

1. Organización y funcionamiento de Internet:

a. Centros de Control

- i. Organización de Centros de Control y Evolución Tecnológica en Internet (IAB)
- ii. Organización de Centros de Control de Acceso a Internet (ISPs)

1. Niveles jerárquicos

a. IXP

i. Peering

b. Encaminamiento Dinámico

- i. Sistemas autónomos y encaminamiento dinámico

1. IGP y EGP

2. Tecnologías de Acceso a Internet

a. ADSL (cable telefónico) y Fibra Óptica

- i. Protocolo PPP

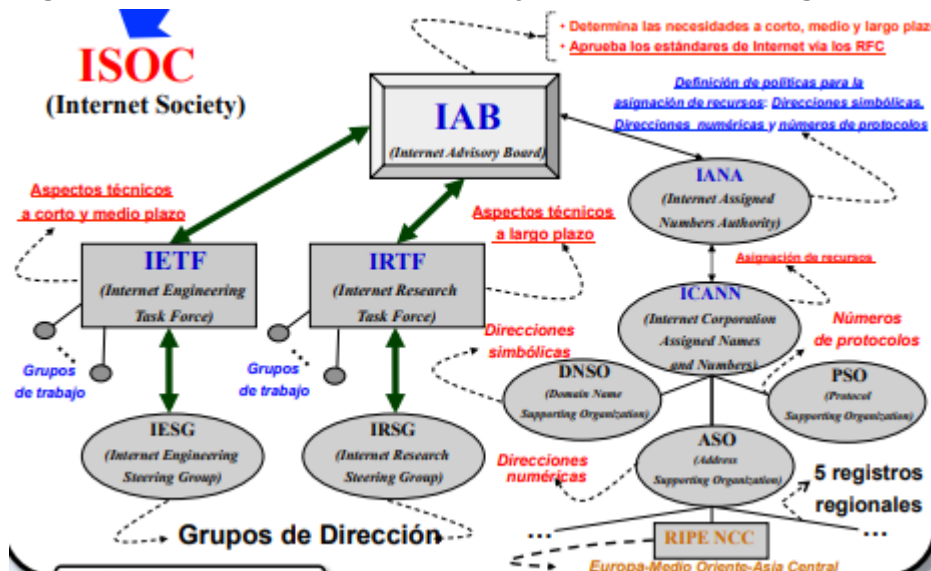
b. Redes de Telefonía Móvil

- i. 4G/5G

c. Redes WiMAX y por Satélite

1. Organización y funcionamiento de Internet:

a. Organización de Centros de Control y Evolución Tecnológica en Internet:



- i. **IAB**: la mayoría fueron desarrolladores de la Arquitectura TCP/IP.
- ii. **IANA**: define las políticas para la asignación de recursos (direcciones simbólicas, direcciones numéricas y números de protocolo) y el **ICANN** las aplica mediante una organización por cada tipo de recurso.

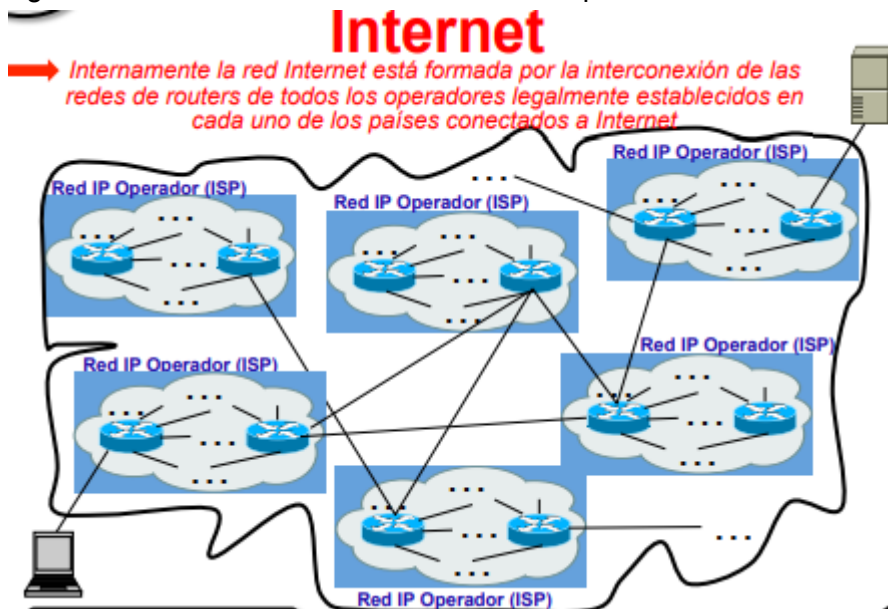
iii. Registros regionales:



iv. **RFC (Request for Comments):** solicitudes de comentarios. Documentos que recogen especificaciones de protocolos, servicios y otras informaciones, numerados en secuencia de forma cronológica por su número RFC.

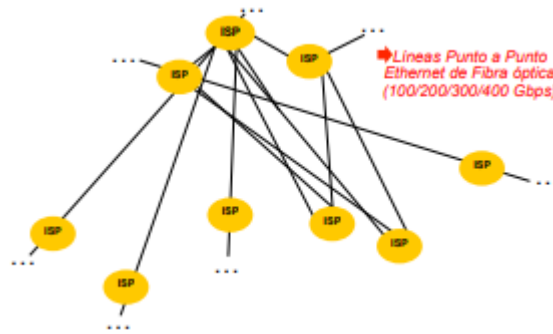
b. Organización de Centros de Control de Acceso a Internet (ISPs):

i. **Infraestructura de múltiples ISPs y routers:** internamente, Internet está formada por la interconexión de las redes de routers de todos los operadores legalmente establecidos en cada uno de los países conectados a Internet.

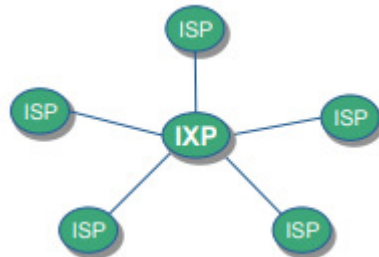


ii. **Intercambio previo de rutas (direcciones IP de los clientes) y tráfico IP entre ISPs:** las redes de los ISPs deben estar previamente conectadas para un intercambio de información de encaminamiento de rutas IP, antes del tráfico de paquetes IP de datos. El objetivo es configurar automáticamente las tablas IP de los routers ISP sin necesidad de pararlos (obstruyendo trayectos por Internet).

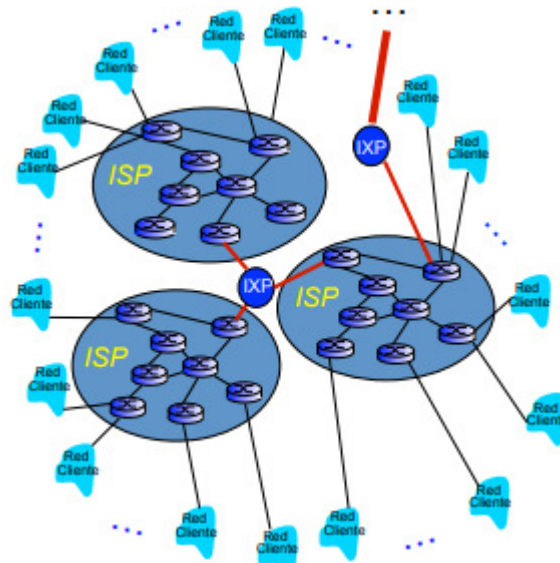
1. **Encaminamiento directo:** cable Ethernet punto a punto de fibra óptica.



