

## Tema 5

# Redes de Área Extensa e Internet

## Redes de Computadores

Curso 2016/2017  
Segundo Semestre

# Bibliografía

- “**Computer Networks**”, Fifth Edition, Andrew S. Tanenbaum and David J. Wetherall. Pearson Education, Inc. 2011.
- “**Computer Networks. A Top-Down Approach**”, First Edition. Behrouz A. Forouzan & Firouz Mosharraf. Mc Graw Hill, 2011.
- “**Data and Computer Networks**”, 9th Edition, W. Stallings. Prentice Hall, 2010.

# 5. Redes de Área Extensa e Internet

- 5.1 Redes WAN.
- 5.2 Técnicas de Conmutación. Ejemplos de redes
- 5.3 Tecnologías de Acceso a Internet
- 5.4 Estructura y Organización de Internet

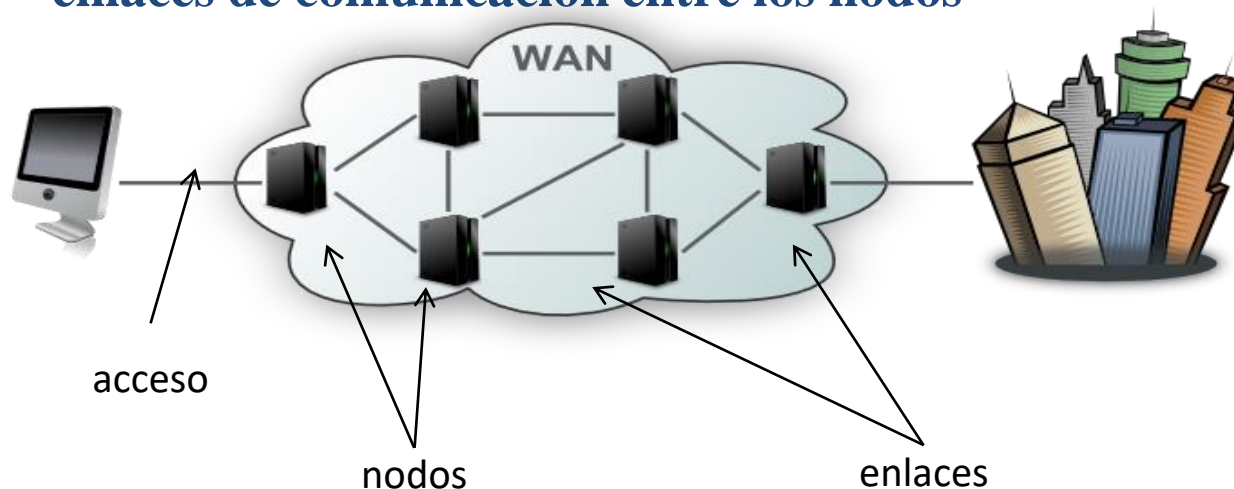
## 5.1 Redes WAN (Wide Area Network)

- Elementos constituyentes
- Funcionalidades

# Redes WAN

Su finalidad es la provisión de servicios de comunicaciones

- Una red conmutada está formada por:
  - ✓ medios de transmisión de acceso
  - ✓ nodos de conmutación
  - ✓ enlaces de comunicación entre los nodos



# Elementos constituyentes

## ➤ Medios de transmisión de acceso

- Cable de pares
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Radiofrecuencias

## ➤ Nodos de conmutación. Tecnologías

- Circuitos
- Paquetes
- Tramas

## ➤ Enlaces.

- Medios de transmisión
  - F.O, Satélites, Radioenlaces
- Sistemas de transmisión. Multiplexación
  - Jerarquía MIC
  - Jerarquía Digital Síncrona
  - Sistemas DWDM
- Ethernet

# Servicios de Comunicaciones

## ➤ Sector residencial

- Telefonía (Fija, Móvil)
- Acceso a Internet
- Tv de pago

## ➤ Empresas

- Circuitos alquilados
- Red Privada Virtual (Intranet con QoS)
  - Telefonía
  - Videoconferencias
  - Datos corporativos
  - Mensajería electrónica
- Acceso a Internet

# Funcionalidades

- **Direccionamiento**
- **Control de Congestión**
- **Calidad de servicio**
- **Protección y restauración de rutas**
- **Gestión de red**



# Direccionamiento

## ➤ Dirección de red

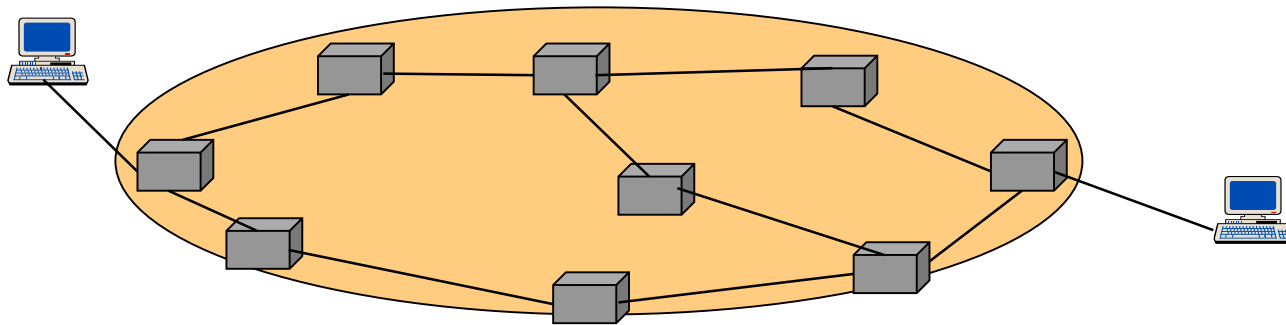
- Redes Telefónicas: E164 (Esquema: XX CP <Nº nacional>)
- Redes Ethernet (direcciones planas de 6 octetos)
- Internet y redes de paquetes
  - Direcciones IPv4: 4 octetos
  - Direcciones IPv6: 16 octetos

## ➤ Obtención de la dirección de red

- Guías; servicios de información
- DNS
- Protocolos: ARP

# Restauración y Protección de rutas

Los fallos en los nodos de conmutación y/o en los enlaces de transmisión provocan la interrupción de las comunicaciones (servicios de la red).



**Restauración:** Construcción de nueva ruta en tiempo real, al producirse el fallo

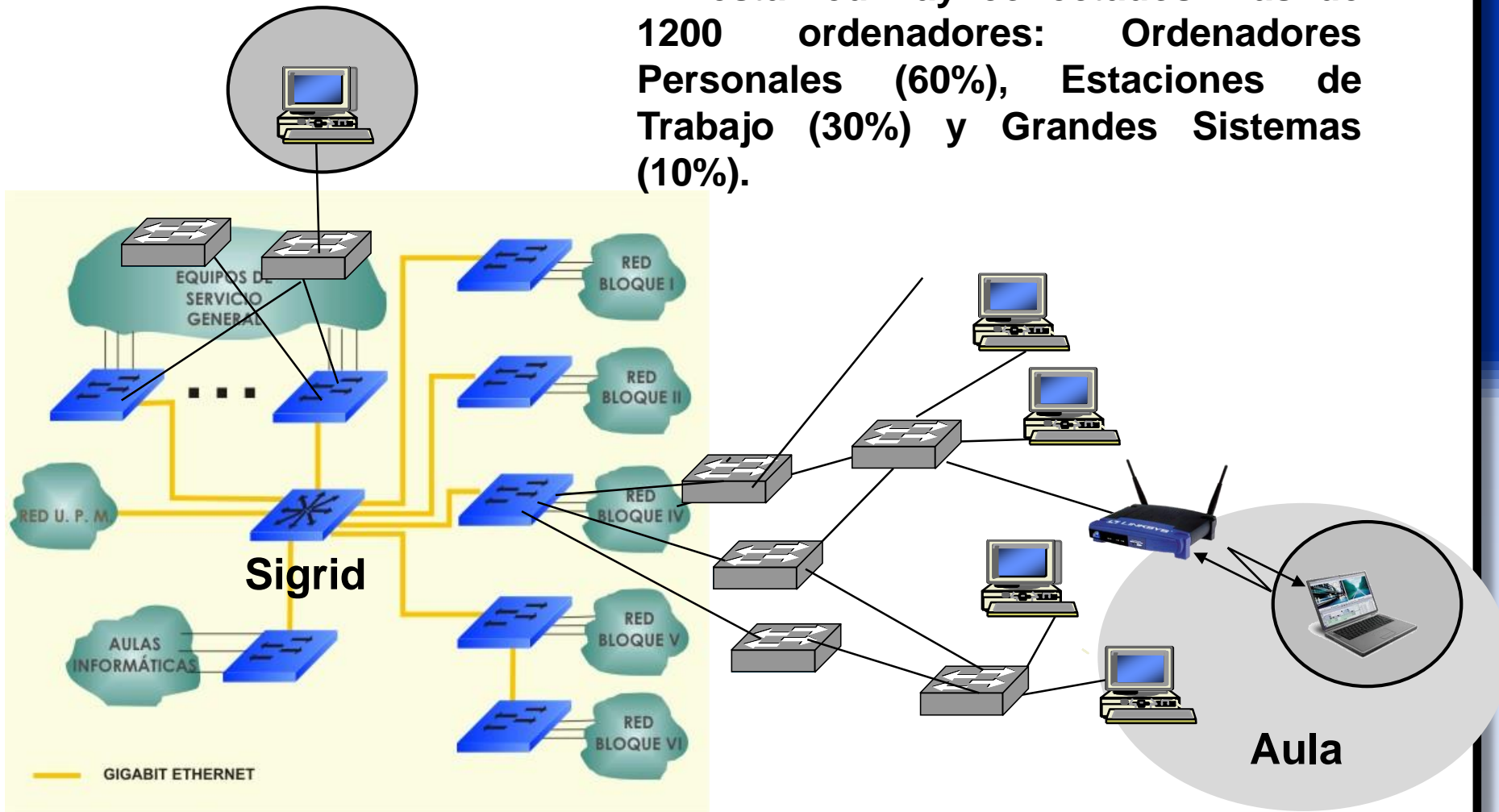
- Diseño original de Internet

**Protección:** Disponibilidad de rutas de *backup* y procedimientos de restauración en caso de fallos

- Comunicaciones en tiempo real: mseg
- Comunicaciones de datos: seg

# Red del Centro

En esta red hay conectados más de 1200 ordenadores: Ordenadores Personales (60%), Estaciones de Trabajo (30%) y Grandes Sistemas (10%).



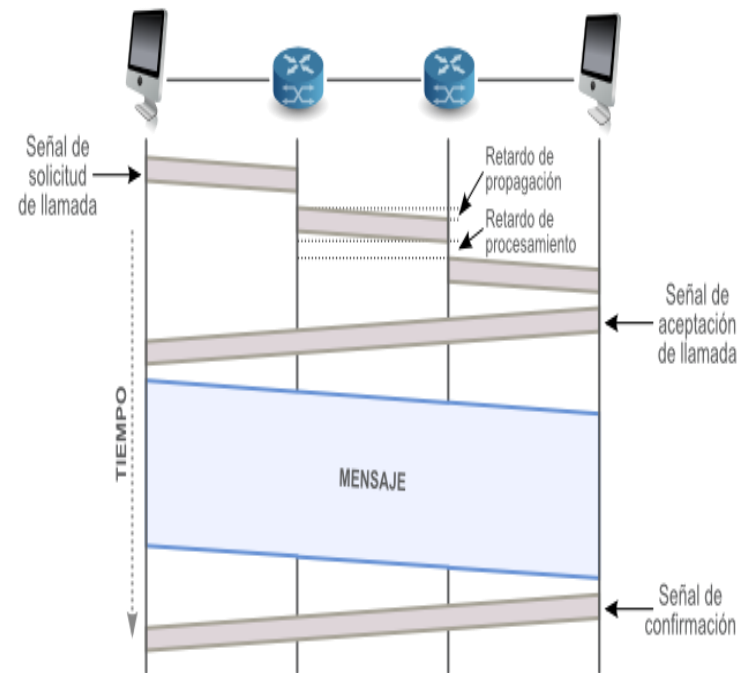
## 5.2 Técnicas de Conmutación

- Conmutación de circuitos
- Conmutación de paquetes
- Conmutación de tramas

# Commutación de Circuitos

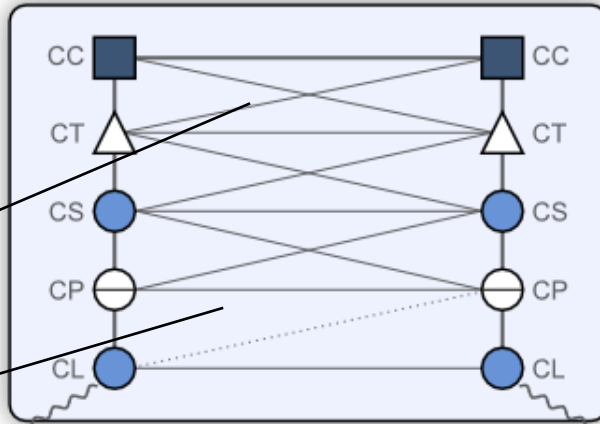
## Fases

- 1. Establecimiento de llamada:** Un terminal solicita el establecimiento del camino hasta otro terminal. El primer nodo reserva uno de sus canales para la comunicación y manda la solicitud al siguiente nodo, teniendo en cuenta las políticas de encaminamiento de la red; esta fase termina cuando se reserva en exclusiva un canal de comunicaciones entre ambos terminales.
- 2. Transferencia de información:** En esta fase se realiza intercambio de información entre los dos terminales
- 3. Liberación de la llamada:** En esta fase los terminales (uno de ellos) indican que ya han terminado su comunicación. Los nodos liberan el canal que estaba reservado.



