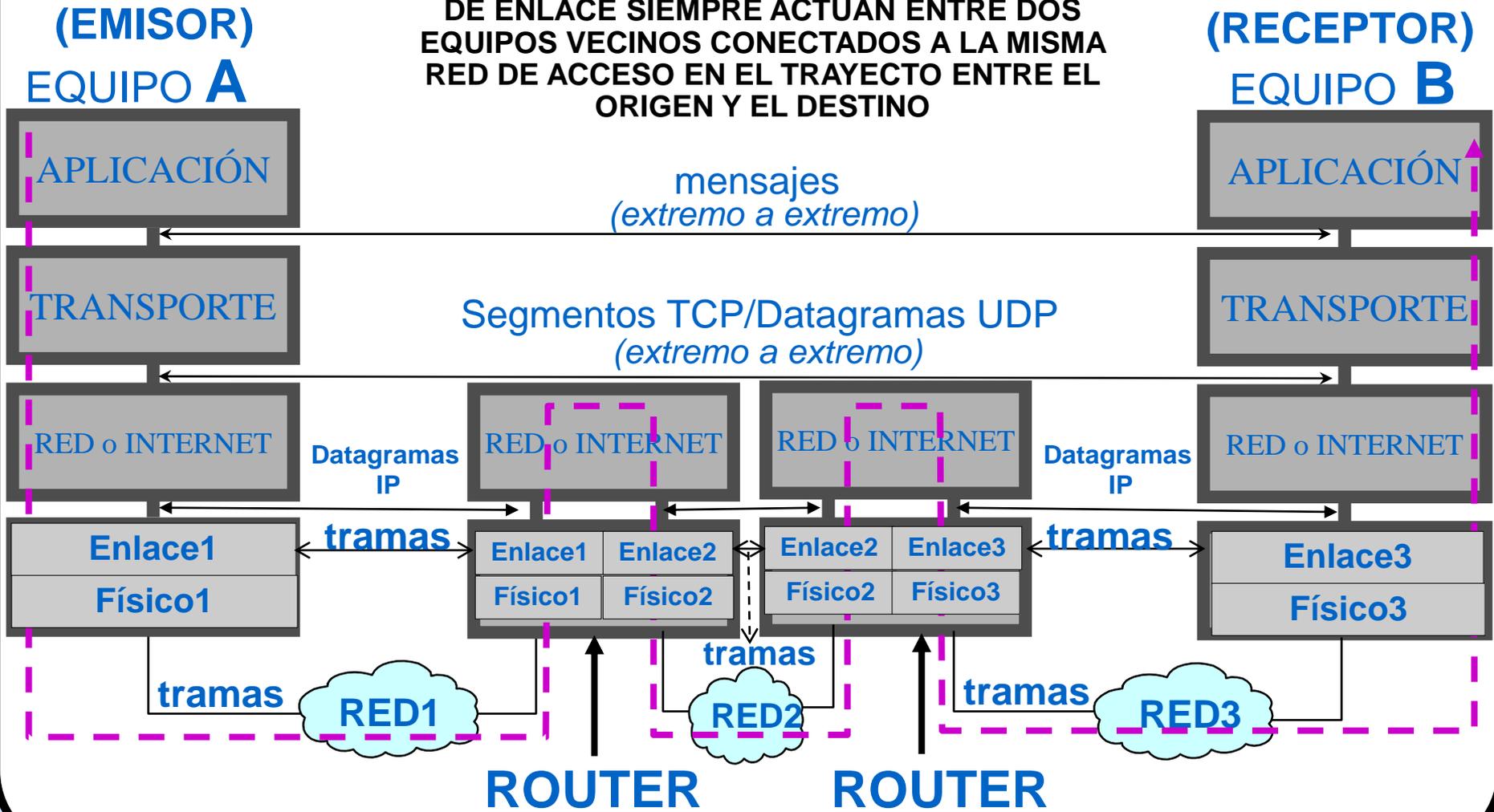
(RECEPTOR)
EQUIPO B



EL PROTOCOLO IP Y LOS PROTOCOLOS DEL NIVEL DE ENLACE SIEMPRE ACTÚAN ENTRE DOS EQUIPOS VECINOS CONECTADOS A LA MISMA RED DE ACCESO EN EL TRAYECTO ENTRE EL ORIGEN Y EL DESTINO

EJEMPLO DE COMUNICACIÓN ENTRE NIVELES DE EQUIPOS NO VECINOS VÍA DOS ROUTERS

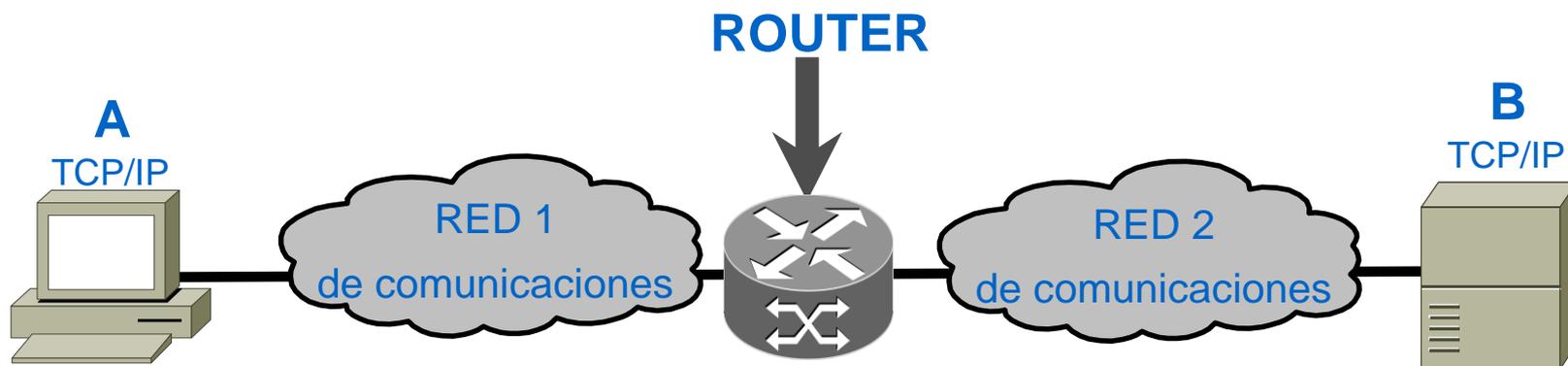
EL PROTOCOLO IP Y LOS PROTOCOLOS DEL NIVEL DE ENLACE SIEMPRE ACTÚAN ENTRE DOS EQUIPOS VECINOS CONECTADOS A LA MISMA RED DE ACCESO EN EL TRAYECTO ENTRE EL ORIGEN Y EL DESTINO



Número de Direcciones de Nivel de Red y Nivel de Enlace de un Sistema TCP/IP

TODO EQUIPO TCP/IP TIENE TANTAS DIRECCIONES DEL NIVEL DE RED Y DEL NIVEL DE ENLACE COMO REDES DE COMUNICACIONES (p.ej., Ethernet) A LAS CUALES ESTÉ CONECTADO

Si un equipo está conectado a "n" redes = "n" direcciones de red y "n" direcciones de enlace



- “A” tiene una dirección del nivel de red IP para RED1
- “A” tiene una dirección de nivel de enlace para RED 1
- El router “R” tiene una dirección IP para RED1 y otra dirección IP para RED 2
- El router “R” tiene una dirección de nivel de enlace para RED1 y otra dirección del nivel de enlace para RED 2
- “B” tiene una dirección del nivel de red IP para RED 2
- “B” tiene una dirección de nivel de enlace para RED 2

Direcciones MAC (Nivel de Enlace) y Direcciones IP

Ambas direcciones son necesarias para llevar a cabo una comunicación entre equipos a través de Internet

▪ **Dirección MAC (Media Access Control)**

- Se asemeja al nombre de una persona
- Nunca cambia independientemente de la red Ethernet/WiFi a la que se conecte
- Conocida también como dirección física al estar asignada físicamente a la tarjeta de red

▪ **Dirección IP**

- Se asemeja al domicilio de una persona
- Depende de de la red Ethernet/WiFi a la que se conecte
- Conocida también como dirección lógica
- Asignada a cada máquina por el administrador de red

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

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 una MTU = 50 octetos



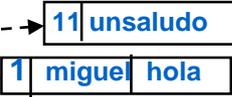
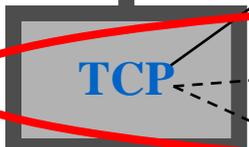
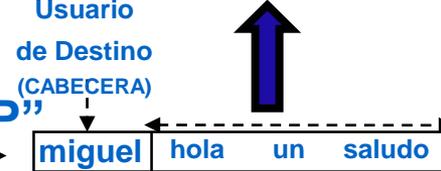
(EMISOR) javier A



(RECEPTOR) miguel B



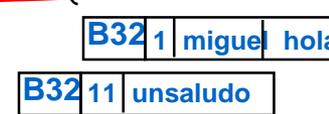
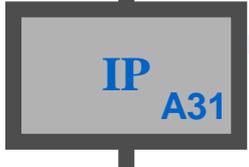
Protocolo de Aplicación "P"



Protocolo de Transporte TCP

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

ok!



MTU = 50 octetos



MTU = 50 octetos



R21

R22

Arquitectura TCP/IP

EJEMPLO del ENCAMINAMIENTO IP en el EQUIPO "A"

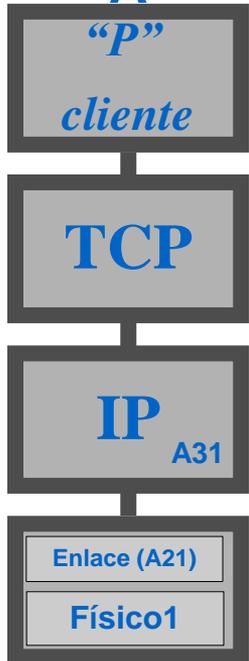
Mensaje de "A" a "B": *hola un saludo*

← 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 equipo TCP/IP tiene una Tabla IP para encaminar paquetes IP

EMISOR

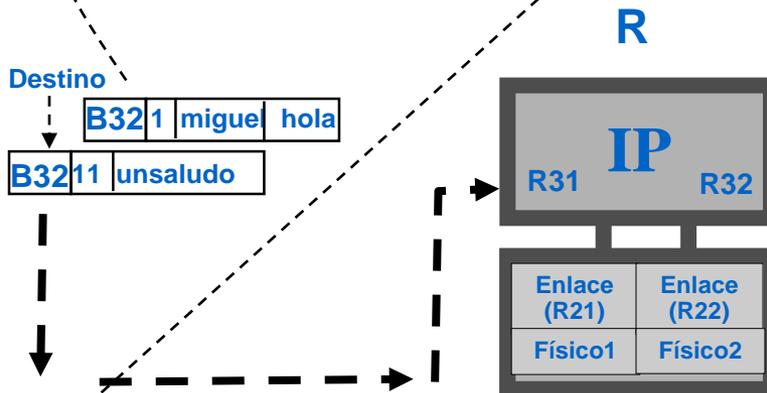
A



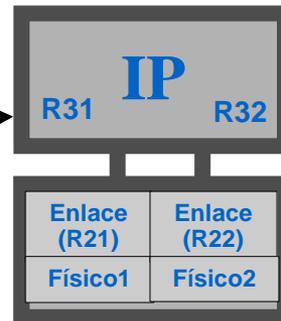
Encaminamiento IP en "A"

| Destino | Siguiente Salto | Nº de cable |
|---------|-----------------|-------------|
| B32 | R31 | 1 |

Tabla IP de "A"

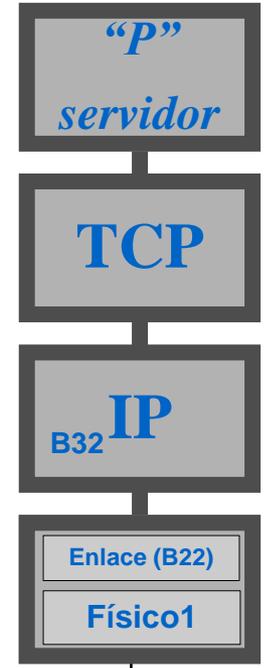


R



RECEPTOR

B



1

RED 1

RED 2

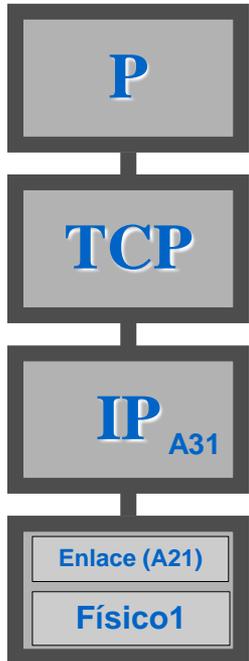
Arquitectura TCP/IP

Ejemplo del ENCAMINAMIENTO IP en el Router "R"

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

DATOS DE USUARIO
 (CARGA ÚTIL)

(EMISOR)
Javier
A

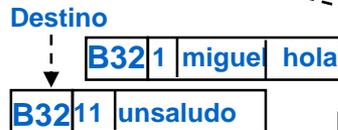
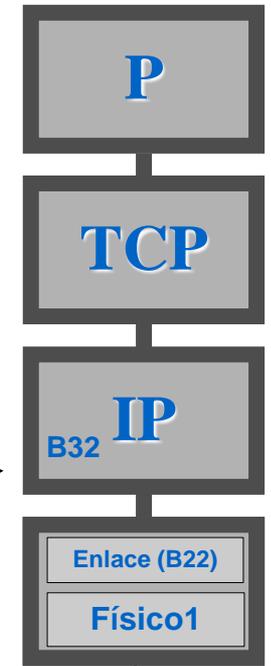


Encaminamiento IP
en el Router "R"

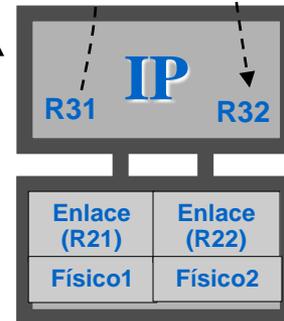
| Destino | Siguiente Salto | Nº de cable |
|---------|-------------------------------|-------------|
| B32 | R32 <i>("Yo" por RED2)</i> | 1 |

Tabla IP

(RECEPTOR)
Miguel
B



R



Arquitectura TCP/IP

Un Ejemplo Conceptual de Arquitectura TCP/IP y FORMATO REAL de Direcciones de Nivel de Red y Nivel de Enlace (MAC)

TODO EQUIPO TCP/IP TIENE TANTAS DIRECCIONES DEL NIVEL DE RED Y DEL NIVEL DE ENLACE COMO REDES DE COMUNICACIONES (p.ej., Ethernet) A LAS CUALES ESTÉ CONECTADO

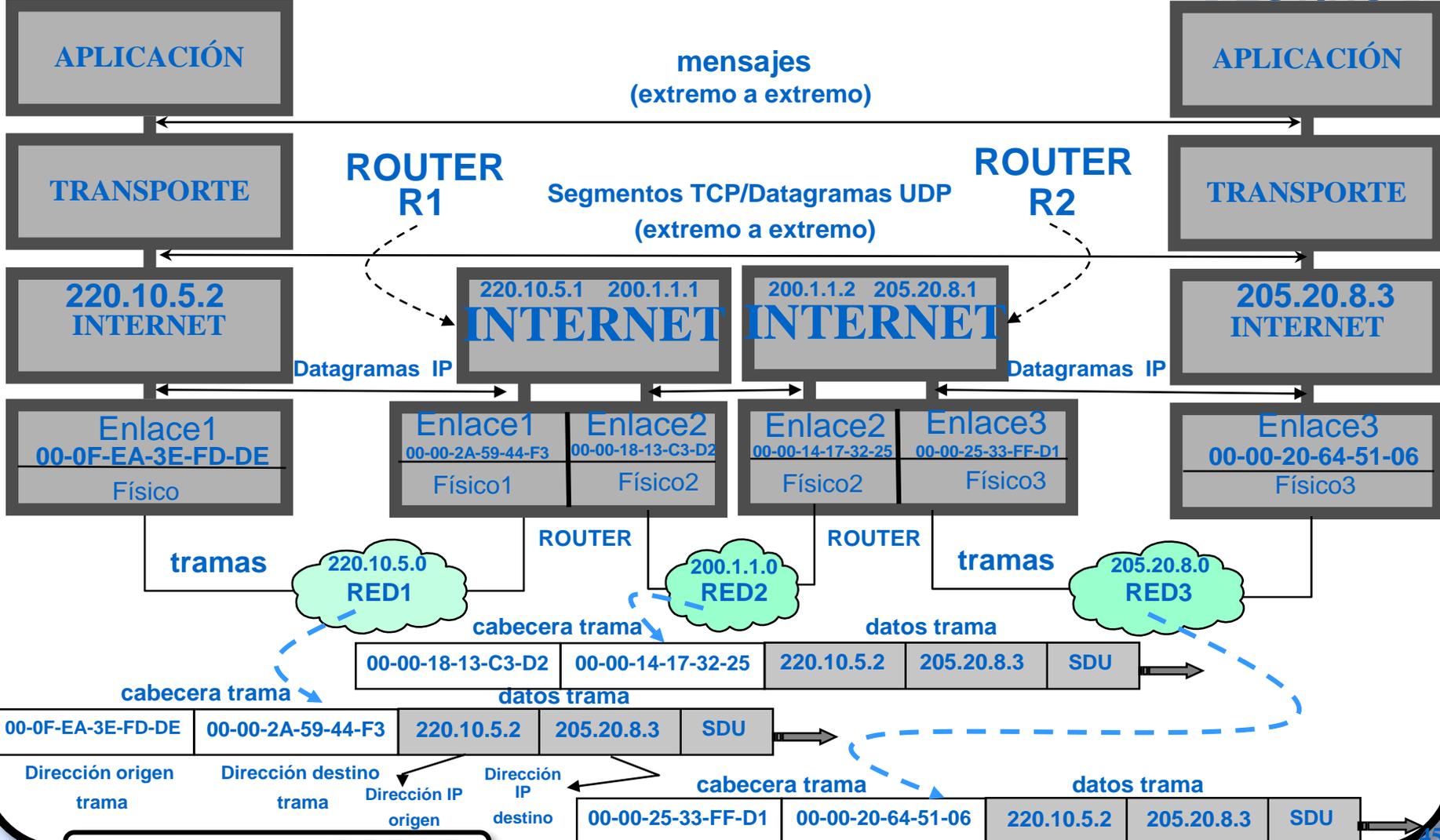


- El router “R” tiene una dirección IP para RED1 y otra dirección IP para RED 2
- El router “R” tiene una dirección de nivel de enlace para RED1 y otra dirección del nivel de enlace para RED 2

LAS DIRECCIONES IP ORIGEN/DESTINO NUNCA CAMBIAN EN LOS PAQUETES IP POR INTERNET, INDEPENDIEMENTE DE QUE EL ORIGEN o DESTINO SEAN o NO VECINOS
LAS DIRECCIONES DE N2 SÓLO CAMBIAN SI EL ORIGEN Y EL DESTINO NO SON VECINOS

ORIGEN A

DESTINO 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

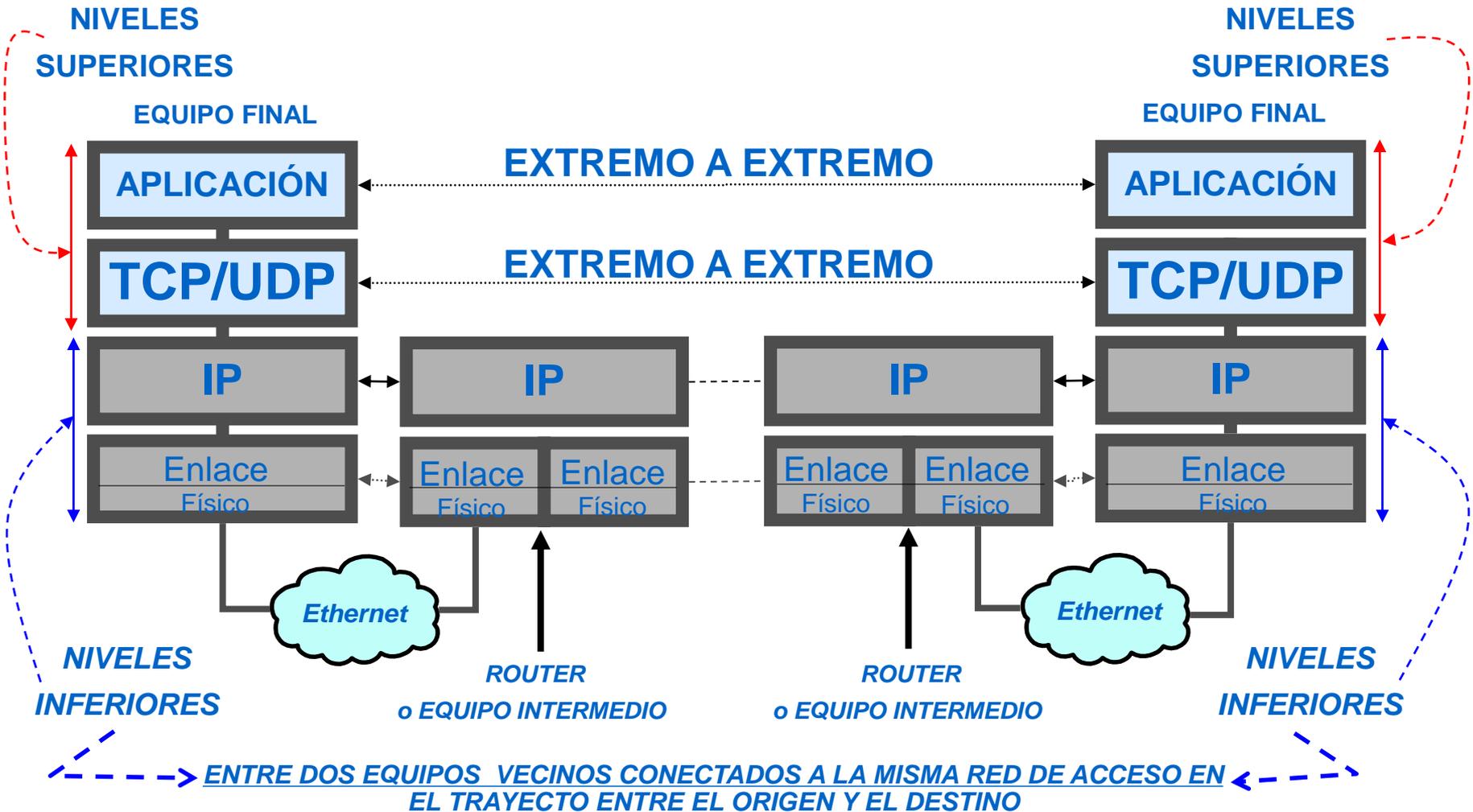
Nombre del host . . . . . : LENOVO-FBCA409A
Sufijo DNS principal . . . . . :
Tipo de nodo . . . . . : desconocido
Enrutamiento habilitado. . . . . : No
Proxy WINS habilitado. . . . . : No
Lista de búsqueda de sufijo DNS: ls.fi.upm.es

