

ACCESO DE USUARIO: LA ÚLTIMA MILLA Y MAS

Módulo 2

Temas a tratar

1. Acceso ADSL
2. Accesos xDSL
3. Fibra para el hogar
4. Internet por cable modem
5. Metro Ethernet
6. Acceso a última milla inalámbrico

Objetivos del módulo

Al finalizar el presente módulo el alumno debe ser capaz de:

1. Conocer los modos de acceso del cliente en la última milla
2. Comprender las interfaces lógicas y físicas de los enlaces
3. Interpretar el alcance y las características de los distintos servicios que ofrece el proveedor de comunicaciones
4. Elaborar propuestas de conexión de última milla que cuenten con la mejor relación costo / beneficio para el cliente

Ultima Milla

Conceptos

- ✓ La última milla es la conexión entre el usuario final y la estación local /central/hub.
- ✓ Puede ser alámbrica o Inalámbrica.
- ✓ Hay dos características de la Ultima Milla:
 - ✓ La infraestructura de última milla tiene el costo más alto de todos los elementos de una red. Los costos iniciales son altos, especialmente si se hace necesaria desarrollar ductos
 - ✓ Hay pocos usuarios en áreas rurales, y eso significa que la “milla intermedia” (desde el punto de acceso a la red de core) no se comparte eficientemente. Esto puede encarecer los precios de los servicios en determinadas regiones geográficas
- ✓ Por lo tanto se ofrecen altos precios a los clientes.

Ultima Milla

Conceptos

- ✓ La selección de la tecnología condiciona los servicios que se pueden ofrecer:
 - ✓ Condiciona el ancho de banda.
 - ✓ Condiciona el monto de inversión.
 - ✓ Condiciona los costos de operación y de venta.
- ✓ La selección de la tecnología debe estar sólidamente basada en el modelo del negocio:
 - ✓ la tecnología seleccionada debe ser actual y estar disponible.
 - ✓ Siempre se deben estudiar los modelos de negocio exitosos en otros países y juzgar hasta que punto el negocio es viable.

Ultima Milla

Tecnologías de Acceso

Tecnologías Alámbricas:

- ✓ Redes de Acceso por par de Cobre (xDSL, Modems)
- ✓ Redes de Acceso por Cable.
- ✓ Redes híbridas de fibra y cable (HFC).
- ✓ Acceso Fijo por Red eléctrica (PLC).
- ✓ Redes de Acceso por Fibra óptica (FTTx, PON, EFM , otros).

Tecnologías Inalámbricas:

- ✓ Bucle inalámbrico (WiLL o Wireless Local Loop, LMDS, MMDS).
- ✓ Redes MAN/LAN inalámbricas (WLAN, Wi-Fi, WiMAX, HiperLAN2).
- ✓ Comunicaciones móviles de segunda, tercera, cuarta y quinta generación (CDMA, GSM, UMTS, 3G, 4G, 5G).
- ✓ Óptica por Aire (HAPs, FSO).
- ✓ Redes de acceso por satélite.
- ✓ Televisión digital terrestre (TDT).

Ultima Milla

Tecnologías de Transporte

¿Cómo es la conectividad más allá de la última milla? Las señales viajan por redes de transporte, a través de diferentes tecnologías:

CAPA 1

- ✓ Redes SDH.
- ✓ Redes ópticas transparentes (OTH).
- ✓ Cobre, Microondas y otros medios ...

CAPA 2

- ✓ Redes ATM.
- ✓ Redes Frame Relay.
- ✓ Redes basadas en Ethernet.

CAPA 3

- ✓ Redes Basadas en IP, IP/MPLS.