2. **Encaminamiento indirecto:** mediante un Centro de Interconexión o Punto Neutro de Intercambio (IXP)



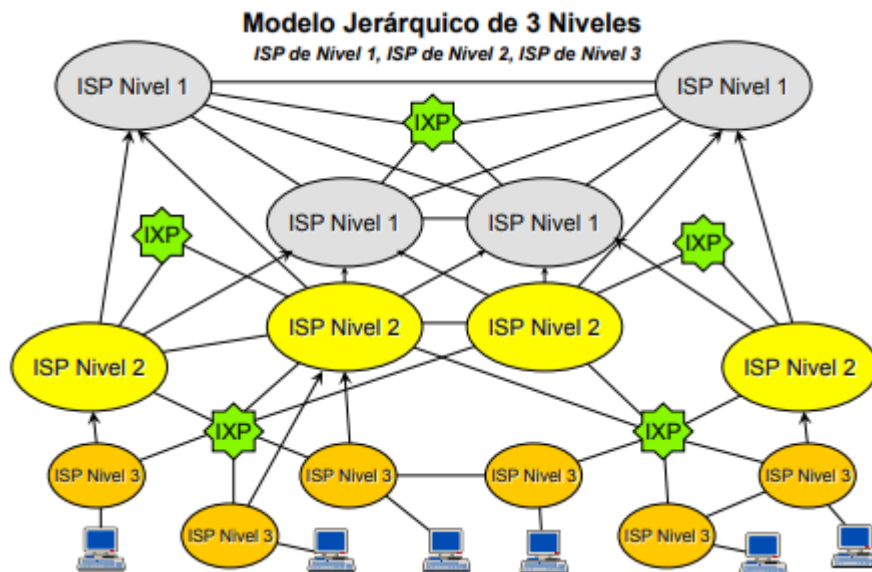
- a. **IXP (*Internet eXchange Point*):** centros u organizaciones que ofrecen una infraestructura de comunicaciones (*switches eth*) para conectar las redes de routers de los ISPs.



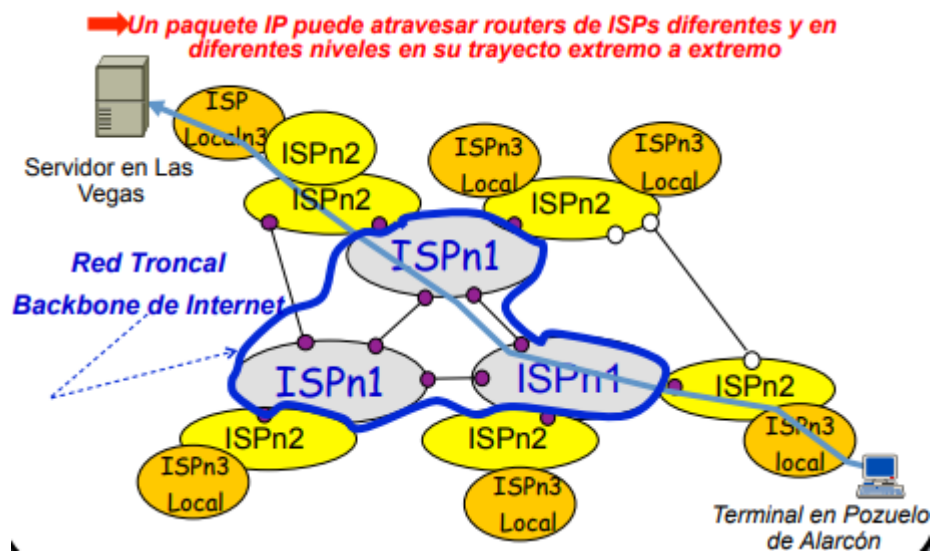
3. Objetivos:

- a. Conformer la gran red de redes que es Internet.
 - b. Intercambio previo de rutas (información IP).
 - c. Intercambio de tráfico sin importar la dispersión geográfica o el operador de cada cliente.
- iii. **Peering (acuerdo entre pares):** acuerdo entre dos ISPs para intercambiar rutas y tráfico sin cobrarse por el servicio que mutuamente se prestan. No obstante, se le puede llamar *peering* también cuando hay pago por el servicio (generalmente, un ISP pequeño pagaría a otro ISP grande).

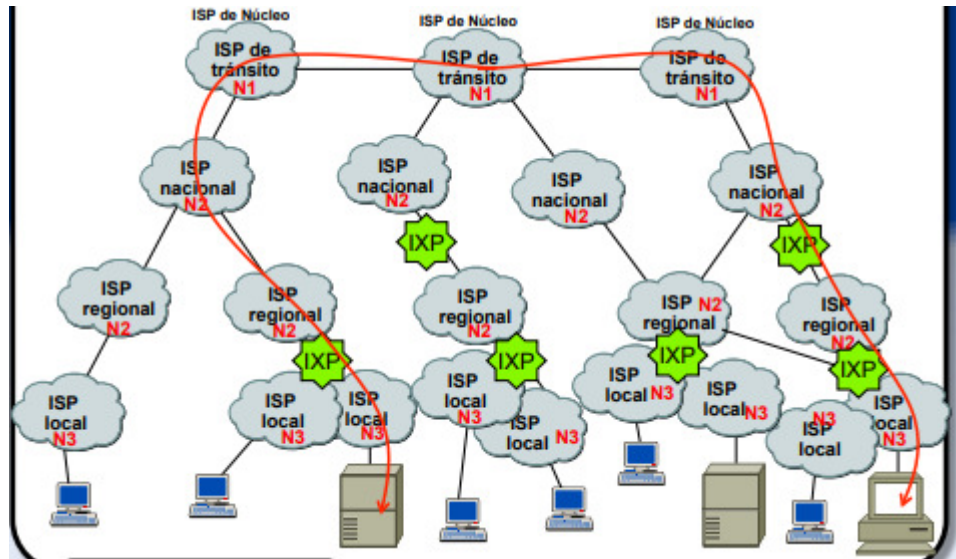
iv. **Modelo jerárquico de 3 niveles de ISPs en Internet:**



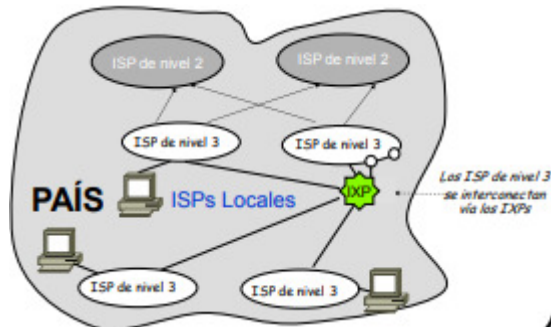
1. **ISP nivel 1:** operadores nacionales que encaminan paquetes IP entre países (operadores de núcleo).
2. **ISP nivel 2:** operadores regionales (intermedios).
3. **ISP nivel 3:** operadores locales (más cercanos al usuario) que dan servicio a los equipos finales.
4. Un ISP nivel 1 suele ser también nivel 2 y 3 (p. ej., Telefónica/Movistar).
5. **Encaminamiento por la jerarquía de ISPs en Internet:**



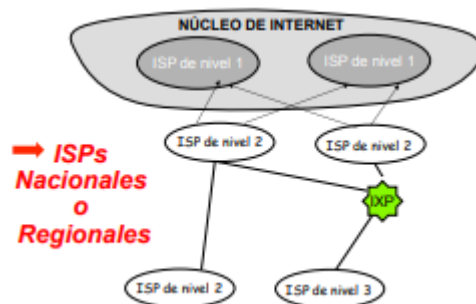
6. Encaminamiento internacional por la jerarquía de ISPs en Internet:



7. Estructura de Internet de Nivel 3: ISPs que permiten al usuario final acceder a Internet.



8. Estructura de Internet de Nivel 2: ISPs intermediarios para tránsito nacional e internacional. Permiten el tránsito entre ISPs de nivel 1 y de nivel 3.