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

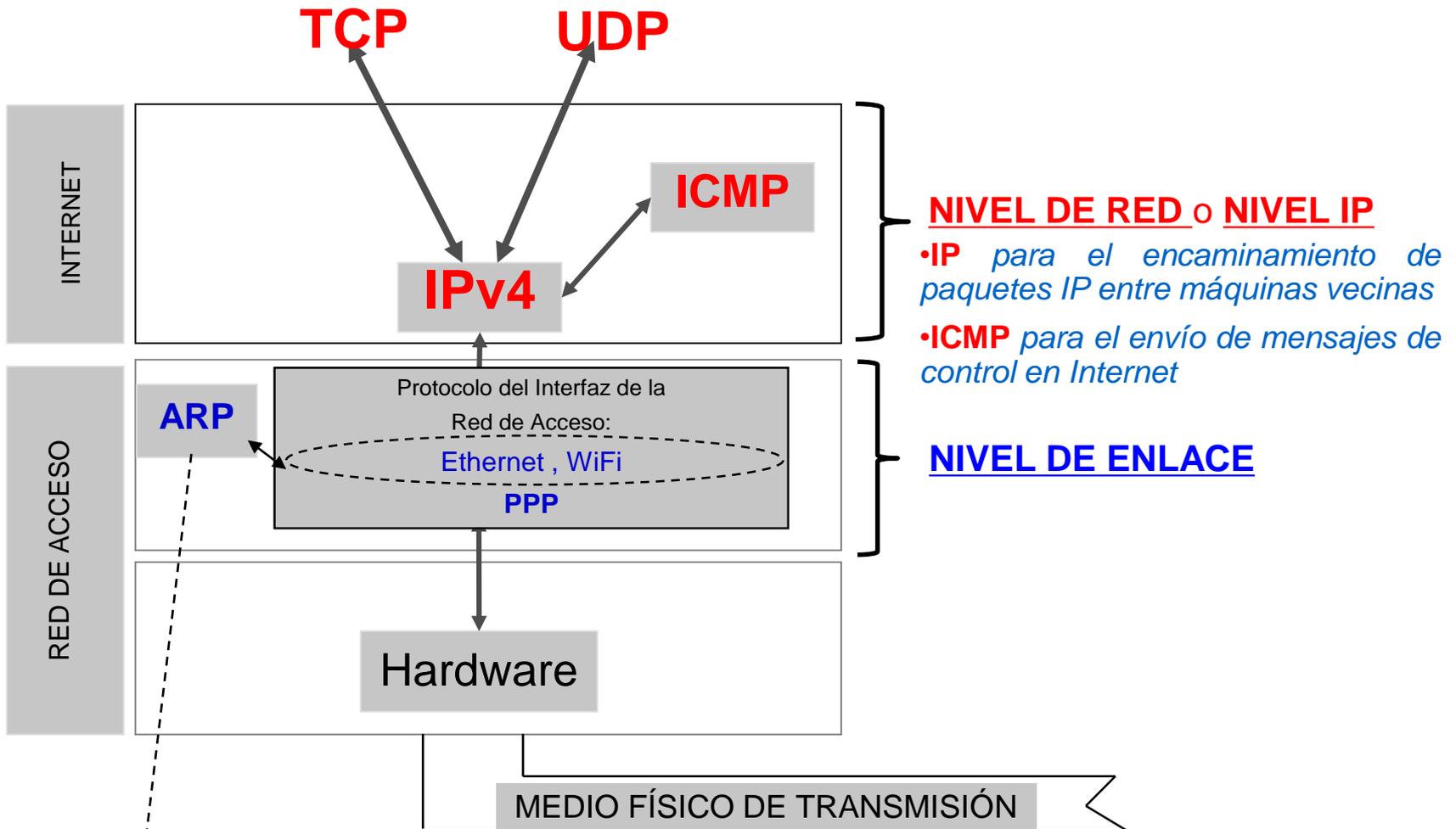
C:\Documents and Settings\MEMORY SISTEMAS>
  
```

NIVELES SUPERIORES e INFERIORES DE LA ARQUITECTURA TCP/IP



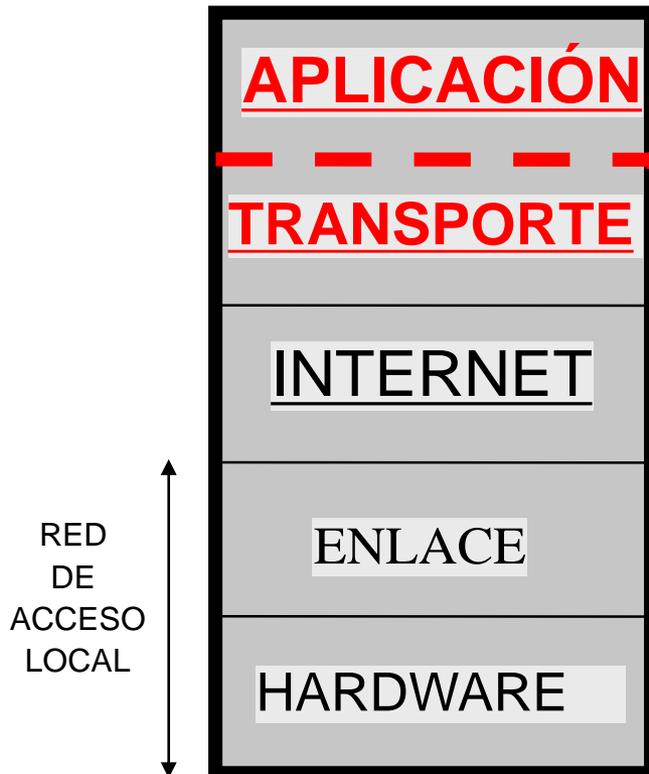
PROTOCOLOS DE LOS NIVELES INFERIORES DE LA ARQUITECTURA TCP/IP

EL PROTOCOLO IP Y LOS PROTOCOLOS DEL NIVEL DE ENLACE SIEMPRE ACTÚAN ENTRE DOS EQUIPOS VECINOS CONECTADOS 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



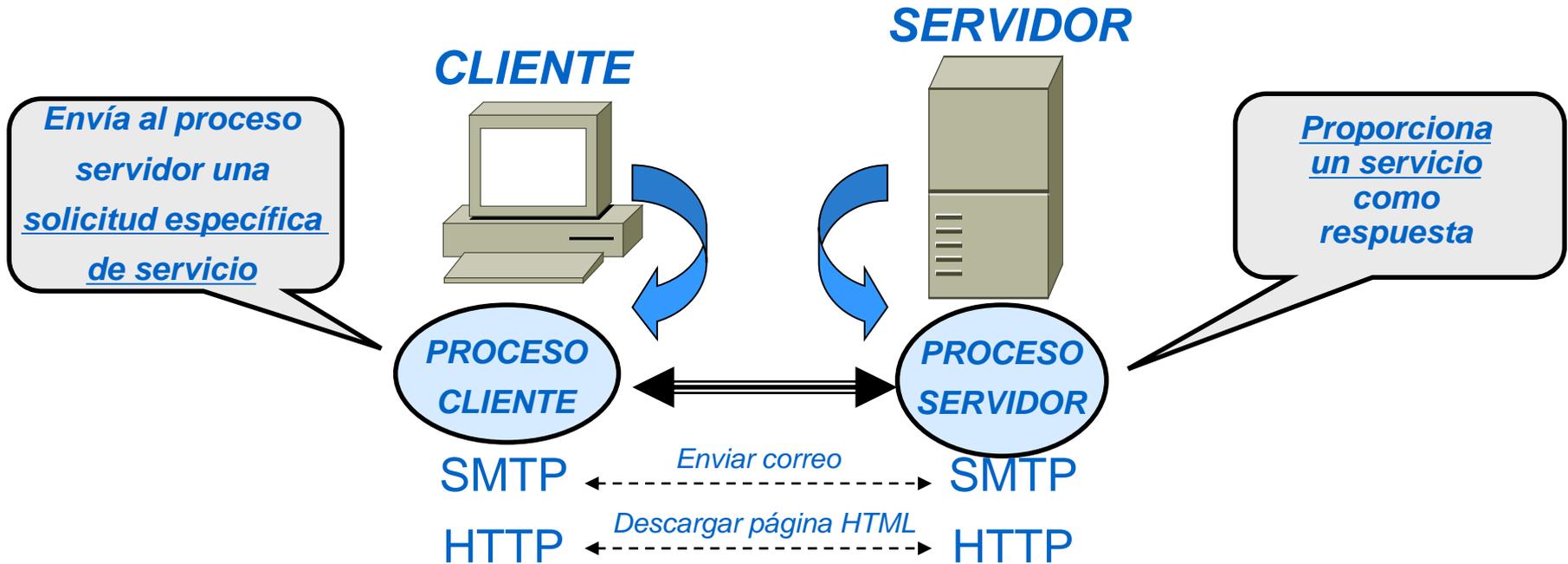
Interfaz de sockets

(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*

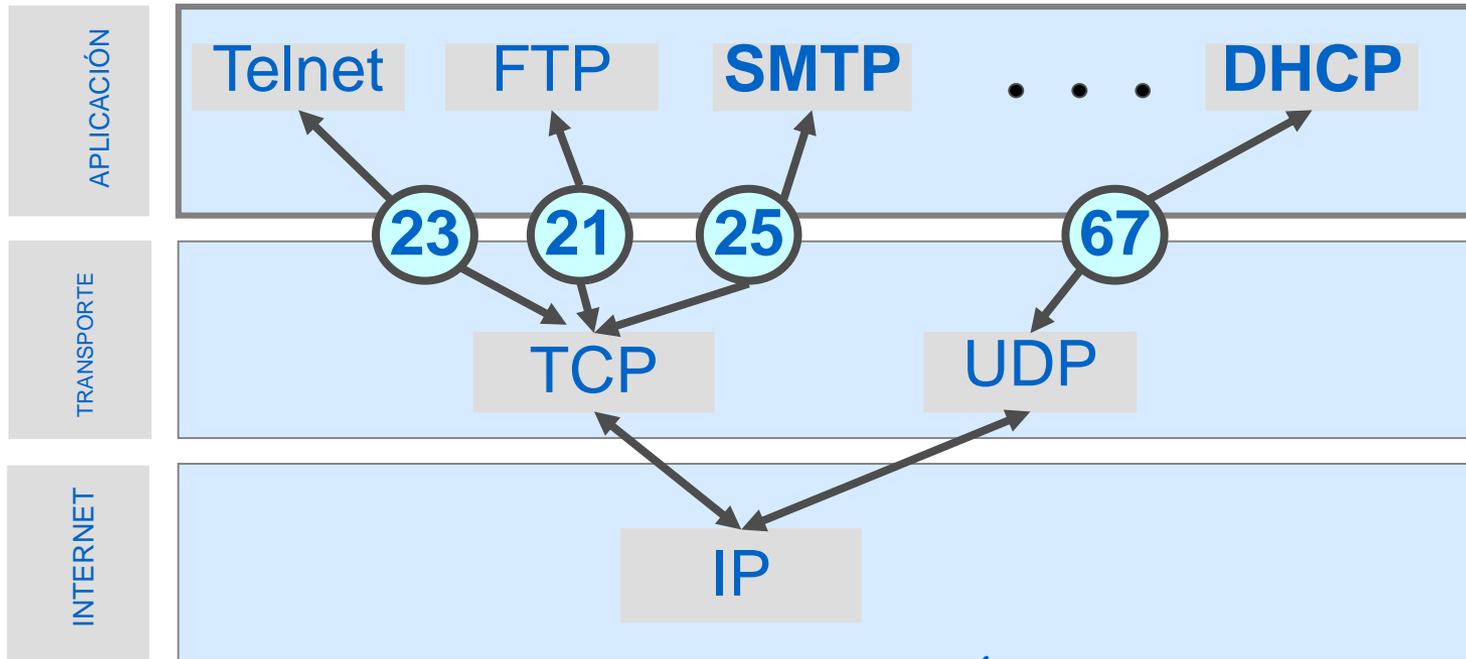
MODELO CLIENTE y SERVIDOR SOBRE TCP o UDP



- *Funcionamiento común de la mayoría de las aplicaciones en Internet (salvo las utilidades o herramientas TCP/IP como ipconfig/ifconfig, netstat, etc.)*

✓ *Escenario basado en el envío de mensajes, definidos por el correspondiente protocolo de aplicación, entre los procesos clientes y servidores del Nivel de Aplicación*

CONCEPTO DE NÚMERO DE PUERTO



- Cada proceso cliente y servidor está identificado por un NÚMERO DE PUERTO
 - Entero positivo, manejado por TCP y UDP, para identificar tanto a un cliente como a un servidor
- Tanto TCP como UDP tienen definidos 65.536 (0-65.535) números de puerto ya que el campo N° de puerto origen y N° de puerto destino de la cabecera TCP o UDP es de 16 bits
 - ✓ *Algunos de los cuales están reservados para PROCESOS SERVIDORES ESTÁNDARES en Internet*
 - ✓ *Tal es el caso, por ejemplo, del número de puerto 25 utilizado para identificar al proceso servidor de correo electrónico SMTP en cualquier máquina por Internet*

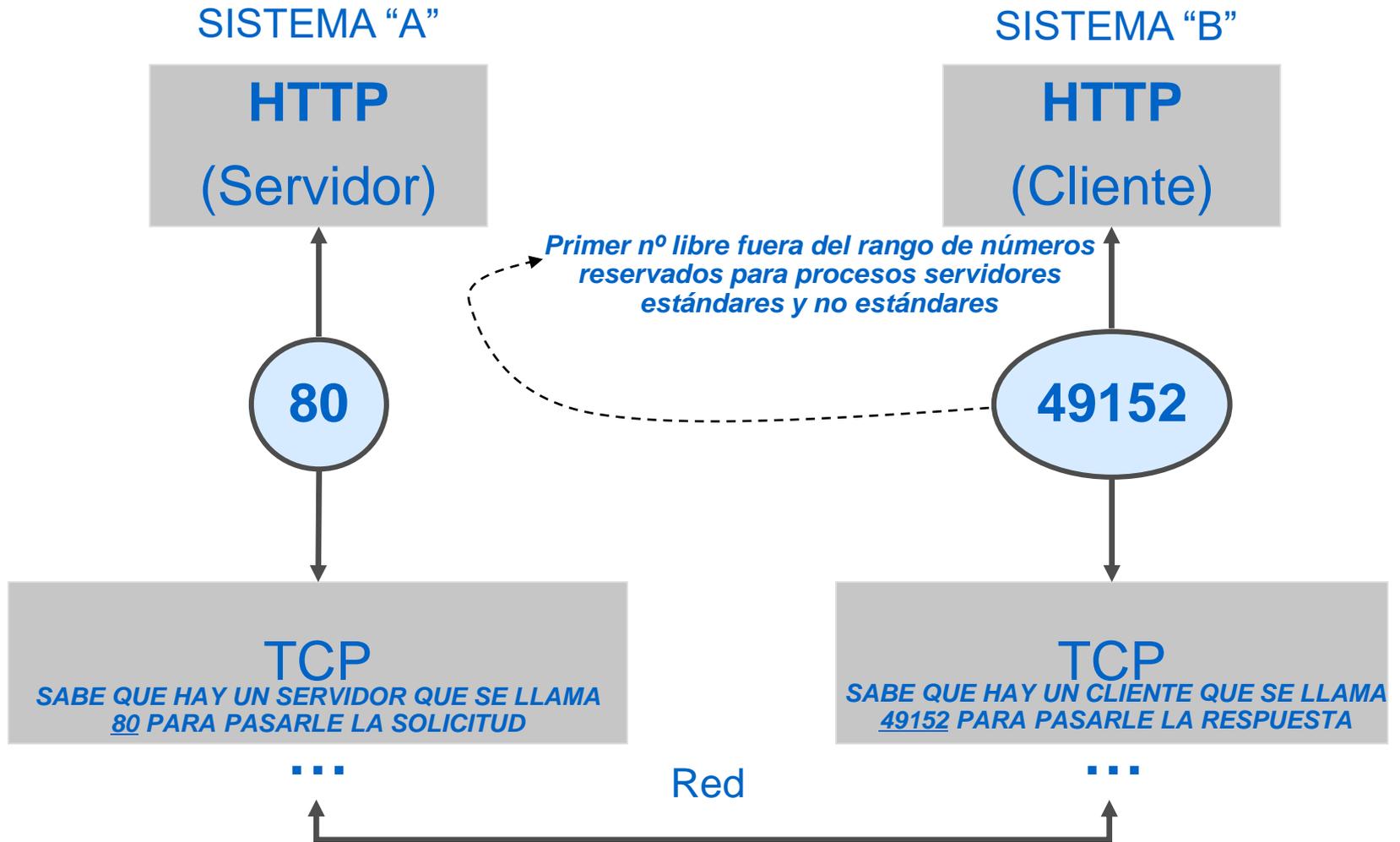
NÚMEROS DE PUERTO DEFINIDOS

POR IANA-ICANN

RFC-1700, STD-0002

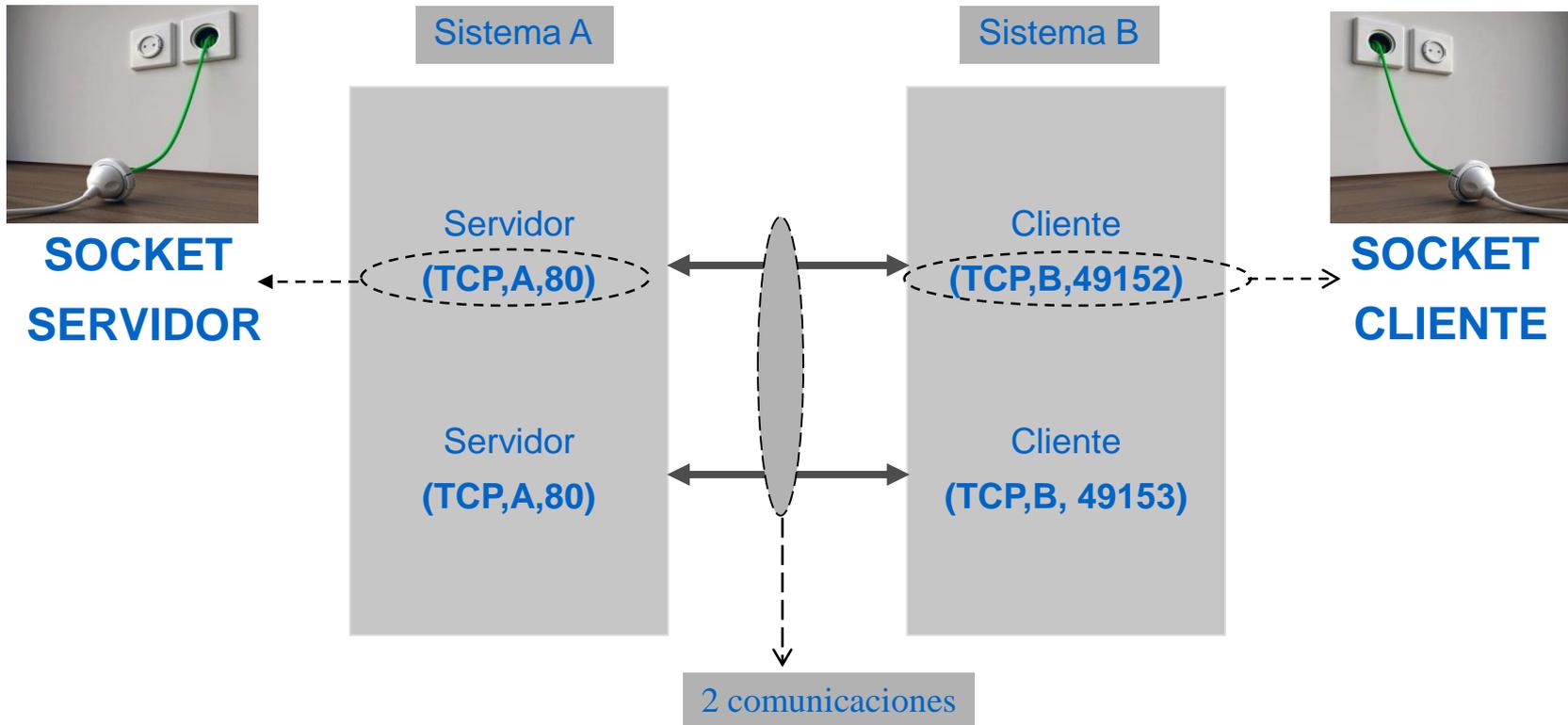
- **Del 0 al 1.023:** Procesos servidores estándares en Internet
- **Del 1.024 al 65.535:** Procesos servidores no estándares en Internet y procesos clientes
 - Del 1.024 al 49.151: Procesos servidores de aplicaciones de empresas (o particulares) desarrolladoras de software
 - Del 49.152 al 65.535 *se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

Ejemplo de IDENTIFICACIÓN y COMUNICACIÓN ENTRE UN CLIENTE Y UN SERVIDOR HTTP REMOTO a través de sus Números de Puerto y Protocolo de Transporte



Ejemplo DE DOS COMUNICACIONES VÍA SOCKET ENTRE DOS CLIENTES HTTP Y UN MISMO SERVIDOR HTTP EN EQUIPOS DIFERENTES

➔ **SOCKET: PUNTO DE ACCESO o EXTREMO DE UNA COMUNICACIÓN**



➔ **UNA COMUNICACIÓN ENTRE UN PROCESO CLIENTE Y OTRO SERVIDOR QUEDA PLENAMENTE DEFINIDA POR UNA PAREJA DE SOCKETS**

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**

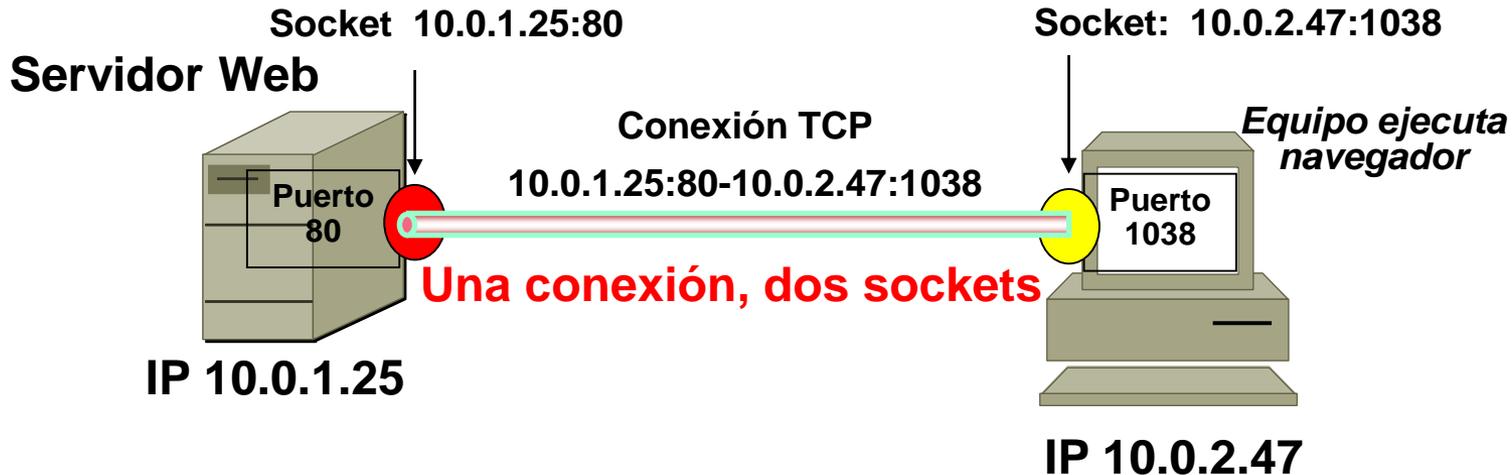


Dirección IP

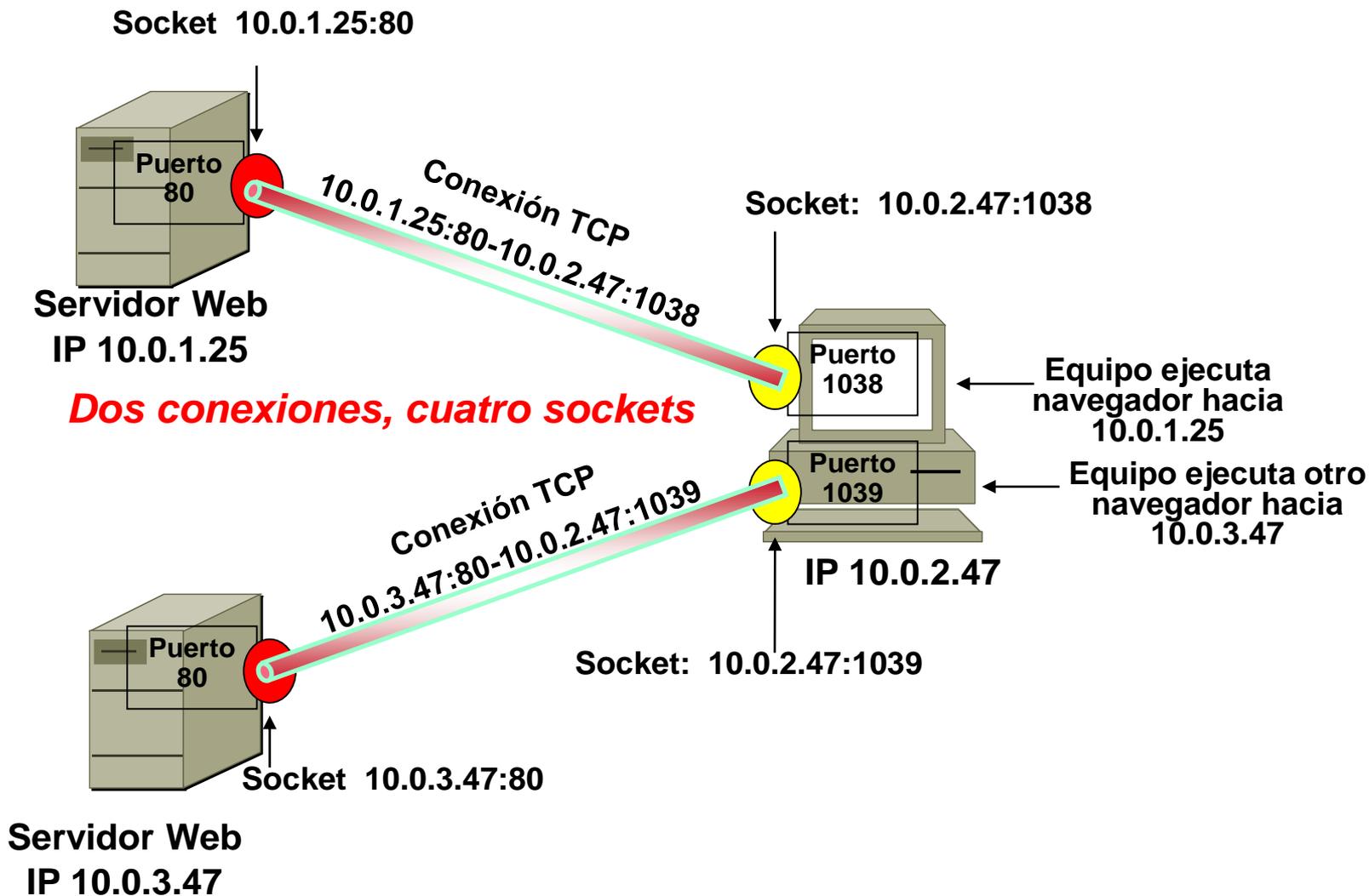
Número
de Puerto

Socket
(Para TCP o UDP)

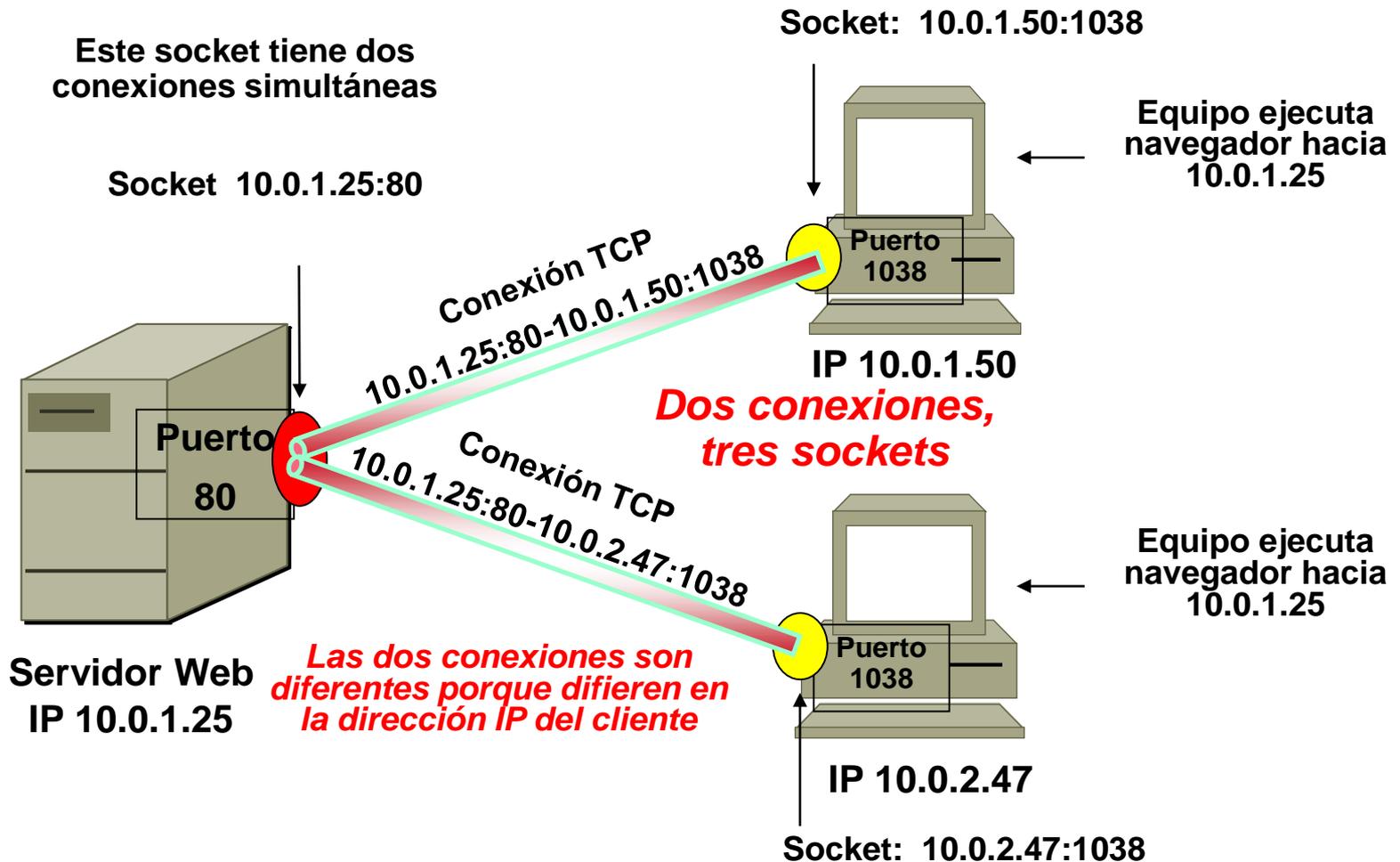
Conexión de un Cliente Web con un Servidor Web



Conexión Simultánea desde un Equipo con dos Servidores Web

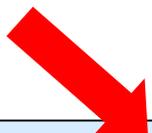


Conexión desde dos Equipos a un mismo Servidor Web



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 |

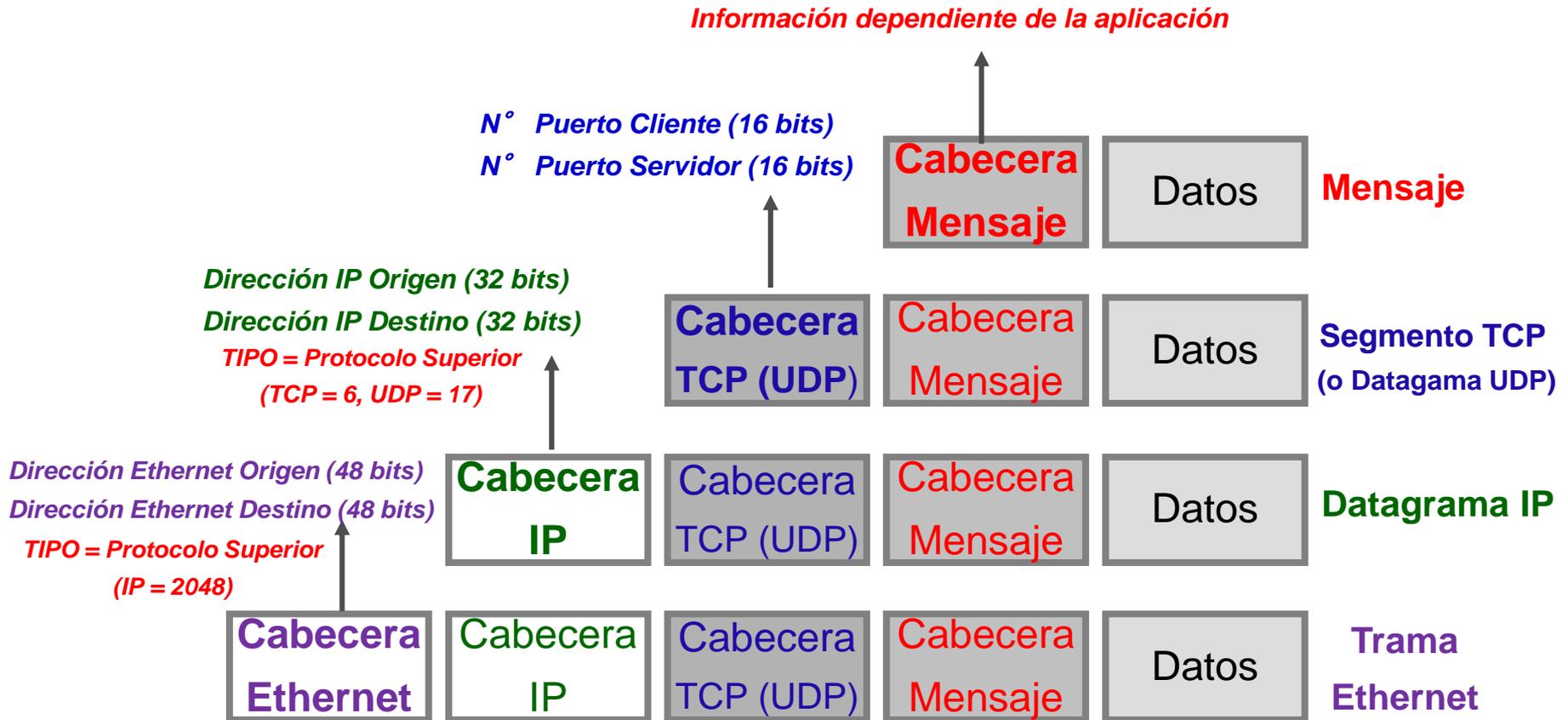
C:\>

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

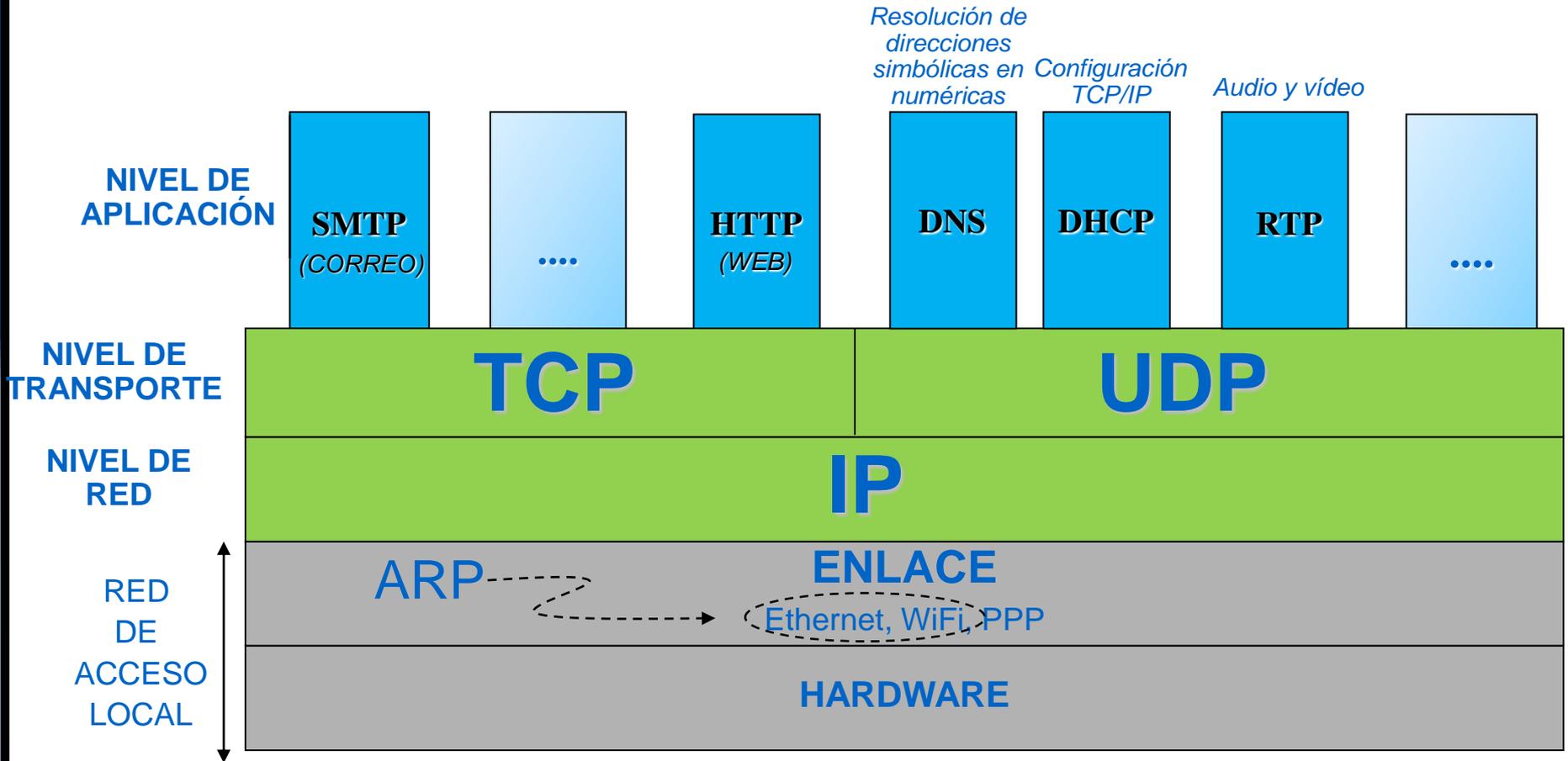
➤ Servidor local con nº de puerto 2000 a la escucha de cualquier acceso a la máquina local, vía UDP, a través de cualquier dirección IP local o interfaz de entrada y desde cualquier dirección y puerto de cliente

CABECERAS DE INFORMACIÓN DE CONTROL

Información más Relevante



Un Ejemplo de Arquitectura TCP/IP



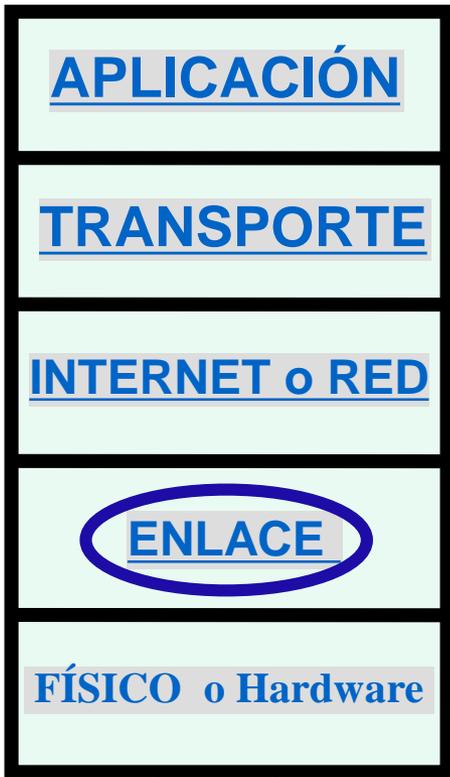
2.4 Nivel de enlace

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

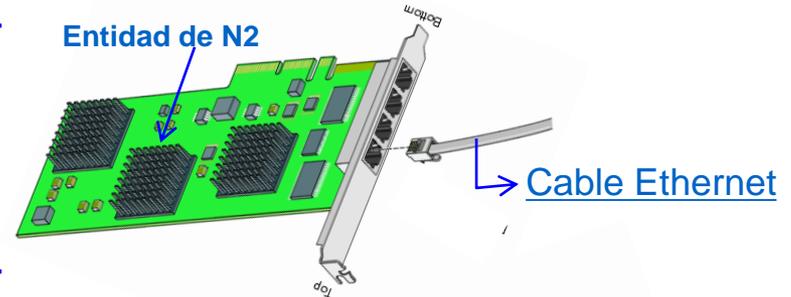
Nivel de Enlace

NIVEL MÁS BAJO DE COMUNICACIONES DE LA ARQUITECTURA TCP/IP

Nivel de Comunicaciones del Interfaz de la Red de Acceso



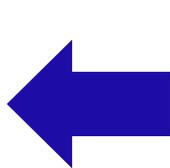
Red de Acceso Ethernet



Red de Acceso WiFi



Nivel más inferior de comunicaciones de la arquitectura TCP/IP en donde se ejecuta el protocolo de comunicaciones de más bajo nivel de dicha arquitectura



MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN

...

Red de Acceso



Nivel de Enlace

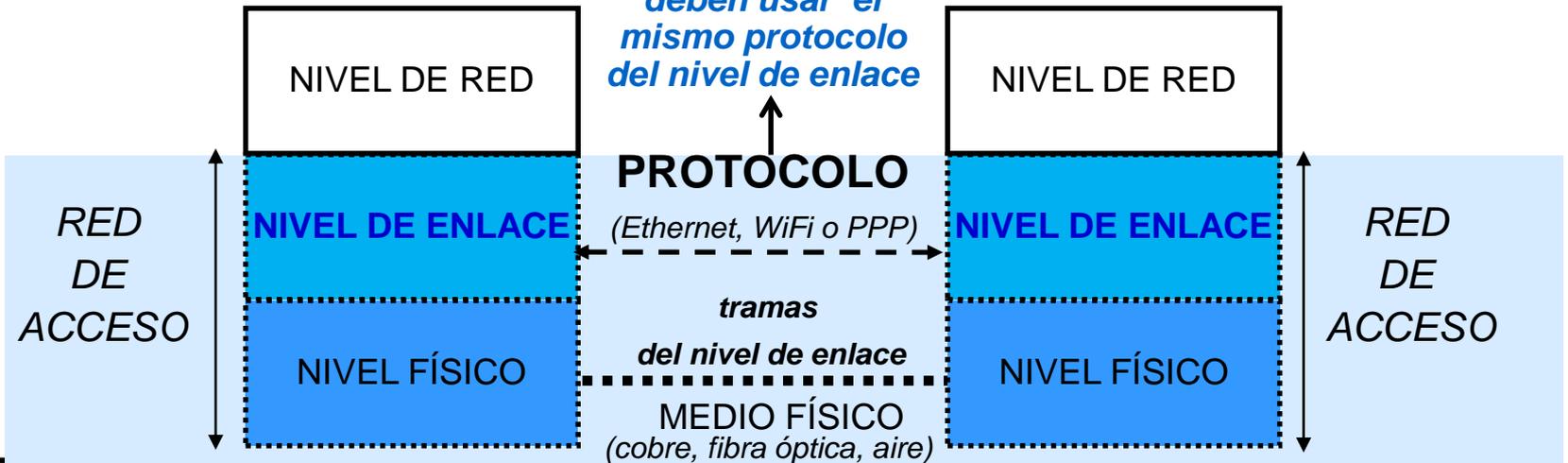
Protocolo de comunicaciones entre las entidades pares de dos Equipos Vecinos, es decir, conectados a la misma Red de Acceso para el intercambio, GENERALMENTE (paquetes ARP cuando se necesiten), de paquetes IP encapsulados en tramas de dicha Red de Acceso

EQUIPOS VECINOS o CONTIGUOS



MEDIO FÍSICO DE INTERCONEXIÓN

Los dos equipos deben usar el mismo protocolo del nivel de enlace

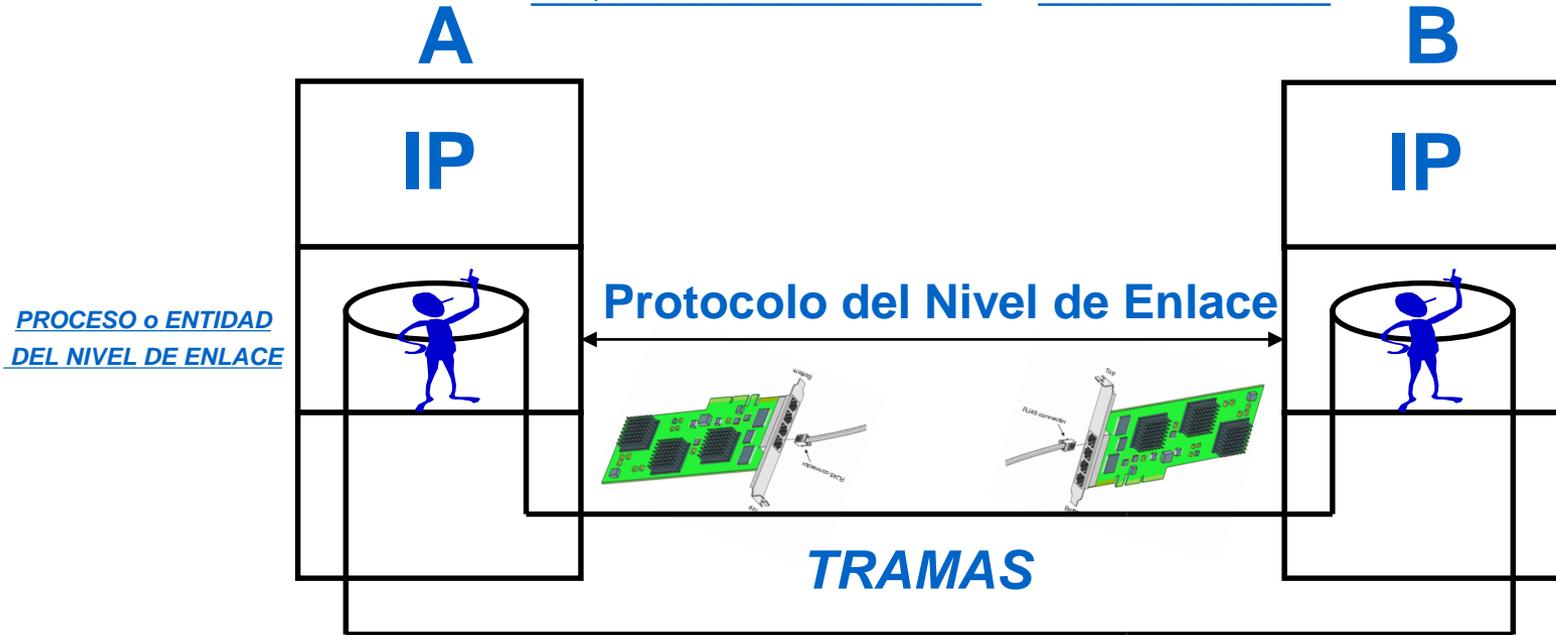


Arquitectura TCP/IP

Nivel de Enlace

➔ *Las dos entidades o procesos pares del nivel de enlace tienen que “hablar el mismo idioma” en función de un mismo protocolo de comunicaciones*

EQUIPOS VECINOS o CONTIGUOS



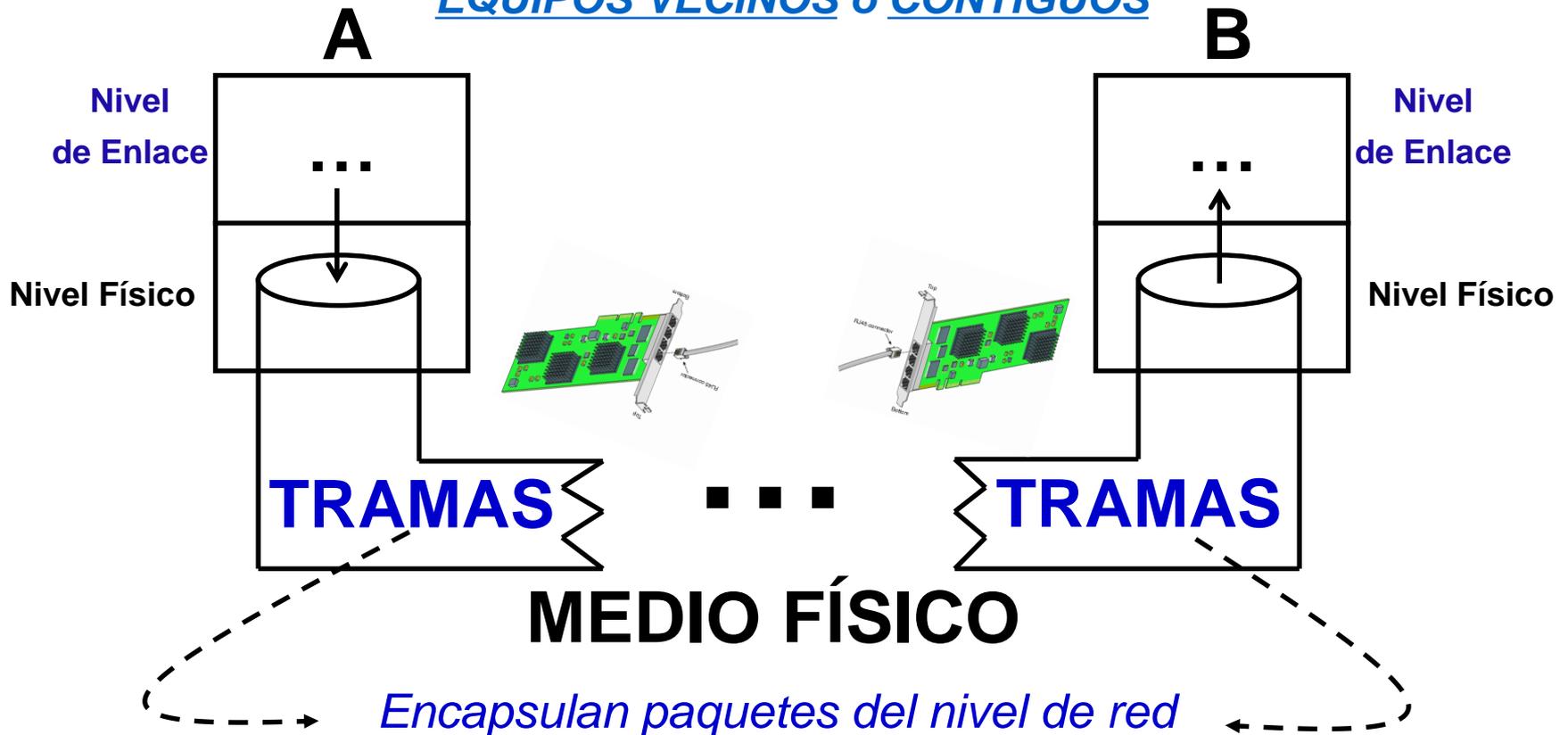
ENLACE DE DATOS

(Tubo “lógico” punto a punto)

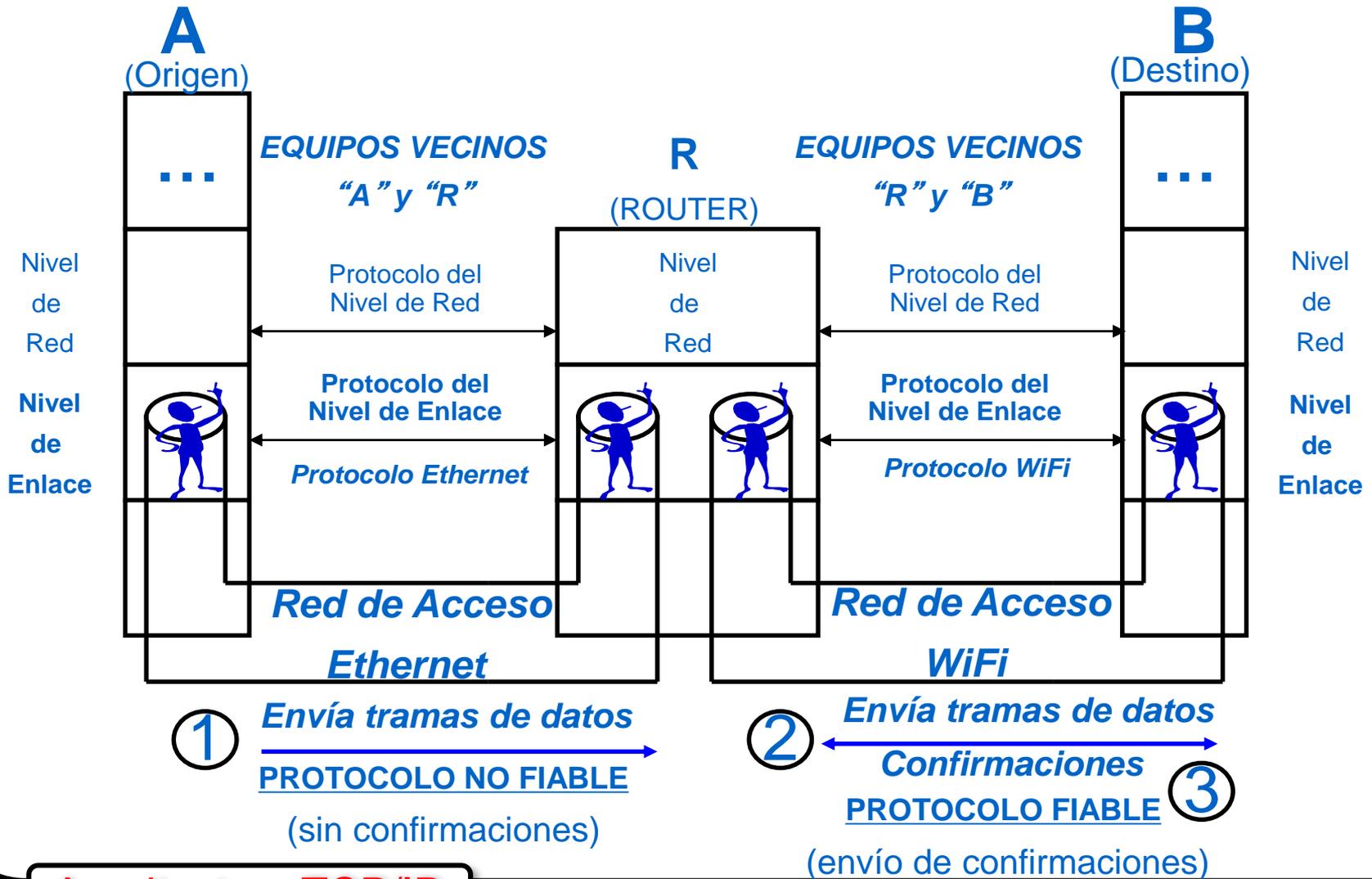
Nivel de Enlace

Intercambio de tramas encapsulando datagramas IP o paquetes IP

EQUIPOS VECINOS o CONTIGUOS



LAS DIRECCIONES IP ORIGEN/DESTINO NUNCAN CAMBIAN EN LOS PAQUETES IP POR INTERNET, INDEPENDIENTEMENTE DE QUE EL ORIGEN o DESTINO SEAN o NO VECINOS
 LAS DIRECCIONES DE N2 SÓLO CAMBIAN SI EL ORIGEN Y EL DESTINO NO SON VECINOS



FUNCIONES PRINCIPALES DE UN PROTOCOLO DEL NIVEL DE ENLACE

1. Detección de errores sin recuperación (*Ethernet*)
2. Detección de errores con recuperación (CONTROL DE ERRORES) (*WiFi y PPP en modo fiable*)
3. Control de flujo (*WiFi y PPP en modo fiable*)

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

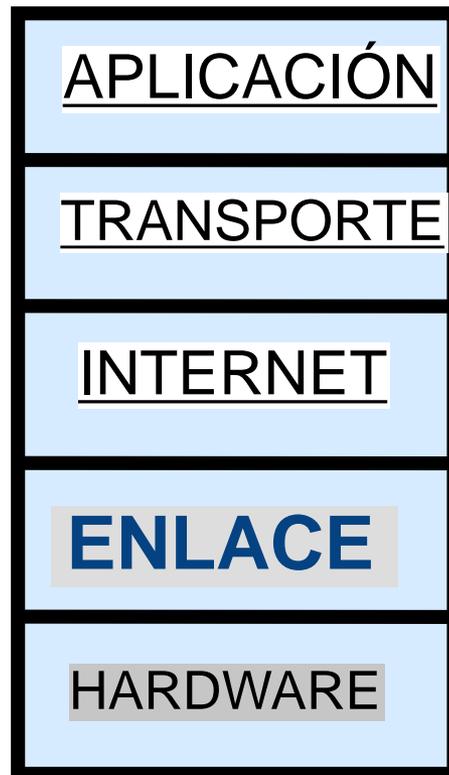


PROTOSCOLOS DEL NIVEL DE ENLACE EN INTERNET

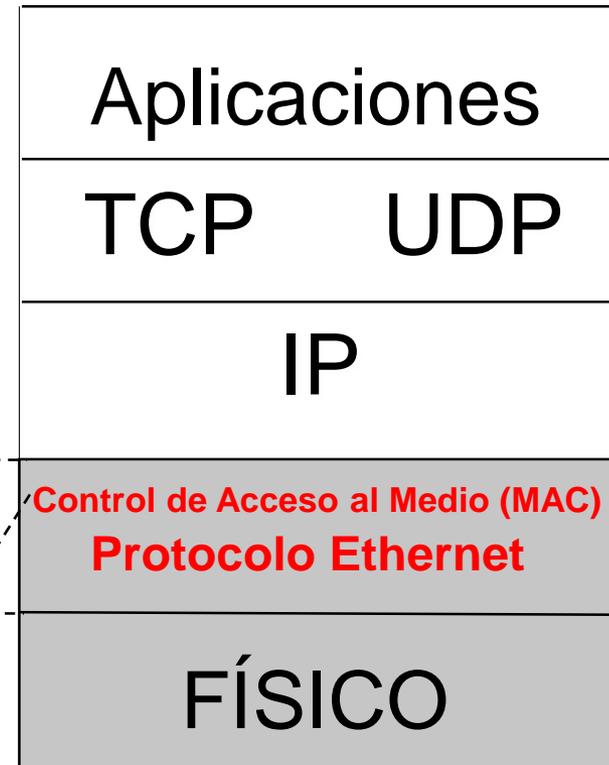
Protocolo Ethernet del Interfaz de la Red de Acceso Ethernet

ARQUITECTURA

TCP/IP



Arquitectura TCP/IP en una Red Ethernet

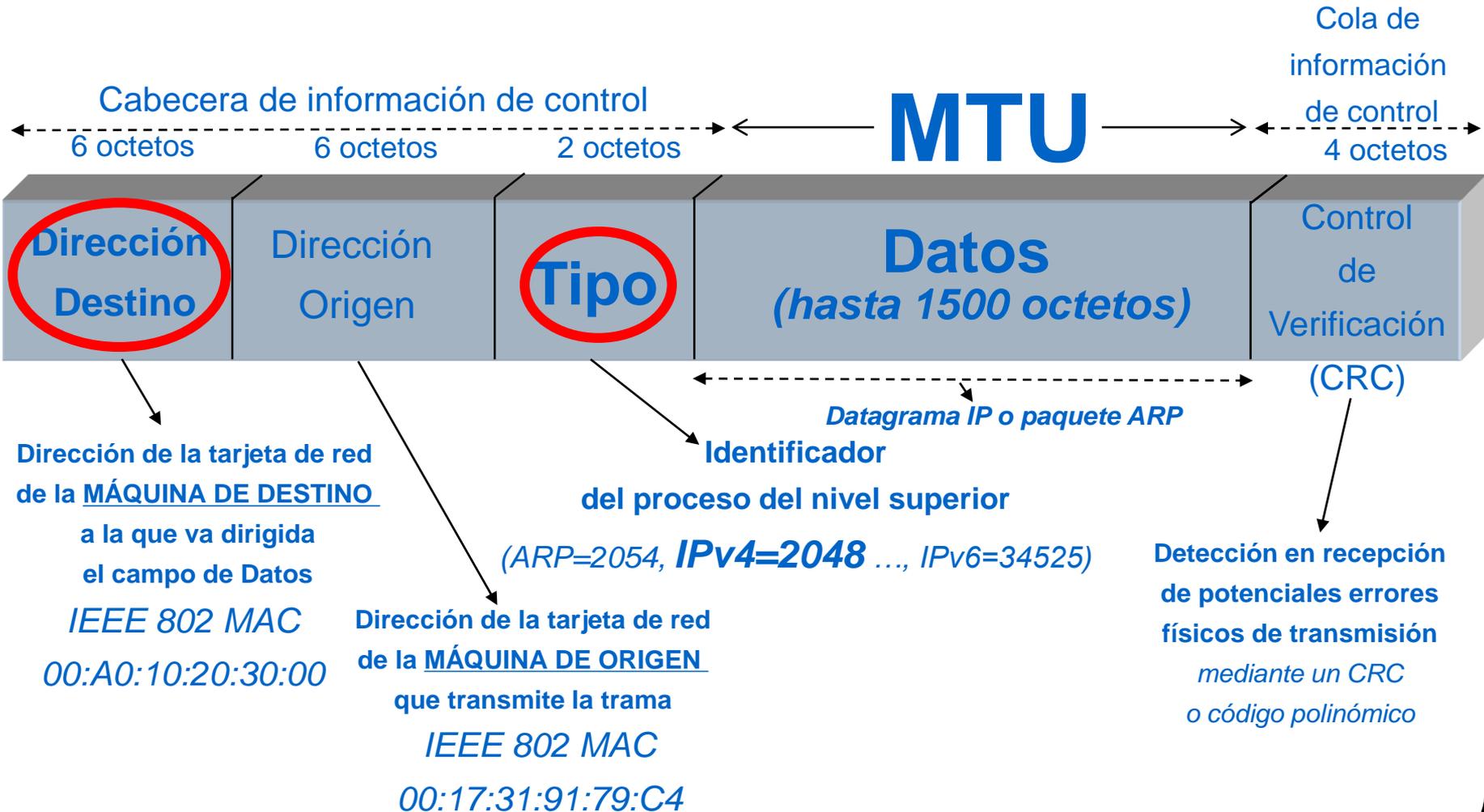


MAC: Media Access Control

Servicio No Fiable

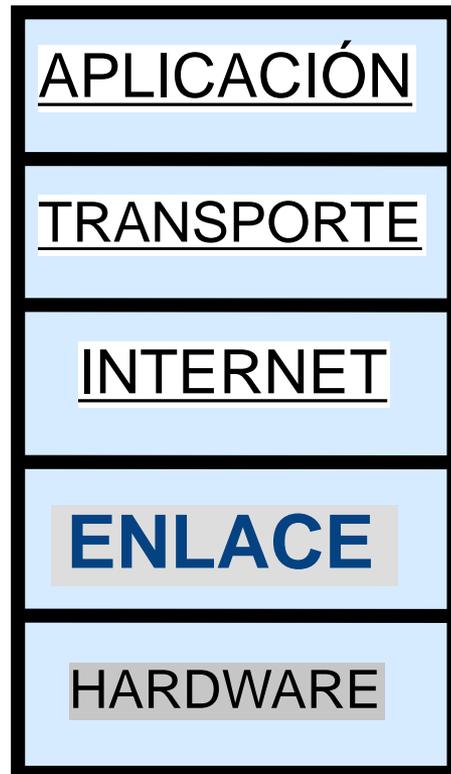
- No hay control de errores ni control de flujo
 - *Detecta errores físicos o de transmisión (bits cambiados) y elimina dichas tramas*

Formato de la Trama Ethernet



Protocolo WiFi

ARQUITECTURA TCP/IP



Arquitectura TCP/IP en una Red WiFi



MAC: Media Access Control

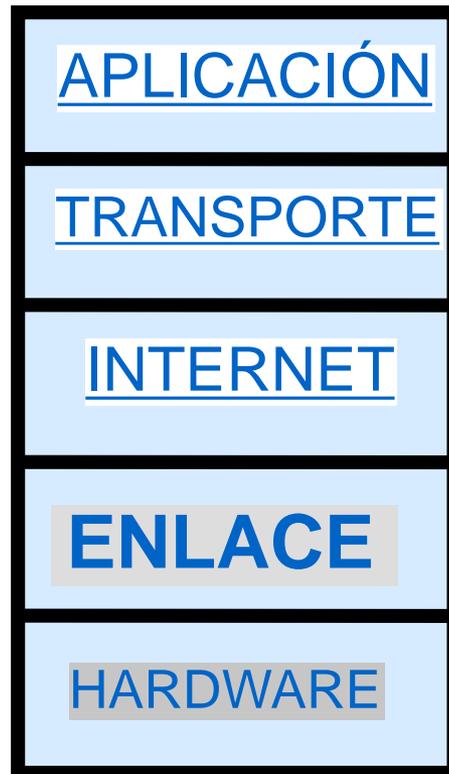
Servicio Fiable

- Hay control de errores y flujo
 - *No hay protección de los datos a través de un cable*
 - *Detecta errores físicos o de transmisión (bits cambiados), eliminando y recuperando dichas tramas*

EL PROTOCOLO EN LÍNEAS o REDES DE ACCESO TELEFÓNICAS vía ADSL o DE FIBRA ÓPTICA vía pulsos de luz (señales ópticas)