Ultima Milla

Redes de Acceso por par de cobre

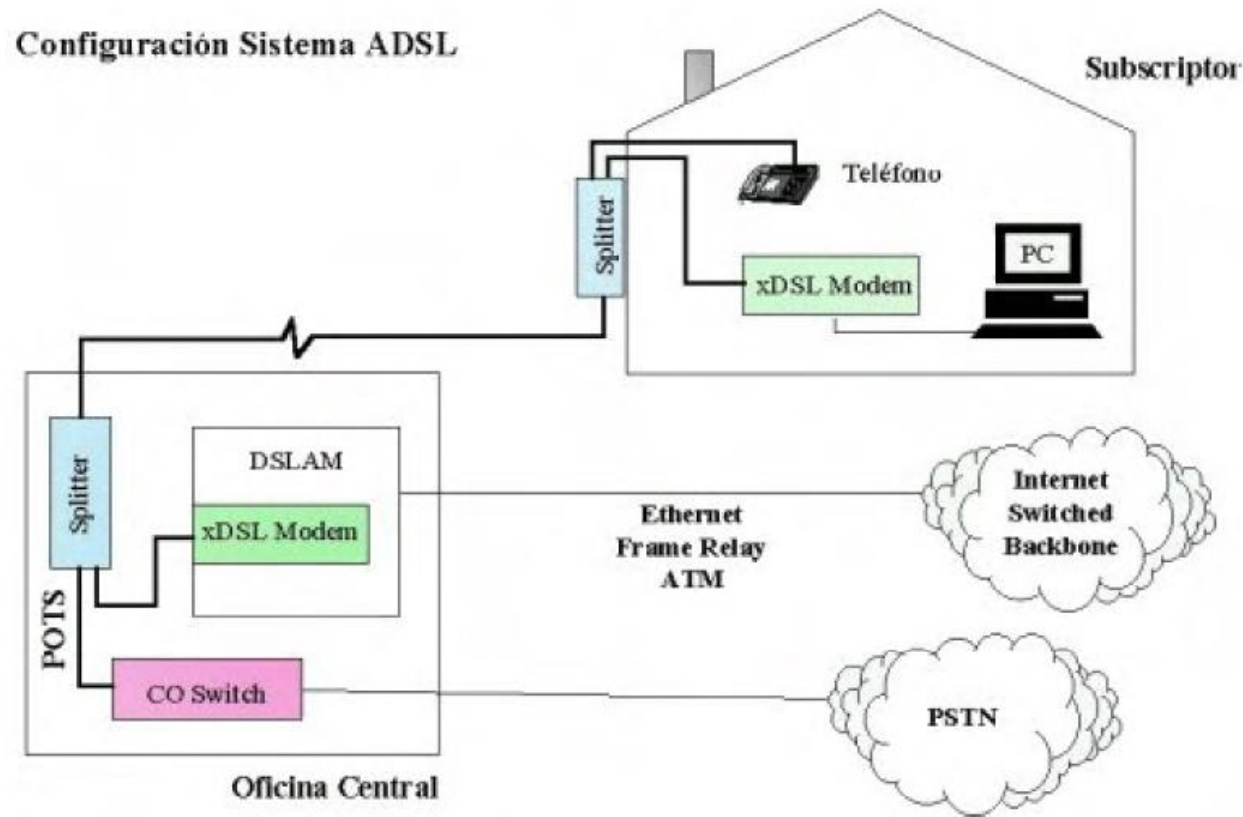
Usan la red de acceso tradicional para telefonía (PSTN).

- ✓ Antes, se usaba sólo una fracción del ancho de banda disponible (4 KHz, banda vocal).
- ✓ Hoy, los servicios ofrecidos son:
 - ✓ Telefonía.
 - ✓ Datos.
- ✓ Datos se ofrecen sobre dos tecnologías:
 - ✓ Modems de banda vocal.
 - ✓ Tecnologías DSL (Digital Subscriber Line).

Ultima Milla

Redes de Acceso por par de cobre: xDSL

DSL es una tecnología que permite la transmisión de información digital sobre pares de cobre.



Ultima Milla

DSL Asimétrico

“Asimétrico” => más rápido downstream vs. upstream. Usado en aplicaciones tales como web-browsing, MP3, downloading, Video on demand (VoD).

Tipos de DSL Asimétrico

- ✓ **Asymmetric DSL (ADSL)**

El primero y mas popular. Otras tecnologías DSL asimétricos derivaron de ADSL. 41,5 kbps a 8 Mbps down / 16 Kbps a 1 Mbps up. Un par de cobre. Hasta 3 Km.