## Ejemplo de red WAN de conmutación de circuitos

### Red Telefónica



Enlaces y  
Sistemas de  
transmisión



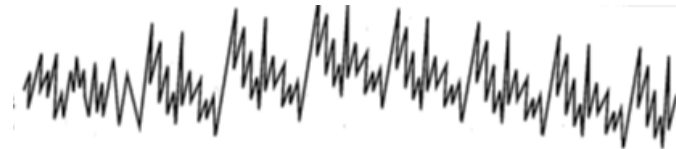
Bucle local



Bucle local

### Nodos de conmutación

- CL: Central local
- CP: Central Primaria: tránsito; CS; CT; CC,



### Acceso:

- **Analógico (4 kHz): Redes telefónicas convencionales**
  - La voz se transmite directamente en banda base de forma analógica. La señal producida por el micrófono se pone directamente en el cable de pares.
- **Digital (2 x 64 Kbps +16 Kbps): Redes Digitales de Servicios Integrados**
  - La voz se transmite en digital mediante codificación multinivel (2B1Q) en el cable de pares

# Conversión analógica digital de la voz Codificación/modulación MIC (G.711)

- La señal analógica se digitaliza antes de la conmutación:
  - Filtrado paso bajo 300-3400 Hz
  - Muestreado a 8 KHz
  - Codificado logarítmico (Ley A) 8 bits/muestra



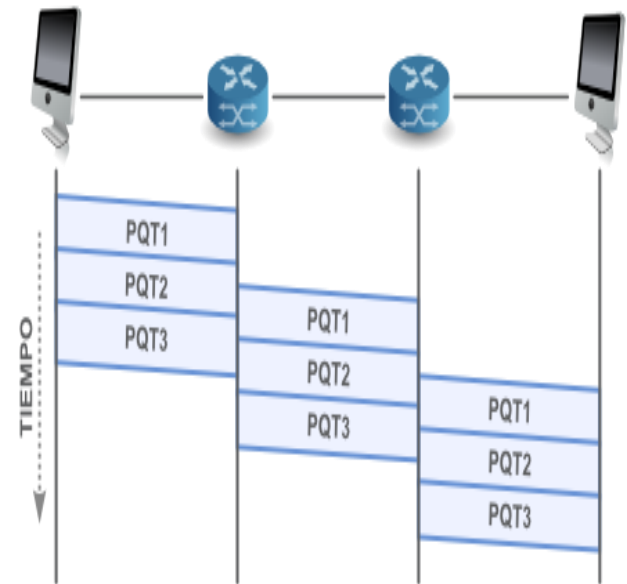
Cada conversación telefónica necesita un régimen binario de 64 Kbps

# Conmutación de Paquetes

- La información a transmitir por el equipo terminal se descompone en unidades mínimas llamadas **paquetes**, de longitud prefijada.
- Cada uno de los paquetes contiene una parte de los datos de usuario además de información de control necesaria para el adecuado funcionamiento en la red

**Paquete = Datos Usuario + Información Control**

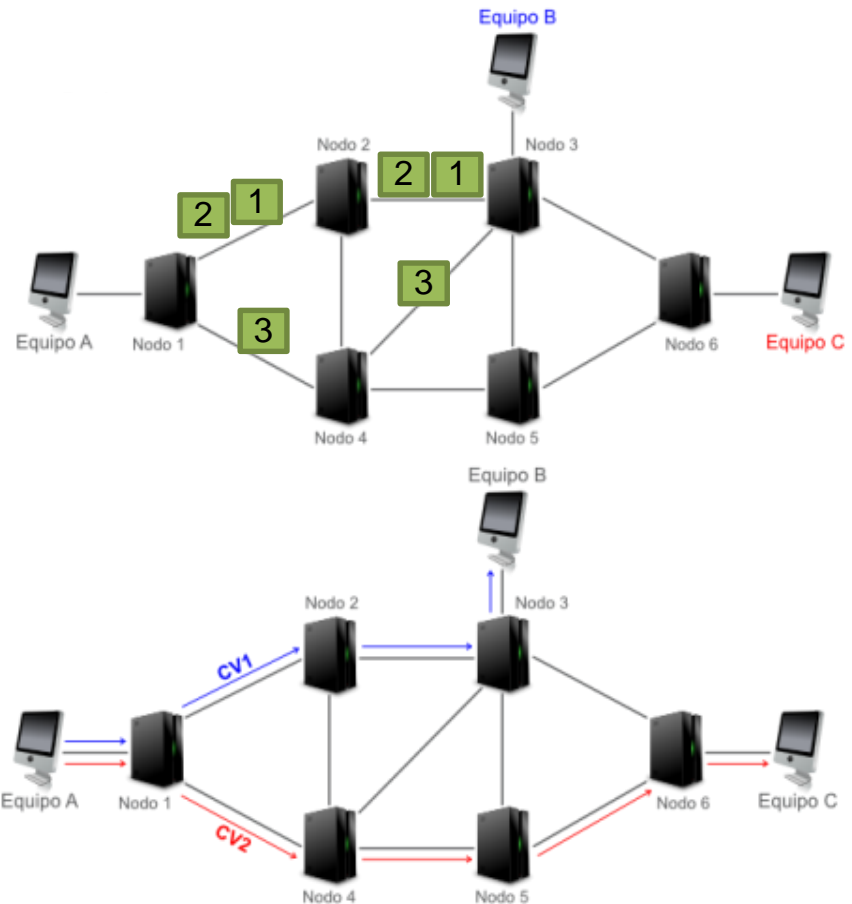
- Los nodos de la red reciben un paquete, lo procesan y lo **encaminan** hacia destino.
- No hay reserva de recursos, los recursos se asignan bajo demanda





# Conmutación de Paquetes: Datagramas / Circuitos Virtuales

- **Datagramas:** cada paquete se encamina de forma independiente en los nodos de la red de acuerdo a la tabla de encaminamiento. Solo existe fase de transferencia de datos.
- **Circuitos Virtuales:** Se establece un trayecto en la red:
  - Mediante paquetes de control que envía el emisor
  - Se establece previamente mediante protocolos específicos.
  - Los paquetes de datos no tienen que ser encaminados ya que siguen el trayecto establecido.



# Conmutación de Paquetes: Datagramas / Circuitos Virtuales

## ➤ Circuitos Virtuales: Ej. Redes IP-MPLS

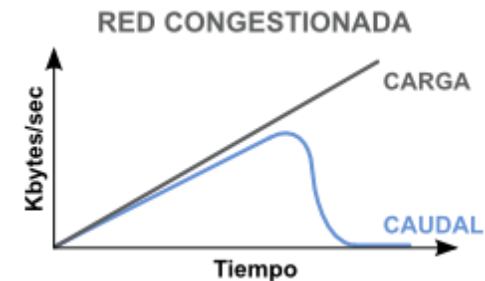
- Se establece una ruta entre terminales antes de la transferencia de los datos
- Los nodos no toman decisiones de encaminamiento en la fase de transferencia de paquetes
- Todos los paquetes de la misma comunicación van por el mismo trayecto
- Todos los Operadores han implementado redes IP-MPLS
  - Proporcionan a las empresas servicios de datos, acceso a Internet y voz IP; (Intranet con QoS)

## ➤ Datagramas: Ej. Internet

- No existe fase de establecimiento
- Los nodos encaminan independientemente los paquetes
- Es más flexible para hacer frente a la congestión en la Red

# Congestión

- La demanda conjunta de los caudales de los clientes excede la capacidad disponible en los nodos y enlaces de la red.
- ¿Cómo se manifiesta?
  - Redes de conmutación de circuitos:
    - No se pueden establecer comunicaciones
  - Redes de conmutación de paquetes
    - Degradación de las prestaciones
    - Pérdida de múltiples paquetes
    - Retardos de transferencia elevados
    - Bajo caudal cursado por la red



# Redes de conmutación de paquetes

## Parámetros de QoS

### ➤ Latencia o retardo

- Tiempo de transferencia en la red

### ➤ Jitter

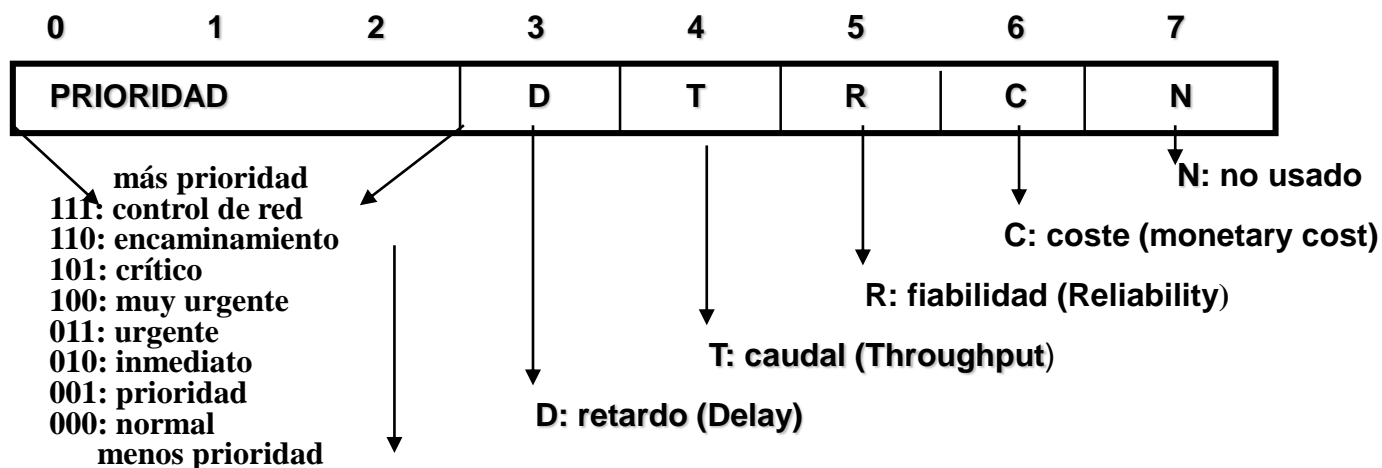
- Fluctuaciones del retardo (muy importante en servicios de comunicaciones de tiempo real)

### ➤ Pérdida

- Porcentaje de datagramas que no llegan al destino en un intervalo determinado (probabilidad de pérdida)

# Calidad de Servicio en redes IP

## Antiguo campo TOS (Type of Service)



### •Objetivo en el diseño original de IP

#### •Prioridad

- Tratamiento diferente a las diferentes clases de tráfico ( 000; 001....111)