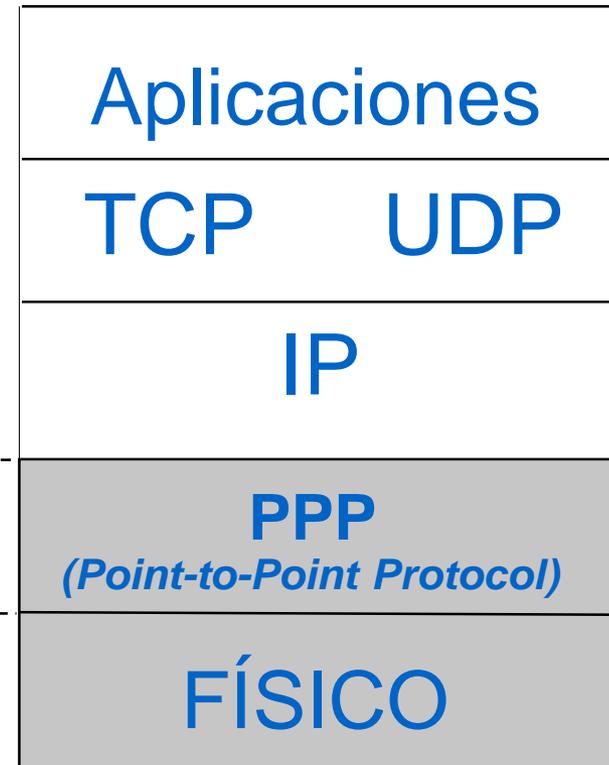
RFC-1661 STD 0051

ARQUITECTURA TCP/IP



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

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



Accesos por cobre o fibra óptica entre el
router del usuario y router del operador

Servicio Fiable y No Fiable

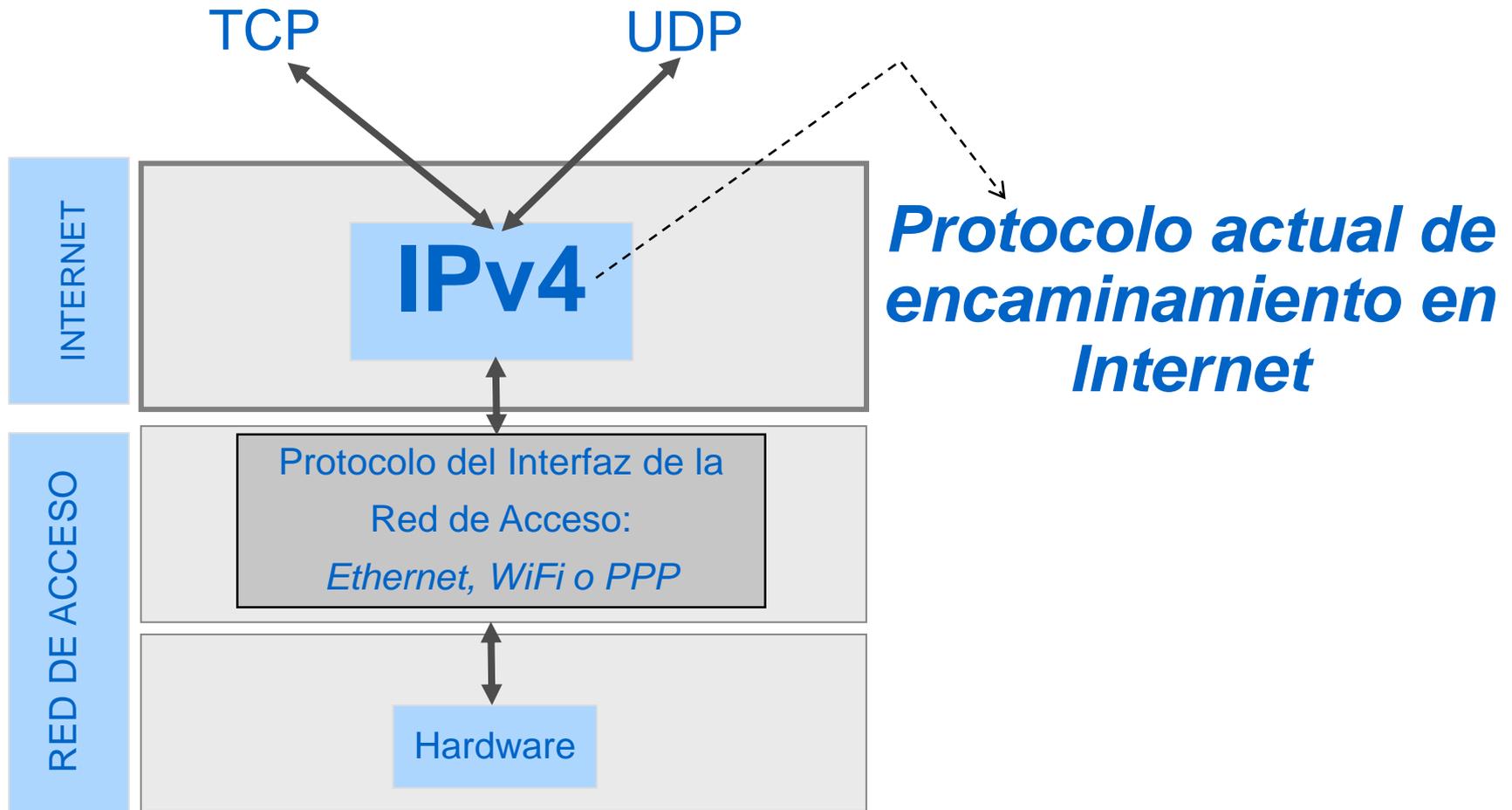
- Con confirmaciones o FIABLE
 - Protocolo PPP con negociación previa de fiabilidad
- Sin confirmaciones o NO FIABLE
 - Protocolo PPP (configuración por omisión)

2.5 Nivel de red

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

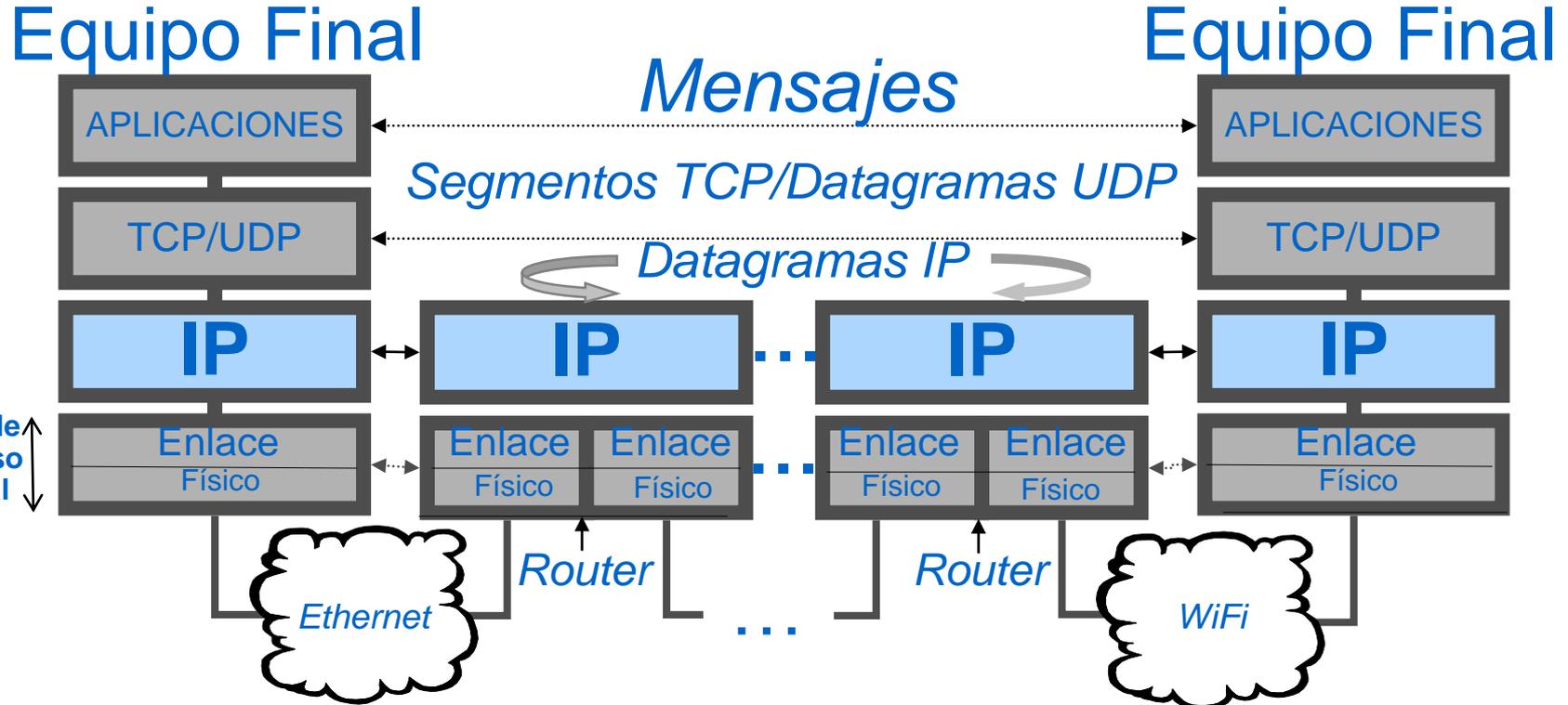
NIVEL DE RED o NIVEL IP o NIVEL DE INTERNET

Encaminamiento NO FIABLE pero RÁPIDO



NIVEL DE RED o NIVEL IP o NIVEL DE INTERNET

Encaminamiento NO FIABLE pero RÁPIDO



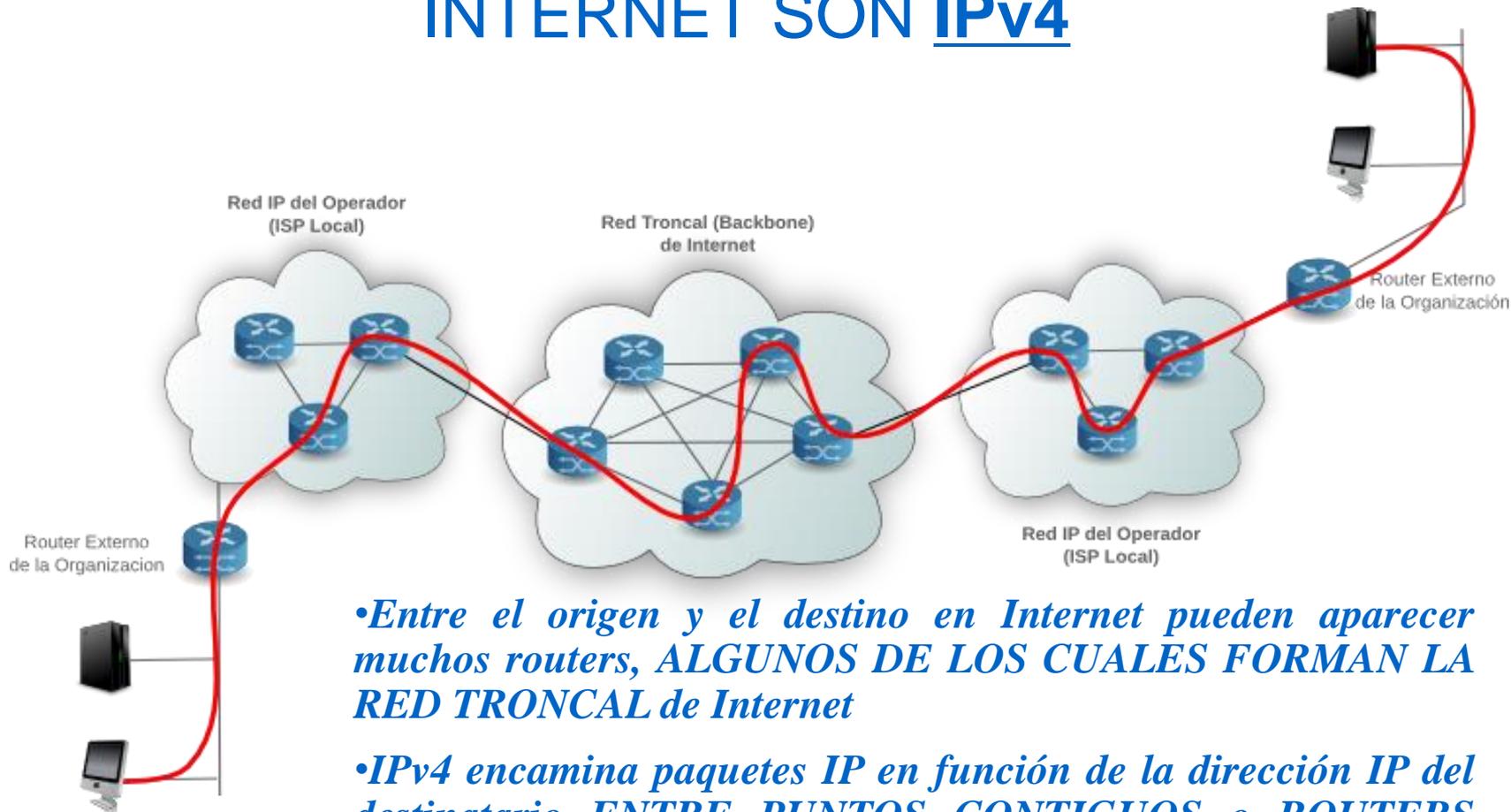
Nivel INFERIOR TCP/IP responsable del ENCAMINAMIENTO NO FIABLE pero RÁPIDO, mediante el protocolo IP, de los segmentos TCP y datagramas UDP encapsulados en datagramas IP o paquetes IP, en función de la dirección IP del destinatario y SIEMPRE ENTRE DOS EQUIPOS VECINOS CONECTADOS A LA MISMA RED DE ACCESO EN EL TRAYECTO ENTRE EL ORIGEN Y EL DESTINO

Un segmento TCP o datagrama UDP se encapsula en un datagrama IP o paquete IP

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**

ACTUALMENTE, LOS ROUTERS EN INTERNET SON IPv4



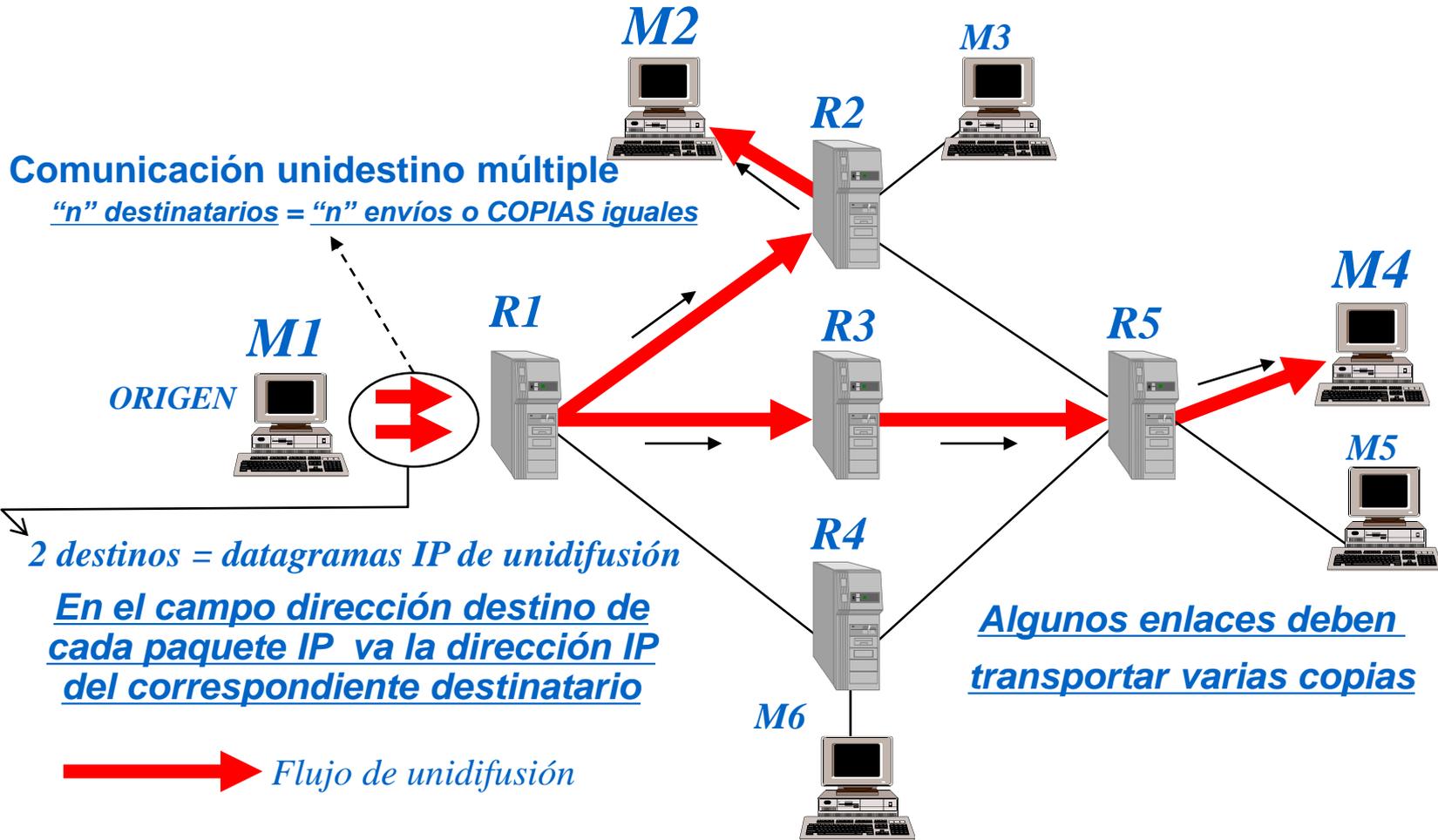
• *Entre el origen y el destino en Internet pueden aparecer muchos routers, ALGUNOS DE LOS CUALES FORMAN LA RED TRONCAL de Internet*

• *IPv4 encamina paquetes IP en función de la dirección IP del destinatario ENTRE PUNTOS CONTIGUOS o ROUTERS VECINOS en el trayecto por Internet desde un origen a un destino*

Tres Tipos de Transmisiones IPv4

1. Unidifusión (Unicast)
2. Multidifusión (Multicast)
3. Difusión (Broadcast)

UNIDIFUSIÓN IPv4 o Transmisión IP Punto a Punto entre 2 Equipos *Relación o comunicación de "Uno a Uno"*

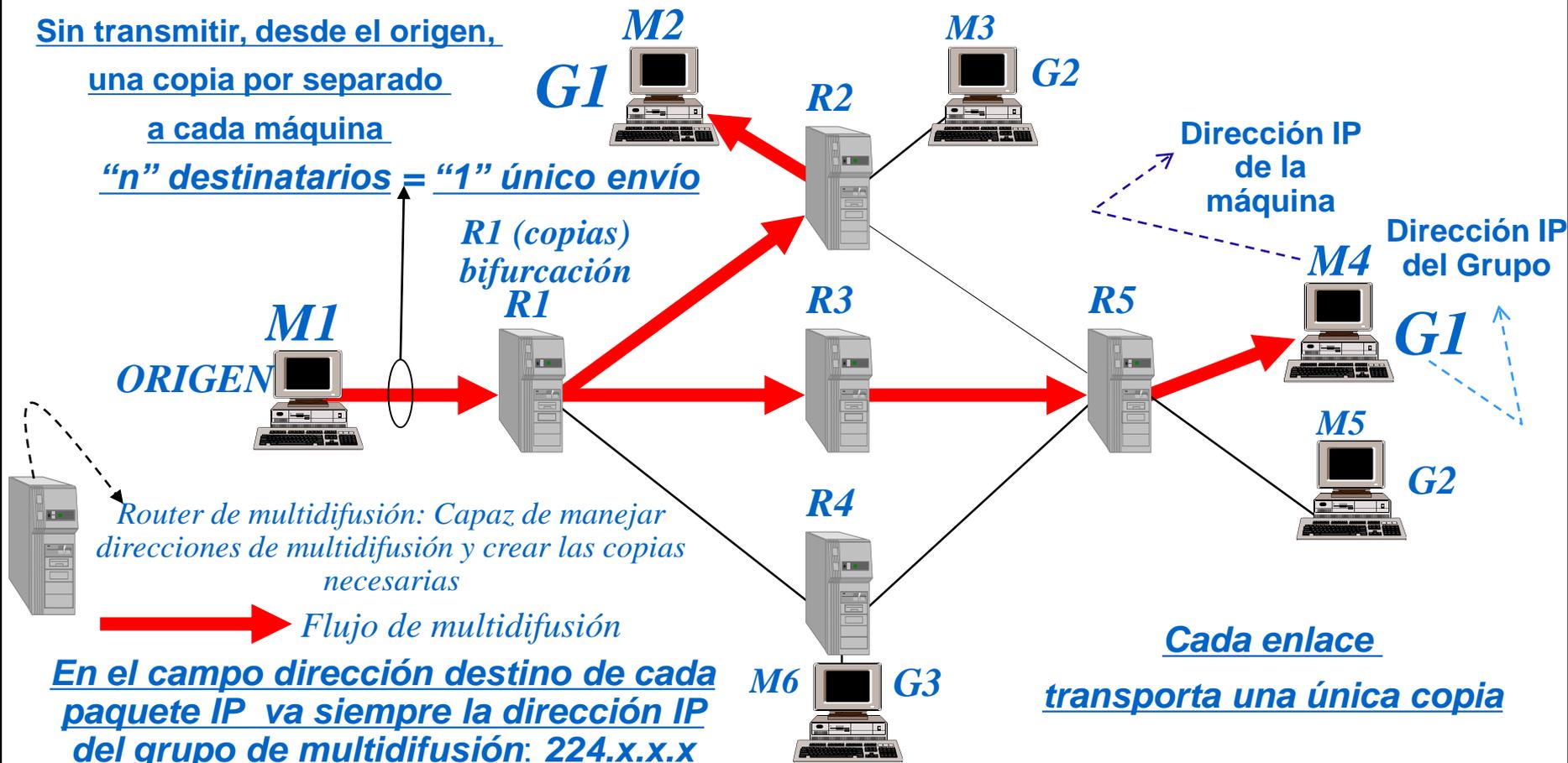


Proceso de envío independiente desde una máquina origen a única máquina destinataria

MULTIDIFUSIÓN IPv4 (Multicast) o Transmisión a un GRUPO de Equipos mediante un solo envío SIN COPIAS desde el origen

Relación o comunicación de Uno a "n" o "a Todos los del Grupo"

Sin transmitir, desde el origen, una copia por separado a cada máquina "n" destinatarios = "1" único envío



En el campo dirección destino de cada paquete IP va siempre la dirección IP del grupo de multidifusión: 224.x.x.x

Cada enlace transporta una única copia

Único proceso de envío, independientemente del número de máquinas receptoras de una misma información, desde una máquina origen a todas las máquinas destinatarias que pertenecen a un mismo grupo de multidifusión y que comparten una misma dirección de multidifusión

Ejemplo de Multidifusión (Multicast)

→ 224.0.1.1
G1



Un único envío.
Desde el origen no se envía
una copia por separado
a cada máquina



1
2
3



→ 224.0.1.1
G1



Destino Ruta Interfaz

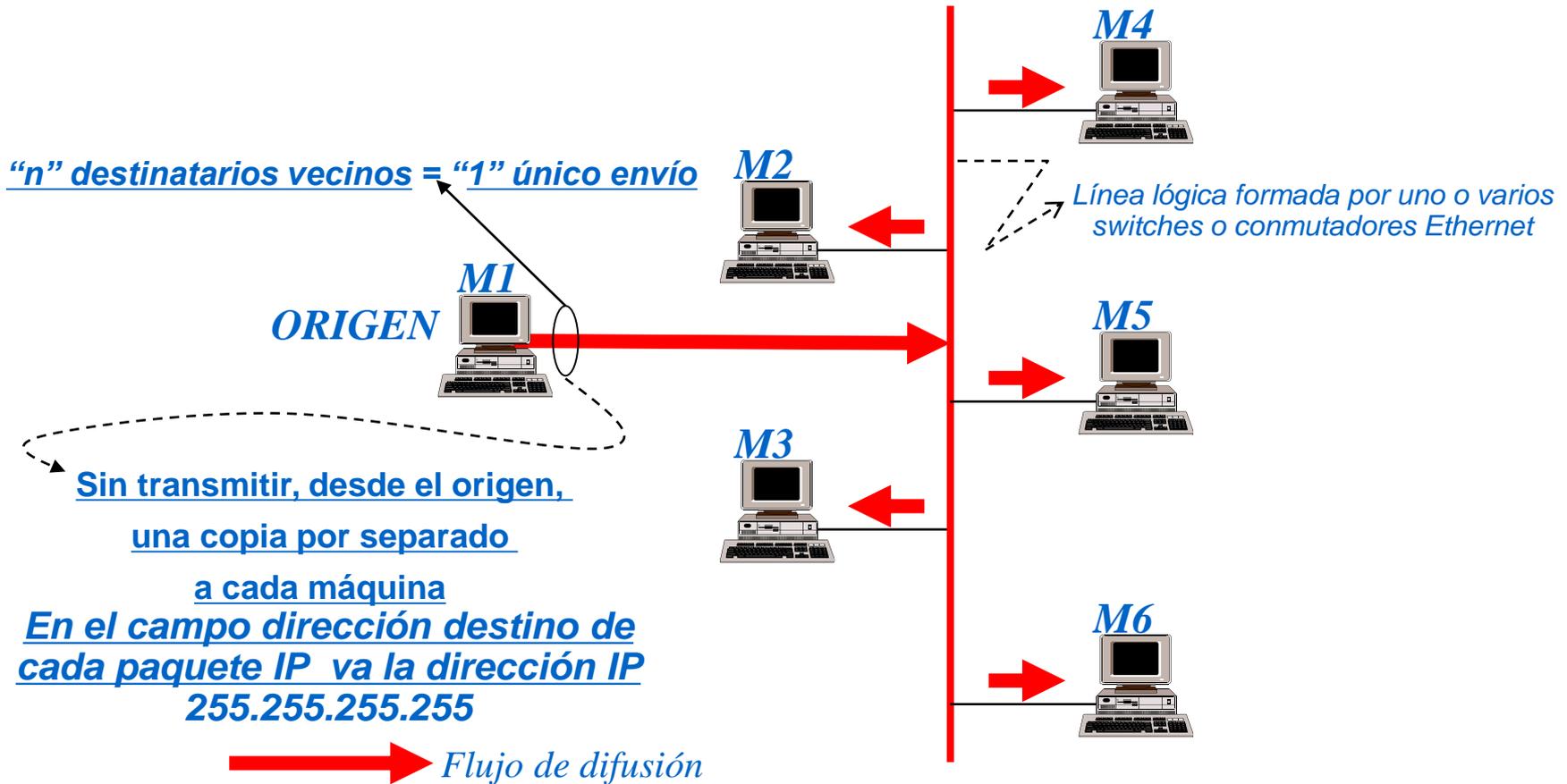
| | | |
|----------------|----------------|-----|
| ... | ... | ... |
| 224.0.1.1 (G1) | R2,R3 (copias) | 1,2 |
| ... | ... | ... |

Router de multidifusión: Capaz de manejar direcciones de multidifusión y crear las copias necesarias

Flujo de multidifusión

Arquitectura TCP/IP

DIFUSIÓN IPv4 (Broadcast) o Transmisión A TODOS LOS Equipos VECINOS de una RED DE DIFUSIÓN (Ethernet o WiFi) mediante un solo envío SIN COPIAS desde el origen
Comunicación de Uno a “Todos los vecinos”



Único proceso de envío, independientemente del número de máquinas receptoras, de una misma información desde una máquina origen a todas las máquinas destinatarias que pertenecen a una misma red de área local de difusión (Ethernet o WiFi)

DIRECCIONES IPv4 FORMATO

NIVEL DE RED

APLICACIÓN

TRANSPORTE

IP

ENLACE

Físico

El formato de una dirección IP o dirección Internet o dirección Numérica

(engloba 2 tipos de direcciones)

DIRECCIÓN
DE RED

DIRECCIÓN
DE MÁQUINA
(conectada a dicha red)

- *Tanto las redes como las máquinas disponen de direcciones IP*
- Notación decimal con puntos: 4 octetos *(un octeto es un entero decimal) separados por puntos* *(Por ejemplo, 138.100.12.16)*

Direcciones IPv4

RECORDATORIO

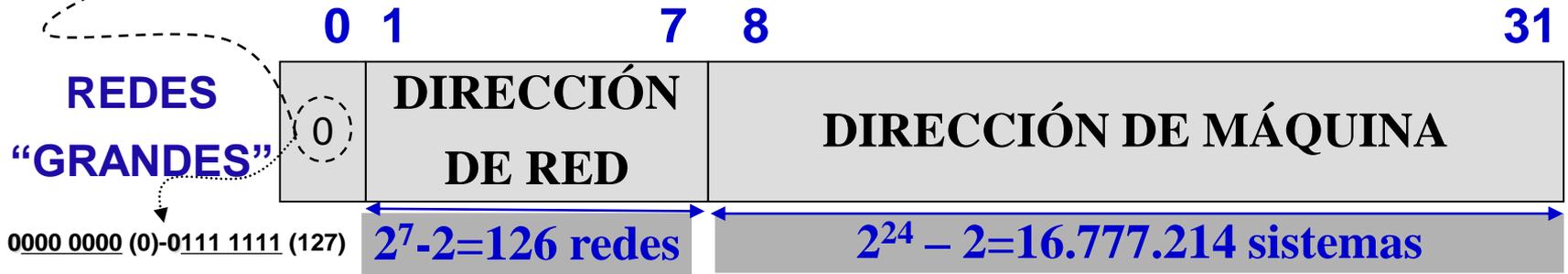
- *Las REDES de comunicaciones en Internet (Ethernet y WiFi) y las MÁQUINAS, conectadas a dichas redes, tienen siempre una dirección IPv4*

DIRECCIONES IPv4 CLASES

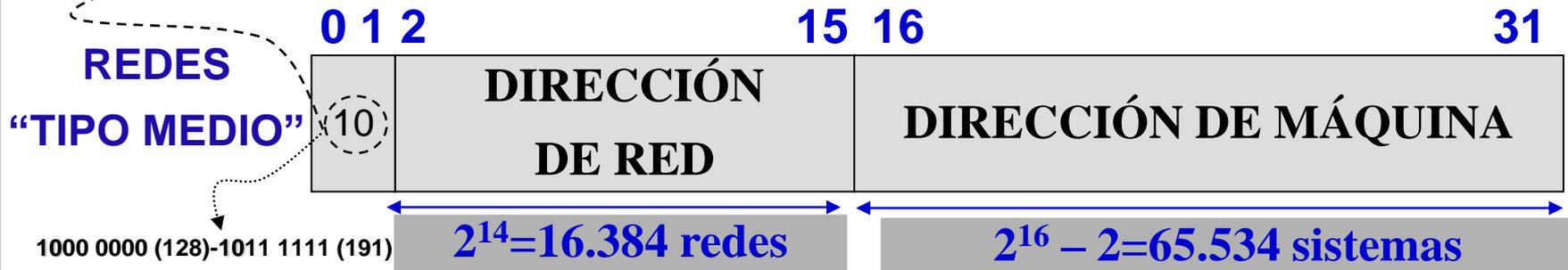
- En función de las 3 clases de transmisiones IP y del nº de bits utilizados para identificar redes y máquinas, existen 5 clases de direcciones IP o de Internet o Numéricas:
 - CLASE A: Unidifusión y difusión
 - CLASE B: Unidifusión y difusión
 - CLASE C: Unidifusión y difusión
 - CLASE D: Multidifusión
 - CLASE E: Experimental o reservada

Direcciones IPv4: Clases A, B y C

CLASE A → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 1 al 126 (0 y 127 reservados)



CLASE B → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 128 al 191



CLASE C → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 192 al 223



Formato de las Principales Direcciones IPv4

- A = **red**.máquina.máquina.máquina
- B = **red.red**.máquina.máquina
- C = **red.red.red**.máquina

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

→ *Rango de identificación*

de la clase A, B o C de una dirección IP

por el primer octeto de la dirección

FORMATO DE OTRAS DIRECCIONES IPv4

CLASE D → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 224 al 239



1110 0000 (224)-1110 1111 (239) → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 224 al 239

Aplicaciones de multidifusión: Distribuciones de software, noticias, juegos en red, videoconferencias, teleeducación, etc.

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 USO O FORMATO DE INVESTIGACIÓN O EXPERIMENTAL)

CLASE E → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 240 al 255



1111 0000 (240)-1111 1111 (255) → Direcciones cuyo primer octeto en decimal va del 240 al 255

Rango completo: 240.0.0.0 --- 255.255.255.255

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, solicitud de configuración TCP/IP vía cliente DHCP (dirección IP CLIENTE DHCP = 0.0.0.0) o todos los interfaces en una tabla de sockets (netstat -a -n)
 - 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)

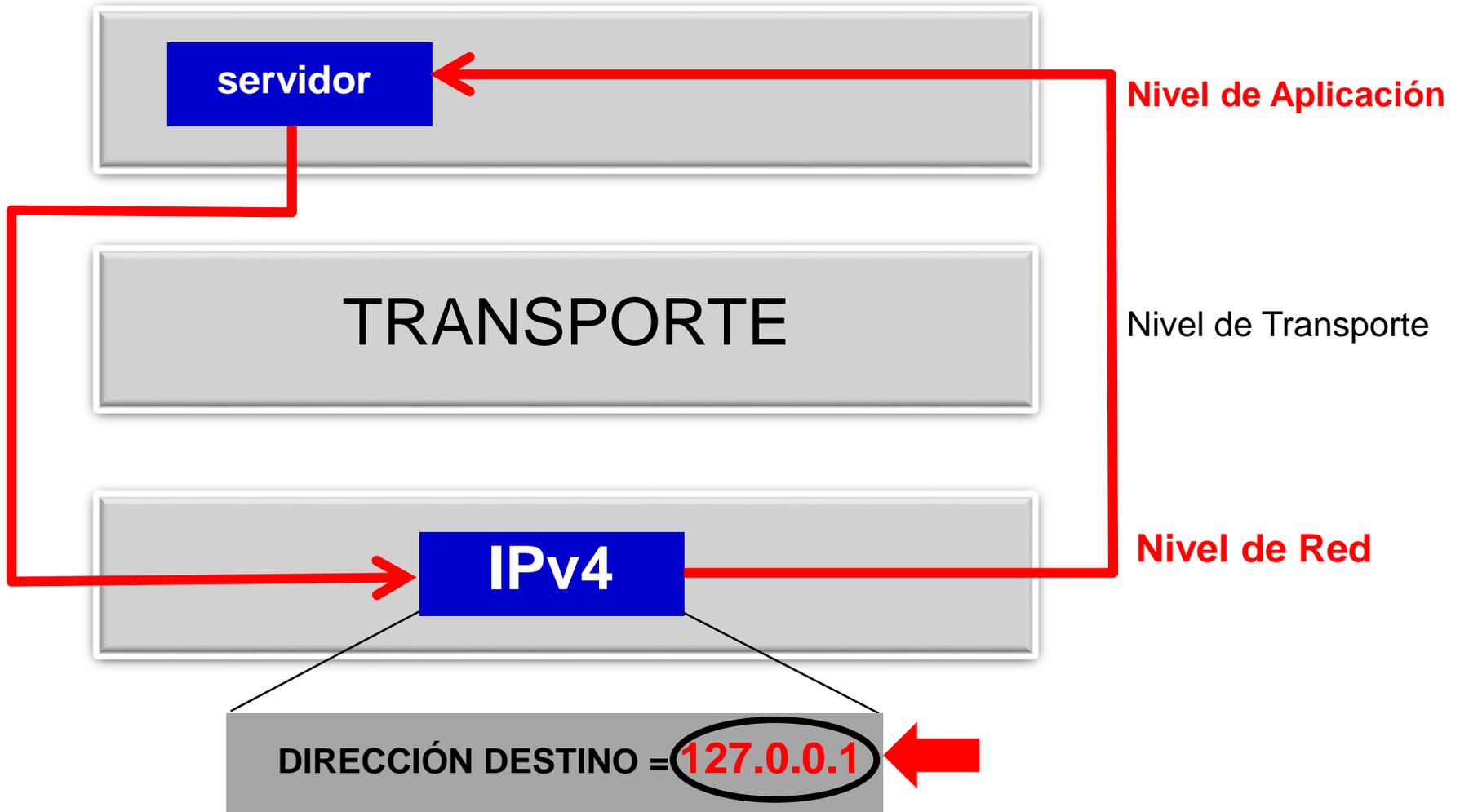
Tres Direcciones IPv4 ESPECIALES

- 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
 - También, es una dirección reservada clase A
 - ✓ Pruebas de acceso a la propia máquina y a procesos servidores locales
 - ✓ Desarrollo de aplicaciones cliente y servidor en la propia máquina

Dirección IPv4 ESPECIAL DE BUCLE