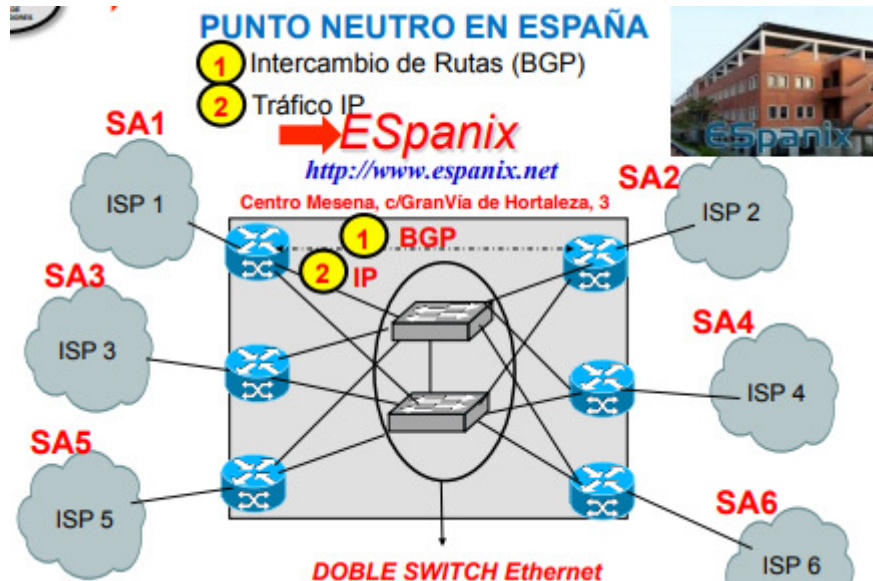


9. Estructura de Internet de Nivel 1 (*backbone* de Internet): ISPs que permiten encaminar paquetes IP de un país a otro.



v. **Sistemas Autónomos (SA):** conjunto de routers de cada ISP en Internet.

vii. **IXP en España:** [ESpanix](http://www.espanix.net)



- c. **Encaminamiento Dinámico en Internet:** envío de mensajes de información de encaminamiento IP (rutas) para la actualización automática de la tabla IP de los ISPs sin detenerlos mediante un protocolo interno (IGP) con routers interno del SA o un protocolo externo (EGP) con routers externos de SAs vecinos.

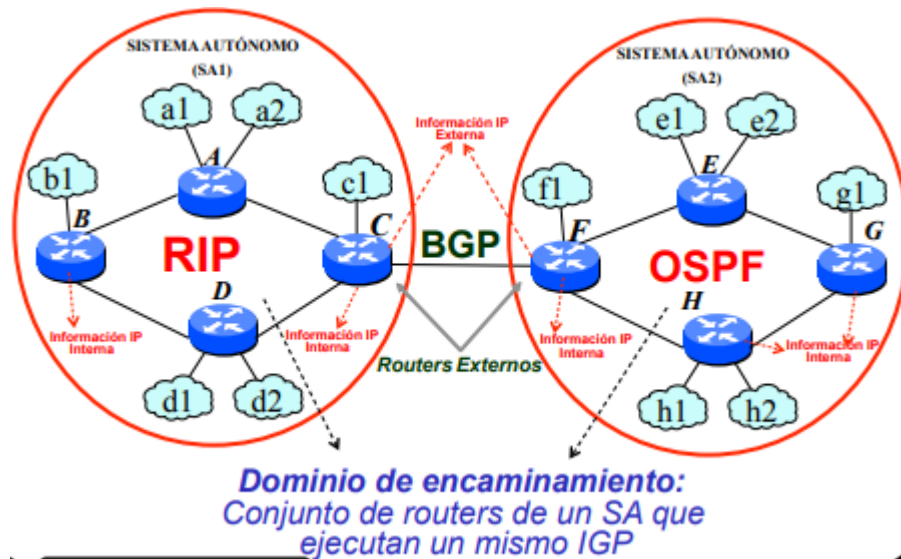
- i. El encaminamiento IP se basa en una configuración IP previa dinámica.
- ii. **Diferencia encaminamiento dinámico vs IP:**
 1. **Protocolos de encaminamiento dinámico:** utilizados para encaminar dinámicamente las tablas IP de los routers.
 2. **Protocolo IP:** utilizado para encaminar paquetes IP.
- iii. **Protocolos internos (IGP):** actualiza las tablas IP de routers de un SA.

- **RIPv2** (Routing Information Protocol, RFC-2453): **IAB**
✓ Protocolo estándar en Internet
- **IGRP** (Internet Gateway Routing Protocol, www.cisco.com): **Cisco**
✓ Protocolo propietario de CISCO
✓ RIP mejorado
- **EIGRP** (Enhanced IGRP, www.cisco.com): **Cisco**
✓ Protocolo propietario de CISCO
✓ IGRP mejorado
- **OSPFv2** (Open Shortest Path First Protocol, RFC-2328): **IAB**
✓ Protocolo estándar en Internet
- **IS-IS** (Intermediate System to Intermediate System, ISO DP 10589, RFC-1195: Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments): **ISO**
➤ Protocolo estándar no específico en Internet (protocolo de la arquitectura de comunicaciones OSI adaptado a TCP/IP)

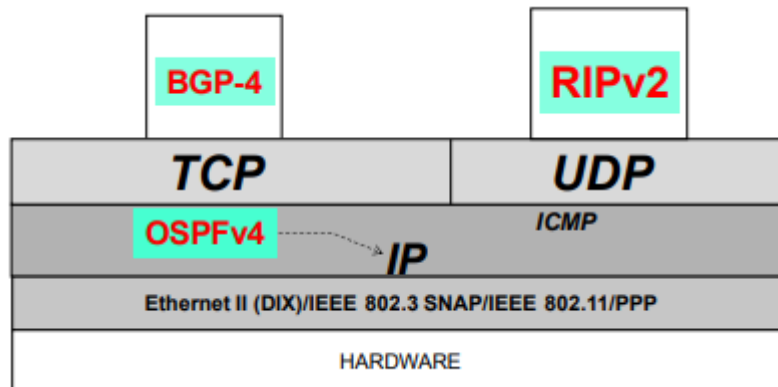
- iv. **Protocolo externo (EGP):** actualiza las tablas IP de routers de SAs distintos.

- **BGP-4** (Border Gateway Protocol 4, RFC-4271): **IAB** entre Sistemas Autónomos
➤ Protocolo estándar en Internet

- v. **Ejemplo:** aplicación de los protocolos estándares de encaminamiento dinámico en 2 SAs con un único dominio de encaminamiento.



- vi. Protocolos estándar de encaminamiento dinámico en la arquitectura TCP/IP:

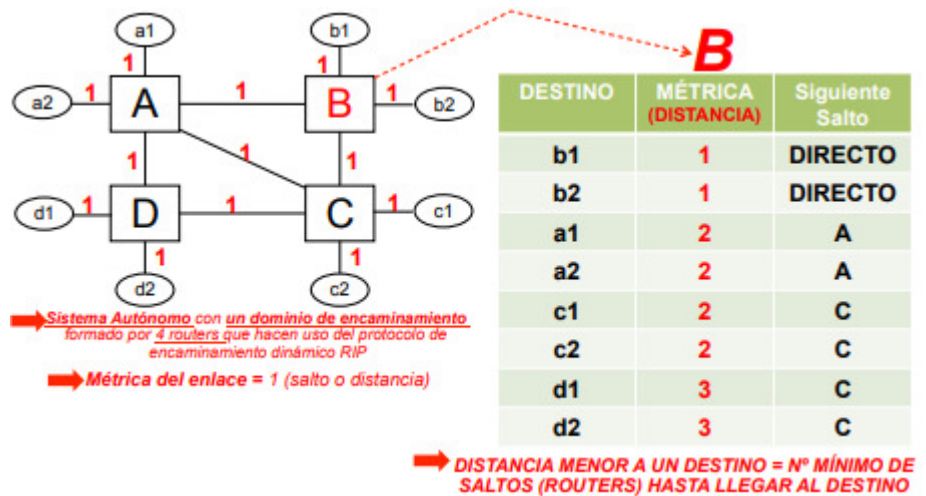


- vii. **Algoritmos usados por los protocolos de encaminamiento dinámico:**

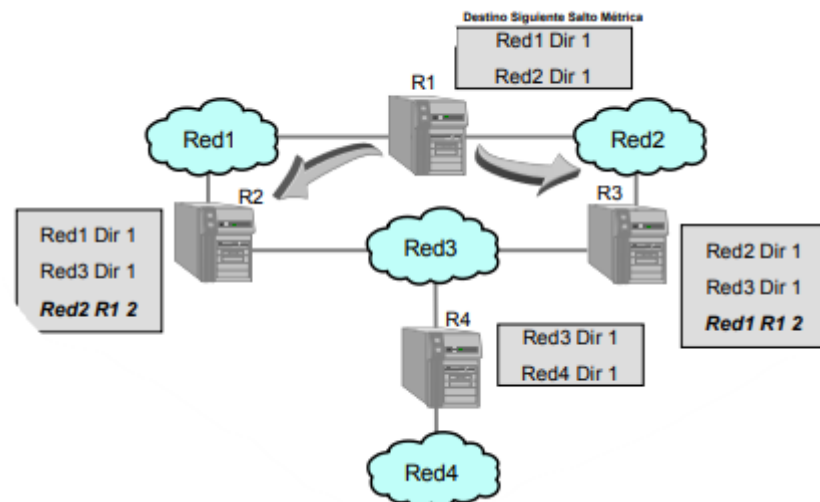
1. **Algoritmo Dinámico del Vector de Distancias:**