- ✓ **Universal ADSL (UDSL), o G.Lite o DSL Lite**

Reduce el costo de implementación moviendo el proceso de separación del Usuario a la Estación Base. Al no tener splitter, reduce la velocidad considerablemente.

- ✓ **Rate-Adaptive DSL (RADSL)**

Detecta la máxima velocidad posible y la ajusta.

- ✓ **Very High Bit-rate DSL (VDSL)**

Velocidades altas sobre distancias cortas. Usada en conjunto con Fiber to the Cabinet (FTTC). 413 kbps a 52 Mbps down / 1,5 a 13 Mbps up. Un par de cobre. Hasta 1.5 Km

Ultima Milla

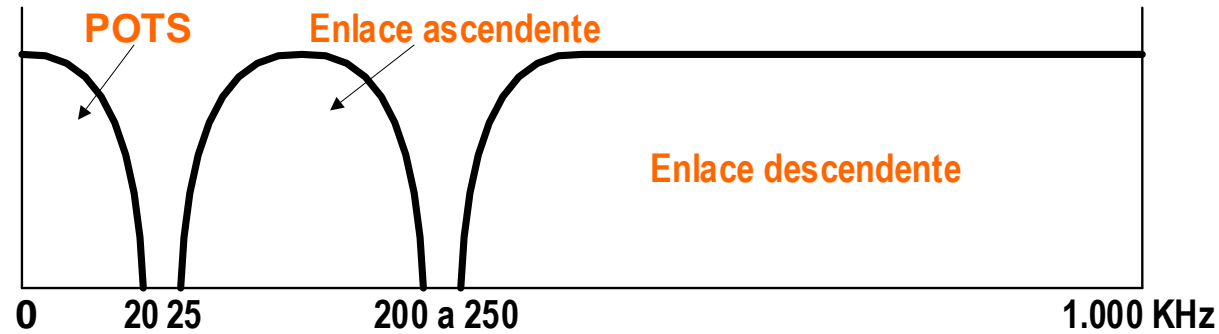
Línea Digital Asimétrica de Abonado: ADSL

Estrategia de Diseño de ADSL

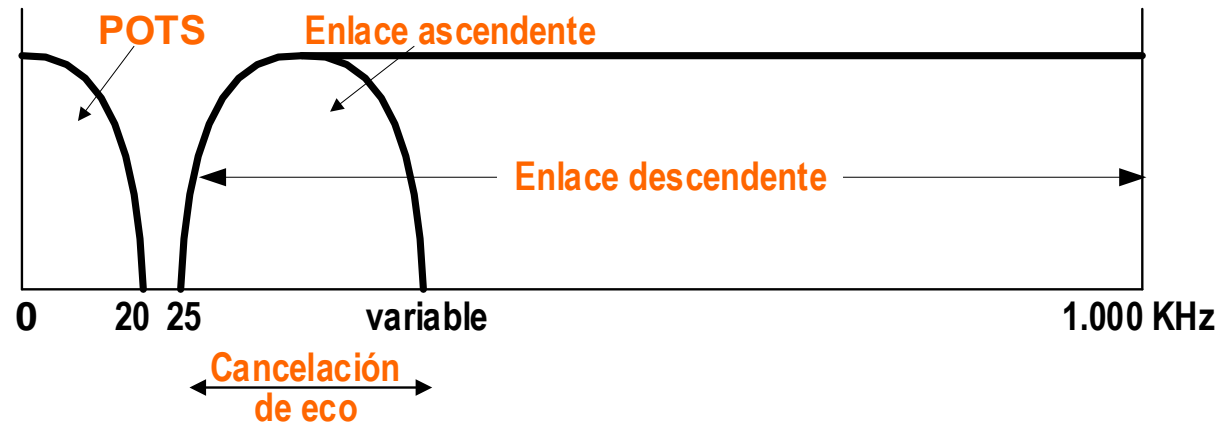
- ✓ ADSL transmite datos digitales haciendo uso de una novedosa y eficiente forma de procesamiento de la señal la que, junto con la técnica FDM, le permite utilizar 1 MHz de ancho de banda del cable UTP.
- ✓ Se reservan los 25 KHz inferiores para transmisión analógica de voz (POTS: Plain Old Telephone Service).
- ✓ El ancho de banda entre los 4 KHz y 25 KHz se destina para evitar la interferencia entre los canales de voz y de datos.
- ✓ Utilización de cancelación de eco: para otorgar un ancho de banda mayor a los canales ascendente y descendente.
- ✓ Uso de FDM en las bandas ascendentes y descendentes: Una secuencia de bits dada se divide en varias secuencias paralelas y cada una de ellas se transmite en una banda de frecuencia distinta.