#### •Optimización del encaminamiento

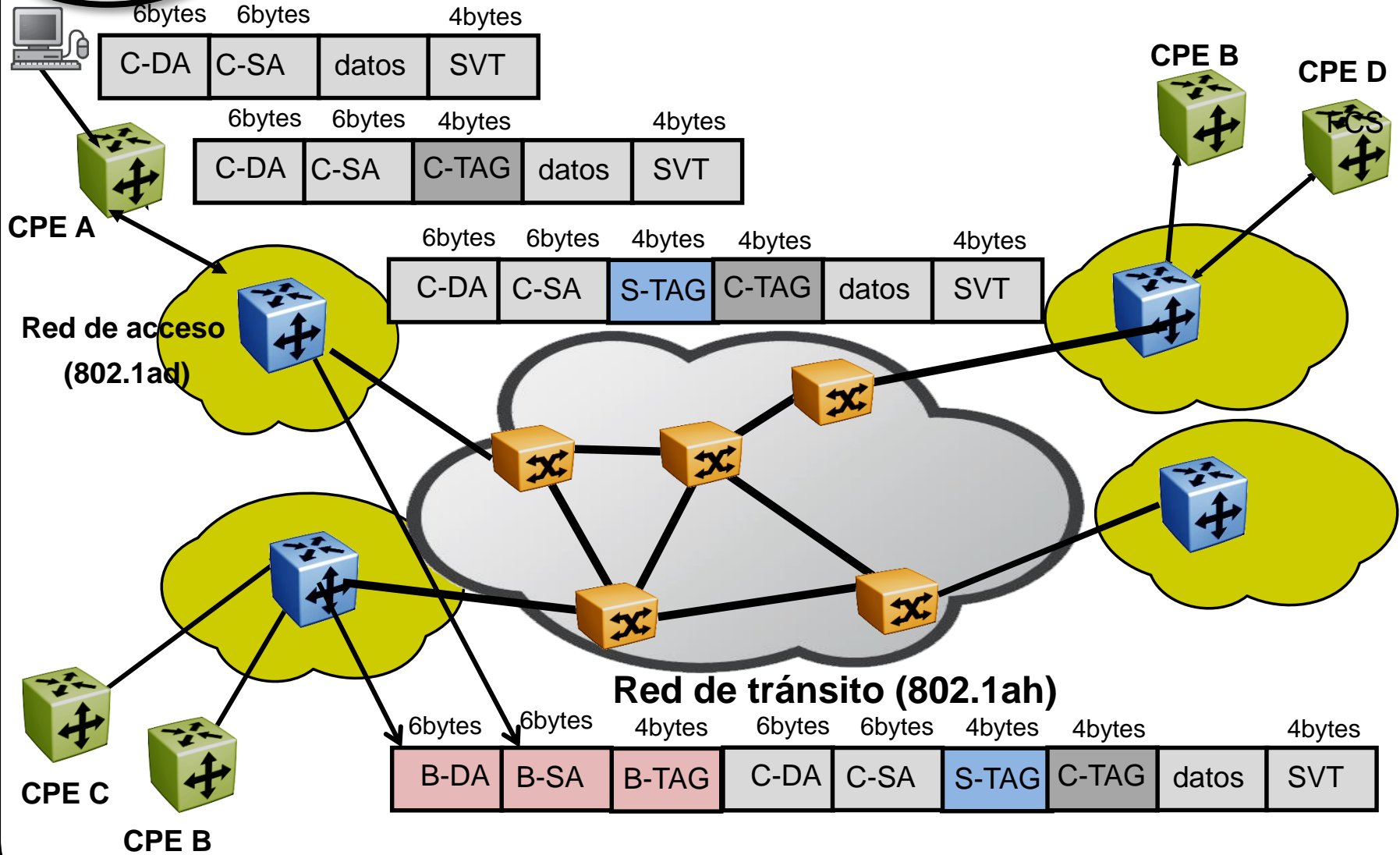
- Selección de ruta diferente para un mismo destino lo que supone disponer de varias tablas de encaminamiento

## Rediseño: Servicios diferenciados (DSCP)



DSCP: DiffServ CodePoint

# Modelo de red WAN Ethernet



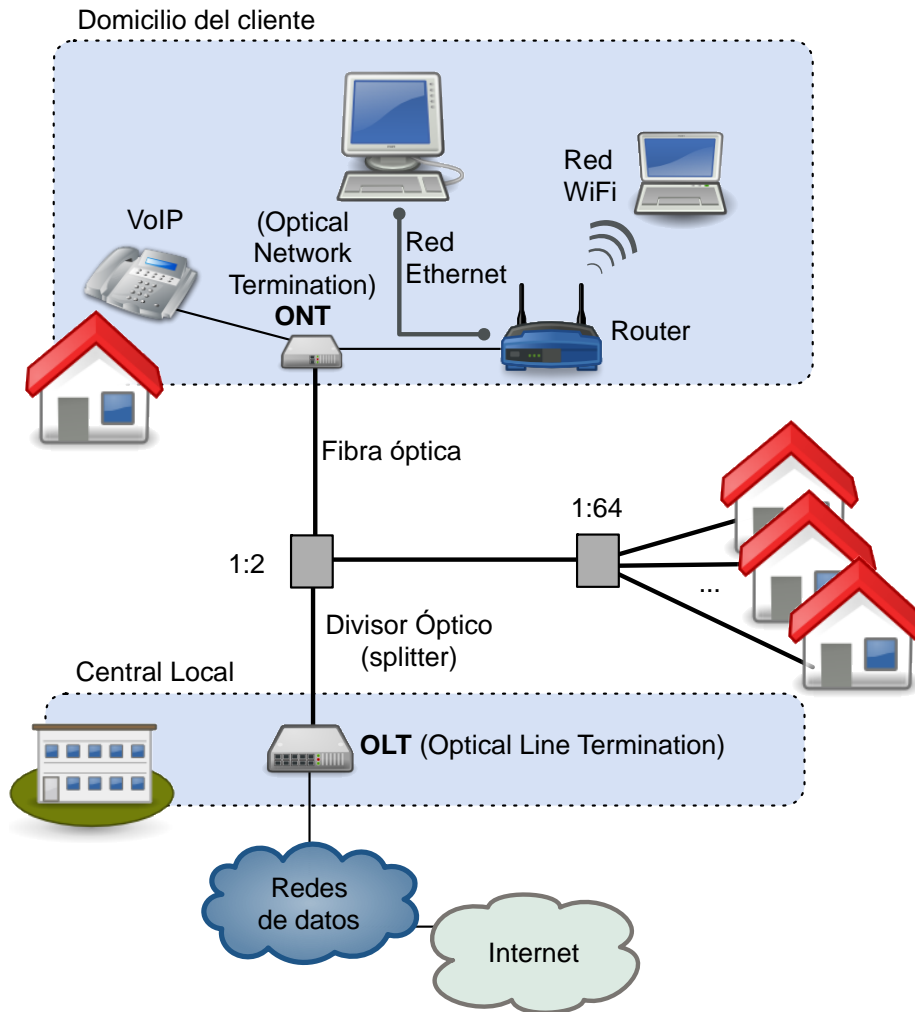
- Los Operadores están implementando redes con esta tecnología

WAN e Internet

## 5.3 Tecnologías de acceso a Internet

- Fibra Óptica: FTTH, HFC
- Redes Móviles: GPRS, 3G, 3,5G y 4G
- Wifi
- Satélite

# Accesos Fibra Óptica: FTTH

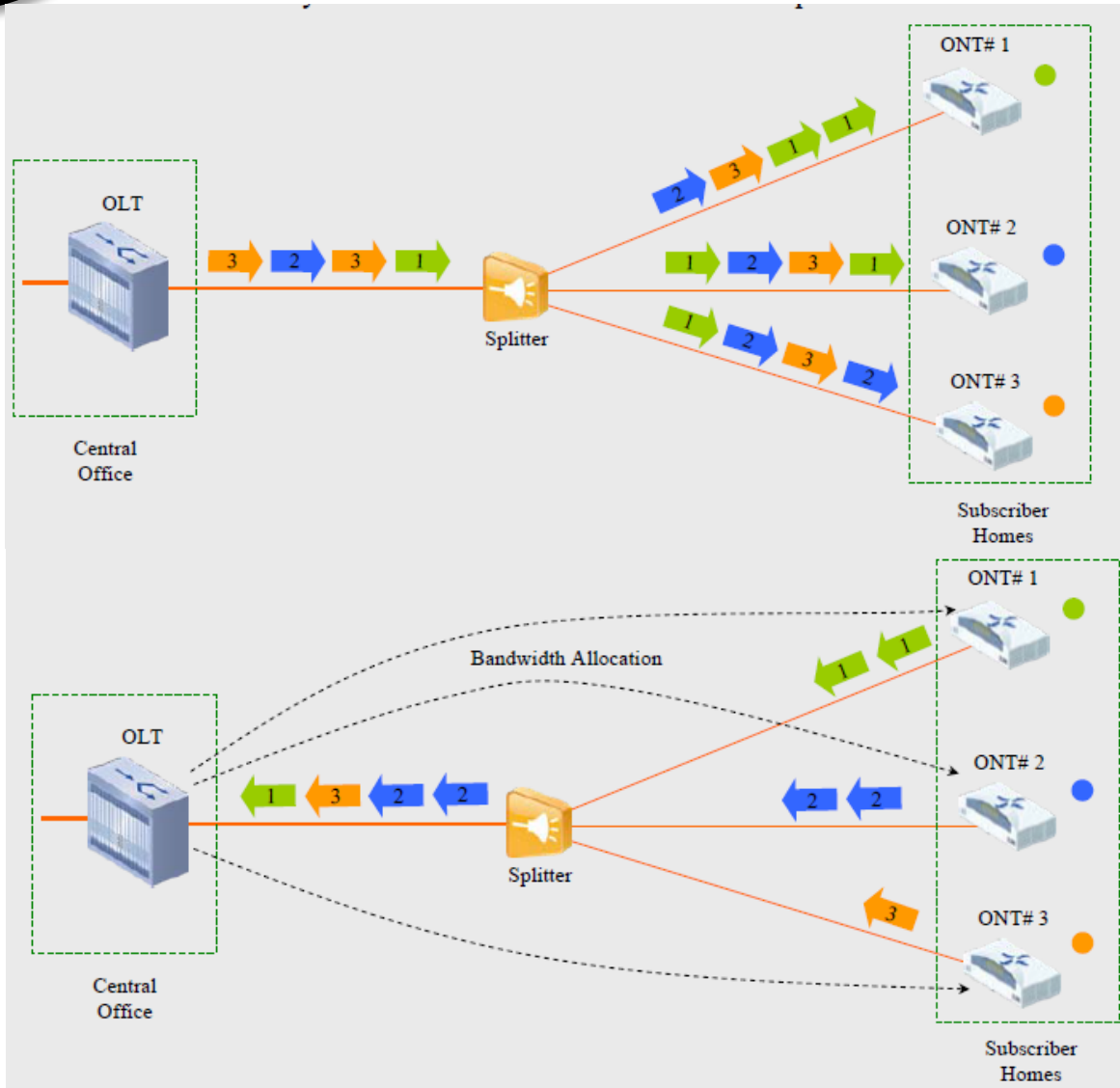


## Ofertas comerciales:

- Movistar, Orange y Vodafone: 50/5; 100/10: 200/20; 300/30 Mbps y 300/300 Mbps; Adamo 1000/200 Mbps