- Métrica:** número de saltos o routers que hay que atravesar hasta llegar a un destino.
- Métrica del enlace:** mismo coste a cada enlace (normalmente, un salto como RIP). No importa que la conexión sea telefónica, de fibra óptica o vía satélite.
- Métrica total a un destino:** número **mínimo** de saltos o routers hasta llegar a un destino.
- Protocolo RIPv2 (Routing Information Control):** basado en el vector de distancias.
 - Número total de saltos:** mínimo 1, máximo 15.
 - Los mensajes RIP contienen la **tabla IP completa** (el vector de distancias completo), que intercambian periódicamente los routers.
 - Protocolo pensado para organizaciones con topología simple, número reducido de routers y poco tráfico.
 - UDP + puerto 520**

- e. **Ejemplo:** funcionamiento de protocolo RIP → tabla IP óptima para router B

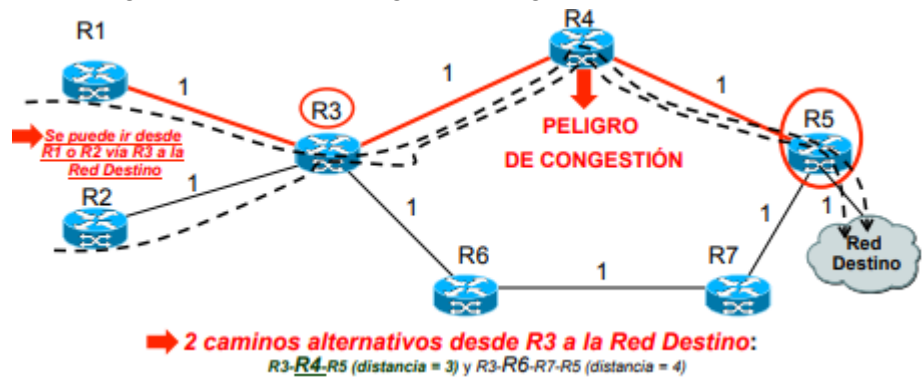


- f. **Ejemplo:** funcionamiento de protocolo RIP



- Inicialmente, cada router solo tiene en su tabla IP la información de sus redes adyacentes (distancia = 1).
- Periódicamente, otros routers envían copias completas de sus tablas IP a otros routers para que conozcan la distancia con routers no adyacentes (por ejemplo, R3 con Red1 gracias a la información de R1).

- g. **Limitaciones de RIP:** las rutas son fijas y pueden producir sobrecargas de tráfico → peligro de congestión en un router.

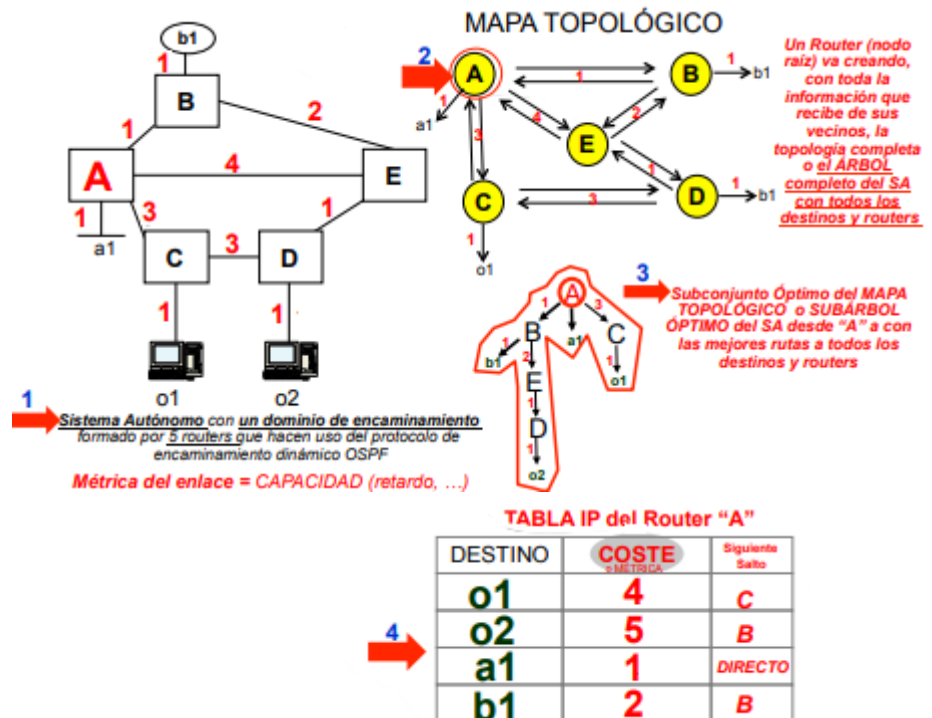


- i. Se sobrecarga la ruta R3-R4-R5, mientras que se desaprovecha la ruta R4-R6-R7-R5.

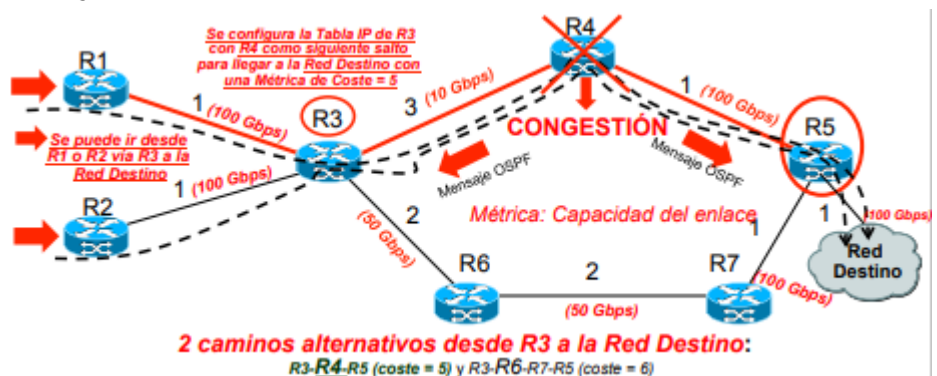
2. Estado del enlace (Dijkstra) o Algoritmo SPF (*Shortest Path First*):

- Métrica:** diferentes medidas (capacidad de enlace, retardos, longitud de enlace, ..., o una mezcla de varias medidas).
- Métrica del enlace:** ruta de coste mínimo (por ejemplo, costes más bajos a los enlaces de mayor capacidad: 1 a un enlace de 100 Gbps, 2 a otro de 50 Gbps, 3 a otro de 10 Gbps, ...).
- Métrica total a un destino:** suma menor de los costes de cada enlace hasta llegar a un destino.
- Mensajes más cortos que los RIP:** solo se intercambiarán las actualizaciones puntuales (no la tabla completa), aumentando la rapidez de difusión.
- Protocolos más complejos que el de vector de distancias (RIP).
- Protocolo OSPFv4 (*Open Shortest Path First*):** basado en el estado del enlace.
 - Protocolo pensado para sistemas autónomos grandes con número alto de routers y con tráfico de red elevado.
 - OSPF** conoce la ruta completa de routers hasta un destino, mientras que **RIP** solo sabe el siguiente router al que saltar para llegar a un destino.
 - IP + tipo de protocolo 89**

g. Ejemplo:



h. Ventajas de OSPF:



- Cuando un router supera un umbral de congestión, envía mensajes OSPF a routers adyacentes para que busquen un camino alternativo (aunque más costoso: 5 → 6).
- Actualizan su mapa topológico con la **ruta R3-R6-R7-R5**.