proceso **127.0.0.1** (comprobación de la disponibilidad de "proceso" y de IPv4)

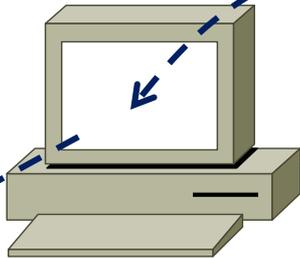
DIRECCIÓN DE BUCLE

Pruebas de acceso a la propia máquina y a procesos servidores locales

TABLA IP

| DESTINO | GATEWAY | INTERFAZ |
|------------------|------------------------------------|----------|
| 127.0.0.0 | 127.0.0.1 (Por mí mismo) | 1 |

A cualquier máquina de esta red



1



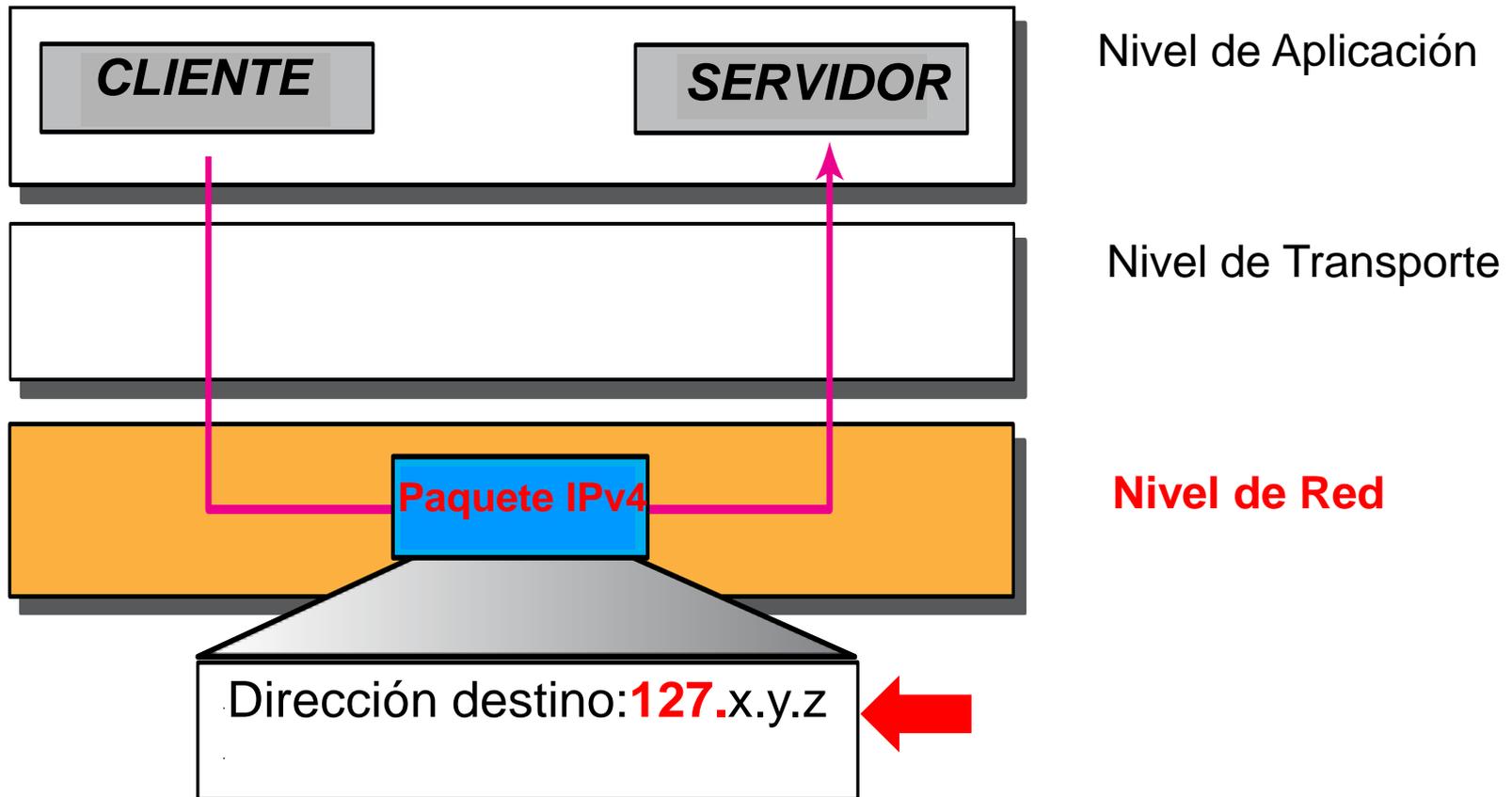
127.0.0.1

proceso **127.0.0.1** (comprobación de la disponibilidad de "proceso" y de IPv4)

Direcciones IPv4 ESPECIAL DE BUCLE

Desarrollo de Aplicaciones Cliente y Servidor dentro de la Propia Máquina

EQUIPO

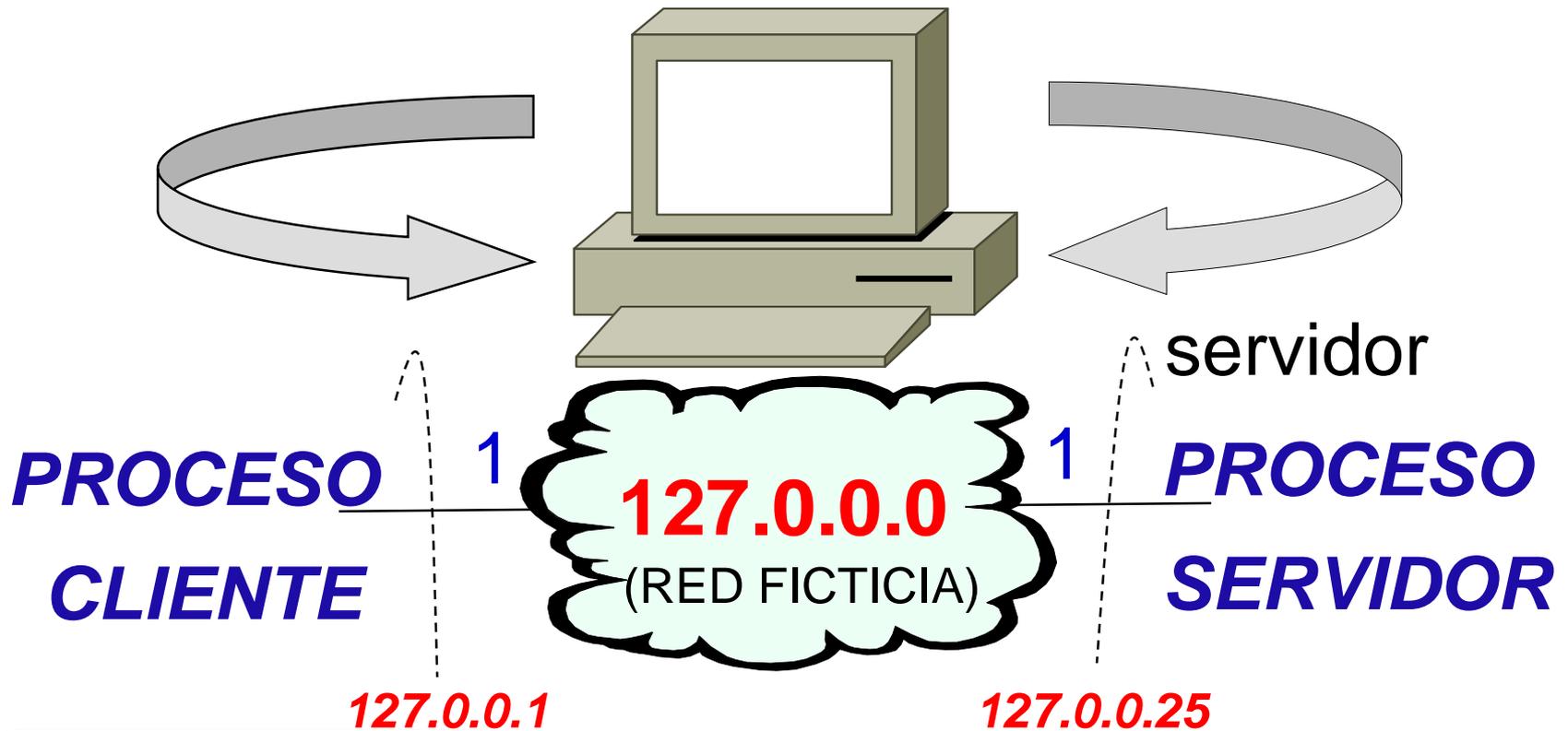


DIRECCIÓN DE BUCLE

Desarrollo de Aplicaciones Cliente y Servidor dentro de la Propia Máquina

TABLA IP

| DESTINO | GATEWAY | INTERFAZ |
|------------------|------------------|----------|
| 127.0.0.0 | 127.0.0.1 | 1 |



4 Tipos de Direcciones IPv4

1. Direcciones de Red
2. Direcciones de Subred
3. (Direcciones de Superred)
4. 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

Máscara asociada a una Dirección IP de Red ESTÁNDAR RFC-950



- Una máscara de red ASOCIADA a una dirección IP de red es un número de 32 bits que contiene “UNOS” en los bits que identifican a la PARTE DE RED de la dirección IP y “CEROS” en los bits que identifican a la PARTE LOCAL o DIRECCIÓN DE MÁQUINA de dicha dirección IP
- El estándar RFC-950 recomienda para una mayor comprensión de las máscaras y las tablas IP de encaminamiento que los bits a “unos” que identifican a las direcciones de red sean contiguos
 - Ninguna máscara lleva un 0 intercalado entre los 1s
- Los 1s de una máscara de red indican la parte de la dirección IP de red (32 bits), que es importante para la entidad IP, a la hora de encaminar un paquete IP hacia una máquina de esa red

2 FORMATOS DE SINTAXIS DE MÁSCARA DE RED

CLASE DE DIRECCIÓN

**MÁSCARA POR OMISIÓN
(Decimal)**

Formato de 4 octetos en decimal

A

255.0.0.0

B

255.255.0.0

C

255.255.255.0

LOS CEROS DEFINEN LA PARTE LOCAL O LA DIRECCIÓN DE MÁQUINA EN LA DIRECCIÓN IP

- $20.0.0.0/255.0.0.0$ ó $20.0.0.0/8$
 - $136.15.0.0/255.255.0.0$ ó $136.15.0.0/16$
 - $220.10.1.0/255.255.255.0$ ó $220.10.1.0/24$
- Formato /N° en decimal que indica los bits a "unos" contiguos de la máscara*

Ceros y Unos en una Máscara de la Tabla IP

- 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)*

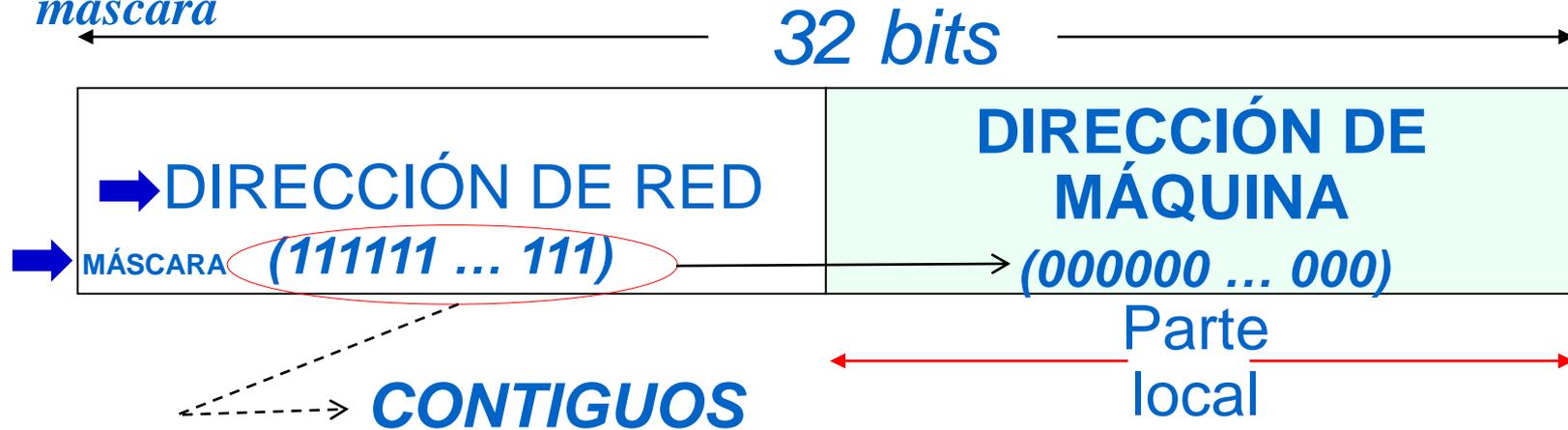
Todos los bits de la dirección IP asociada son fundamentales para el encaminamiento

Creación de Subredes en una Organización

- Una SUBRED no es más que un subconjunto de una red de comunicaciones
 - Una SUBRED, clase A, B o C, es una parte o un SUBCONJUNTO de una red de comunicaciones clase A, B o C
- En la práctica, cuando no se desean tener todas las máquinas conectadas a la misma red de comunicaciones (Ethernet) de una organización y, por ejemplo, se desea una red por departamento u oficina; entonces, se crean tantas subredes o subconjuntos de dicha red como departamentos u oficinas existan
- Un administrador CREA sus propias subredes, y ASIGNA direcciones IP a dichas subredes, a partir de
 - La DIRECCIÓN IP PÚBLICA DE RED ASIGNADA POR EL ISP a la red de dicha organización
 - y del NÚMERO DE CEROS DE LA MÁSCARA ASOCIADA a dicha dirección

CREACIÓN DE SUBREDES

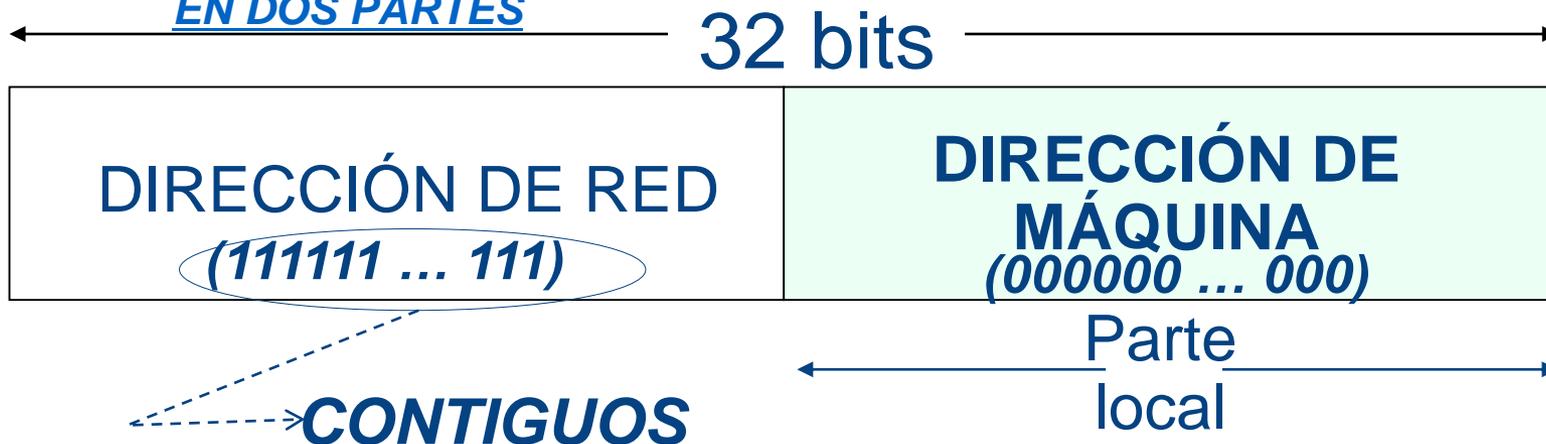
- Un administrador crea sus propias subredes a partir de la DIR IP/MÁSCARA asociada y más en concreto a partir del n° de ceros de dicha máscara



- 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 a su vez:
 - MÁQUINAS DE UNA RED (no hay subredes)
 - SUBREDES y MÁQUINAS DE SUBREDES

DIVISIÓN DE LA PARTE LOCAL EN DOS PARTES

- *Un administrador crea sus propias subredes a partir de la DIR IP/MÁSCARA asociada y más en concreto a partir del nº de ceros de dicha máscara*
 - *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*

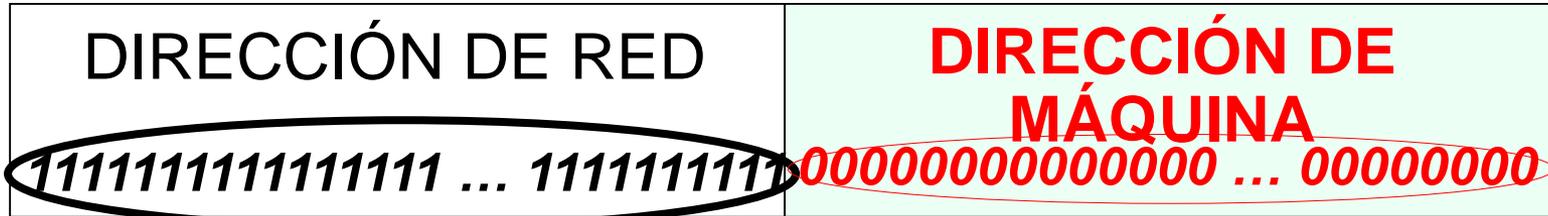


Subredes que se
desean crear ←

→ Máquinas que se desean
conectar a dichas subredes

EN LA CREACIÓN DE SUBREDES LAS MÁSCARAS DE SUBRED TIENEN MÁS 1s QUE LA MÁSCARA ORIGINAL

← 32 bits →



← Parte local →

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



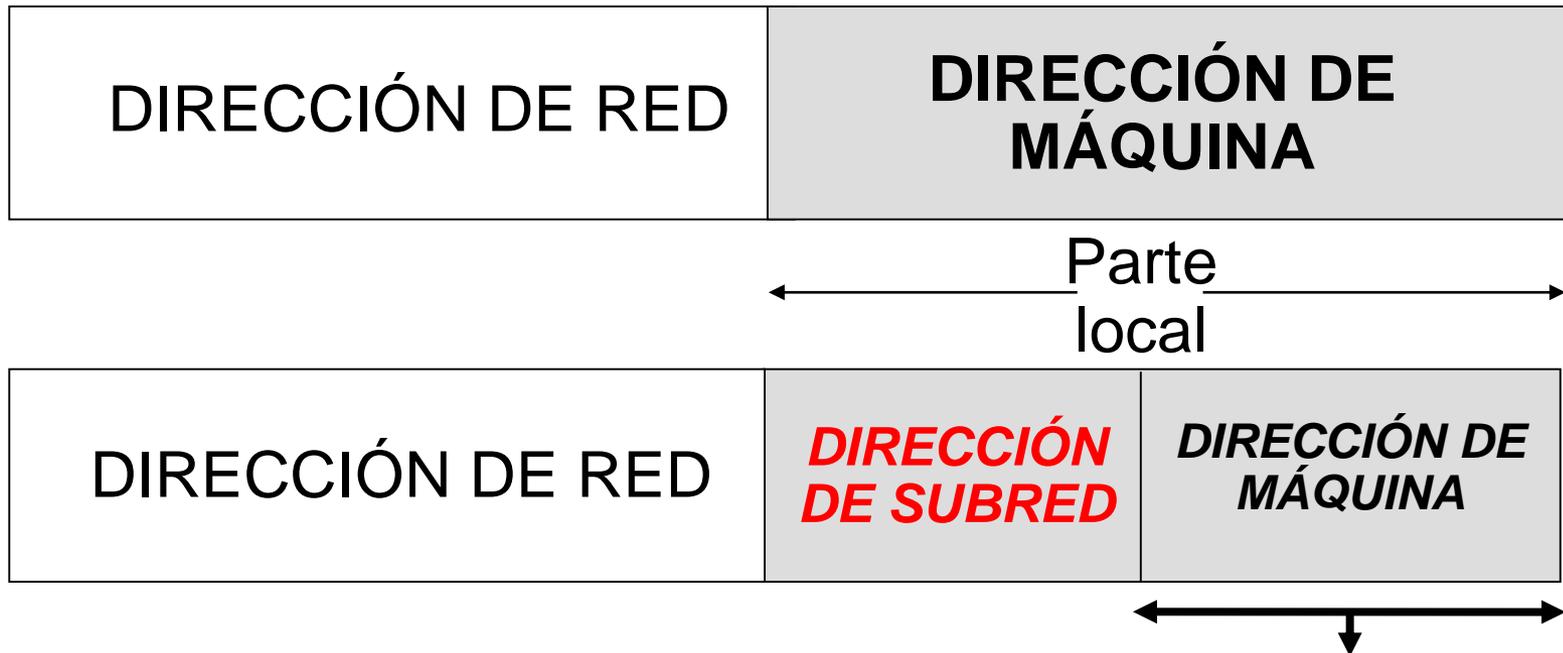
Subredes que se desean crear

Máquinas que se desean conectar a dichas subredes

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

1. DIRECCIÓN IP DE RED ORIGINAL y *del número de ceros de la MÁSCARA ASOCIADA* asignadas inicialmente por el ISP para OBTENER LA PARTE LOCAL DE DICHA DIRECCIÓN
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”)*

RESTRICCIONES EN LA CREACIÓN DE SUBREDES SEGÚN EL ESTÁNDAR RFC-950



- No poner todo a ceros como dirección de máquina
- No poner todo a unos como dirección de máquina

▪ *RFC-950: Todo a ceros (dirección de red) y todo a unos (difusión dirigida) son dos direcciones reservadas en la parte local (DIRECCIÓN DE MÁQUINA) de una dirección IP de red o subred*

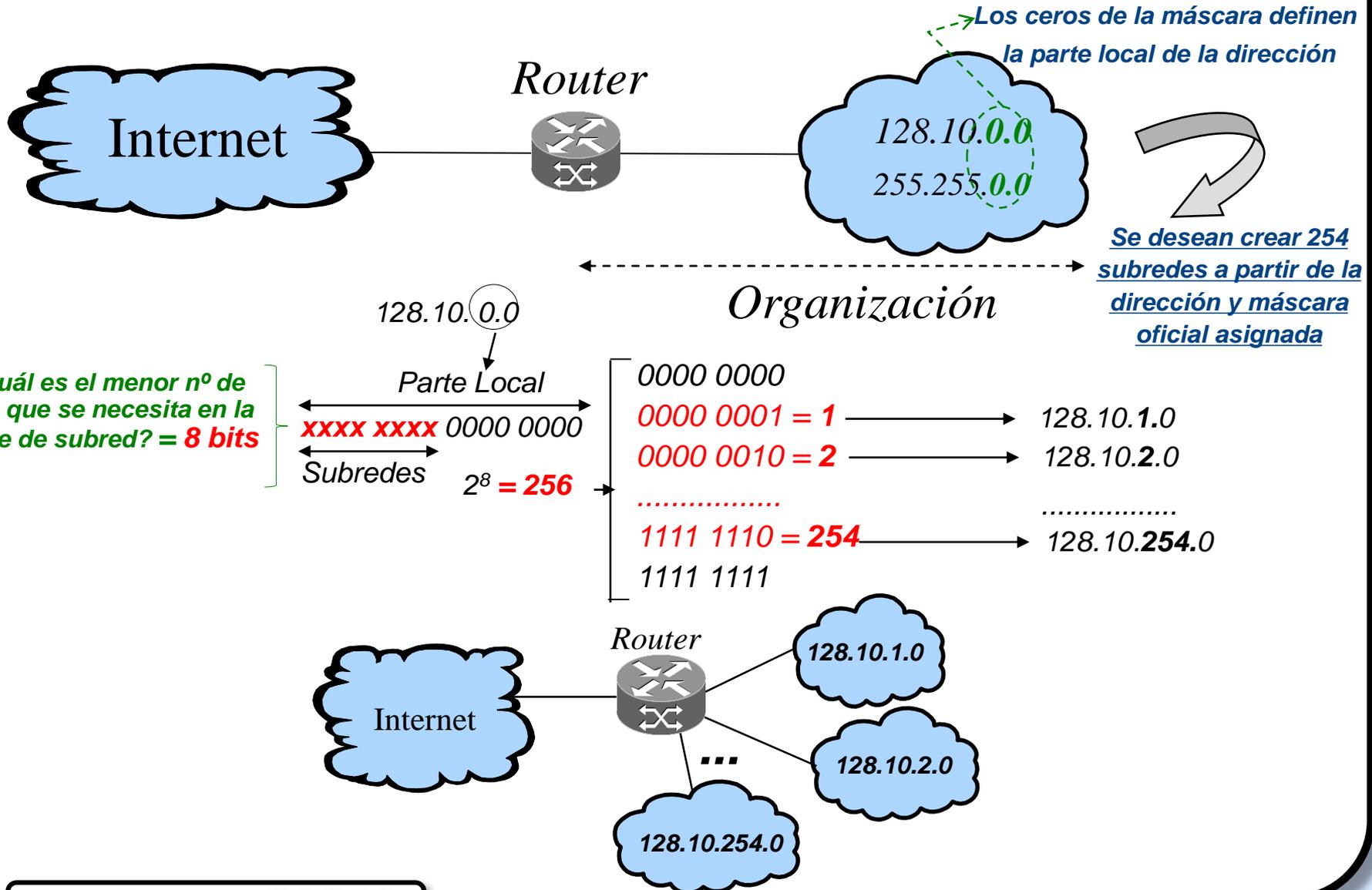
▪ *Afectan a la PARTE LOCAL de DIRECCIONES DE MÁQUINA clases A, B y C*

Cálculo del Octeto de la Máscara

- Conversión de binario a decimal
 - *Se expresa el número binario como suma de potencias en base 2*

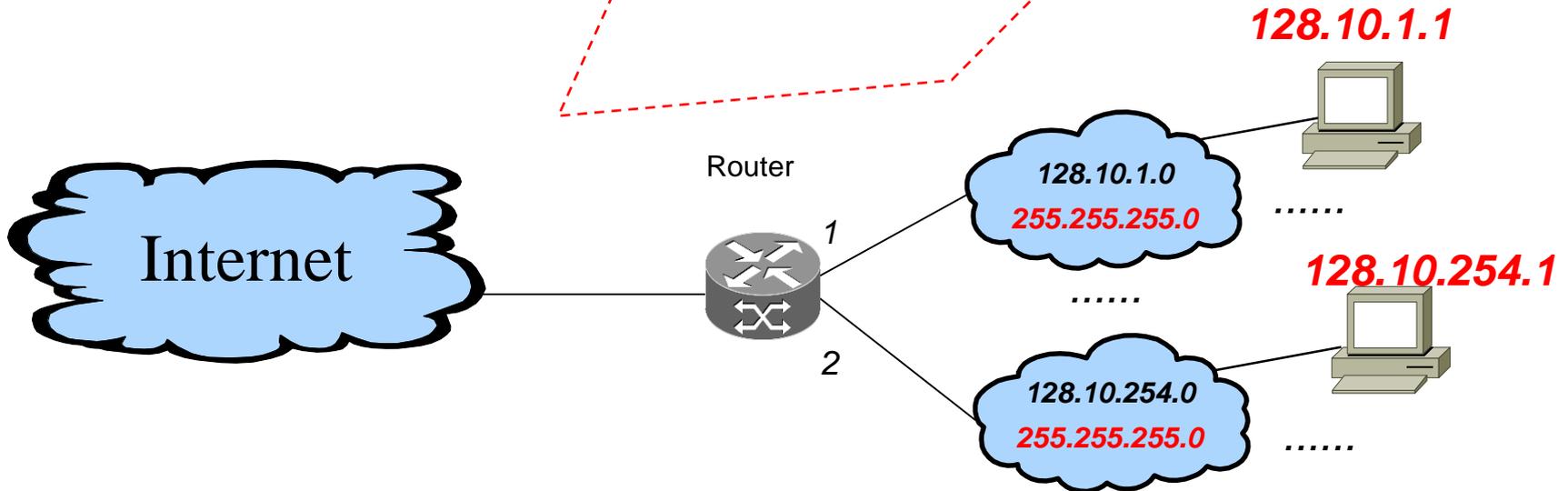
| Valor del octeto | Cálculo del octeto | Máscara binaria |
|------------------|---------------------------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0000 0000 |
| 128 | 128 (2^7) | 1000 0000 |
| 192 | 128+64 (2^7+2^6) | 1100 0000 |
| 224 | 128+64+32 ($2^7+2^6+2^5$) | 1110 0000 |
| 240 | 128+64+32+16 ($2^7+...+2^4$) | 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 |

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



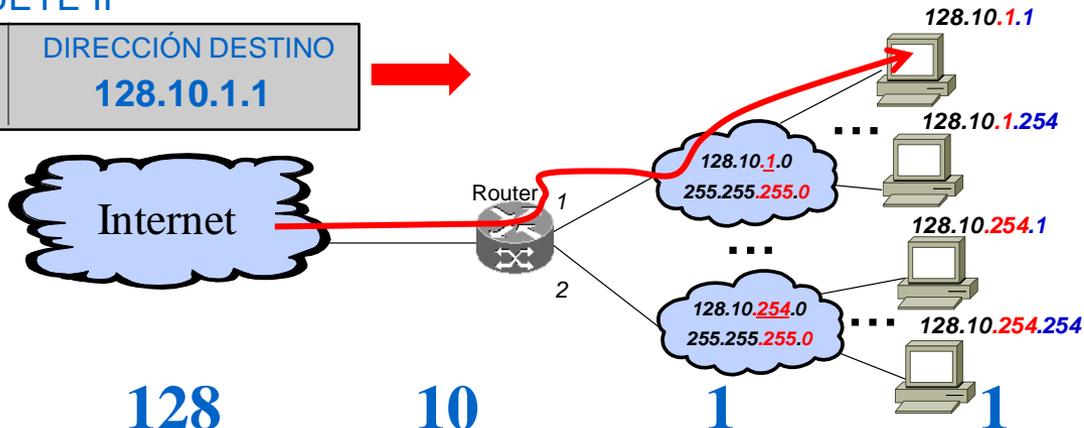
Obtención de la Máscara de Subred

- ¿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



Toda MÁSCARA DE RED (registrada en la tabla de encaminamiento) facilita las labores de encaminamiento mediante la aplicación de la operación lógica “AND” (función booleana de producto lógico) a la dirección destino y máscara correspondiente

PAQUETE IP



128
10
1
1
 10000000 00001010 00000001 00000001

MÁSCARA = 11111111 11111111 11111111 00000000 (OPERACIÓN “AND”)
 (255.255.255.0) 10000000 00001010 00000001 00000000

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

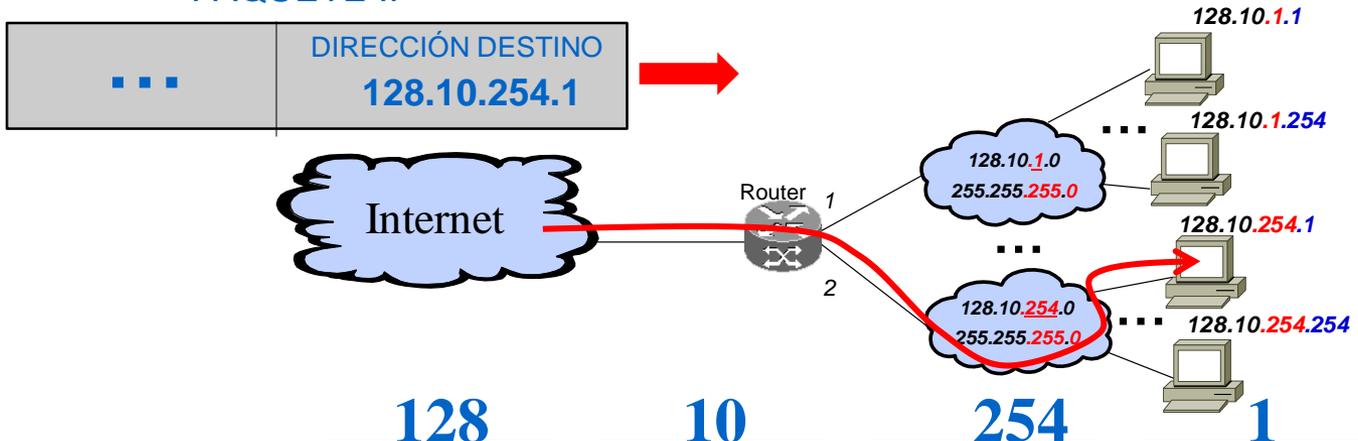
Al aplicar la operación lógica “AND”, los 1s de la máscara proporcionan los bits más significativos de la correspondiente dirección IP destino

TABLA DE ENCAMINAMIENTO DEL ROUTER

| Destino | Máscara | Gateway | Interfaz |
|--------------|---------------|---------|----------|
| 128.10.1.0 | 255.255.255.0 | Directo | 1 |
| ... | ... | ... | ... |