# Nivel físico

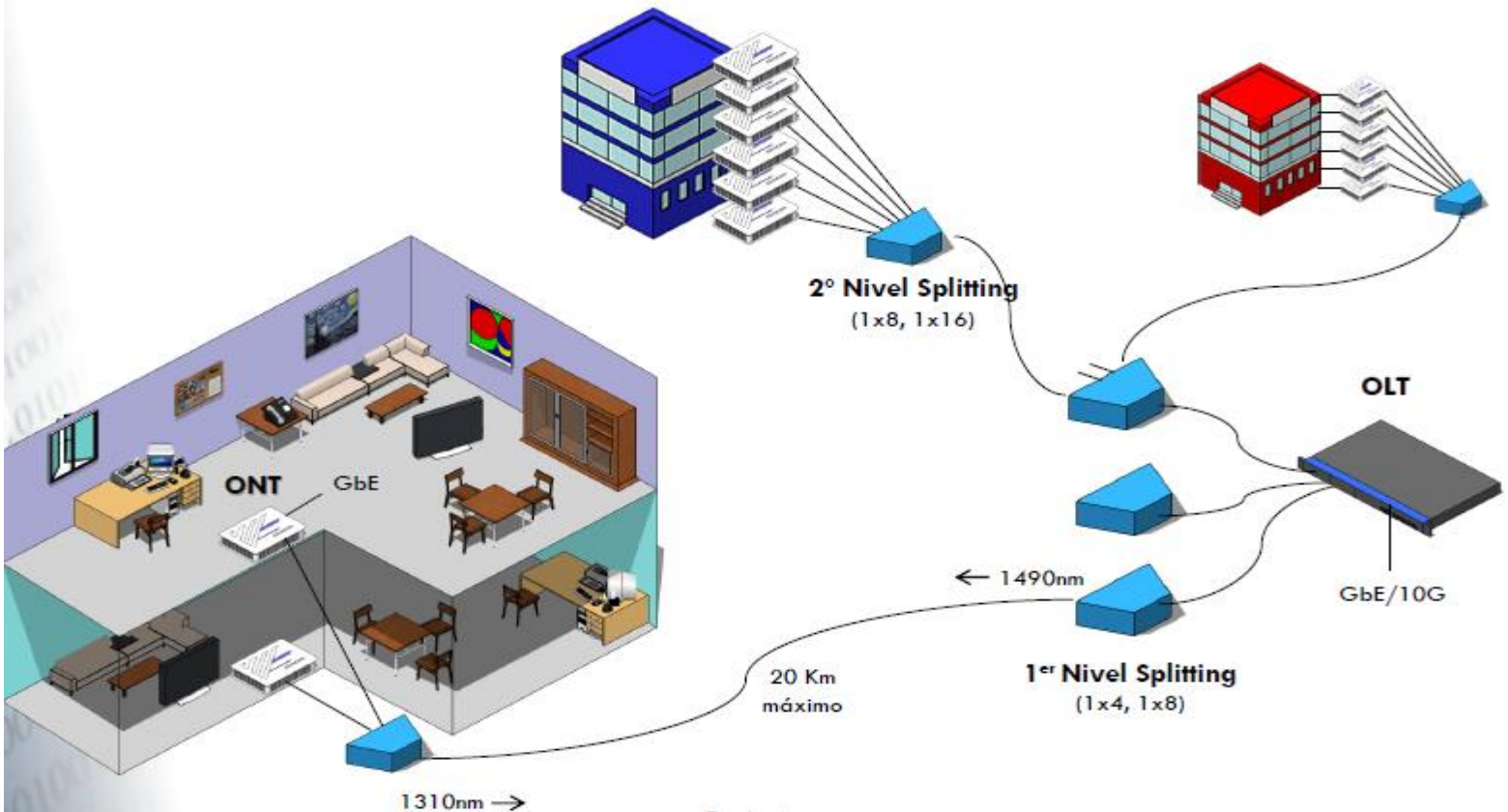


- TDM
- Difusión
- cifrado

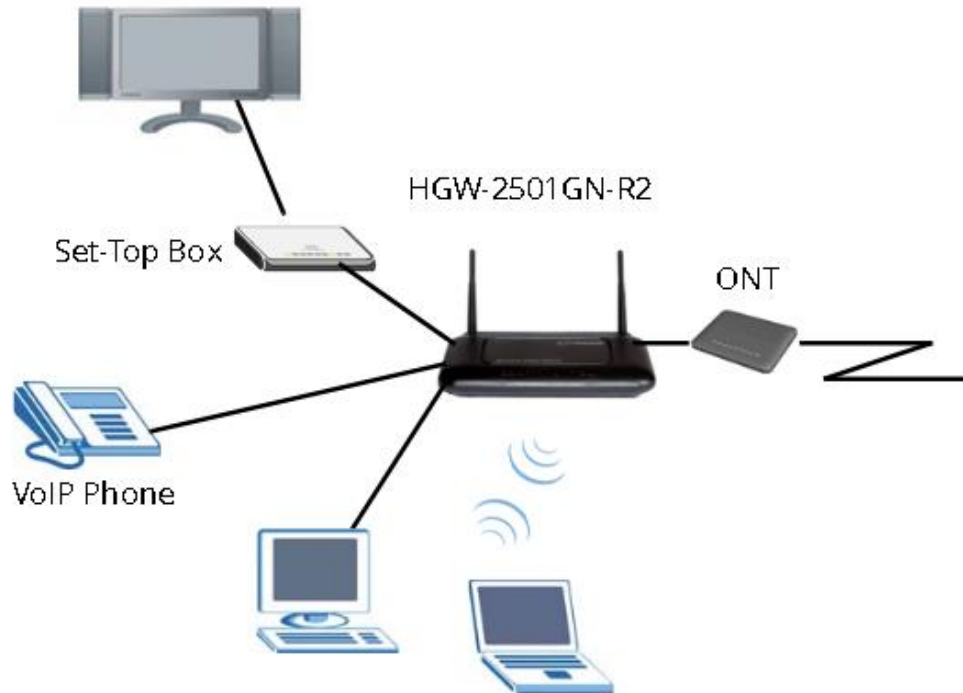
- TDMA
- Slot asignados por la OLT

# FTTH: nivel físico

- Tasa de transmisión en sentido descendente: 2,4 Gbps
- Tasa de transmisión en sentido ascendente: 2,4 Gbps
- Modulación: 1bit/baudio
- Splitting 1: 64 / 1:128



# FTTH: Servicios de comunicaciones



- Acceso a Internet: VLAN 6

IP	
PPP	IP
PPPoE	IPoE
Ethernet	Ethernet

- Telefonía: VoIP: VLAN 3

RTP	Real-time Transport Protocol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 bytes de cabecera</li> </ul>
UDP		
IP		

- Televisión: IPTv: VLAN 2

# Protocolo PPP (Point to Point Protocol)

- Servicio orientado a conexión
  - con confirmaciones (fiable) → protocolo PPP con negociación previa de fiabilidad
  - sin confirmaciones (no fiable) → protocolo PPP con configuración por omisión
- Asignación de la dirección IP y opciones de nivel de red
- Autenticación de usuario:
  - Métodos de autenticación (protocolos PAP, CHAP, EAP, etc.)

# Formato de trama PPP

## ➤ Utiliza estructura tipo HDLC:

Bytes → 1                      1                      1                      1 ó 2                      Variable                      2 ó 4                      1

Delimitad.	Dirección	Control	Protocolo	Datos	CRC	Delimitad.
01111110	11111111	00000011				01111110

- La trama siempre tiene un número entero de bytes
- El campo dirección no se utiliza, siempre vale 11111111
- El campo control casi siempre vale 00000011, que especifica trama no numerada (funcionamiento sin ACK).
- Generalmente en el inicio se negocia omitir los campos dirección y control (compresión de cabeceras), por lo que **la cabecera se reduce a 2 octetos.**

# PPP

## Transparencia (inserción de byte)

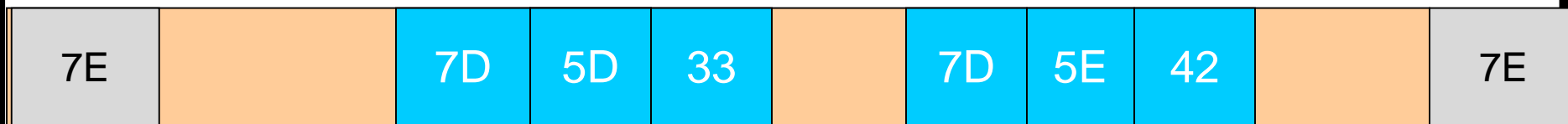
Se emplea el octeto “ESCAPE” 01111101 (hexadecimal 0x7d).

Después del cálculo de la SVT se examina la trama entera entre dos “delimitadores”. Se reemplaza cada ocurrencia de un “DELIMITADOR” y/o “octeto de ESCAPE” por una secuencia de dos octetos: el octeto ESCAPE seguido del resultado del or exclusivo entre el octeto original con el octeto 0x20.

Entrada • 7D → 7D 5D      7E → 7D 5E



Salida con relleno

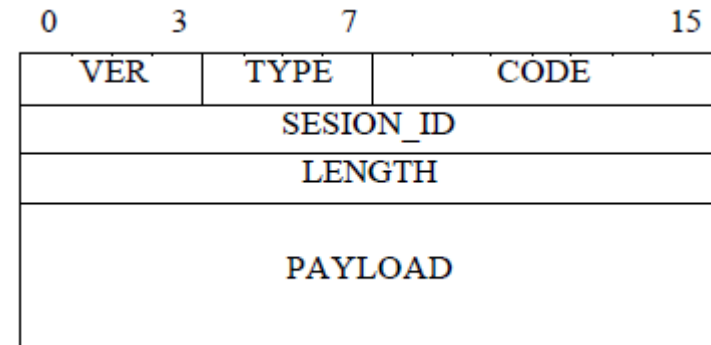


Salida después de quitar el relleno



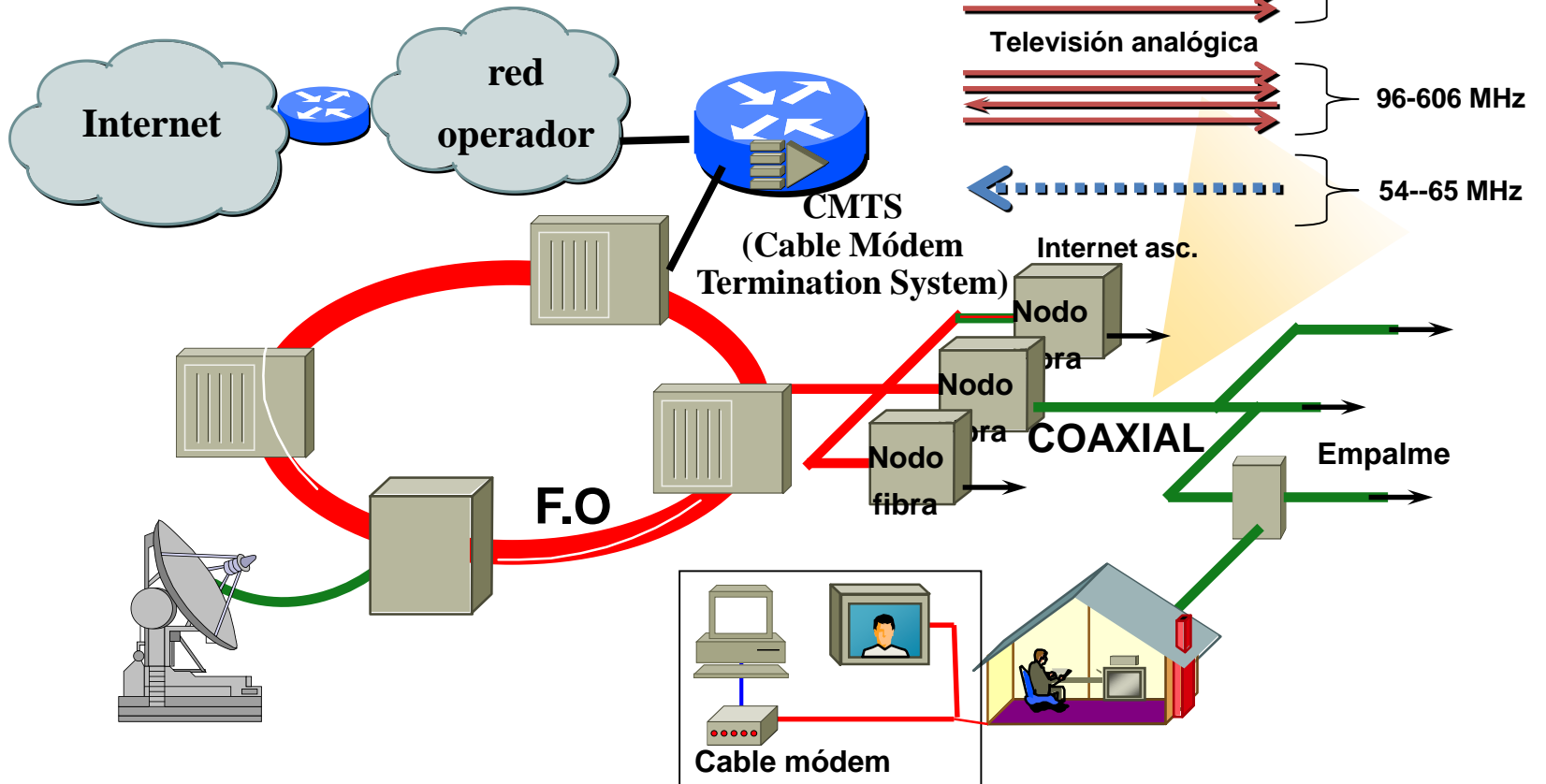
# PPP over Ethernet (PPPoE)

- El protocolo PPPoE (PPP over Ethernet) permite establecer sesiones PPP y encapsular tramas PPP sobre Ethernet.
- Fase de descubrimiento se divide en cuatro partes:
  - 1. El cliente envía PADI: PPPoE Active Discovery Initiation a toda la red broadcast
  - 2. Los Concentradores de Acceso, envían PADO: PPPoE Active Discovery Offer
  - 3. El cliente elige un Concentrador de Acceso y envía PADR: PPPoE Active Discovery Request
  - 4. El Concentrador de Acceso envía PADS: PPPoE Active Discovery Session-confirmation, indicando el identificador de la sesión establecida.
- Fase de sesión
- Intercambio de tramas PPP encapsuladas en tramas Ethernet



# Redes HFC (Híbrida Fibra-Coaxial)

- Sentido descendente: datos modulados en portadora analógica de un canal de televisión de 8 MHz (PAL)
- Ascendente: zona de bajas frecuencias (no usada normalmente en canales de TV), es un recurso limitado, pues debe ser compartido por todos los usuarios haciendo uso de técnicas de acceso al medio