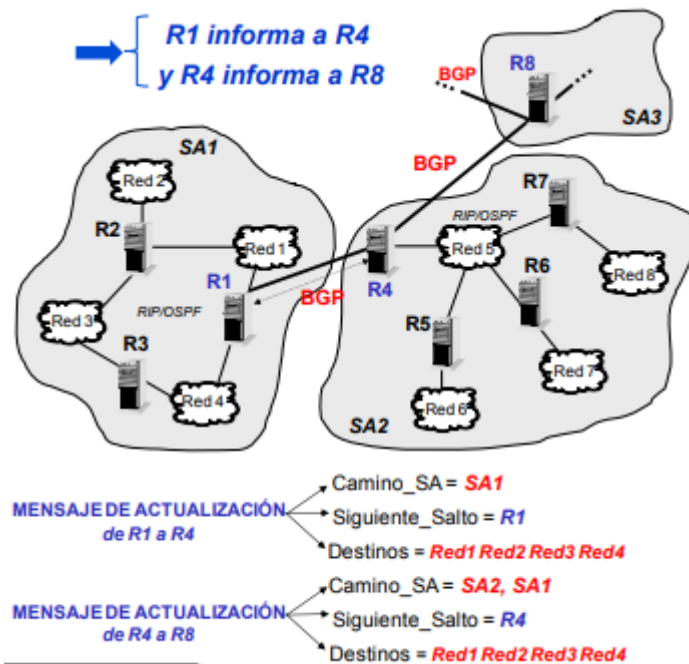
viii. **Protocolo BGP-4 (Border Gateway Protocol 4):** protocolo EGP estándar obligatorio en Internet entre los SA.

1. **Vector de distancias:**

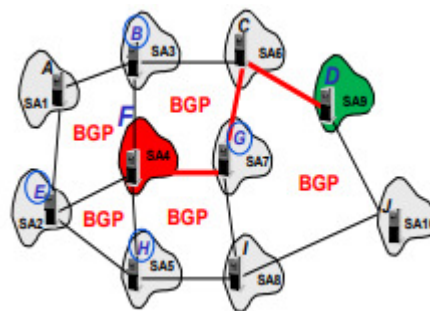
- Métrica:** número de identificadores de SA hasta llegar al destino.
- Métrica total hasta un destino:** mínimo nº de identificadores.

- Router BGP:** dispone de la topología completa de SAs hacia un destino
- TCP + puerto 179**

4. Ejemplo:



5. **Ejemplo:** router externo "F" quiere llegar al SA9, en función de las rutas que le indican sus routers vecinos (B, G, H, E).



♦ Para la ruta óptima SA4 SA7 SA6 SA9 (FGCD), el router externo F (SA4) recibe de sus vecinos:

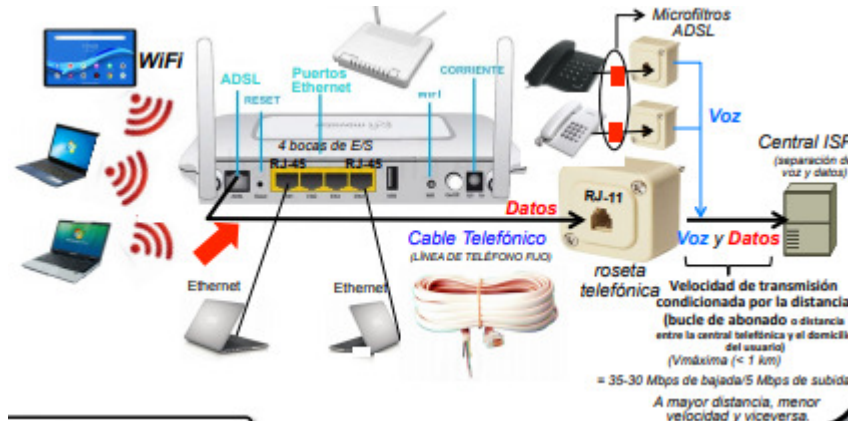
- ✓ De B: SA3 SA6 SA9
- ✓ De G: SA7 SA6 SA9
- ✓ De H: SA5 SA4 SA7 SA6 SA9 (ruta descartada al pasar a través de SA4)
- ✓ De E: SA2 SA4 SA7 SA6 SA9 (ruta descartada al pasar a través de SA4)

LA DECISIÓN CONSISTIRÁ EN PASAR POR SA3 (SA3 SA6 SA9) o SA7 (SA7 SA6 SA9) DEPENDIENDO DE LA POLÍTICA DE ENCAMINAMIENTO

2. Tecnologías de Acceso a Internet

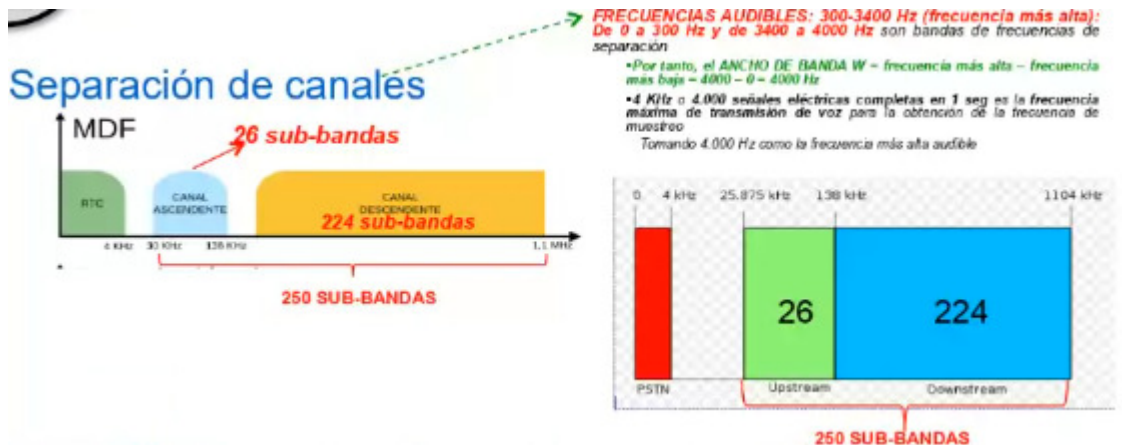
- a. **Tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line):** cable telefónico de cobre que permite hablar telefónicamente mientras se está conectado a Internet.
- Composición:** dos pares trenzados de hilo de cobre (4 hilos).
 - Tres canales digitales:**
 - Canal para llamadas telefónicas.
 - Canal para bajadas o descargas.
 - Canal para subida o cargas.

iii. **Router ADSL:** puertos Ethernet, puertos de acceso WiFi, puerto ADSL.



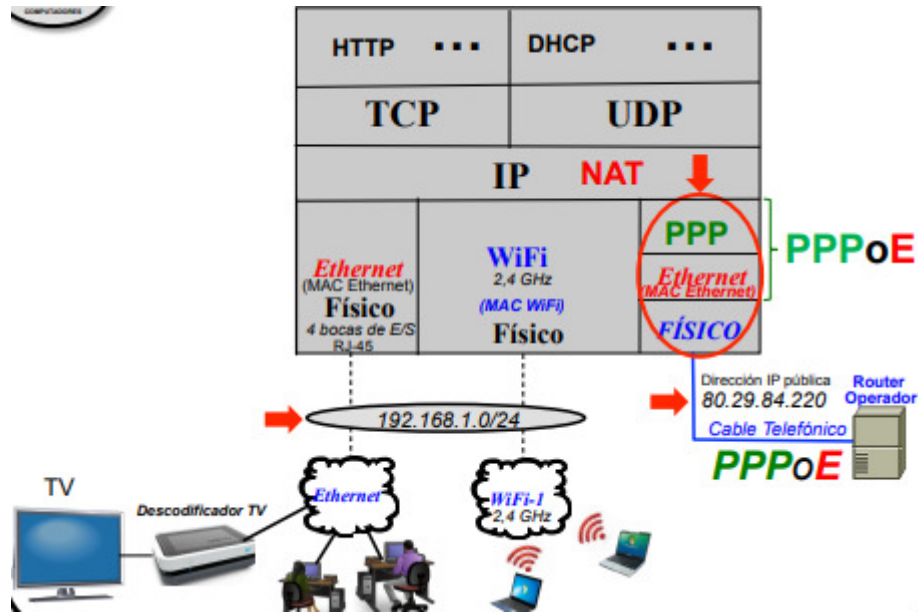
1. **Microfiltros ADSL:** separa las frecuencias de voz y datos en dos pares de cobre distintos (*splitter*).
2. **Bucle de abonado:** distancia entre la central telefónica y el domicilio del usuario.

iv. **Ancho de banda de ADSL:** 1,104 MHz en 256 sub-bandas de 4 kHz.