| 128.10.254.0 | 255.255.255.0 | Directo | 254 |

Toda MÁSCARA DE RED (registrada en la tabla de encaminamiento) facilita las labores de encaminamiento mediante la aplicación de la operación lógica "AND" (función booleana de producto lógico) a la dirección destino y máscara correspondiente

PAQUETE IP



128
10
254
1

10000000
00001010
11111110
00000001

MÁSCARA = 11111111 11111111 11111111 00000000 (OPERACIÓN "AND")
 (255.255.255.0) 10000000 00001010 11111110 00000000

128
10
254

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

Al aplicar la operación lógica "AND", los 1s de la máscara proporcionan los bits más significativos de la correspondiente dirección IP destino

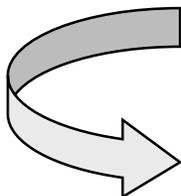


TABLA DE ENCAMINAMIENTO DEL ROUTER

| Destino | Máscara | Gateway | Interfaz |
|--------------|---------------|----------------|------------|
| 128.10.1.0 | 255.255.255.0 | Directo | 1 |
| | | | |
| 128.10.254.0 | 255.255.255.0 | Directo | 254 |



Tres Direcciones IPv4 ESPECIALES (*recordatorio*)

- 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 DE UN MISMO MENSAJE 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 (N2)

- **DIFUSIÓN DIRIGIDA (BROADCAST DIRIGIDO)**
 - En subredes
 - TRANSMISIÓN DE UN MISMO MENSAJE EN UN SOLO ENVÍO, desde una máquina origen A TODAS LAS MÁQUINAS DE TODAS LAS SUBREDES DE LA ORGANIZACIÓN
 - Todo a 1s en la PARTE DE MÁQUINA DE LA DIRECCIÓN DE SUBRED
 - ✓ 48 bits a 1s en la dirección MAC destino (N2)

Ejemplo de una DIFUSIÓN LIMITADA o BROADCAST o BROADCAST LIMITADO a una RED

CAMPO DIRECCIÓN DESTINO = 255.255.255.255

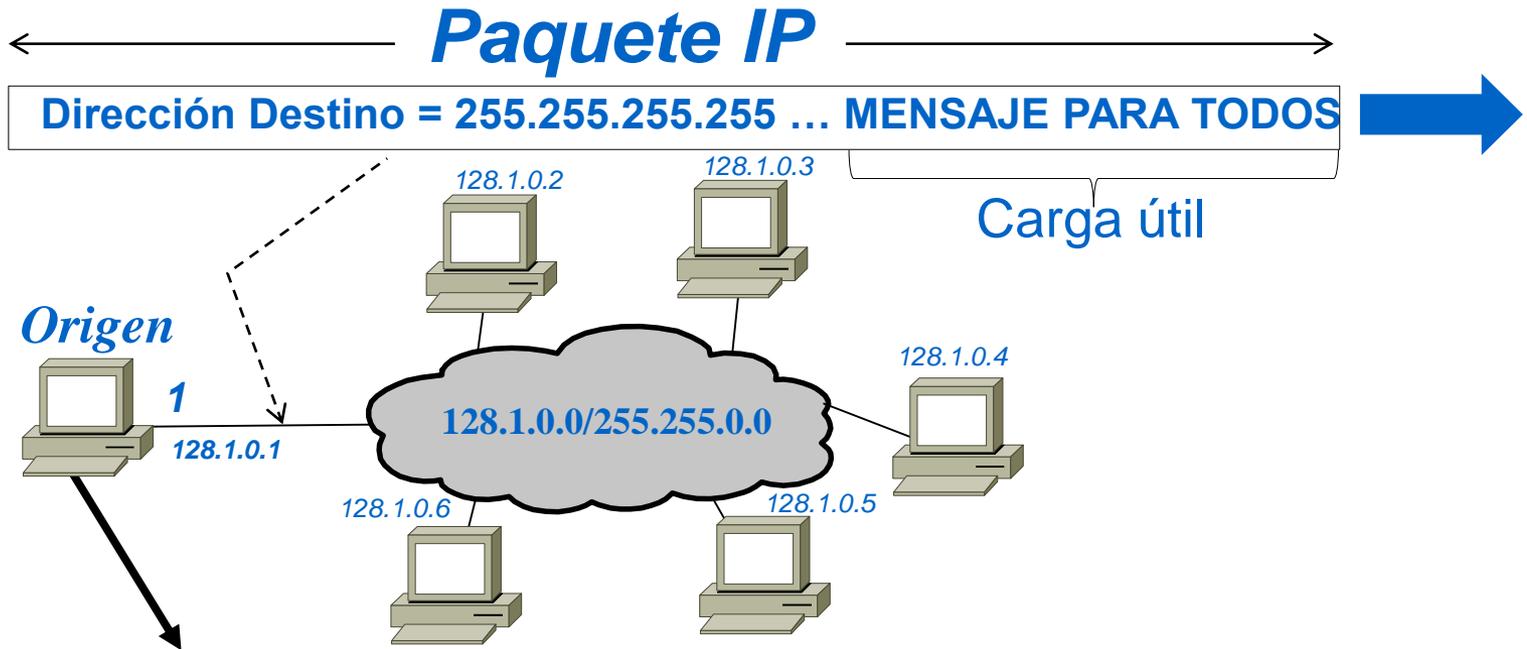


TABLA DE
ENCAMINAMIENTO

| Destino | Máscara | Gateway | Interfaz |
|-----------------|-----------------|---------------------|----------|
| 128.1.0.0 | 255.255.0.0 | Directo (128.1.0.1) | 1 |
| 255.255.255.255 | 255.255.255.255 | Directo (128.1.0.1) | 1 |

Ejemplo de una DIFUSIÓN DIRIGIDA (Broadcast Dirigido) a una SUBRED

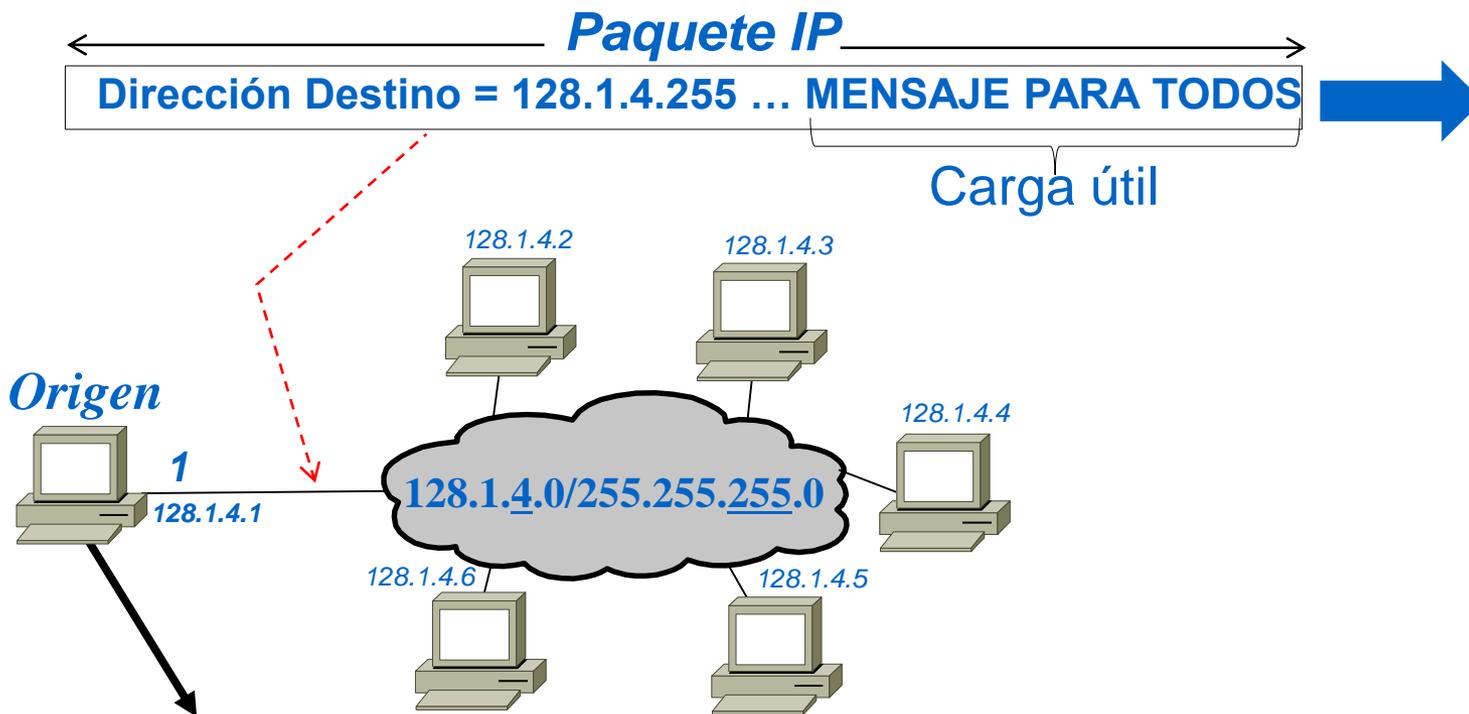


TABLA DE ENCAMINAMIENTO

| Destino | Máscara | Gateway | Interfaz |
|-------------|-----------------|---------------------|----------|
| 128.1.4.0 | 255.255.255.0 | Directo (128.1.4.1) | 1 |
| 128.1.4.255 | 255.255.255.255 | Directo (128.1.4.1) | 1 |

(128.1.4.1)

OBJETIVO DE LA DIFUSIÓN DIRIGIDA

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

NO RECOMENDABLE POR CUESTIONES DE SEGURIDAD

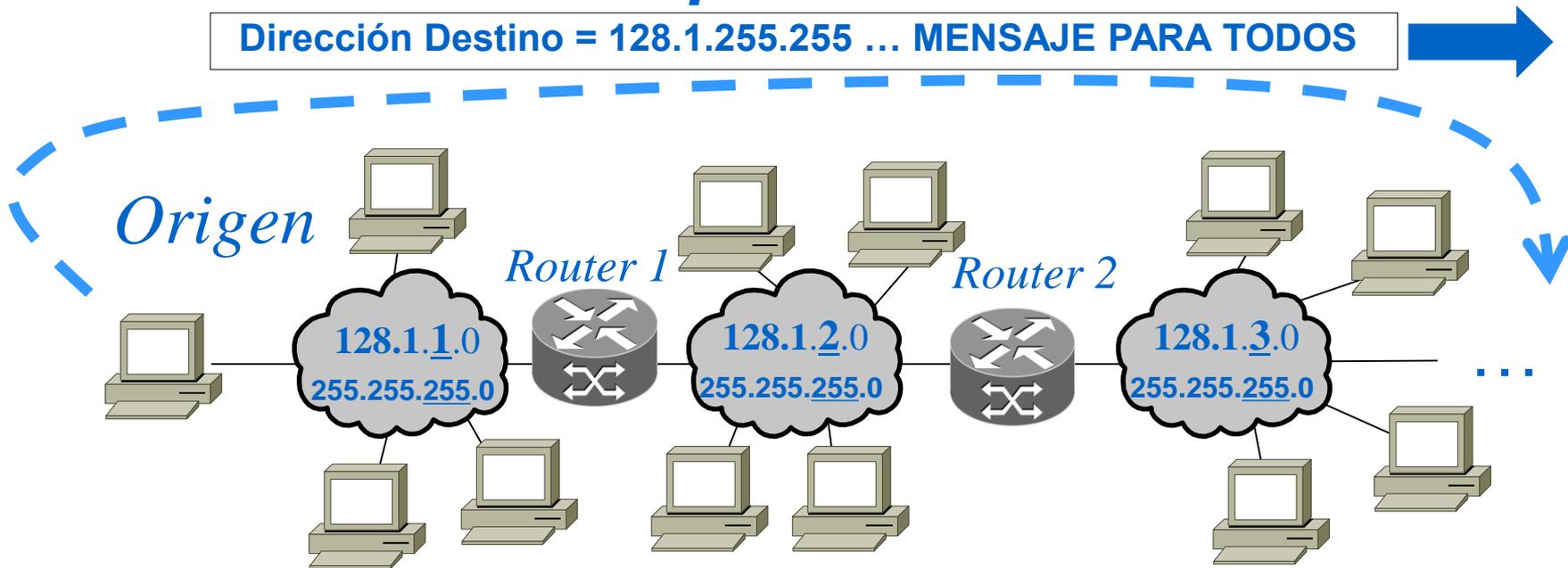
DIRECCIÓN ORIGINAL = 128.1.0.0/255.255.0.0

subredes máquinas

A partir de la dirección IP original/máscara, el administrador ha creado "n" subredes clase B en el tercer octeto

Paquete IP

Dirección Destino = 128.1.255.255 ... MENSAJE PARA TODOS



Arquitectura TCP/IP

LA DIFUSIÓN DIRIGIDA “cortada” EN LOS ROUTERS

DIFUSIÓN DIRIGIDA A TODAS LAS SUBREDES = TODO A “UNOS”
 EN LA PARTE LOCAL DE MÁQUINA DE LA SUBRED (4º BYTE)

Paquete IP

Dirección Destino = 128.1.255.255 ... MENSAJE PARA TODOS

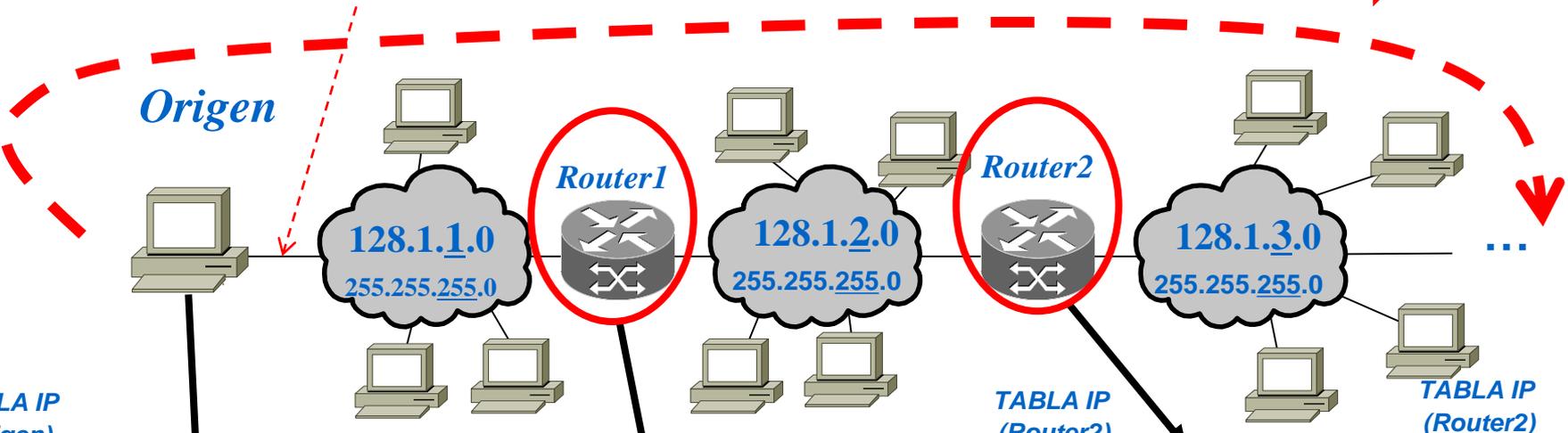


TABLA IP (Origen)

| Destino | Máscara |
|---------------|-----------------|
| 128.1.1.0 | 255.255.255.0 |
| 128.1.255.255 | 255.255.255.255 |

TABLA IP (Router2)

| Destino | Máscara |
|--------------------------|----------------------------|
| 128.1.3.0 | 255.255.255.0 |
| 128.1.255.255 | 255.255.255.255 |

TABLA IP (Router1)

| Destino | Máscara |
|--------------------------|----------------------------|
| 128.1.2.0 | 255.255.255.0 |
| 128.1.255.255 | 255.255.255.255 |

NO RECOMENDABLE POR CUESTIONES DE SEGURIDAD

Arquitectura TCP/IP

Tres Tipos de Encaminamiento

▪ DIRECTO

- ✓ Cuando la máquina destino es VECINA
- ✓ DIRECCIÓN DE RED de dicha máquina está REGISTRADA en la Tabla IP
- ✓ NO hay que pasar por un ROUTER VECINO

▪ INDIRECTO

- ✓ Cuando la máquina destino NO es VECINA
- ✓ DIRECCIÓN DE RED de dicha máquina está REGISTRADA en la Tabla IP
- ✓ Hay que pasar por un ROUTER VECINO

▪ POR OMISIÓN o By Default (0.0.0.0)

- ✓ Cuando la máquina destino NO es VECINA
- ✓ DIRECCIÓN DE RED de dicha máquina NO está REGISTRADA en la Tabla IP
- ✓ Hay que pasar por un ROUTER VECINO

Tablas de Encaminamiento o Tablas IP en los Routers por Internet

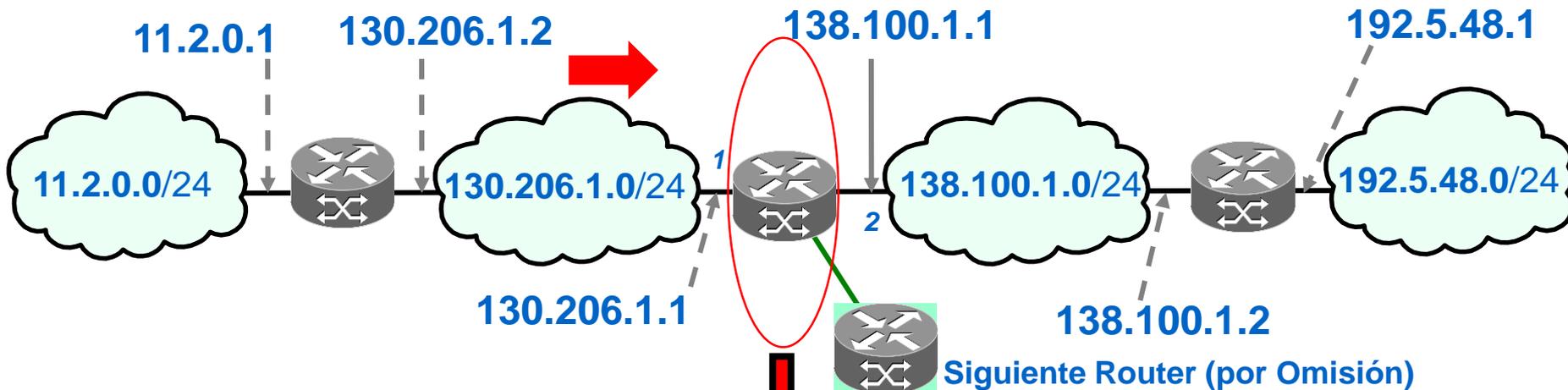
- *Todo router dispone de 2 o más direcciones IP en función del número de redes a las que esté conectado*
- *Todo router debe registrar, en su Tabla de encaminamiento, la dirección IP de su router vecino o routers vecinos*
- *Toda Tabla IP debe almacenar las direcciones IP destino de red y no las direcciones IP destino de máquina*
- *Una máquina puede saber si la máquina destinataria es VECINA, es decir, está 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*

Un Ejemplo de Tabla de Encaminamiento

ENCAMINAMIENTO DIRECTO, INDIRECTO Y POR OMISIÓN

Paquete IP

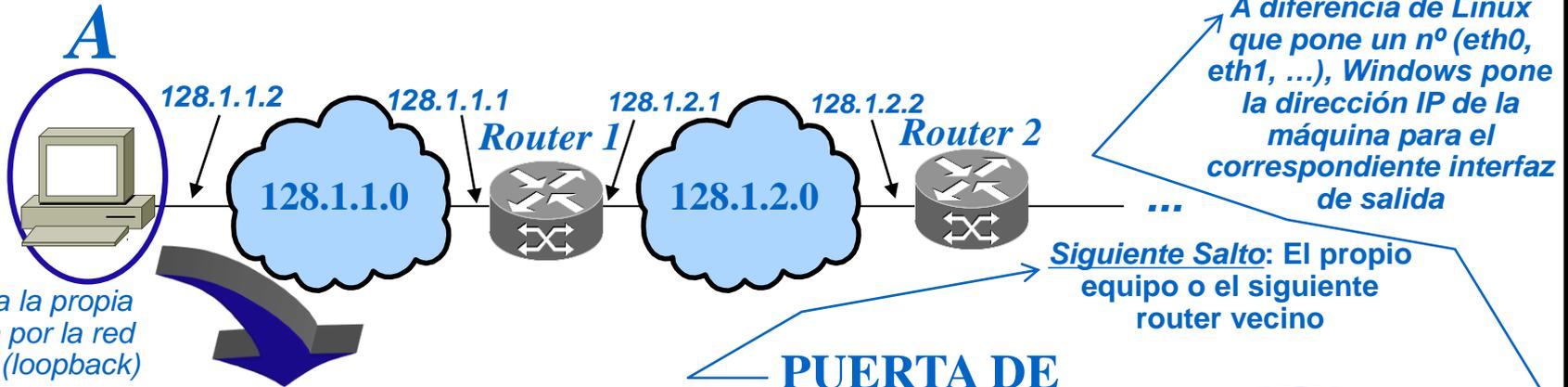
Dirección Destino = 130.206.1.25 ...



| DESTINO | MÁSCARA | GATEWAY | INTERFAZ |
|-------------|---------|---------------------------------|----------|
| 0.0.0.0 | /0 | Dirección 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 | DIRECTO (138.100.1.1) | 2 |
| 130.206.1.0 | /24 | DIRECTO (130.206.1.1) | 1 |

orden ↑

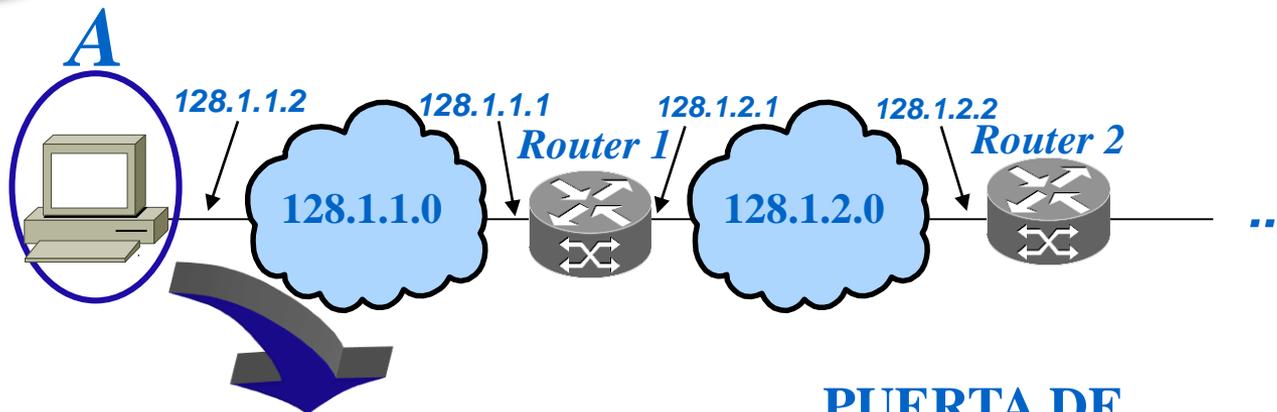
EJEMPLO DE UNA TABLA IP en Windows



| DESTINO | MÁSCARA | PUERTA DE ENLACE | INTERFAZ |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0.0.0 | 0.0.0.0 | 128.1.1.1 | 128.1.1.2 |
| → 127.0.0.0 (128.1.2.0) | 255.0.0.0 (255.255.255.0) | 127.0.0.1 (128.1.1.1) | 127.0.0.1 (128.1.1.2) |
| 128.1.1.0 | 255.255.255.0 | 128.1.1.2 | 128.1.1.2 |
| → 128.1.1.2 | 255.255.255.255 | 127.0.0.1 | 127.0.0.1 |
| 128.1.1.255 | 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 |
| 255.255.255.255 | 255.255.255.255 | 128.1.1.2 | 128.1.1.2 |

“En vínculo”, guión (“----”), “is directly connected”, “directo”, “On-link”

EJEMPLO DE UNA TABLA IP en Windows



| DESTINO | MÁSCARA | PUERTA DE ENLACE | INTERFAZ |
|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|
| 0.0.0.0 | 0.0.0.0 | 128.1.1.1 | 128.1.1.2 |
| 127.0.0.0 | 255.0.0.0 | <u>En vínculo</u> | 127.0.0.1 |
| (128.1.2.0) | (255.255.255.0) | 128.1.1.1 | (128.1.1.2) |
| 128.1.1.0 | 255.255.255.0 | <u>En vínculo</u> | 128.1.1.2 |
| 128.1.1.2 | 255.255.255.255 | <u>En vínculo</u> | 127.0.0.1 |
| 128.1.1.255 | 255.255.255.255 | <u>En vínculo</u> | 128.1.1.2 |
| 224.0.0.0 | 240.0.0.0 | <u>En vínculo</u> | 128.1.1.2 |
| 255.255.255.255 | 255.255.255.255 | <u>En vínculo</u> | 128.1.1.2 |

LOS ENCAMINAMIENTOS DIRECTOS (A TRAVÉS DEL PROPIO EQUIPO) SE AÑADEN AUTOMÁTICAMENTE A LA TABLA IP A PARTIR DE LA CONFIGURACIÓN DE SUS INTERFACES.

EJEMPLO DE UNA TABLA IP en Windows

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)

EJEMPLO DE UNA TABLA IP en Windows