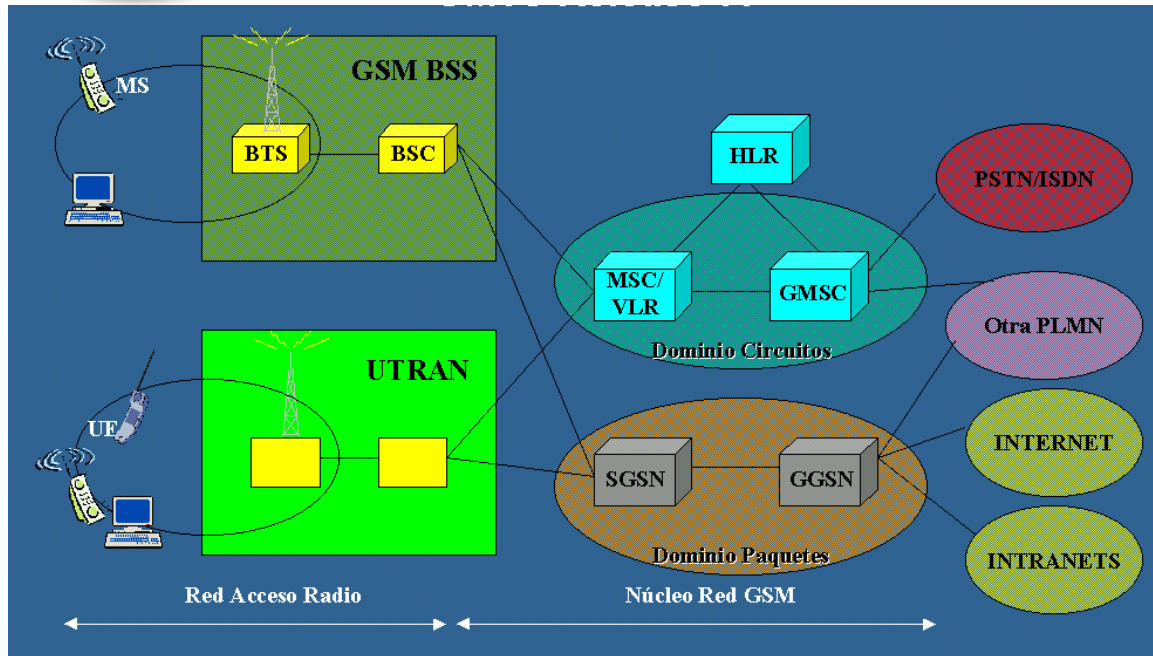




# Accesos Wifi

- Una Zona Wi-Fi es un área desde donde un usuario final puede conectarse a Internet con la velocidad que ofrece la Banda Ancha de Movistar, usando su terminal portátil o PDA.
- Las Zonas Wi-Fi se despliegan en espacios de uso público como aeropuertos, estaciones de tren, hoteles, restaurantes, etc. En terminología anglosajona se denominan genéricamente “Hot Spots”.
- Pago del servicio:
  - Gratis
  - Tarjeta prepago, existiendo de 1 hora, 24 horas, 30 días y 90 días
  - Tarjeta Personal Zona Wi-Fi :Asociado a otros servicios
  - Tarjeta Global (pago por tiempo de acceso)

# Redes móviles: GSM-GPRS-3G



## GSM:

- Acceso radio basado en FDM (Multiplex por División en Frecuencia) y TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo).
- Red de Conmutación de circuitos. Voz a 13 Kbps y datos a 9,6 Kbps
- Inviabile para dar acceso a Internet

## GPRS:

- Añade dominio de Conmutación de paquetes y permite comunicaciones de paquetes de hasta 170 Kbps

## 3G:

- Interfaz de radio WCDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) espectro expandido división de código)
- Red con dominio de conmutación de circuitos a 64 Kbps y con dominio de conmutación de paquetes de hasta 2 Mbps

WAN e Internet

## HSDPA, HSUPA, HSPA y HSPA+

**HSPA:** Denominación común a un grupo de tecnologías de acceso de paquetes de alta velocidad

### □ HSPA (*High Speed Packet Access*)

- Mejoras en codificación, intervalos de espera, Hybrid ARQ (FEC+ARQ), compartición de canales, optimización de la eficiencia espectral...

### ▪ HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)

- Primera mejora sobre WCDMA
- Hasta **14 Mbps** con menores tiempos de latencia

### ▪ HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*)

- Canal de subida dedicado de alta capacidad
- Mejora aplicaciones simétricas como VoIP
- Hasta **5,8 Mbps**

### □ HSPA+ (*Evolved HSPA*)

- Mayores velocidades de bajada y subida, hasta 335 Mbps y 23 Mbps
- Dual-Cell y Multi-carrier (hasta 8 portadoras agregadas) y MIMO

# Redes 4G

## Tecnología: LTE : Long Term Evolution

**Objetivo:** Proporcionar un acceso de radiofrecuencia de alto rendimiento que permita altas velocidades

- Interfaz radio incompatible con GSM/3G. Basado en OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Ancho de banda dividido en numerosas subportadoras (de 15 KHz en LTE) ortogonales entre sí.
- Bajada hasta 300 Mbps ó 3 Gbps (LTE Advanced)
- Subida hasta 75 Mbps ó 1,5 Gbps (LTE Advanced)
- Canales de 20 MHz, agregación hasta 100 MHz (LTE Advanced)
- Asignación de frecuencias en bandas más bajas (800 MHz en Europa)
- Red Basada completamente en tráfico IP

# Internet por satélite

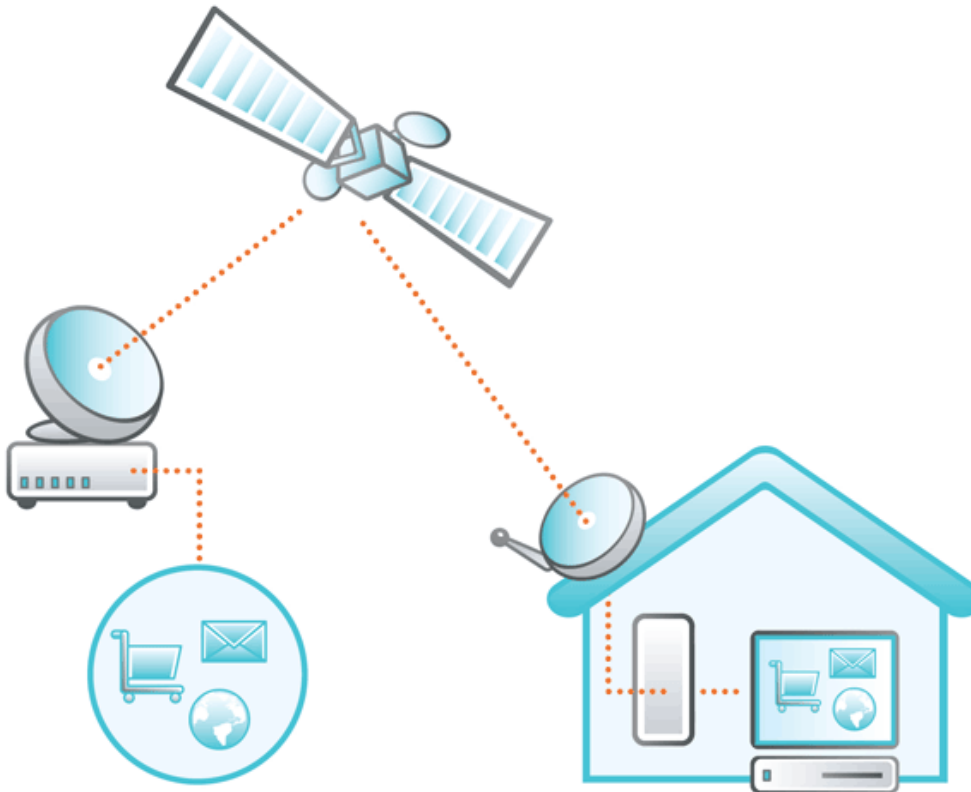
- Zonas rurales
- Refugios de montaña
- Islas
- Aviones

## Operadores

- Movistar
- Quantis
- Eureka Satélite
- ..

## Servicios

- 22/6 Mbps



## 5.4 Estructura y Organización de Internet

- Proveedores de servicios de acceso
- Estructura de Internet
- Peering

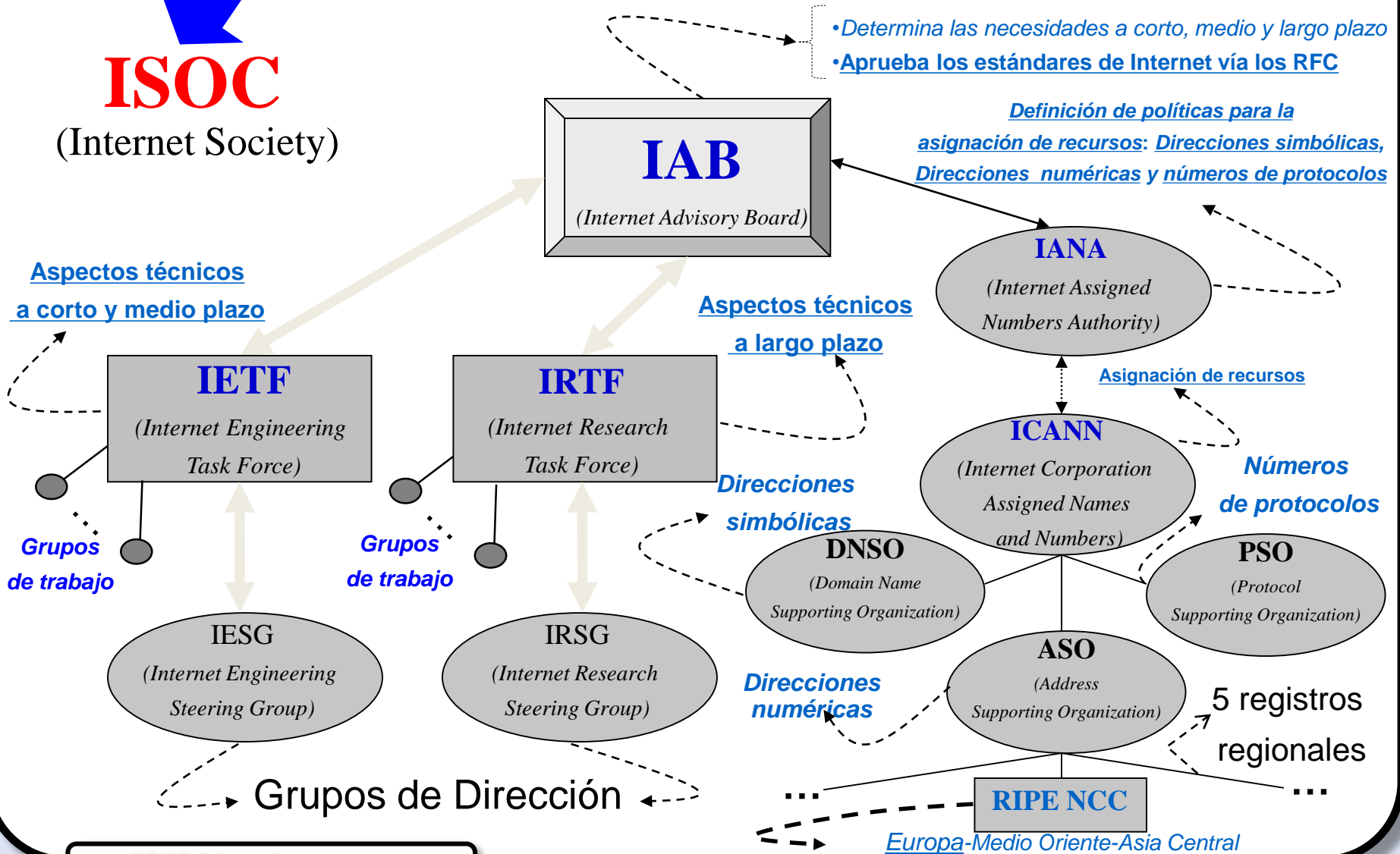
# Breve Historia de Internet

- 1968: DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) hace un contrato con BBN (Bolt, Beranek & Newman) para implementar ARPAnet
- 1970: Hay cinco nodos:
  - UCLA
  - Stanford
  - UC Santa Barbara
  - U of Utah, and
  - BBN
- 1974: Especificación del protocolo TCP por Vint Cerf
- 1984: El 1 de Enero los 1000 hosts conectados a Internet cambian los protocolos a TCP/IP

# Organización para el control y evolución de Internet

## ISOC

(Internet Society)



WAN e Internet



# Funcionamiento de Internet

## ➤ Distribución de recursos

- **IANA (Internet Assigned Numbers Authority):** supervisa la asignación global de direcciones IPs, N°s de sistemas autónomos, servidores raíz de nombres de dominio DNS y otros recursos relativos a los protocolos de Internet.

## ➤ Servicios de acceso a usuarios

- **ISPs**

## ➤ Evolución tecnológica

- RFCs (Request For Comments). Solicitudes de Comentarios numerados en secuencia de forma cronológica por su número.
- ....