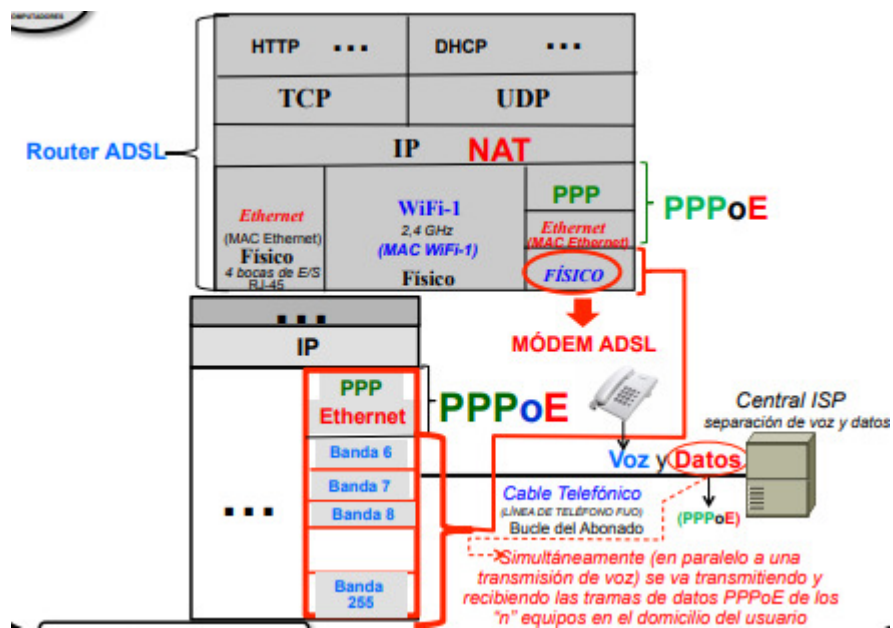
- ✓ La sub-banda 0 se utiliza para RTC
- ✓ Las sub-bandas 1-5 no se utilizan para evitar interferencias entre voz y datos
- ✓ Las 250 sub-bandas restantes (6 a 255) se utilizan para la BAJADA y SUBIDA de datos

v. Nivel de enlace de router ADSL:

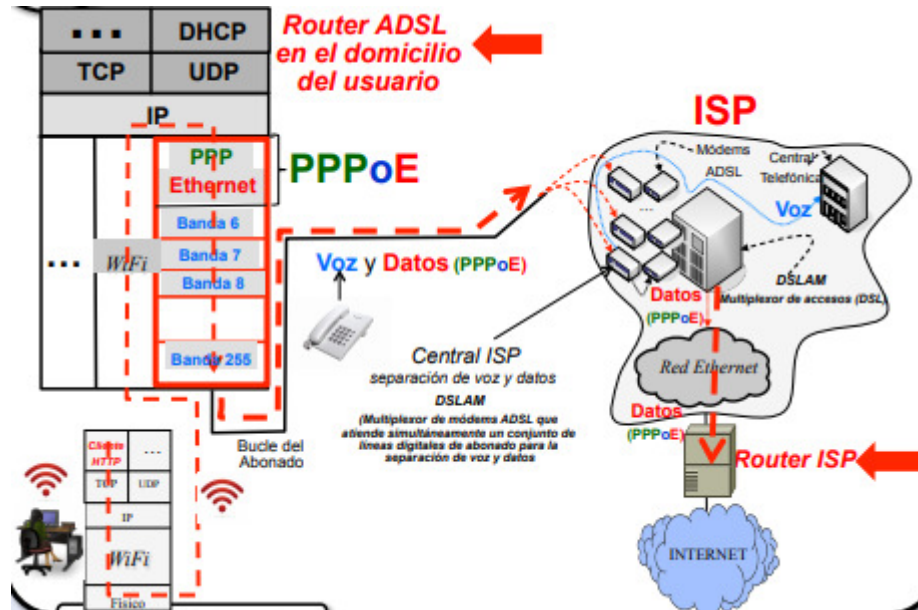


1. El router ADSL cuenta con tres tarjetas de comunicaciones distintas: Ethernet, WiFi y PPPoE.
2. **PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet):** PPP sobre Ethernet

vi. Nivel físico de router ADSL:

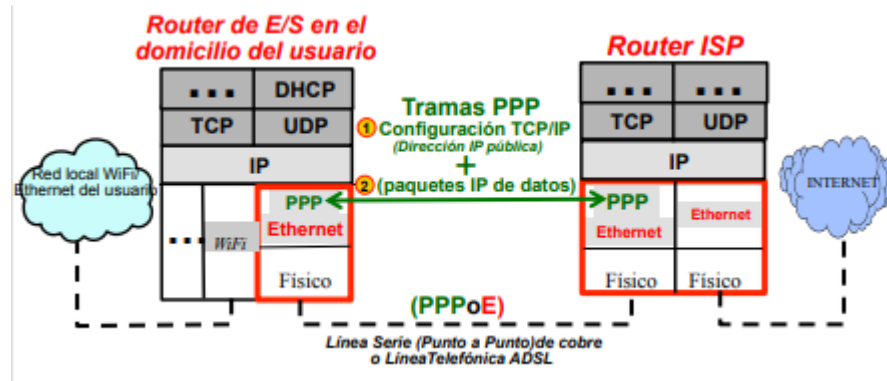


vii. Transmisión y separación ADSL de Voz y Datos:

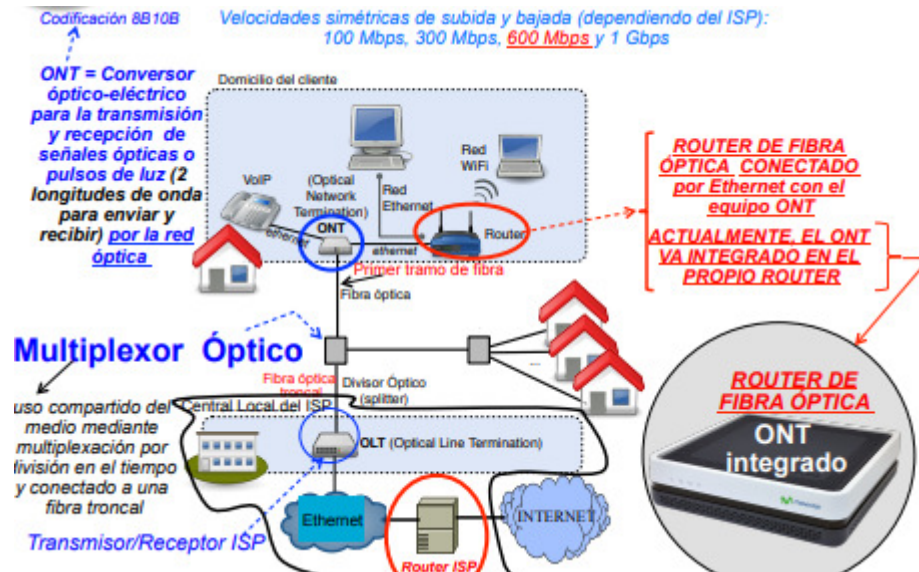


1. **DSLAM:** multiplexor de módems ADSL que atiende simultáneamente un conjunto de líneas digitales de abonado para la separación de voz y datos.

viii. Envío de tramas PPP: para (1) configuración previa TCP/IP y (2) envío posterior de paquetes IP de datos