```

C:\Documents and Settings\Rafa>ROUTE PRINT → Windows
=====
Lista 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          On-link              127.0.0.1      1
192.168.0.0        255.255.255.0      On-link              192.168.0.2    30
192.168.0.2        255.255.255.255    On-link              127.0.0.1      30
192.168.0.255     255.255.255.255    On-link              192.168.0.2    30
224.0.0.0          240.0.0.0          On-link              192.168.0.2    30
255.255.255.255   255.255.255.255    On-link              192.168.0.2    1
Puerta de enlace predeterminada:
=====
Rutas persistentes:
ninguno
  
```

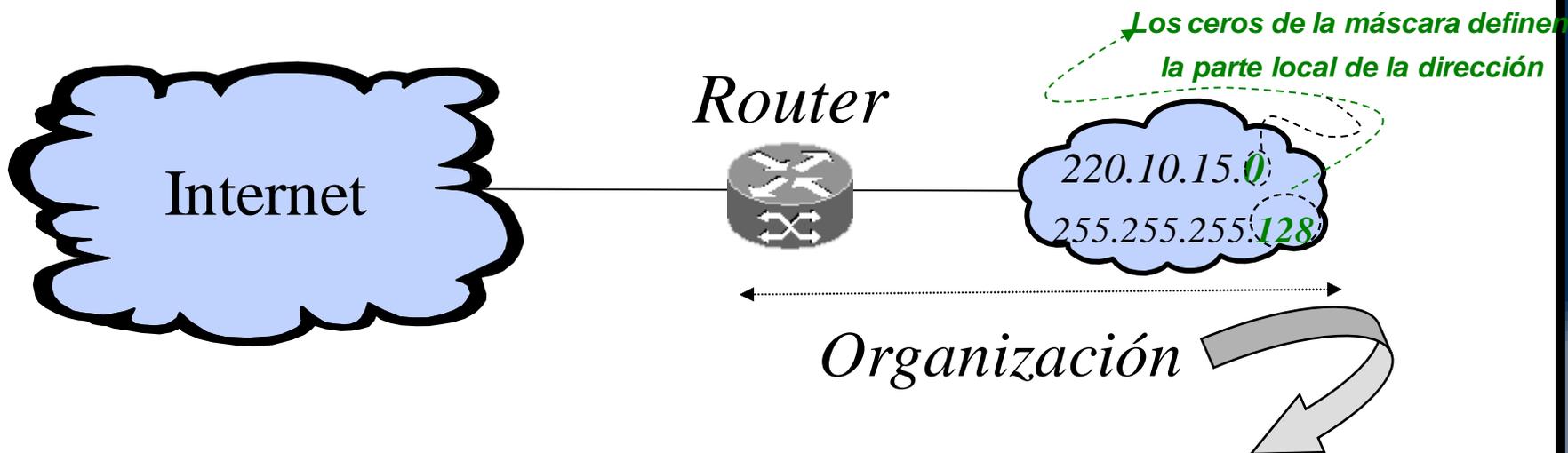
LOS ENCAMINAMIENTOS DIRECTOS (A TRAVÉS DEL PROPIO EQUIPO) SE AÑADEN AUTOMÁTICAMENTE A LA TABLA IP A PARTIR DE LA CONFIGURACIÓN DE SUS INTERFACES.

DOS CLASES DE MÁSCARAS DE SUBRED POR EL NÚMERO MÁXIMO DE MÁQUINAS ASIGNABLES A UNA SUBRED

- Máscaras de subred de LONGITUD FIJA
 - *MÁSCARAS COMUNES para todas las subredes creadas y, por tanto, asigna UN MISMO NÚMERO MÁXIMO DE MÁQUINAS a cada subred*
 - *PERMITEN CONECTAR UN MISMO NÚMERO MÁXIMO DE MÁQUINAS A TODAS LAS SUBREDES*

- Máscaras de subred de LONGITUD VARIABLE (VLSM: Variable Length Subnet Masks), RFC-1878
 - *MÁSCARAS DIFERENTES para las subredes creadas en función de un DIFERENTE NÚMERO MÁXIMO DE MÁQUINAS a cada subred*
 - *PERMITEN CONECTAR UN DIFERENTE NÚMERO MÁXIMO DE MÁQUINAS A CADA SUBRED*
 - *Objetivo: Usar el menor número de direcciones IP o minimizar el coste de asignación de direcciones IP*

EJEMPLO de CREACIÓN DE SUBREDES DE LONGITUD VARIABLE

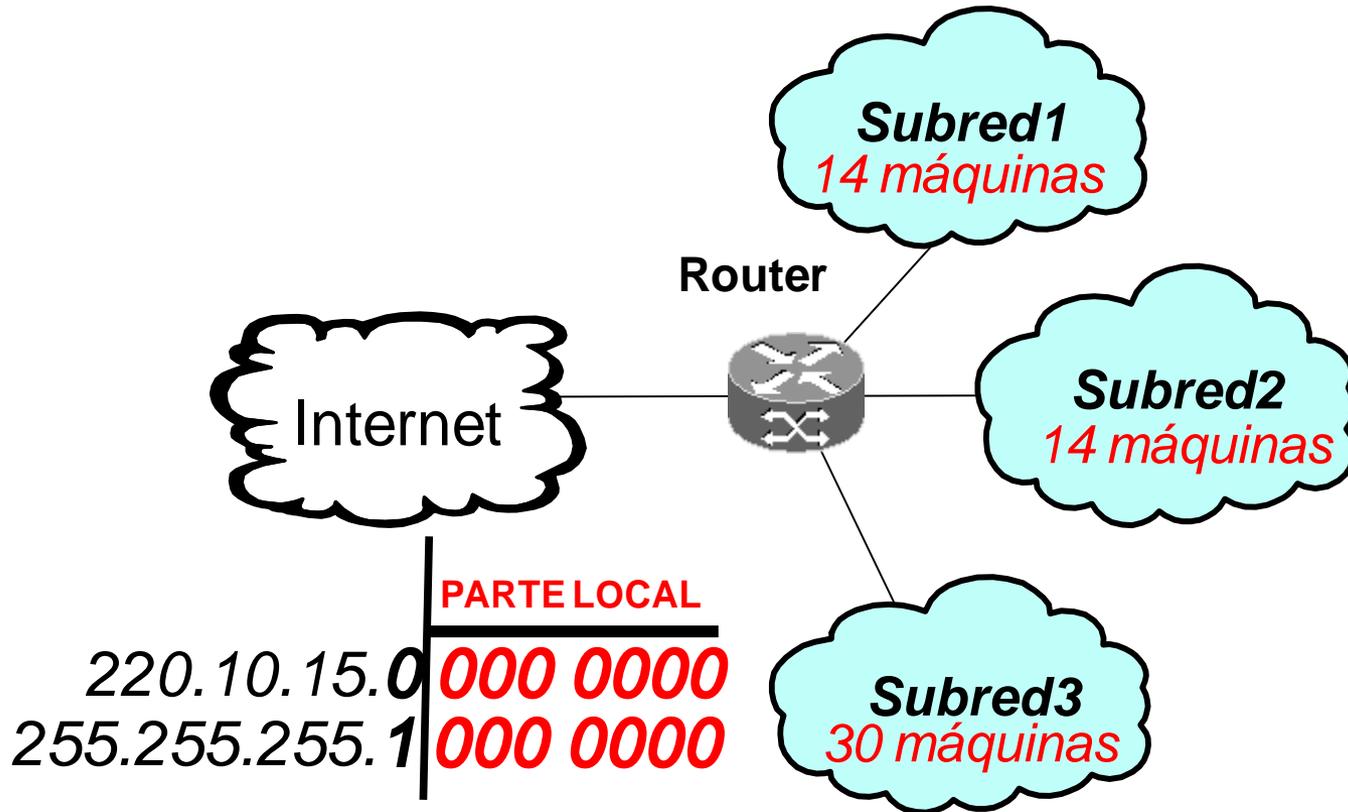


Se desea crear, a partir de la dirección y máscara oficial asignada, tres subredes con 30 máquinas en una y 14 máquinas en las dos restantes

| | PARTE LOCAL |
|---------------|-------------|
| 220.10.15.0 | 0000 0000 |
| 255.255.255.1 | 0000 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 o de mayor a menor tamaño o viceversa, en función del número máximo de máquinas que se desean conectar a dichas subredes INCLUYENDO al correspondiente ROUTER

- *Se elige el orden que provoque un menor número de desperdicio o saltos de direcciones entre subredes contiguas*

➤ POR EJEMPLO, DE MENOR A MAYOR TAMAÑO,

- 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

- 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**
- 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 ORIGINAL; como se desean conectar 15 máquinas, entonces, $2^5 - 2 > 15$**

 - Por tanto, necesitamos 5 bits (ceros) en la máscara y 5 bits en la PARTE LOCAL DE MÁQUINA de la dirección IP ORIGINAL para direccionar máquinas
 - **La máscara es /27** (32 “unos” – 5 “ceros” = /27 “unos”)
 - **Se le asocia la dirección 220.10.15.0/27 = 220.10.15.0000 0000/27**
- Se numeran las máquinas de la 1 (220.10.15.0000 0001) a la 15 (220.10.15.0000 1111) y hasta como máximo la 30 (220.10.15.0001 1110)**
- Dirección de difusión dirigida = 220.10.15.31 (220.10.15.0001 1111)**

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)
 - 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” = /27 “unos”)
 - Por tanto, necesitamos 5 bits (ceros) en la máscara y 5 bits en la PARTE LOCAL DE MÁQUINA de la nueva dirección IP para direccionar máquinas
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
 - Se le asocia la dirección $220.10.15.\underline{32}/27 = 220.10.15.001\underline{0\ 0000}/27$
8. Se numeran las máquinas de la 33 (220.10.15.0010 0001) a la 47 (220.10.15.0010 1111) y hasta como máximo la 62 (220.10.15.0011 1110)
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 n° máximo de máquinas que se desean conectar en Subred3 y que definen el n° de ceros de dicha máscara (y el n° de ceros de la PARTE LOCAL DE MÁQUINA DE LA DIR IP que se va a asociar a dicha nueva máscara)
- Si a la 3ª subred se desean conectar **31 máquinas** entonces $2^6 - 2 > 31$
 - **La máscara es /26** (32 “unos” – 6 “ceros” = /26 “unos”)
 - Por tanto, **necesitamos 6 bits (ceros) en la máscara y 6 bits en la PARTE LOCAL DE MÁQUINA** de la nueva dirección IP para direccionar máquinas
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 N° DE CEROS QUE LA NUEVA MÁSCARA CALCULADA
- Se le asocia la dirección **220.10.15.64/26** = 220.10.15.0**100 0000**/26
8. Se numeran las máquinas de la 65 (220.10.15.0**100 0001**) a la 95 (220.10.15.0**101 1111**) y hasta como máximo la 126 (220.10.15.0**111 1110**)
9. Se calcula la dirección de difusión dirigida 220.10.15.127 (220.10.15.0**111 1111**)

Ámbito de Aplicación de las Direcciones IPv4

■ PÚBLICO

■ Direcciones IP Públicas u oficiales

➤ Individuales

➤ Coste

■ PRIVADO

■ Direcciones IP Privadas

➤ Compartidas

➤ Gratis

NAT o NAPT (NETWORK ADDRESS PORT TRANSLATION)

■ NAT (o NAPT)

- Software que se ejecuta en el nivel de red del router de E/S de una organización (*o en un router de FIBRA ÓPTICA/ADSL en el domicilio de un usuario*) para efectuar dos traducciones:
 - 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**
- **Mantiene una TABLA DE TRADUCCIÓN con las asociaciones de direcciones públicas y privadas y números de puerto públicos y privados**
 - *Datagramas IP de salida: Traducción de las direcciones IP de origen privadas en direcciones IP de origen públicas y los números de puerto privados en números de puerto público*
 - *Datagramas IP de entrada: Traducción de las direcciones IP de destino públicas en direcciones IP de destino privadas y los números de puerto públicos en números de puerto privados*

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

DINÁMICA DE TRADUCCIÓN

Asociar automáticamente:

*dir. IP privada/nº puerto privado--
--dir. IP pública/primer nº puerto libre*

Números de puerto del 1 al 65.525

Con un dirección pública se pueden representar hasta 65.535

Servidor

Web



130.10.5.4

Servidor

FTP



210.1.2.3

puerto origen puerto destino

| | | | | |
|------------|-----------|------|----|-----|
| 160.50.2.1 | 210.1.2.3 | 6002 | 21 | ... |
|------------|-----------|------|----|-----|

2

puerto destino puerto origen destino origen Datagrama de entrada

| | | | | |
|-----|------|----|------------|-----------|
| ... | 6002 | 21 | 160.50.2.1 | 210.1.2.3 |