## ➤ Sistema Autónomos (Autonomous System: AS)

- Red o conjunto de redes de tecnología IP que realiza su propia gestión (encaminamiento) del tráfico que fluye entre él y los restantes Sistemas Autónomos que forman Internet.
- Los SA intercambian información de encaminamiento y rutas (direcciones IP alcanzables) mediante el protocolo BGP en los Puntos Neutros (IXP)

# Internet y documentación

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

# Organización de Internet

## El acceso a Internet

- Un operador o Proveedor de Servicios de Internet (**PSI** ó **ISP**, *Internet Service Provider*) es una empresa u organización que ofrece acceso a Internet a sus clientes
  - Ej: Los operadores de telecomunicaciones como Telefónica, Orange, Vodafone, etc.
  - Muchos PSIs, también, ofrecen servicios extras relacionados con Internet a través de su red IP, como servidores de correo electrónico, servidores de páginas Web, servidores DNS, registro de dominios, etc.
- Los **IXP** (Internet eXchange Point) o Puntos Neutros de Intercambio, constituyen los centros donde :
  - Se intercambia el tráfico IP entre los distintos PSI
  - Se intercambian rutas (direcciones IPs) mediante el protocolo BGP

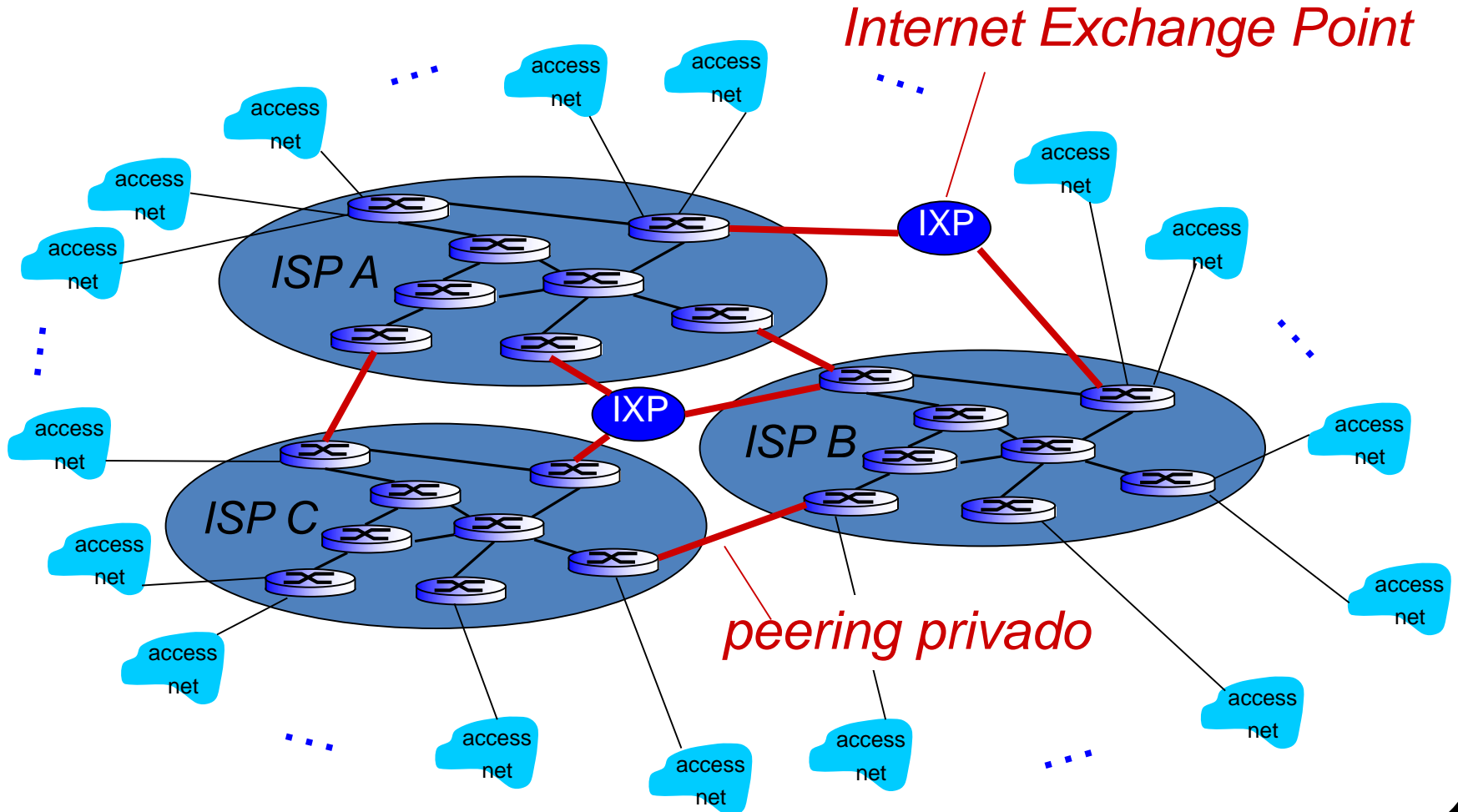
# PoP, IXPs, NAsPs

PoP Versus IXP:

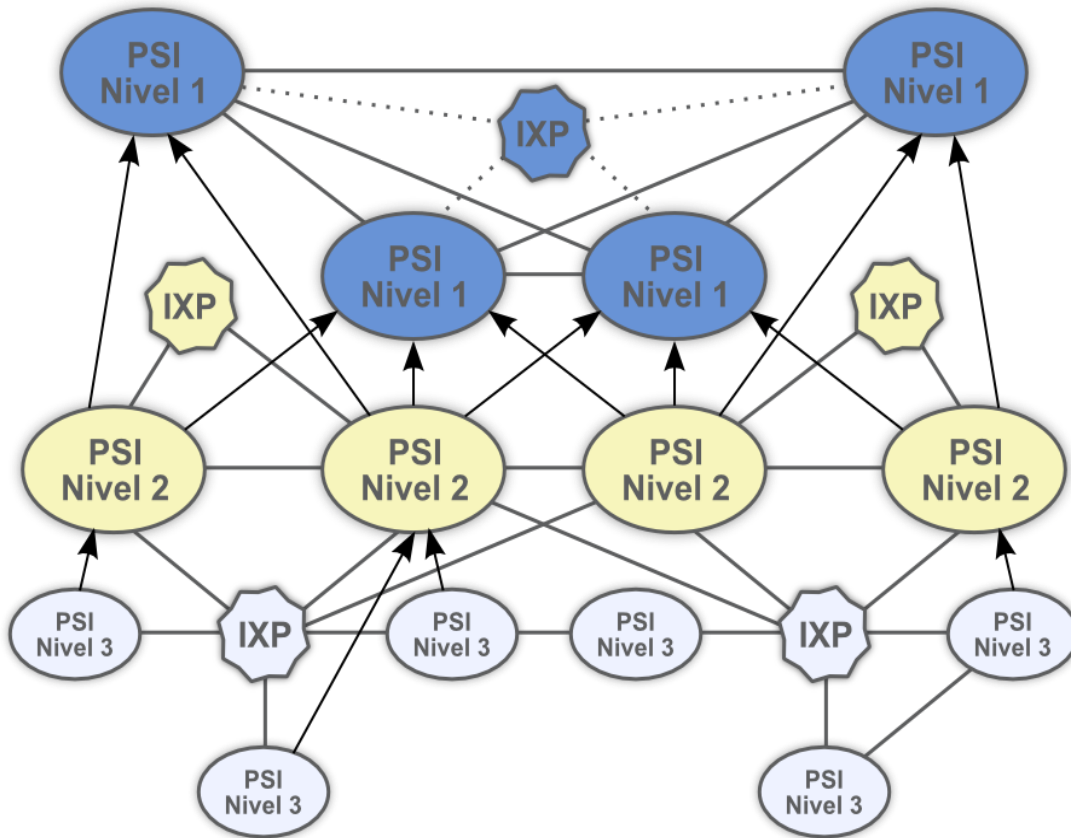
- En un POP (Point of Presence) intercambian tráfico dos operadores. Las instalaciones suelen ser de una tercera entidad.
- En un IXP intercambian tráfico (peering) múltiples operadores.

NAP: Network Access Point: Primeros centros de interconexión de los ISP, con el paso del tiempo han evolucionado a los actuales IXPs.

# Estructura de Internet: Red de redes



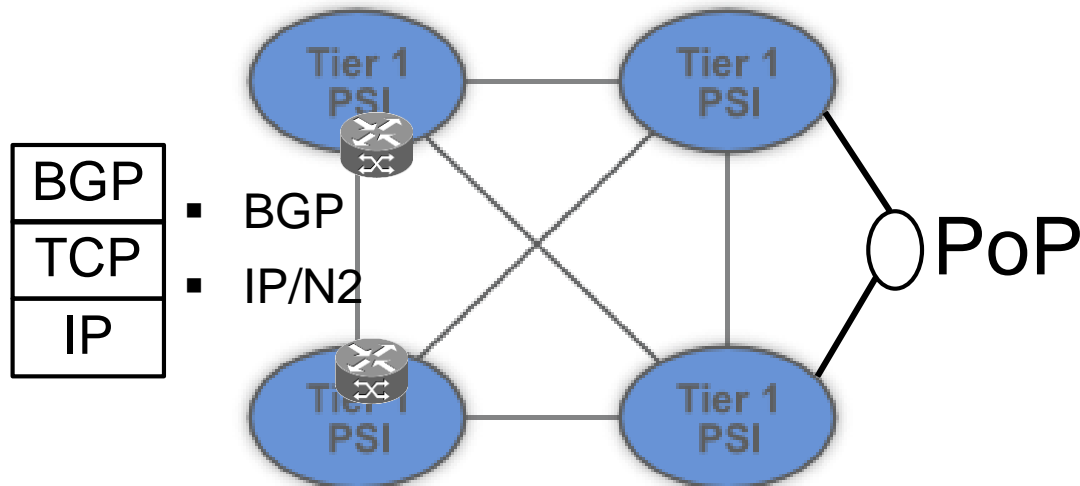
# Estructura de Internet



- Los ISP pueden ser de nivel 1 (tier 1), nivel 2 (tier 2) o nivel 3 (tier 3) en función de su cercanía al usuario final
- Los ISP de nivel 3 o ISPs locales o más cercanos al usuario se interconectan directamente vía un IXP
- Un ISP de nivel 2 se conecta vía un IXP con los ISP de nivel 3 e incluso con otros ISP de nivel 2
- Los ISP de nivel 1 forman el núcleo de Internet y juegan un papel fundamental cuando la máquina origen y destino están en diferentes países

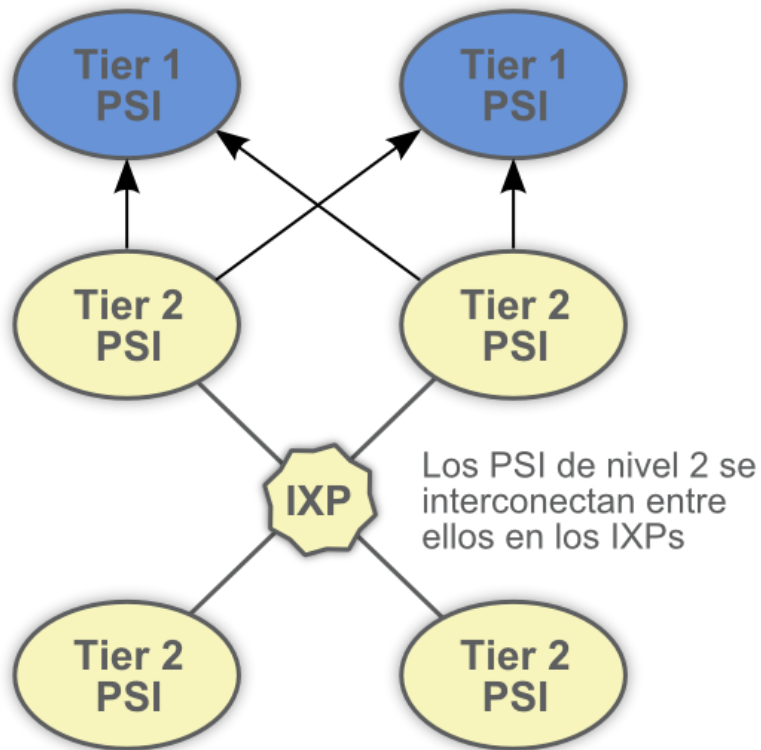
# Estructura de Internet nivel 1

- La estructura de Internet tiene cierta jerarquía y es dinámica
- En el nivel más alto están los PSI de “nivel 1” (del orden de una decena: Telefónica Global Solution, Hurricane Electric Internet Services, UUNet, Genuity, Sprint, AT&T, Global Crossing, Level3, NTT, Qwest, SAVVIS, etc. ), que se interconectan entre ellos, normalmente en los POPs.