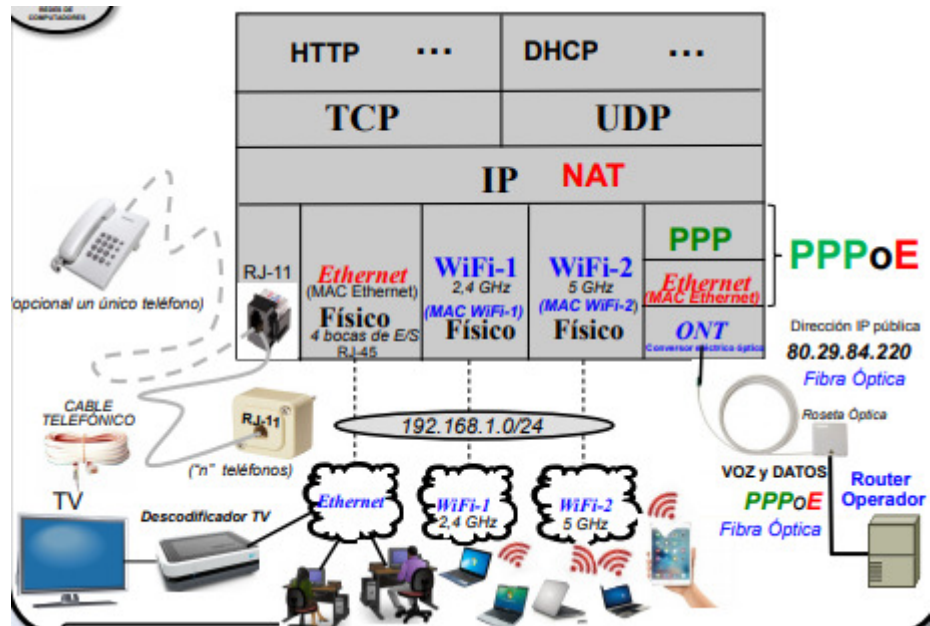
b. Tecnología de Fibra Óptica



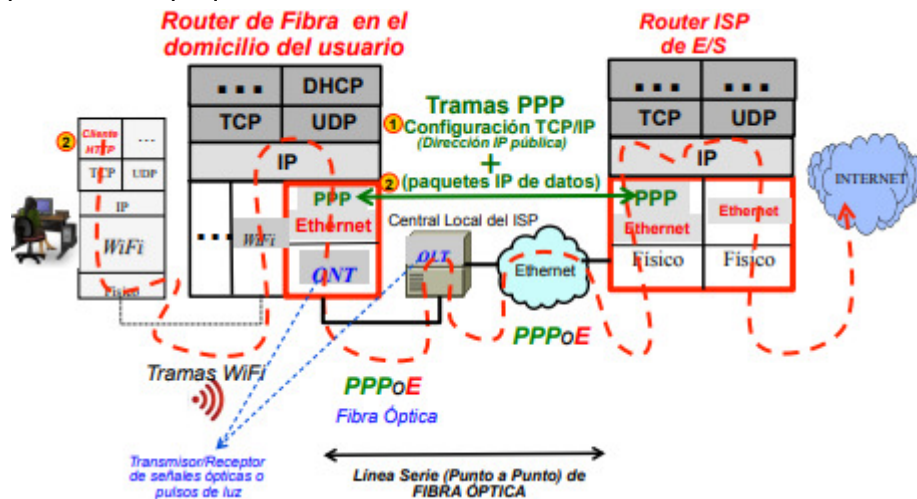
- El ONT y el OLT conectan a través de la fibra óptica el router en el domicilio del cliente con el router ISP de la central telefónica.
- El ONT puede estar conectado al router de fibra óptica por Ethernet o estar integrado en él.
- Conexiones de un Router de Fibra Óptica:**



iv. Nivel de enlace de un Router de Fibra Óptica:



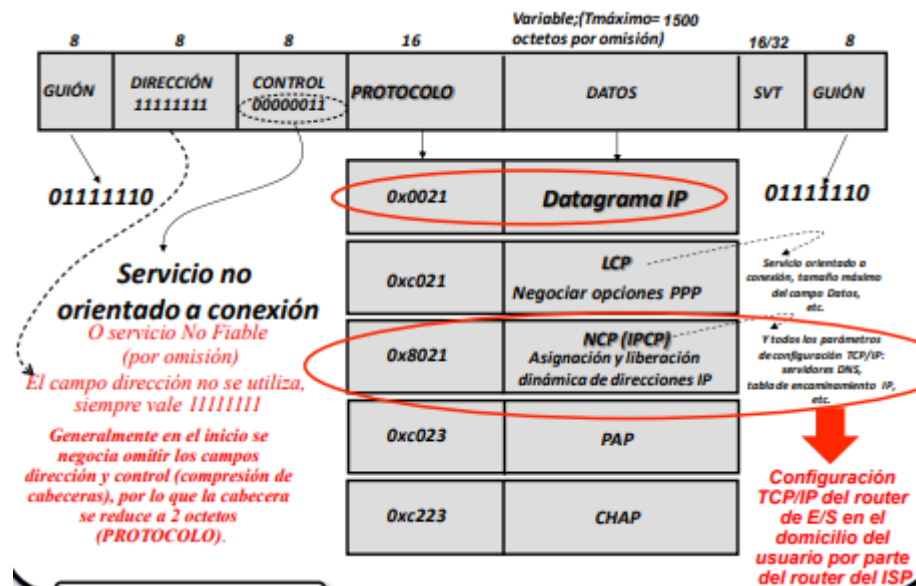
v. Envío de tramas PPP: para (1) configuración previa TCP/IP y (2) envío posterior de paquetes IP de datos.



c. Protocolo PPP:

- i. **Servicio no fiable y fiable:** por omisión, PPP no tiene mecanismos de detección y corrección de errores (no fiable). No obstante, se puede implementar negociación previa de fiabilidad.

ii. Formato de trama PPP:

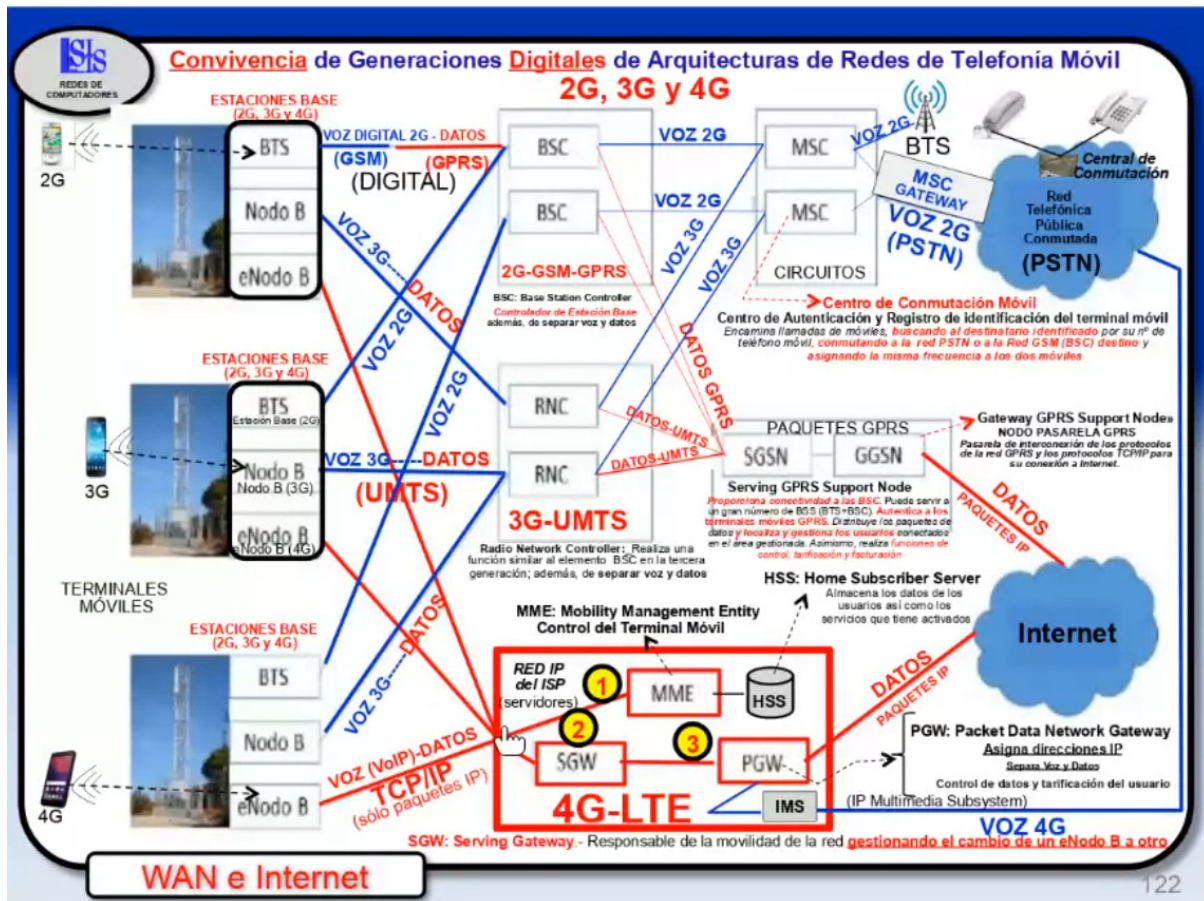


1. **Guión:** 0111 1110 → rodea la trama (principio y fin).
2. **Dirección:** 1111 1111 → el receptor siempre es el mismo.
3. **Control:** 0000 0011 → servicio no orientado a conexión (no fiable). Si es fiable, llevará otro valor.
4. **Protocolo:** tipo de dato transportado.