|-----|------|----|------------|-----------|

3

TABLA DE TRADUCCIÓN NAT

| DIRECCIONES PÚBLICAS Y PUERTOS DE LA ORGANIZACIÓN | DIRECCIONES PRIVADAS Y PUERTOS DE LA ORGANIZACIÓN |
|---|---|
| 160.50.2.1:6001 | 10.0.0.1:2001 |
| 160.50.2.1:6002 | 10.0.0.2:1055 |

TRADUCCIÓN

DINÁMICA y TEMPORAL

PROCESOS CLIENTES INTERNOS

TRADUCCIÓN AUTOMÁTICA de direcciones y números de puerto y reutilización de números de puerto públicos para clientes internos cuando éstos dejan de utilizarse

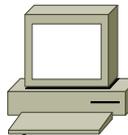
Router NAT



Red privada

10.0.0.0

10.0.0.1 Cliente Web



Cliente

FTP



10.0.0.2

CABECERA IP

origen destino

| | | | | |
|----------|-----------|------|----|-----|
| 10.0.0.2 | 210.1.2.3 | 1055 | 21 | ... |
|----------|-----------|------|----|-----|

1

puerto destino puerto origen destino origen

| | | | | |
|-----|------|----|----------|-----------|
| ... | 1055 | 21 | 10.0.0.2 | 210.1.2.3 |
|-----|------|----|----------|-----------|

4

Arquitectura TCP/IP

DINÁMICA DE TRADUCCIÓN

Asociar manualmente:

dir. IP privada/nº puerto servidor--

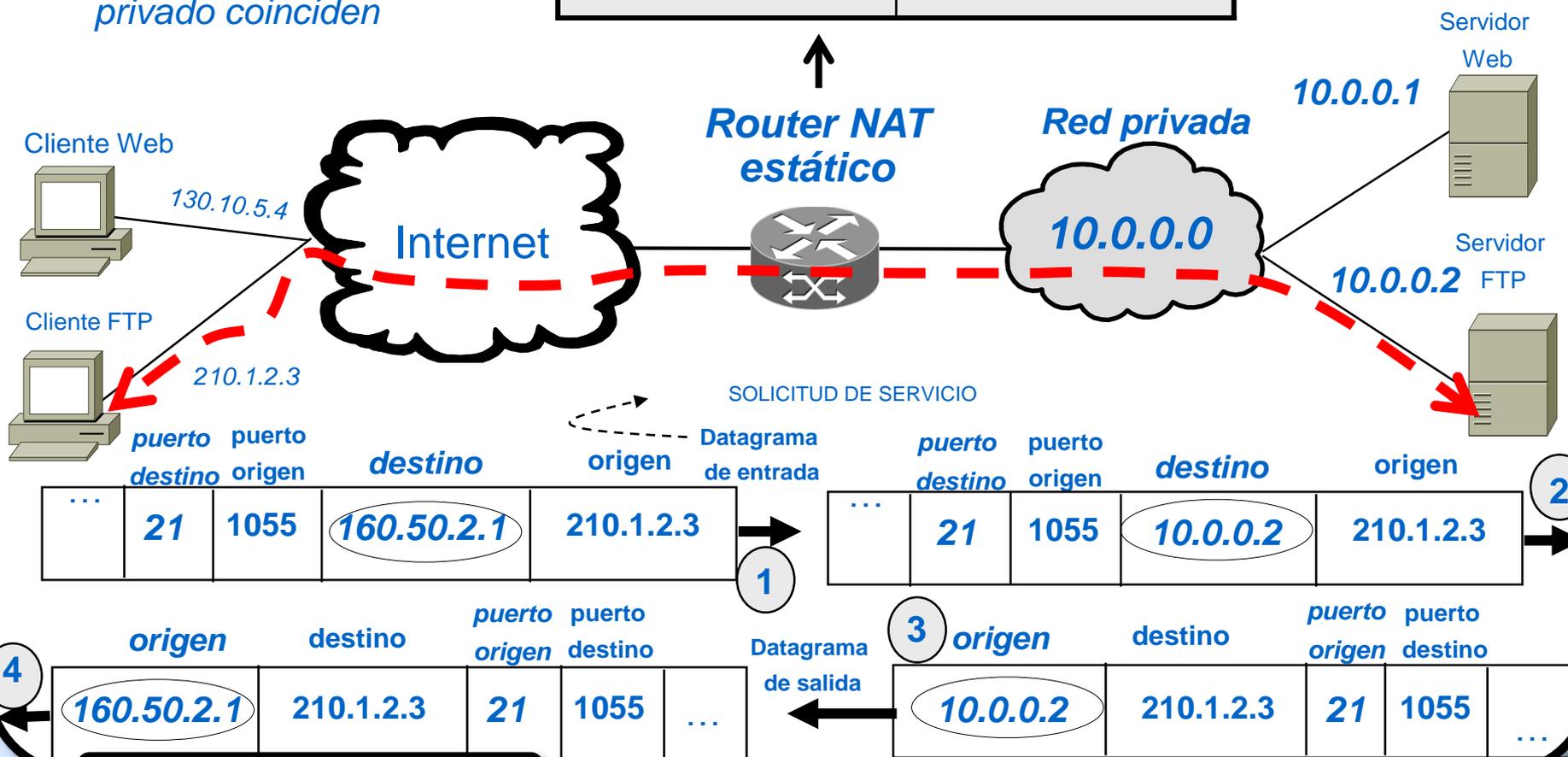
--dir. IP pública/nº puerto servidor

Generalmente, el nº de puerto público y privado coinciden

| TABLA DE TRADUCCIÓN NAT | |
|---|---|
| DIRECCIONES PÚBLICAS Y PUERTOS DE LA ORGANIZACIÓN | DIRECCIONES PRIVADAS Y PUERTOS DE LA ORGANIZACIÓN |
| 160.50.2.1:80 | 10.0.0.1:80 |
| 160.50.2.1:21 | 10.0.0.2:21 |

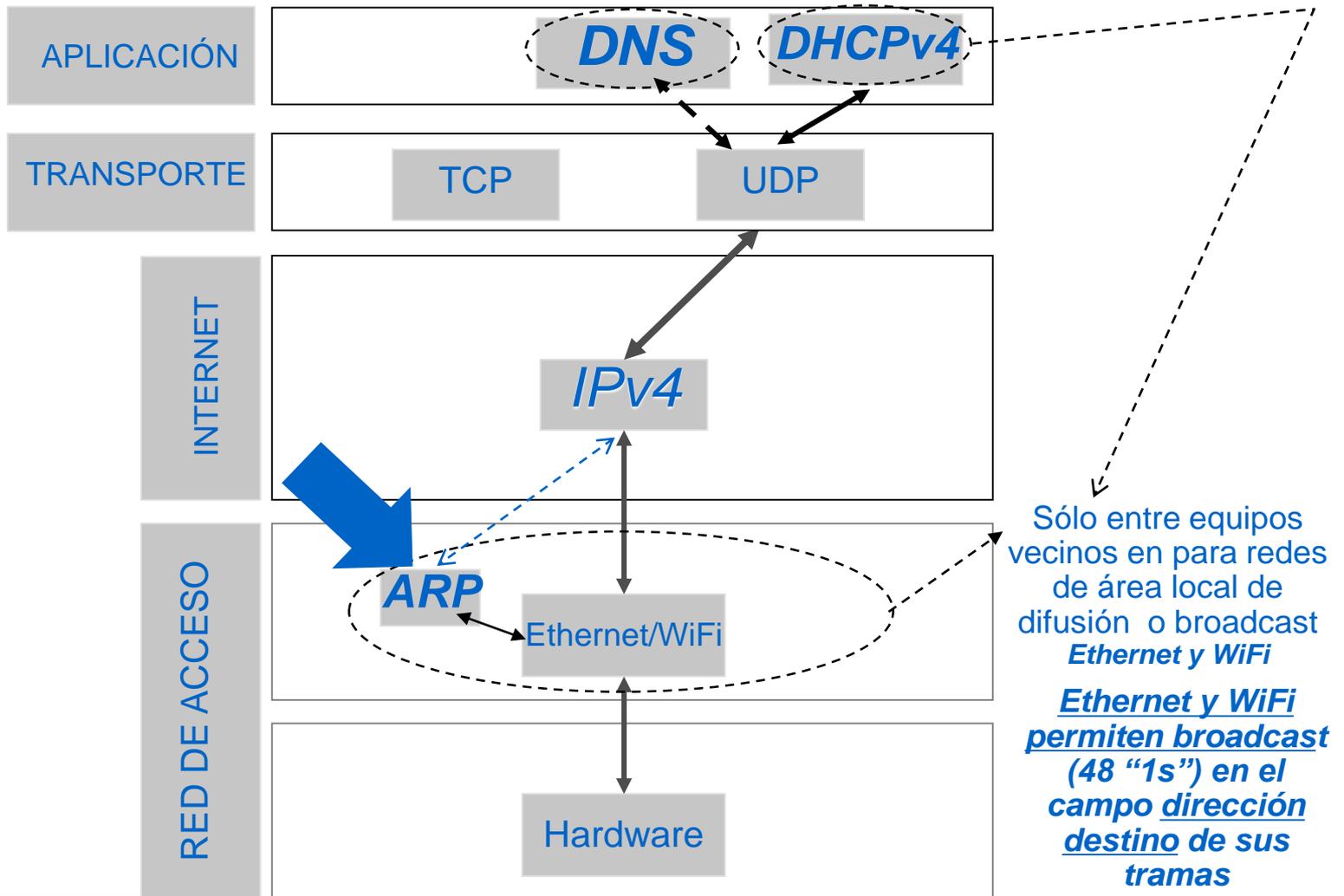
TRADUCCIÓN ESTÁTICA y PERMANENTE

PROCESOS SERVIDORES INTERNOS OFRECIDOS AL EXTERIOR



Arquitectura TCP/IP

Protocolos y Niveles TCP/IP Relacionados con el Direccionamiento IP



PROTOCOLO DE RESOLUCIÓN DE DIRECCIONES ARP (**A**ddress **R**esolution **P**rotocol) RFC-826, STD 0037

- Permite obtener automáticamente la dirección del nivel de enlace o dirección MAC (Control de Acceso al Medio) Ethernet/WiFi asociada a la dirección IP de una MÁQUINA VECINA en una RAL de difusión o broadcast (Ethernet o WiFi)
 - ✓ ARP sólo funciona ENTRE MÁQUINAS VECINAS conectadas al mismo DOMINIO DE BROADCAST (Red o Subred)
 - ✓ Gestiona una **Tabla de Asignaciones** o **Caché ARP** con las asociaciones **Dir IPv4 vecino1 -- MAC vecino1**, aprendidas a través del protocolo ARP, de aquellos vecinos con los cuales haya hecho una comunicación previa mientras la máquina estaba encendida
 - *Dir IPv4 vecino1 --- MAC vecino1*
 - *Dir IPv4 vecino2--- MAC vecino2*
 - *Dir IPv4 vecino3 --- MAC vecino3*
 - *Dir IPv4 vecino 4 --- MAC vecino4*
 - ...
 - *arp -a: Muestra la Tabla ARP actual del equipo*
 - ✓ Cuando la máquina se apaga se pierde toda la información
 - De esta forma, ARP evita que el administrador de la máquina tenga que gestionar las altas o bajas puntuales de máquinas vecinas
 - *arp -s: El usuario añade una entrada permanente en la Tabla ARP*

Ejemplo de Funcionamiento ARP

220.10.15.2
A1:B1:B1:D1:11:11



eth0

| Dir. IP Destino | Máscara | Ruta | Interfaz |
|-----------------|---------|-------------|----------|
| 220.10.15.0 | /24 | 220.10.15.2 | eth0 |
| 0.0.0.0 | /0 | 220.10.15.1 | eth0 |

220.10.15.1
A2:B3:B4:D1:12:13



Router

TABLA ARP

3

| DIR IP | MAC |
|--------|-----|
| | |



220.10.15.3



220.10.15.4



220.10.15.5

← Cabecera IP →

1

| | | |
|-----|-----------------------|-------------------------|
| ... | Origen 220.10.15.2 | Destino 110.11.12.13 |
|-----|-----------------------|-------------------------|



Ejemplo de Funcionamiento ARP

220.10.15.2
A1:B1:B1:D1:11:11



¡Hola vecinos! Estoy buscando la dirección MAC de un vecino con dirección IP: 220.10.15.1

Solicitud ARP

1. SOLICITUD ARP

220.10.15.1
A2:B3:B4:D1:12:13



Router

BROADCAST SÓLO EN EL NIVEL DE ENLACE

TABLA ARP

| DIR IP | MAC |
|--------|-----|
| | |



220.10.15.2
A1:B1:B1:D1:11:11



Yo soy el vecino que estás buscando y mi dirección MAC es: A2:B3:B4:D1:12:13

2. RESPUESTA ARP
PUNTO A PUNTO

RESPUESTA ARP

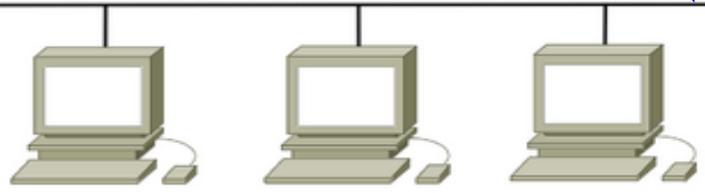
220.10.15.1
A2:B3:B4:D1:12:13



Router

TABLA ARP

| DIR IP | MAC |
|-------------------------|-------------------|
| 220.10.15.1 (Router) | A2:B3:B4:D1:12:13 |



Ejemplo de Funcionamiento ARP

220.10.15.2
A1:B1:B1:D1:11:11



¡Hola vecinos! Estoy buscando la dirección MAC de un vecino con dirección IP: 220.10.15.7

Solicitud ARP

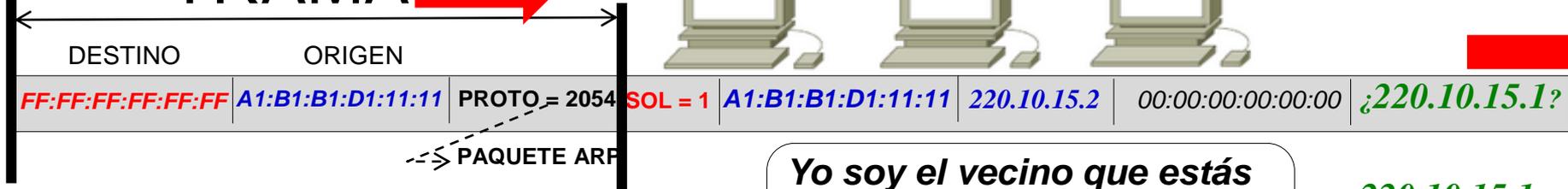
1. SOLICITUD ARP

220.10.15.1
A2:B3:B4:D1:12:13



Router

TRAMA



220.10.15.2
A1:B1:B1:D1:11:11



Yo soy el vecino que estás buscando y mi dirección MAC es: A2:B3:B4:D1:12:13

2. RESPUESTA ARP

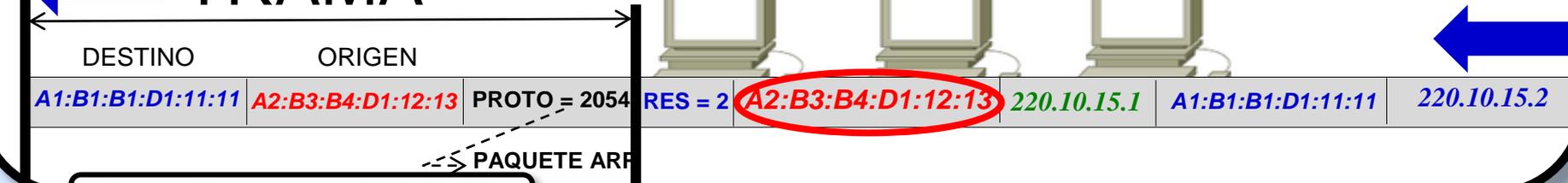
RESPUESTA ARP

220.10.15.1
A2:B3:B4:D1:12:13



Router

TRAMA



Arquitectura TCP/IP

Ejemplo de Funcionamiento ARP

220.10.15.2
A1:B1:B1:D1:11:11



eth0

| Dir. IP Destino | Máscara | Ruta | Interfaz |
|-----------------|---------|-------------|----------|
| 220.10.15.0 | /24 | 220.10.15.2 | eth0 |
| 0.0.0.0 | /0 | 220.10.15.1 | eth0 |

220.10.15.1
A2:B3:B4:D1:12:13



Router

TABLA ARP

6

| DIR IP | MAC |
|-------------------------|-------------------|
| 220.10.15.1 (Router) | A2:B3:B4:D1:12:13 |



← Cabecera IP →

7

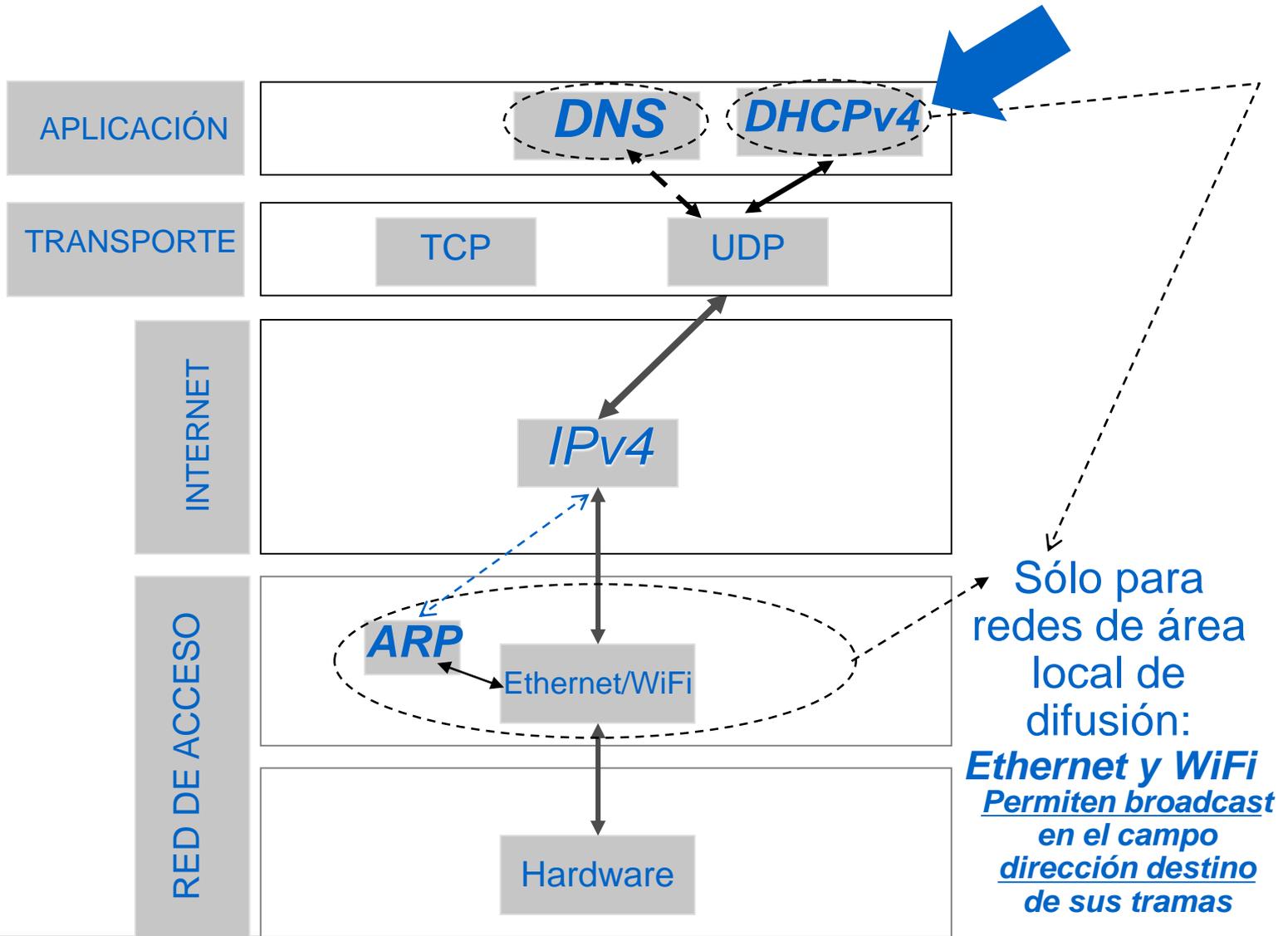
| | | |
|-----|-----------------------|-------------------------|
| ... | Origen 220.10.15.2 | Destino 110.11.12.13 |
|-----|-----------------------|-------------------------|

+ A2:B3:B4:D1:12:13

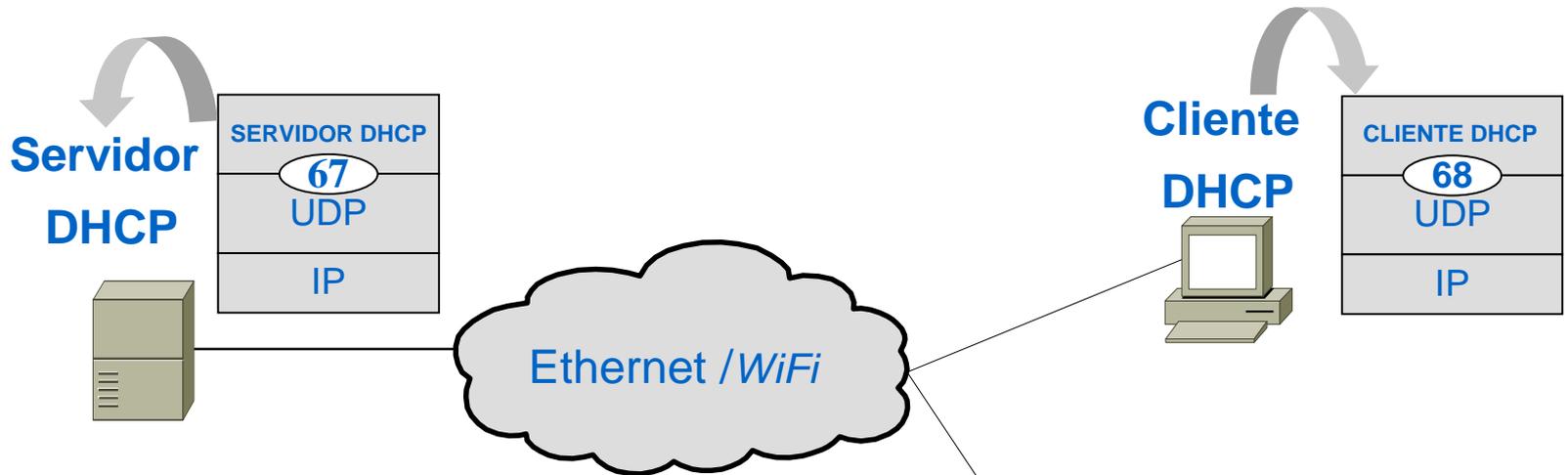
Llamada a la entidad Ethernet eth0



Protocolos y Niveles TCP/IP Relacionados con el Direcccionamiento IP



Escenario Habitual del Protocolo DHCP Configuración Dinámica TCP/IP RFC-2131



Protocolo de CONFIGURACIÓN DINÁMICA TCP/IP

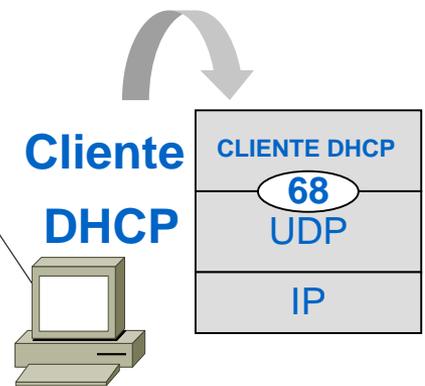
Asignación dinámica

de direcciones IP temporales

(en función de las direcciones IP libres)

a las direcciones MAC VECINAS solicitantes

*junto con la dirección IP de la red, dirección IP del siguiente router,
máscaras asociadas, direcciones IP de los servidores DNS, etc.*



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

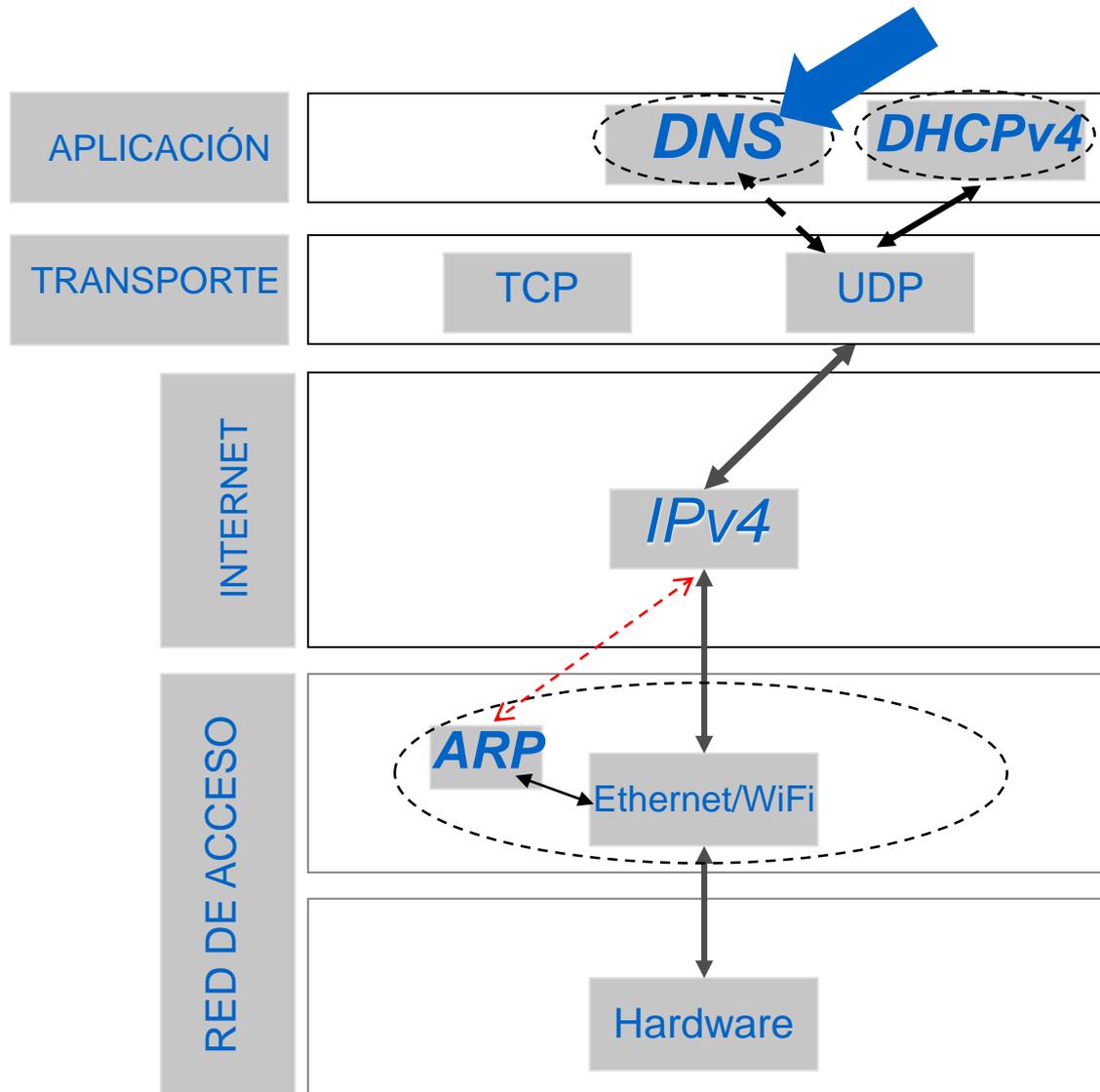
GENERADO POR EL SERVIDOR DHCP

| 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

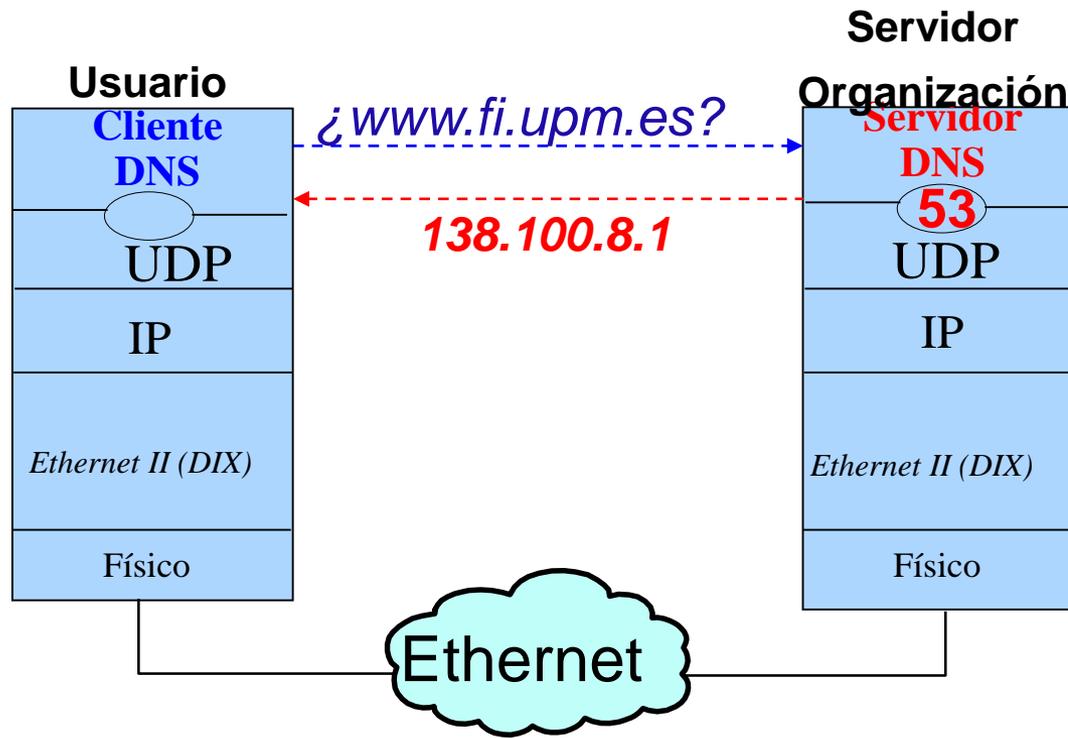
Protocolos y Niveles TCP/IP Relacionados con el Direcccionamiento IP