## Estructura de Internet nivel 2

- Los PSI de Nivel 2 suelen ser clientes de uno o más PSIs de nivel 1

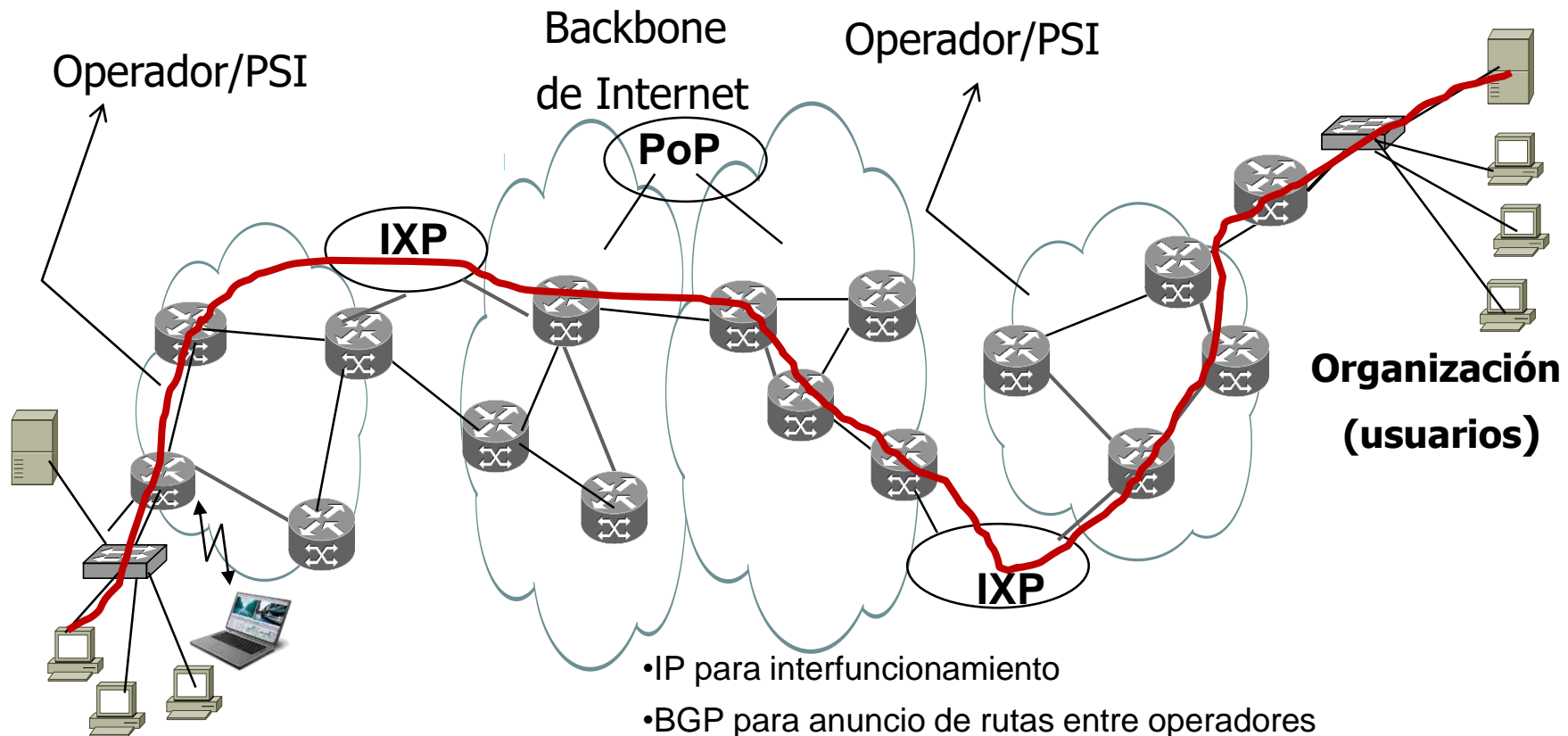


- Un ISP de nivel 2 se conecta directamente a más de un ISP de nivel 1 y, a su vez a otros ISP de nivel 2 en los IXP

Diferencias entre tier 1 y tier 2?



# Comunicaciones en Internet



- Tecnologías de acceso a la red
  - Ethernet
  - Wifi

- IP para interfuncionamiento
- BGP para anuncio de rutas entre operadores
- TCP para establecer conexiones fiables
- UDP para TR y otras aplicaciones
- DNS para encontrar la dirección IP
- **IXP: Internet Exchange Point o Punto Neutro**
- **PoP: Point of Presence**

# Puntos Neutros en España

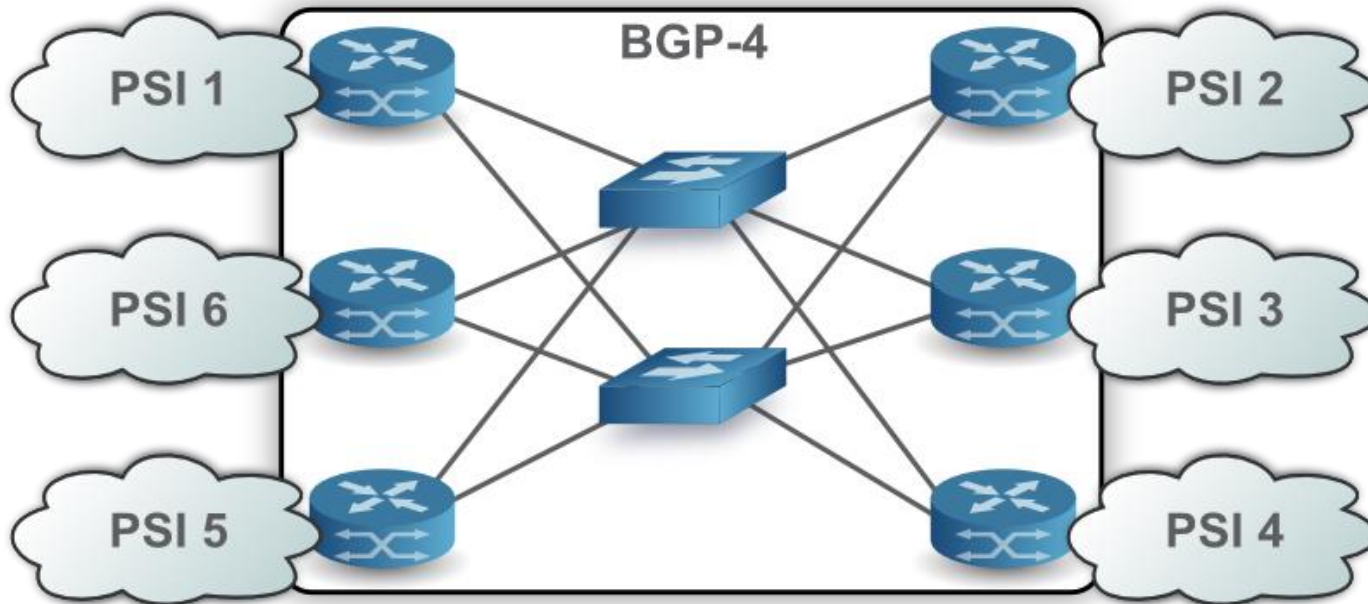
## ➤ Objetivo

- Facilitar el intercambio de tráfico de Internet entre Proveedores de Acceso a Internet (PSIs) y de rutas.
- El protocolo de encaminamiento a utilizar entre PSIs es el BGP-4, optimizando al máximo las capacidades de agregación permitidas por el CIDR.

## ➤ En España

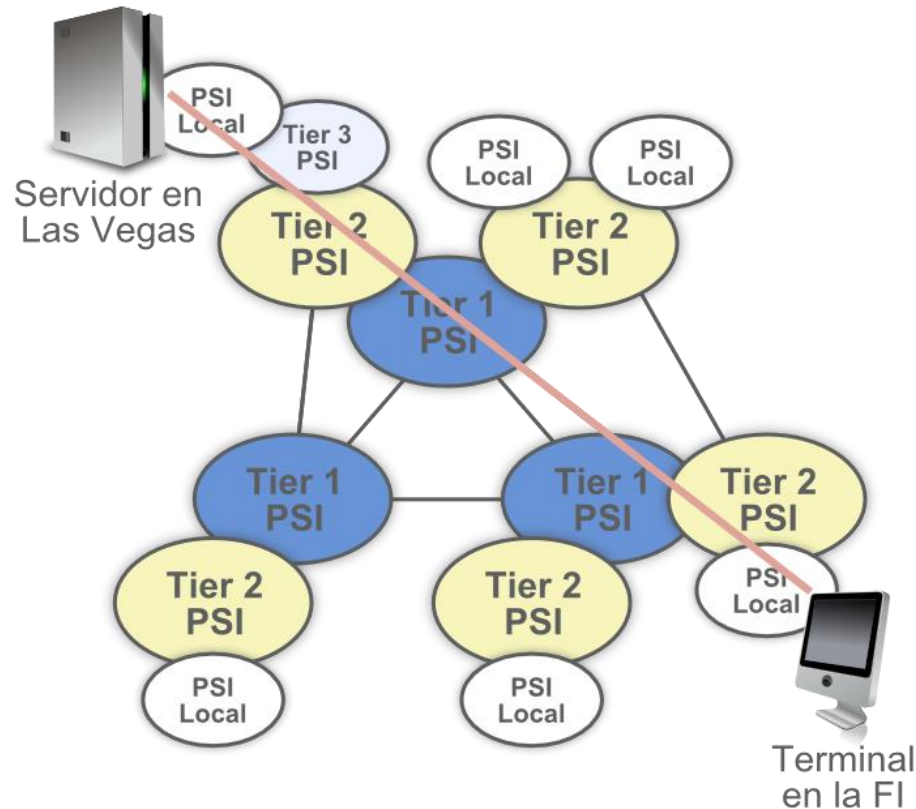
- Nacional
  - ESPANIX; Madrid 1997
- Regionales
  - CATNIX ; Barcelona 1999
  - EUSKONIX; Bilbao 2000
  - GALNIX; Santiago de Compostela. 2002
  - MAD-IX; Madrid 2003

# Implementación de Internet Exchange Point (IXP)



# Comunicaciones en Internet

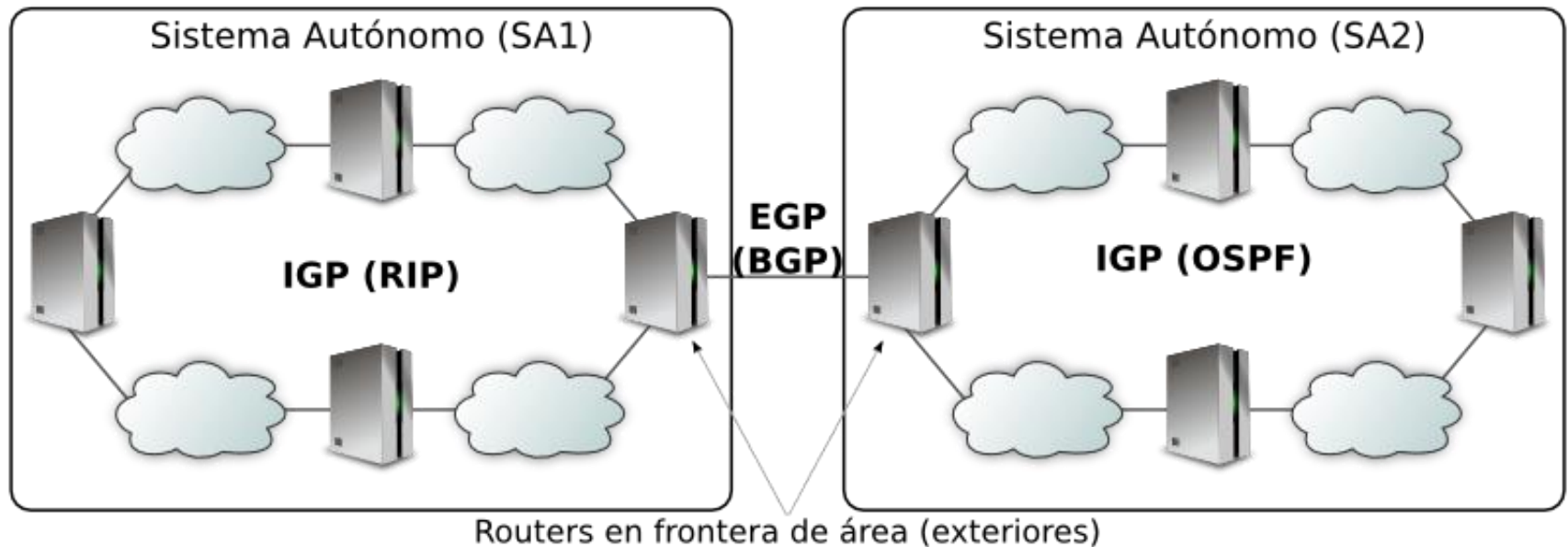
- Los paquetes pasan a través de redes de diferentes operadores (Sistemas Autónomos)



- ¿Cómo se logra encaminar los paquetes desde el SA origen al SA destino?