d. Redes de Telefonía Móvil:

- **PRIMERA GENERACIÓN 1G (1970-1980):** Tecnología ANALÓGICA para transmitir sólo VOZ. Fue lanzada en Japón por la NTT en 1979 (aunque la primera llamada se realizó el 3-abril-1973). No todas las redes estaban basadas en los mismos protocolos, dependían bastante de sus fabricantes; no era fácil interconectarlas ni utilizar los mismos terminales en distintas redes. La calidad de la voz era relativa, la capacidad para transmitir datos era baja (del orden de Kbps), las baterías duraban pocas horas; pero aún así, el servicio de telefonía móvil despegó y alcanzó cerca de 20 millones de usuarios en 1990. Rango de frecuencias de 800 MHz. Codificación de voz: 2,4 Kbps. Banda de frecuencia: 800 MHz.
- **SEGUNDA GENERACIÓN 2G (1980-2000):** Protocolos de Telefonía digital GSM para VOZ. (GSM: Groupe Spécial Mobile o Global System for Mobile Communications). En esta generación de móviles ya se introducen protocolos de telefonía digital GSM, mejor calidad de voz, mayor velocidad para transmitir datos, transmisión de SMS (Short Message Service), faxes, roaming (itinencia de datos o cobertura en el extranjero por acuerdo previo entre ISPs), llamada en espera, identificación de número llamante, etc. Codificación de voz: 10Kbps-9,6-5,6 Kbps. Rangos de frecuencias de 800, 900, 1400, 1800 y 1900 MHz. La evolución del 2G al 3G puede subdividirse en las siguientes fases:
 - **SEGUNDA GENERACIÓN 2.5G (Enhance 2.5G):** Es una generación intermedia entre 2G y 3G: Estandar GPRS (General Packet Radio Service: Servicio General de Paquetes via Radio). El GPRS es una gran opción para el servicio de intercambio de paquetes, al contrario que el intercambio de circuitos. Velocidades de transferencia: 56-114 Kbps. Velocidad máxima teórica = 171,2 Kbps
 - **SEGUNDA GENERACIÓN 2.75 (EDGE):** Es una generación intermedia entre 2.5G y 3G. Velocidad máxima teórica = 200 Kbps
- **TERCERA GENERACIÓN 3G (2003-2007):** Evolución de la 2.5 G. Transmisión simultánea de VOZ y DATOS. Estandar UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) es una tecnología móvil de la llamada tercera generación (3G), sucesora de la tecnología GSM (Global System for Mobile) o 2G. Esta tecnología permite disponer de una mayor resistencia a interferencias que su predecesora, así como la utilización simultánea de conexiones de voz y datos, con velocidades de descarga que pueden alcanzar los 2 Mbps (HSPA+) para usuarios con baja movilidad o los 144 Kbps y 384 Kbps (HSPA+) para aquellos moviéndose en vehículos a gran velocidad. Videollamadas, videoconferencias, navegación web, correo, mapas de navegación, juegos, música, fotos digitales y películas, actualización de tráfico y clima, etc. Rangos de frecuencias de 800, 850, 900, 1400, 1800, 1900 y 2100 MHz. Evoluciones:
 - **TERCERA GENERACIÓN 3.5G o HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y 3.5G +**
 - **TERCERA GENERACIÓN 3.75G o HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), HSPA (High Speed Packet Access o fusión de HSDPA y HSUPA). HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access)**
- **CUARTA GENERACIÓN 4G (2007-2015):** Integración con Internet. Tecnología móvil que llevan casi todos los móviles actuales. Se basa en el estándar de tecnología de telefonía IP "LTE" o de Evolución a Largo Plazo (Long Term Evolution) "LTE" Advanced. Puede alcanzar los 150-100 Mbps en determinadas condiciones (alrededor de 10 veces más rápida que la 3G) aunque en la práctica, la mayoría de los clientes solo llegarán a una velocidad máxima de 20 Mbps. Servicios de Internet móvil, telefonía IP, videoconferencia de televisión móvil de alta definición, televisión 3D, Digital Video Broadcasting (DVB), etc. Rangos de frecuencias de 1,8 GHz y 2,6 GHz.
- **QUINTA GENERACIÓN 5G (2015-2020):** Tecnología de acceso de telefonía IP de banda ancha. La red 5G es la evolución de las redes inalámbricas 4.5G (LTE), en la que además de conseguir una menor latencia (tiempo de respuesta al enviar y recibir paquetes de datos), se aumenta la capacidad de comunicación simultánea entre dispositivos así como la velocidad de transmisión, llegando a velocidades teóricas entre 1 Gbps y 20 Gbps, latencias muy bajas (menos de 4ms y hasta 1 ms), y un mayor ahorro de batería. con un equipamiento que consigue transmitir la misma información con una potencia mucho menor. Se usan 3 rangos de frecuencias 5G: Por debajo de 1 GHz; entre 1-6 GHz; y por encima de 6 GHz (bandas de 26 GHz o 28 GHz). El rango por encima de 6 GHz es necesario para lograr las velocidades de banda ancha ultra-altas previstas para 5G). El rango entre 1-6 GHz ofrece una buena combinación de beneficios de cobertura y capacidad y que, de momento sea la base de muchos servicios 5G iniciales.
 - 5G operará, inicialmente, de forma conjunta con la red 4G existente, antes de evolucionar hacia redes totalmente autónomas, en lanzamientos sucesivos y con expansiones de cobertura. La mayoría de los operadores integrará, en un primer momento, las redes 5G con las existentes de 4G para asegurar continuidad en la conexión.
 - La disponibilidad generalizada de los servicios de 5G, se espera para 2025.
- **SEXTA GENERACIÓN 6G y SÉPTIMA GENERACIÓN 7G.** Ya se están desarrollando nuevas tecnologías que podrían llegar a velocidades de descarga de hasta 1 Tbps e incluso cubrir comunicaciones en el espacio y bajo el agua.

En la práctica, los usuarios no alcanzan la velocidad máxima de transmisión de la tecnología utilizada por la orografía, el tipo de cobertura, el tipo de antenas móviles existentes, situación entre terminal móvil y la antena, el nº de usuarios, la tecnología módem en el terminal móvil, la tarifa contratada con el operador, ...



- i. **4G** está totalmente integrado en la arquitectura TCP/IP.
- ii. **eNodo B**: Nodo B evolucionado → caseta a los pies de la antena telefónica.
- iii. **MME**: identificación del usuario gracias a la tarjeta SIM del terminal móvil.
 1. **HSS**: almacena los datos de los usuarios y sus servicios activados.
- iv. **SGW**: servidor *gateway* que gestiona la comunicación con el nodo antena 4G destinatario.
- v. **PGW**: responsable de asignar dirección IP a los terminales móviles a través de SGW.
- vi. **Objetivos 5G**:
 1. Mayor velocidad de transmisión.
 2. Menor latencia.
 3. Mayor conectividad y cobertura.
 4. Más ecológico.
 5. Mayor calidad de servicio.
 6. ~~Transparencias más engorrosas que las de arriba.~~

vii. Ejemplo:



e. Tecnología de Acceso WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access):



- Interoperabilidad rural** mediante acceso por **microondas**.
- Frecuencias:** 2,5-5,8 GHz, a diferencia de WiFi (microondas) con 2,4 GHz.
- Una estación base WiMAX conecta los domicilios de clientes a Internet con antenas en cada casa.
- Distancia/cobertura:** 50-70 kms con antenas **muy direccionales** (hay que enfocar la antena directamente a la estación base WiMAX).
- Velocidad de transmisión:** 75-100-200 Mbps.