El Protocolo DNS (DOMAIN NAME SYSTEM)

RFC-1034 y RFC-1035

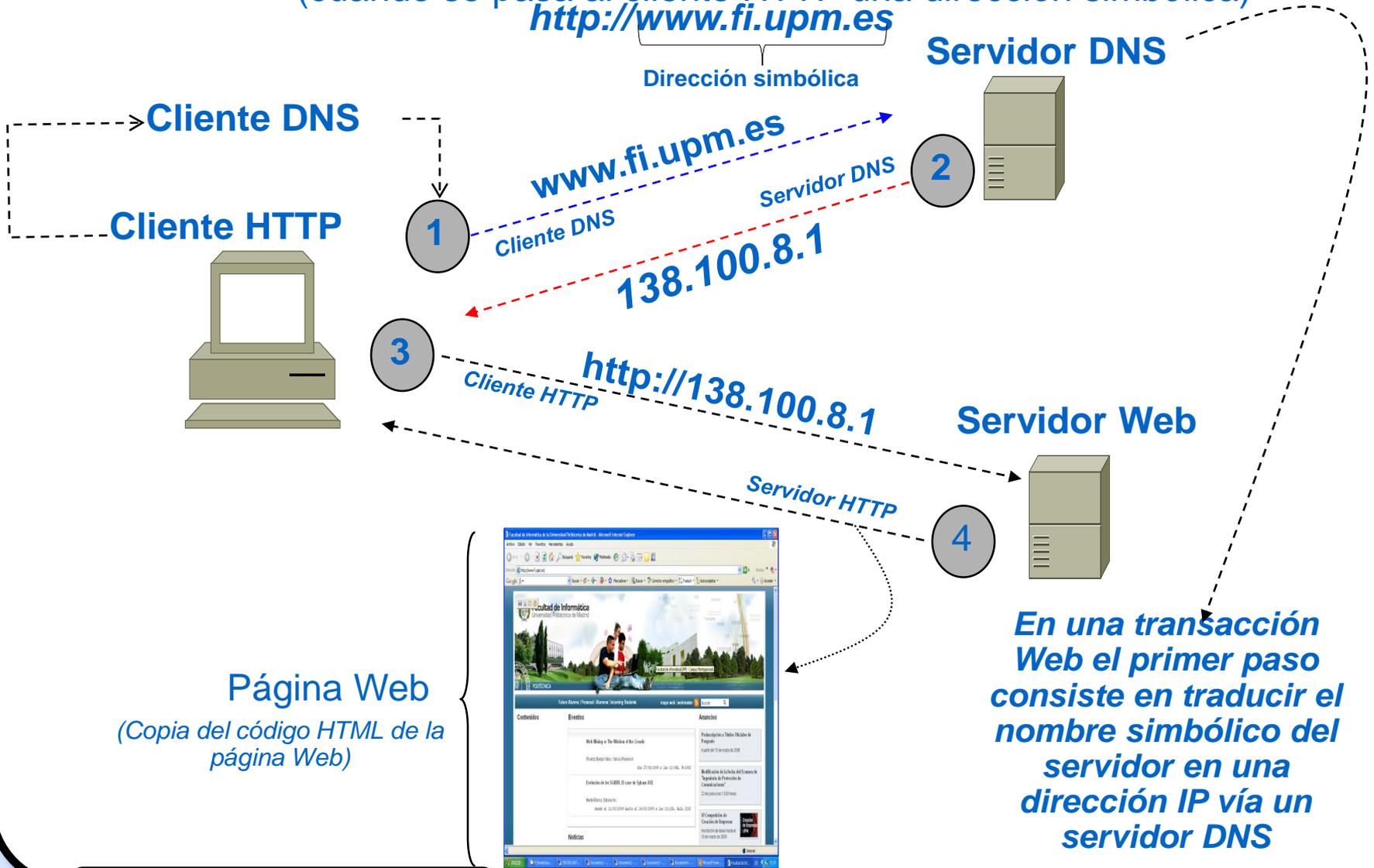
- Aparte de su dirección IP (dirección numérica), una máquina puede disponer también de una dirección simbólica
- Un **dirección simbólica** se representa mediante una estructura jerárquica de dominios o nombres simbólicos desde el dominio más particular al dominio más general
 - máquina.dominio(n).dominio(n-1)...dominio(1).dominio



Un Ejemplo de Resultado Final previa Consulta al Sistema DNS

(cuando se pasa al cliente HTTP una dirección simbólica)

http://www.fi.upm.es



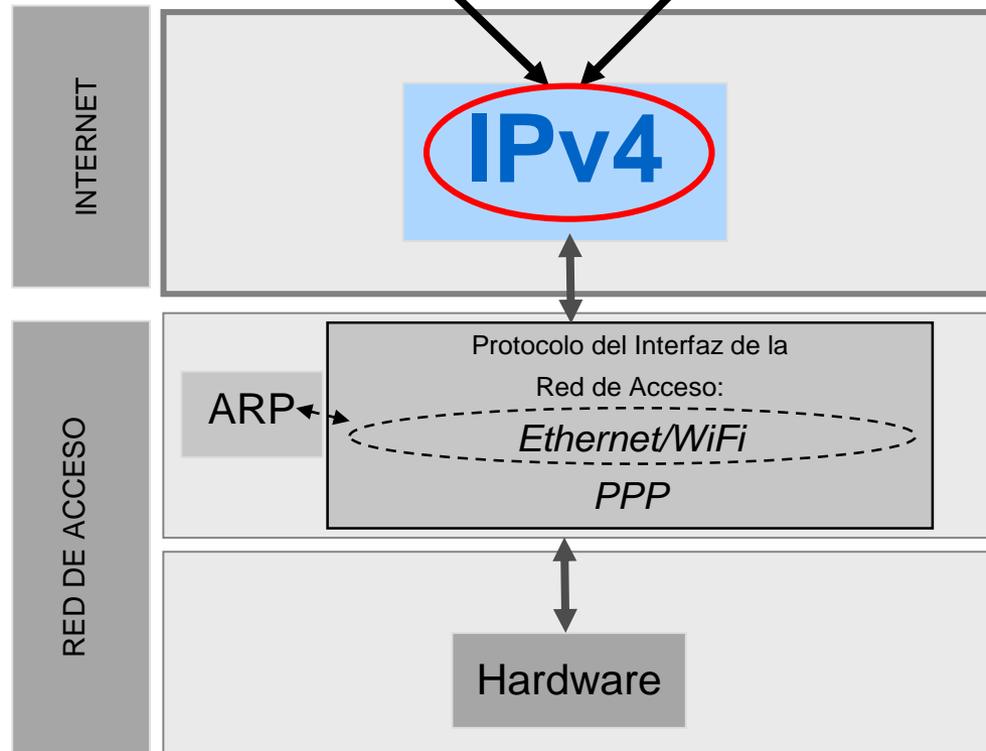
Nivel Internet o de RED

PROTOCOLO IPv4

RFC-791, STD-0005

TCP

UDP



Todos los mensajes de todos los protocolos del nivel de aplicación se encapsulan siempre en paquetes IP para su encaminamiento por Internet

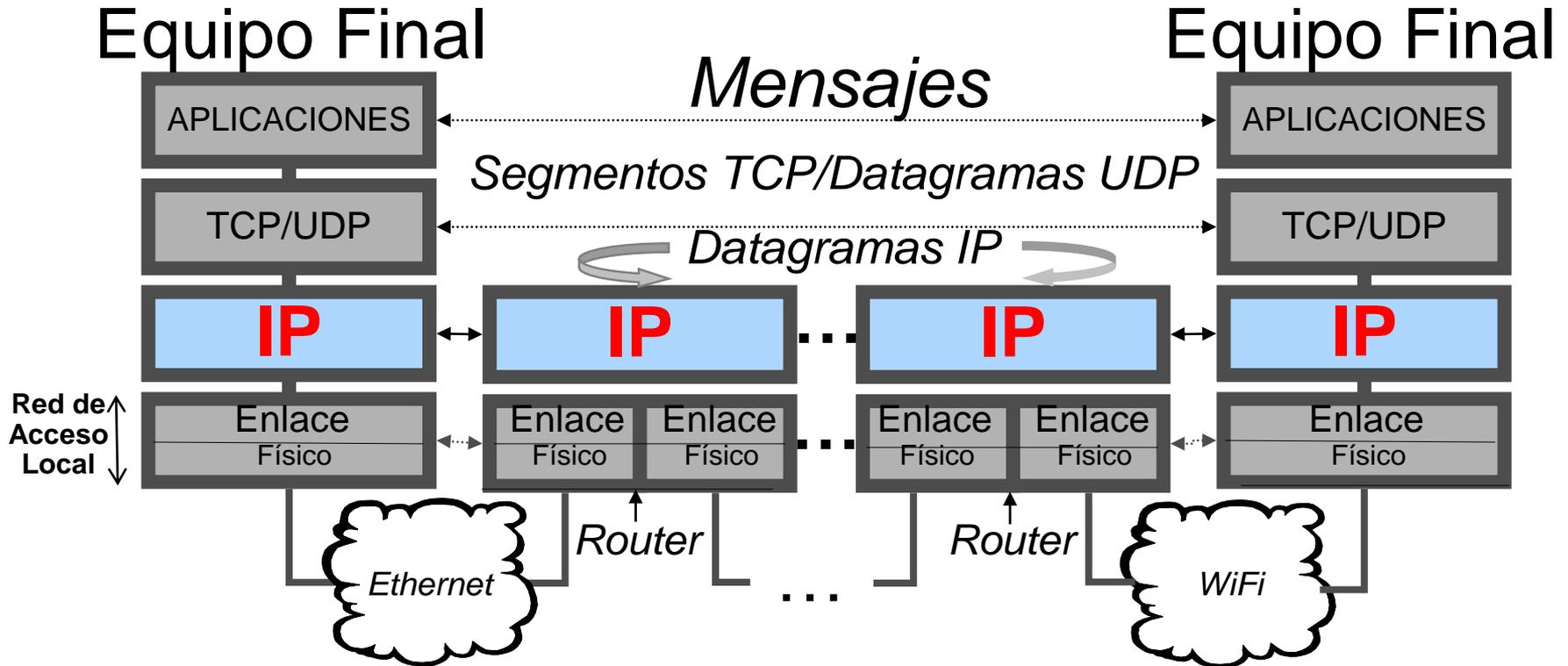
PROTOCOLO IPv4

Encaminamiento RÁPIDO (NO Fiable) entre Equipos Vecinos

Sin Control de Errores Ni Control de Flujo

“Mejor y más Rápida Entrega Posible”

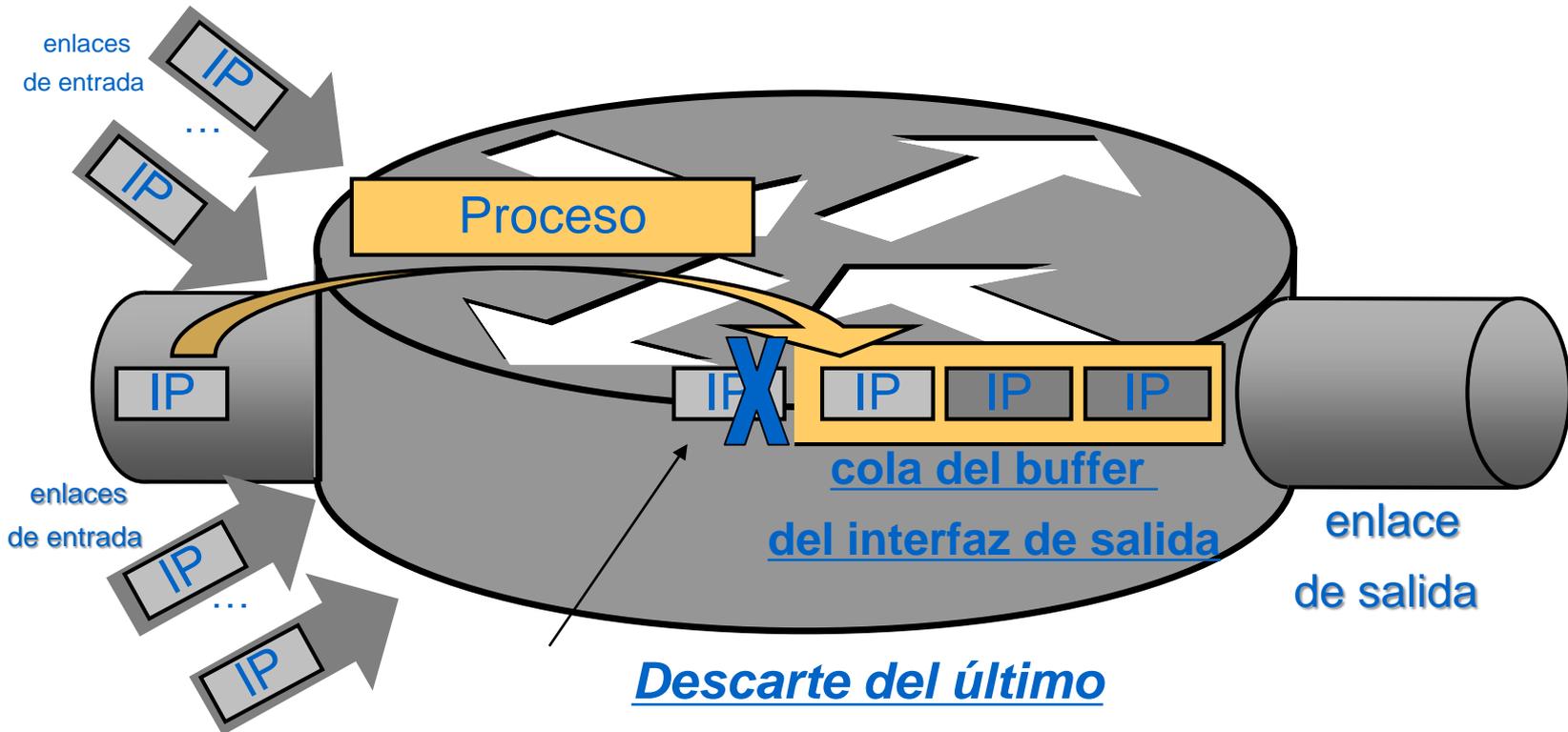
“Hago lo que Puedo” (“Best Effort”)



Congestión en los Routers de Núcleo en Internet

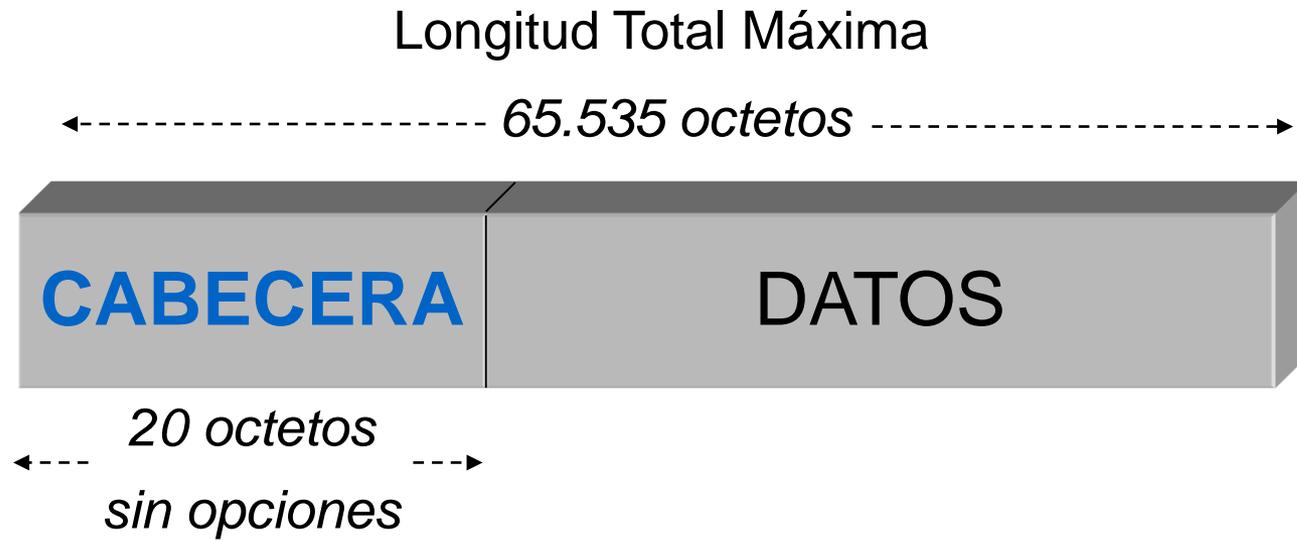
Las pérdidas de paquetes IP se suelen ocasionar en los Routers

Se descartan o se pierden 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



PROTOCOLO IPv4

Formato del Datagrama o Paquete IP



DATAGRAMA IPv4

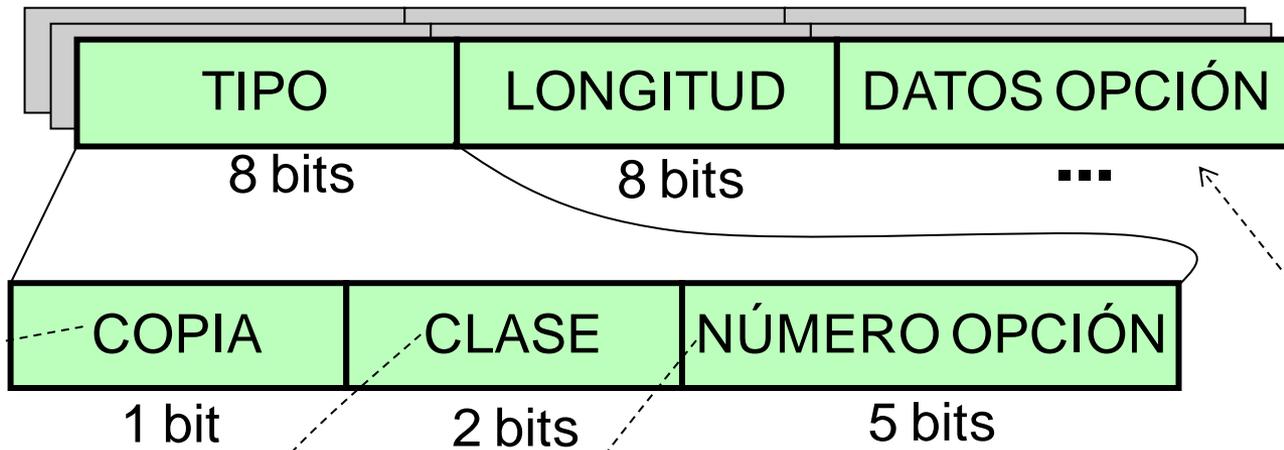


DATAGRAMA IPv4

Opciones de Servicios Adicionales

Campo de Información de Control de Longitud Variable

Formato **TLV**: **T**ipo-**L**ongitud-**V**alor (o Datos)



Copia = 1:

Campo de Opción se debe copiar **en todos** los fragmentos

Copia = 0:

Campo de Opción se debe copiar sólo **en el primer fragmento**

(0 = Control)

• **SEGURIDAD:** Nivel de confidencialidad

• **TOP SECRET:** 11010111 10001000

• **CONFIDENTIAL:** 1111000 1001101101

• **ENCAMINAMIENTO DESDE ORIGEN:** **Estricto y no estricto**

• **REGISTRO DE RUTA:** Identificación IP de cada router

• **SELLO DE TIEMPO:** Identificación IP de un router y del momento en que dicho router procesa el datagrama

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*
 - *Se calcula y actualiza la suma de comprobación*
 - *Si el resultado es cero, se elimina el paquete*

Fragmentación IPv4

- Actualmente, SÓLO SE FRAGMENTA EN EL EQUIPO ORIGEN por exceder la MTU, o por una mala configuración local del MSS (que obliga a la entidad IP en el otro extremo a fragmentar ya que la longitud de cada paquete IP será superior a la MTU de salida), o por un mal diseño en la longitud de los mensajes sobre UDP
 - *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 que los routers fragmenten si el paquete IP es superior a la MTU de salida; la MTU mínima por Internet es, por omisión, 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
- Cuando llega un primer fragmento al destino, la entidad IP destinataria arranca un TEMPORIZADOR DE REENSAMBLADO
 - Si “timeout” antes de que lleguen todos los fragmentos, se elimina el resto del paquete

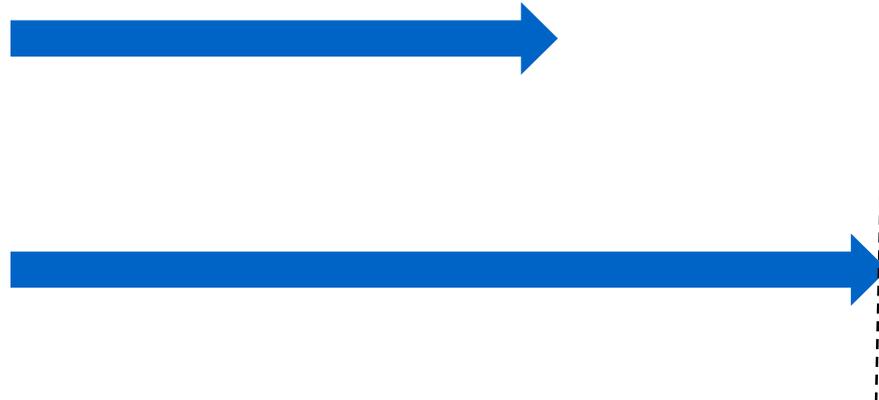
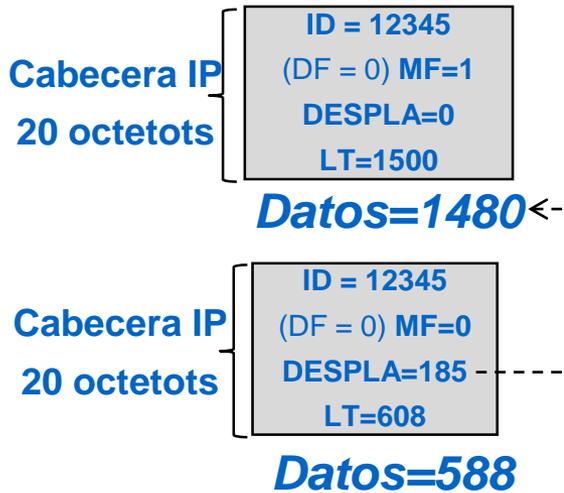
Un Ejemplo de Fragmentación IPv4

Fragmentación SÓLO en Origen

(configuración incorrecta del MSS en "B")



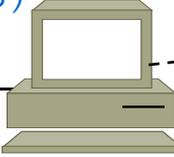
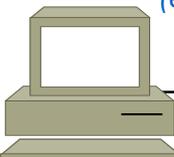
IP trocea 2.068 octetos teniendo en cuenta que
 tiene que añadir 20 octetos a cada trozo sin
 superar la MTU = 1500 octetos



Un Ejemplo de Fragmentación IPv4

A MSS = 4.096 octetos
(exigido por el otro extremo)

B
(configuración incorrecta del MSS en "B")

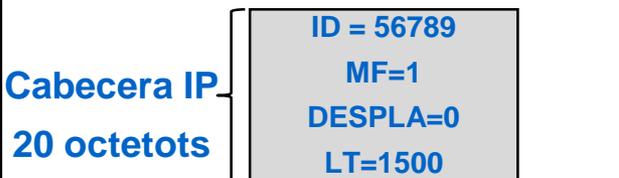


Segmento TCP = 20 + 4.096 octetos

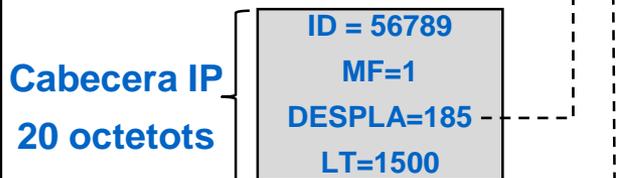
Reensamblaje

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

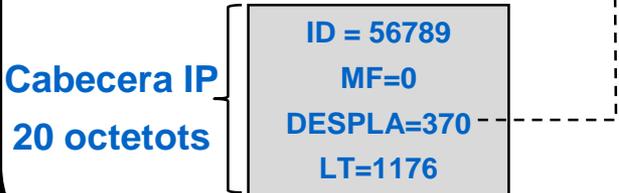
SIEMPRE en destino
TEMPORIZADOR DE REENSAMBLADO



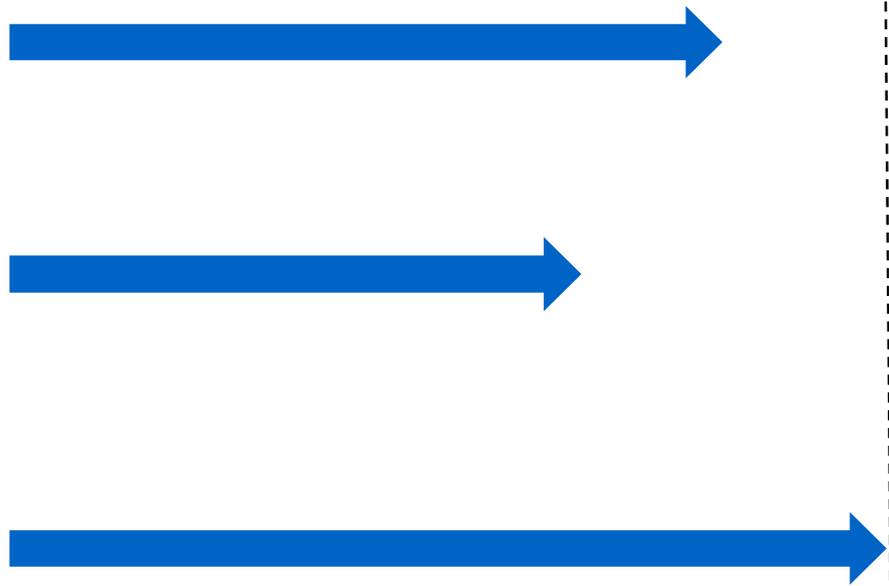
Datos=1480



Datos=1480

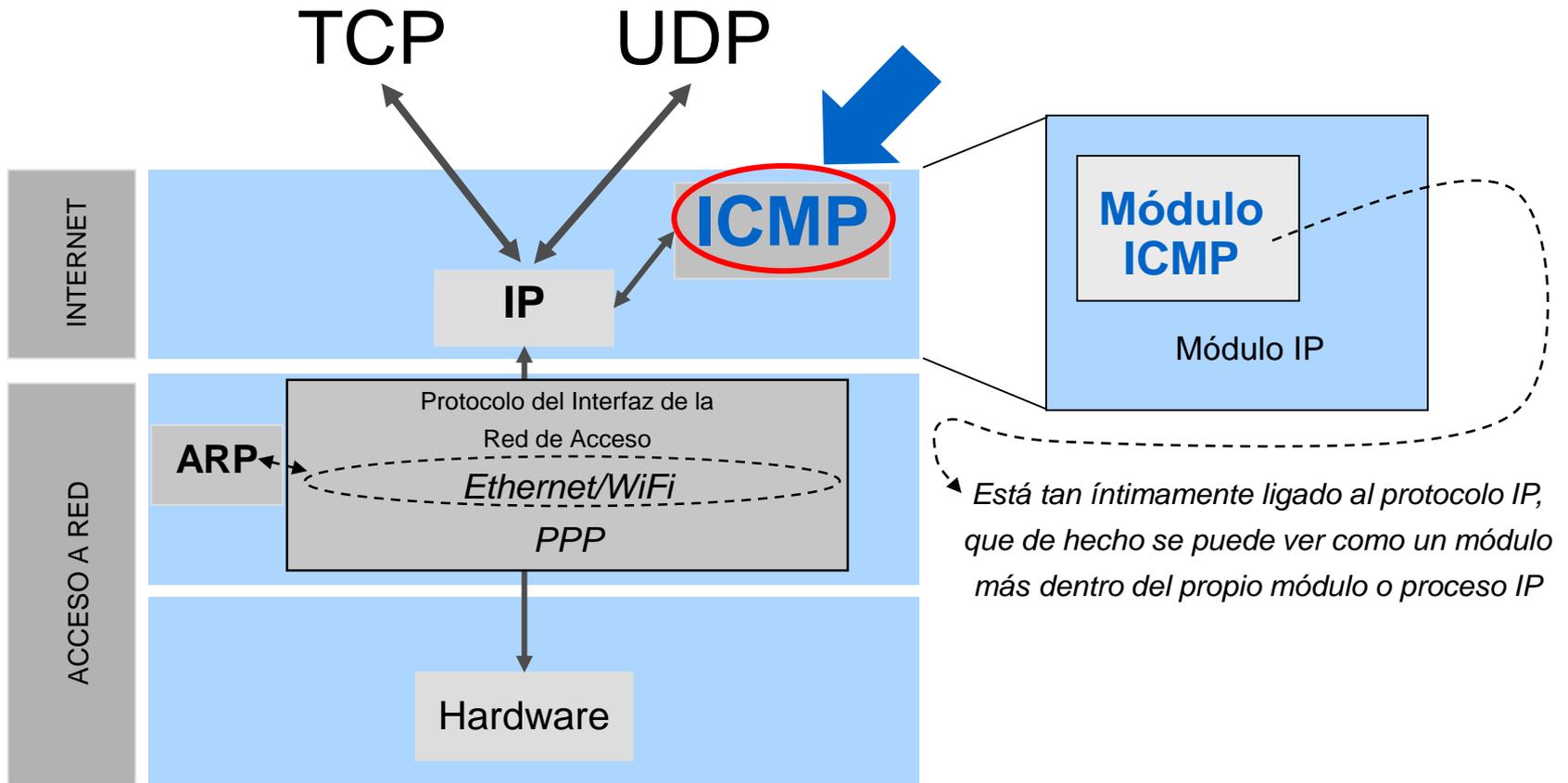


Datos=1156



PROTOCOLO ICMPv4

(Internet Control Message Protocol version 4)

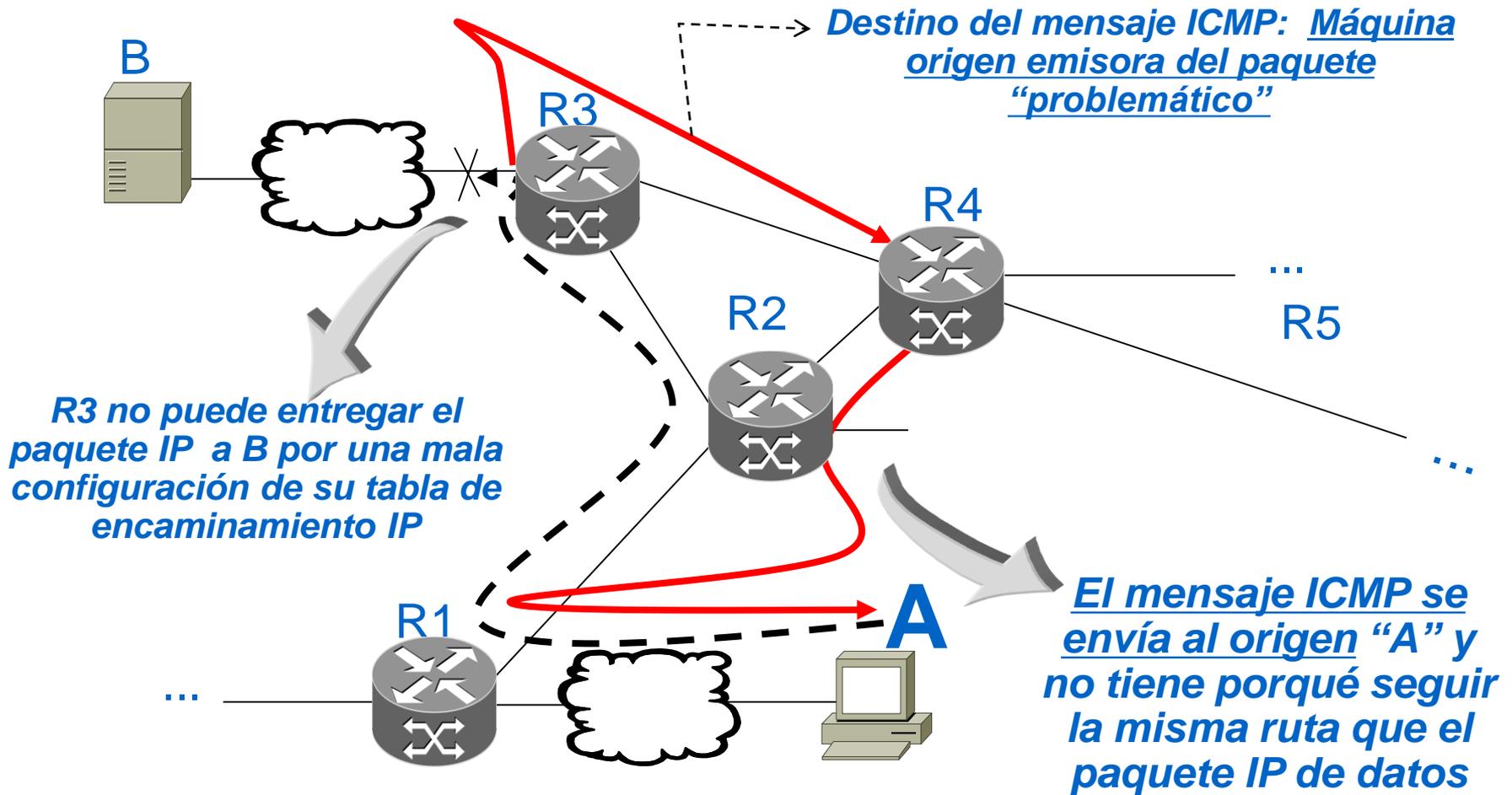


PROTOCOLO ICMPv4

- *RFC-792, STD-0005*
- *Protocolo de envío de mensajes de control en Internet: Informes de error y consultas*
 - *Destino del mensaje ICMP: Máquina origen emisora del paquete IP “problemático”*
- *ICMP no hace más fiable a IPv4*

PROTOCOLO ICMPv4

Ejemplo del Envío de un Mensaje de *Informe de Error por Destino Inalcanzable*

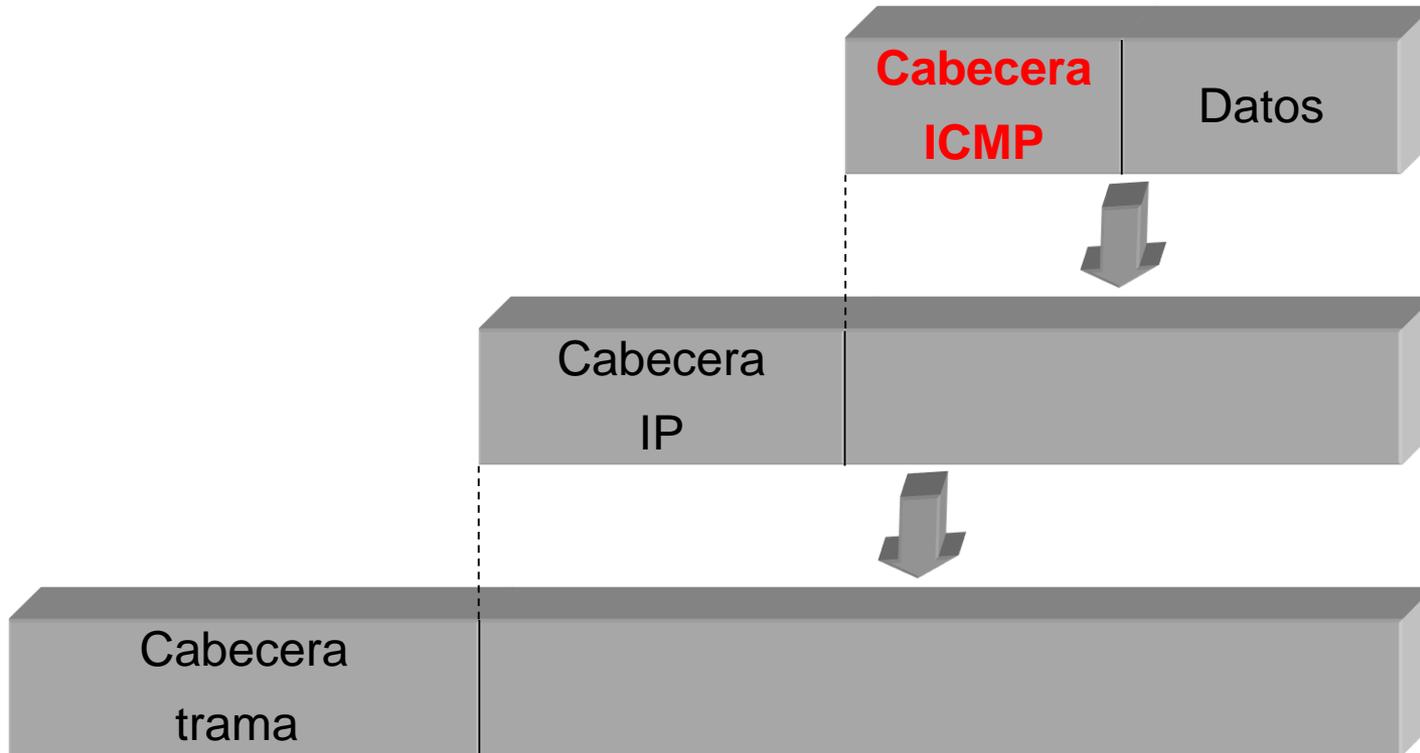


Tipos de Mensajes ICMPv4

- **INFORMES DE ERROR**: *Problemas que un router, o la máquina destino (o incluso 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)*
 - *Problemas con los parámetros (información ininteligible en la cabecera del datagrama IP)*
 - ...
- **CONSULTAS**: *Información que permite que una máquina tenga datos de otra*
 - *Solicitud y respuesta de eco (comprobación de si una máquina está conectada y responde)*
 - ...

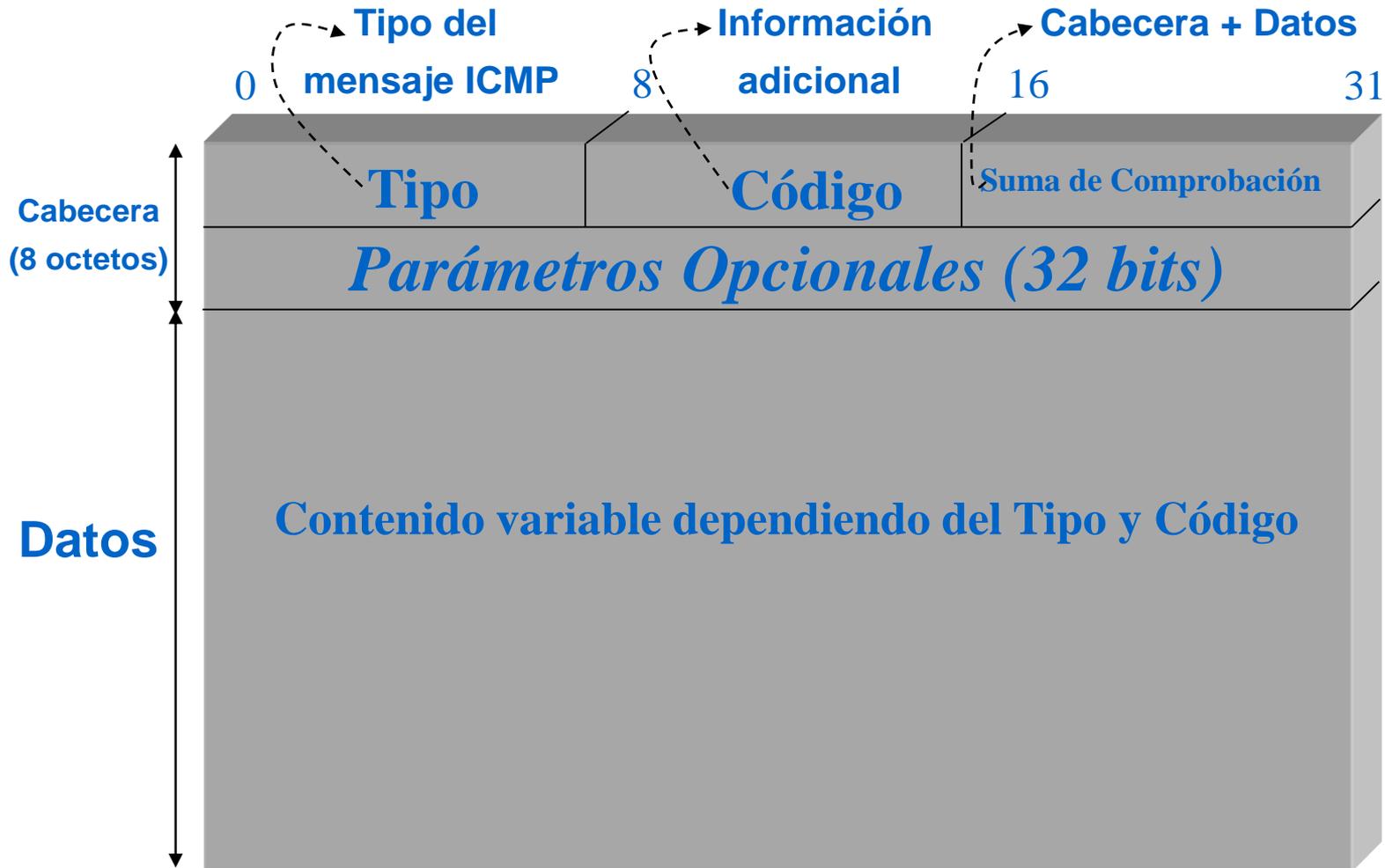
PROTOCOLO ICMPv4

Encapsulación



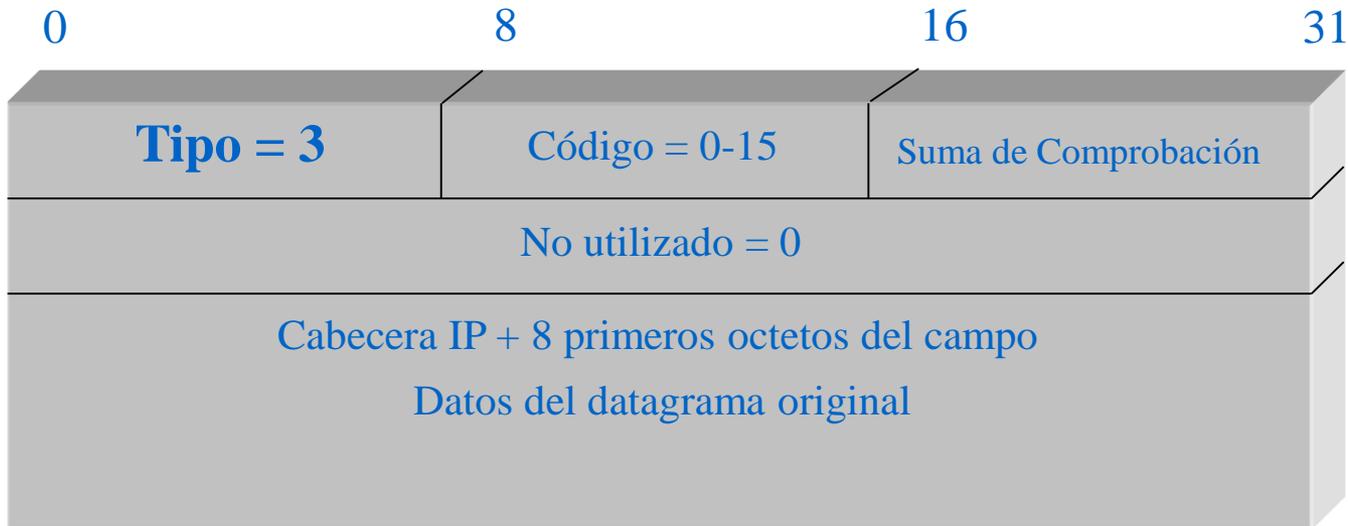
PROTOCOLO ICMPv4

Formato Específico de un Mensaje



MENSAJES ICMPv4: Informes de Error

Destino Inalcanzable



(Código = 0-15)

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 de red o IP de la máquina destinataria)

3: Puerto no alcanzable (nivel de transporte de la máquina destinataria)

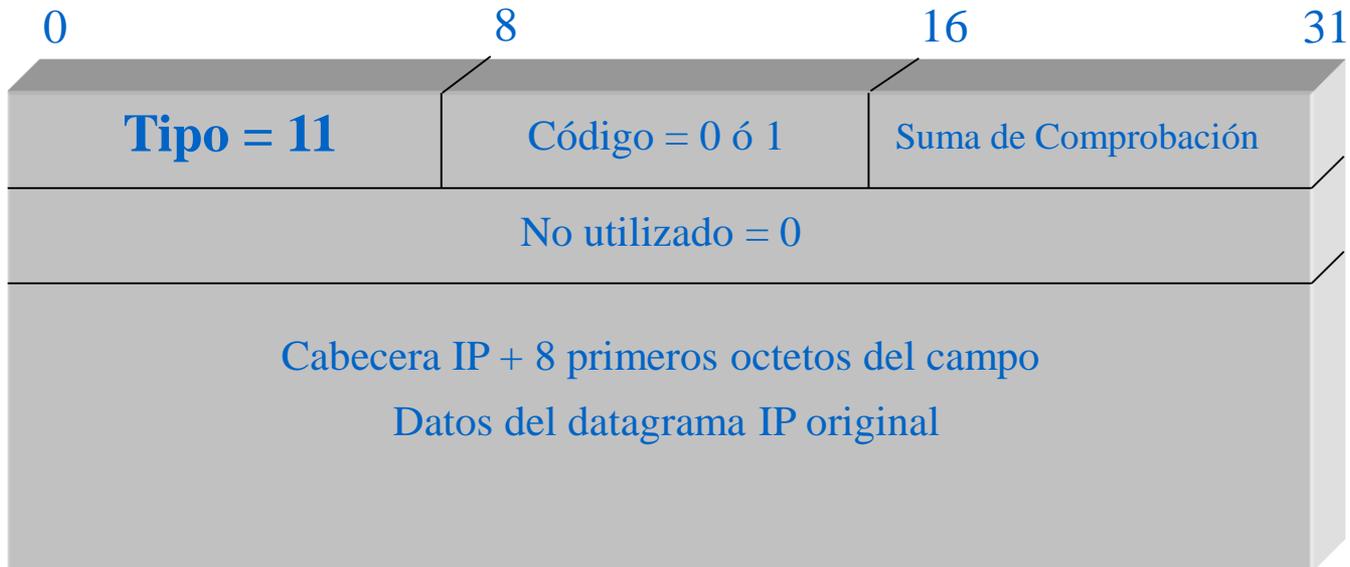
...

5: Fallo en el encaminamiento desde origen (máquina origen o router)

...

MENSAJES ICMPv4: Informes de Error

Tiempo Excedido

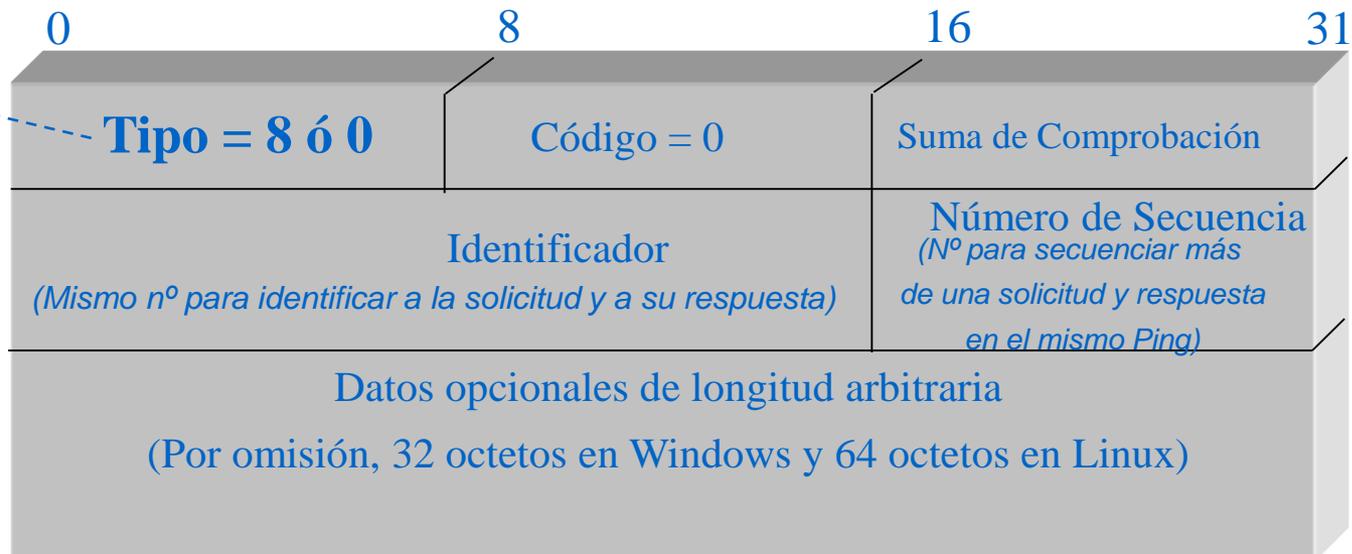


(Código = 0-1)

0: Tiempo de Vida (TTL) del Datagrama Excedido

1: Tiempo de Reensamblado Excedido

MENSAJES ICMPv4: Consultas Solicitud y Respuesta de Eco



(Tipo = 8 ó 0)

8: Solicitud de Eco

0: Respuesta de Eco

- La utilidad o comando ping hace uso de los mensajes ICMP de solicitud y respuesta de eco, fundamentalmente, para saber si un equipo por Internet está conectado y responde
- La combinación de ambos mensajes determina si dos equipos 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 el equipo destino y, además, los routers intermedios están encaminando*