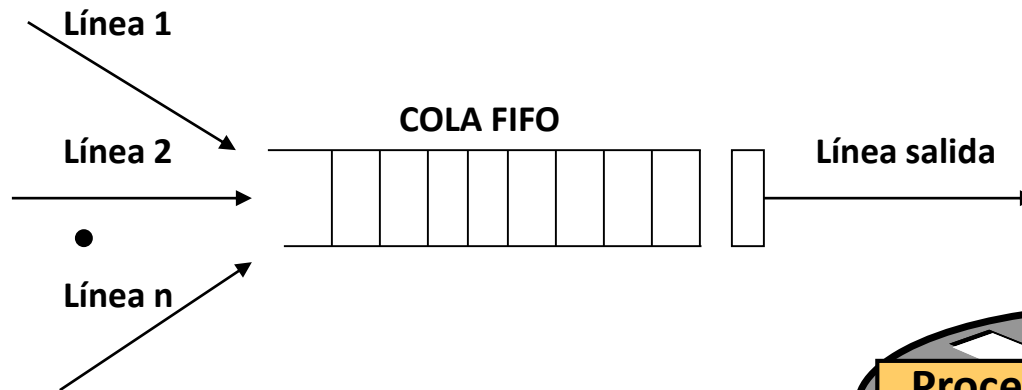
# Encaminamiento en Internet

## ➤ Sistemas Autónomos



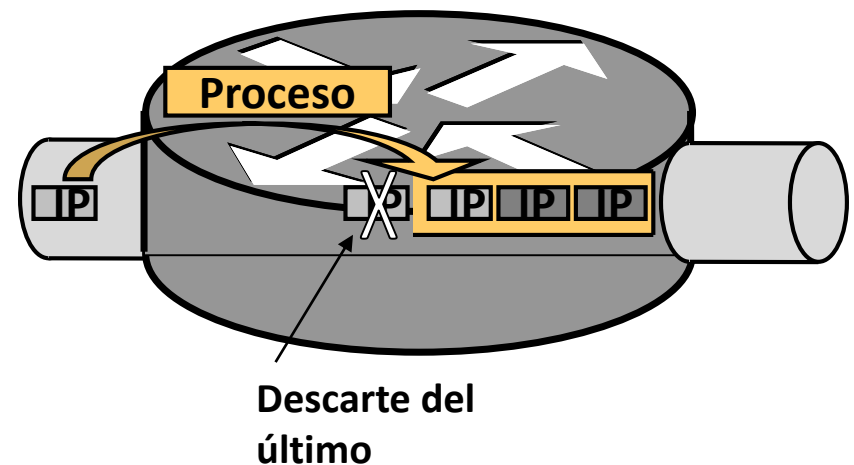
# Servicio “best effort”

- **Servicio** (planificador): FIFO para cada línea de salida



## Características

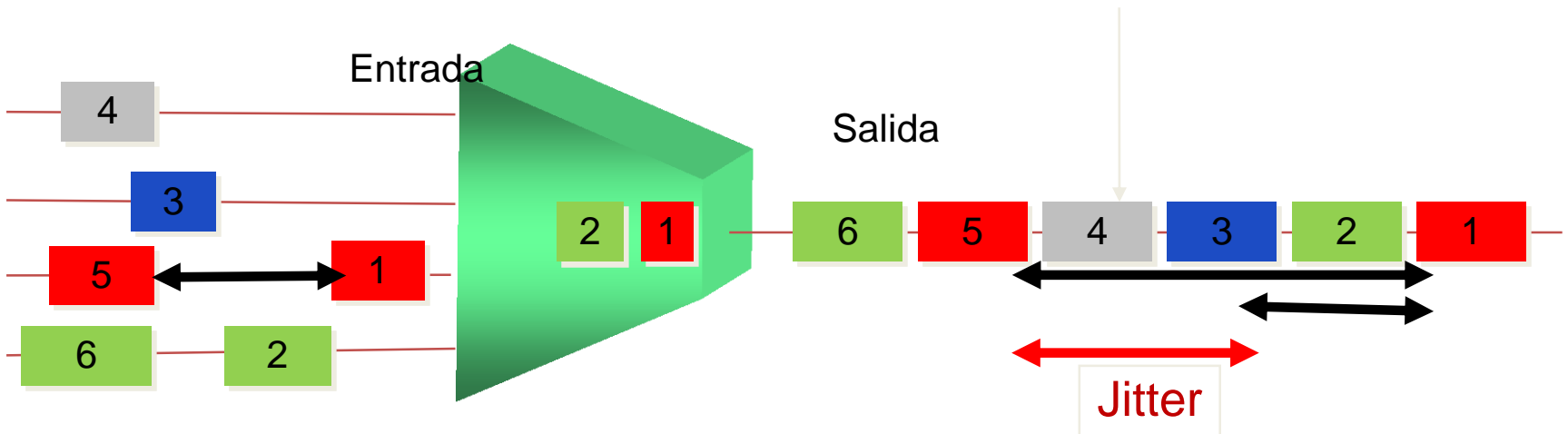
- No garantiza el retardo máximo en la entrega
- Retardos de transferencia variables (Jitter)
- Pierde datagramas (memoria de buffers llena)
- No garantiza un caudal a cada flujo



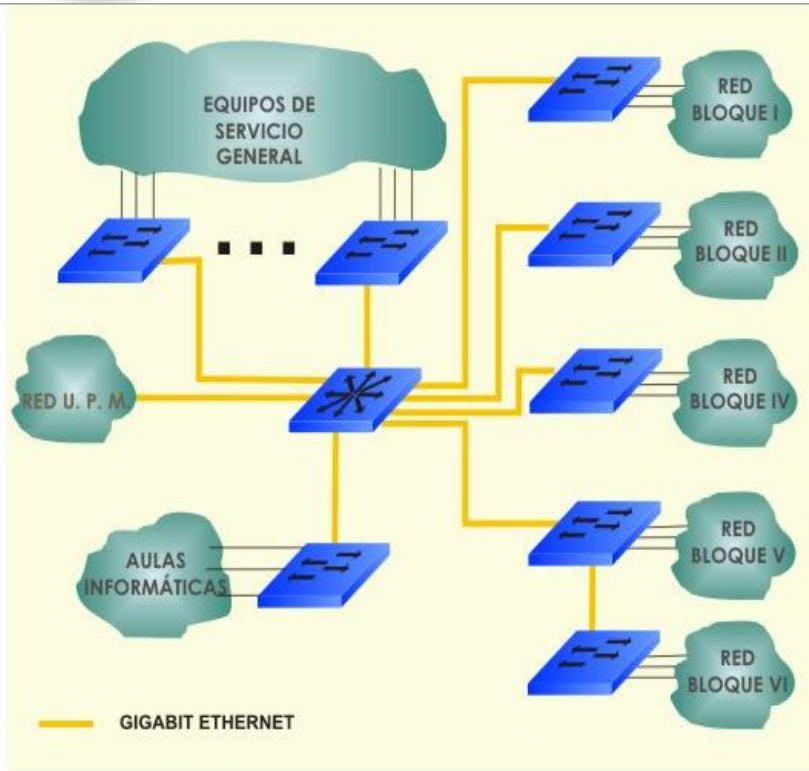
# Efecto de una cola FIFO

## ➤ Ristra de paquetes:

- Retardo
- Jitter



# Red del centro



Forma parte de  
RedIris

El troncal (*backbone*) de la red está formado por un *switch* GigabitEthernet/10GigabitEthernet que interconecta los diversos edificios del Centro.

La conexión con la red de la UPM se realiza mediante un enlace de 1Gbs. Este enlace podrá ir aumentando su capacidad a medida que vaya siendo necesario.

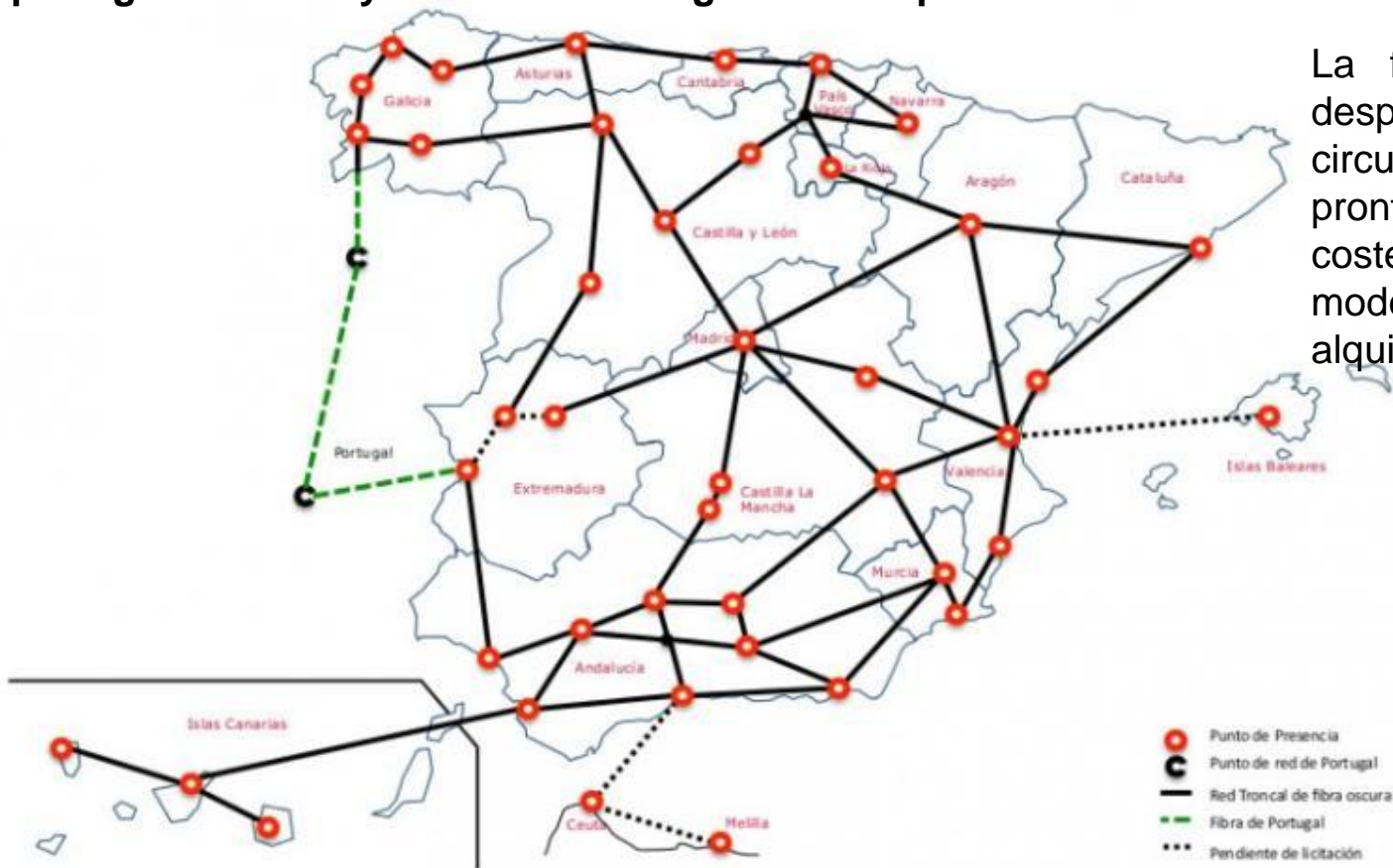
Los *switch* que dan servicio a los distintos edificios, se encuentra conectados con el Switch principal mediante enlaces GigabitEthernet y 10GigabitEthernet sobre fibra óptica dependiendo de las necesidades de tráfico.

El *switch* principal dispone de un módulo de *switch* nivel 3 que permite realizar el encaminamiento entre las diferentes redes virtuales (VLAN) y desde donde se gestiona el acceso hacia/desde la Facultad del tráfico IP.



## Conexión a Internet. RedIRIS-NOVA

Red óptica de alta capacidad de RedIRIS, que conecta las redes de todas las comunidades autónomas y los principales centros de investigación de España con el resto de redes académicas internacionales y en especial las redes académicas y de investigación portuguesa FCCN y la red de investigación europea GÉANT.



La fibra óptica permite desplegar fácilmente circuitos de 10G o 40G y pronto de 100G, por un coste muy inferior al modelo de red basado en alquiler de capacidad.