Última Milla

Línea Digital Asimétrica de Abonado: ADSL



(a) FDM sin cancelación de eco.



(b) FDM con cancelación de eco.

Ultima Milla

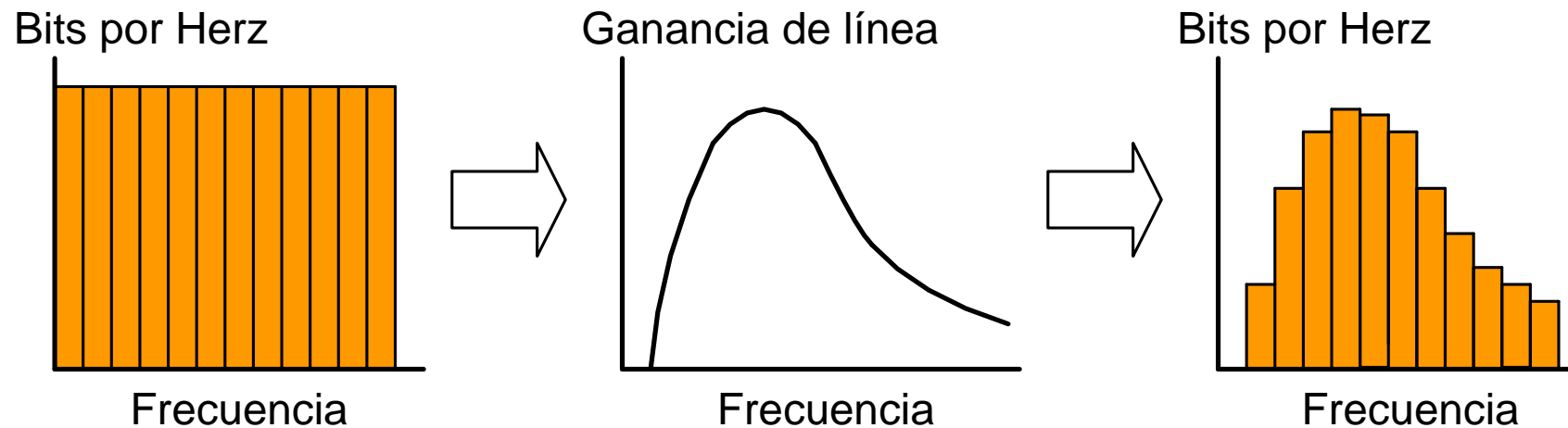
ADSL: Técnica de Multitono Discreto (DMT)

- ✓ Consiste en utilizar varias portadoras a diferentes frecuencias (FDM), y enviar la información modulando en QAM o en PSK, de modo que, a partir de un conjunto R de bits de entrada, se puede enviar una parte de esos bits por cada canal.
- ✓ Con ese fin, el ancho de banda disponible (ascendente o descendente) se divide en varios subcanales de 4 KHz.
- ✓ El procedimiento es como sigue:
 1. Antes iniciar la transmisión de los datos, el módem DMT envía señales de test sobre los subcanales con el fin de determinar la relación señal a ruido en cada uno de ellos.
 2. Una vez realizado el test, el módem asigna más bits de datos a los canales con mejor relación señal a ruido y un número de bits menor para aquellos canales con calidad inferior.

Ultima Milla

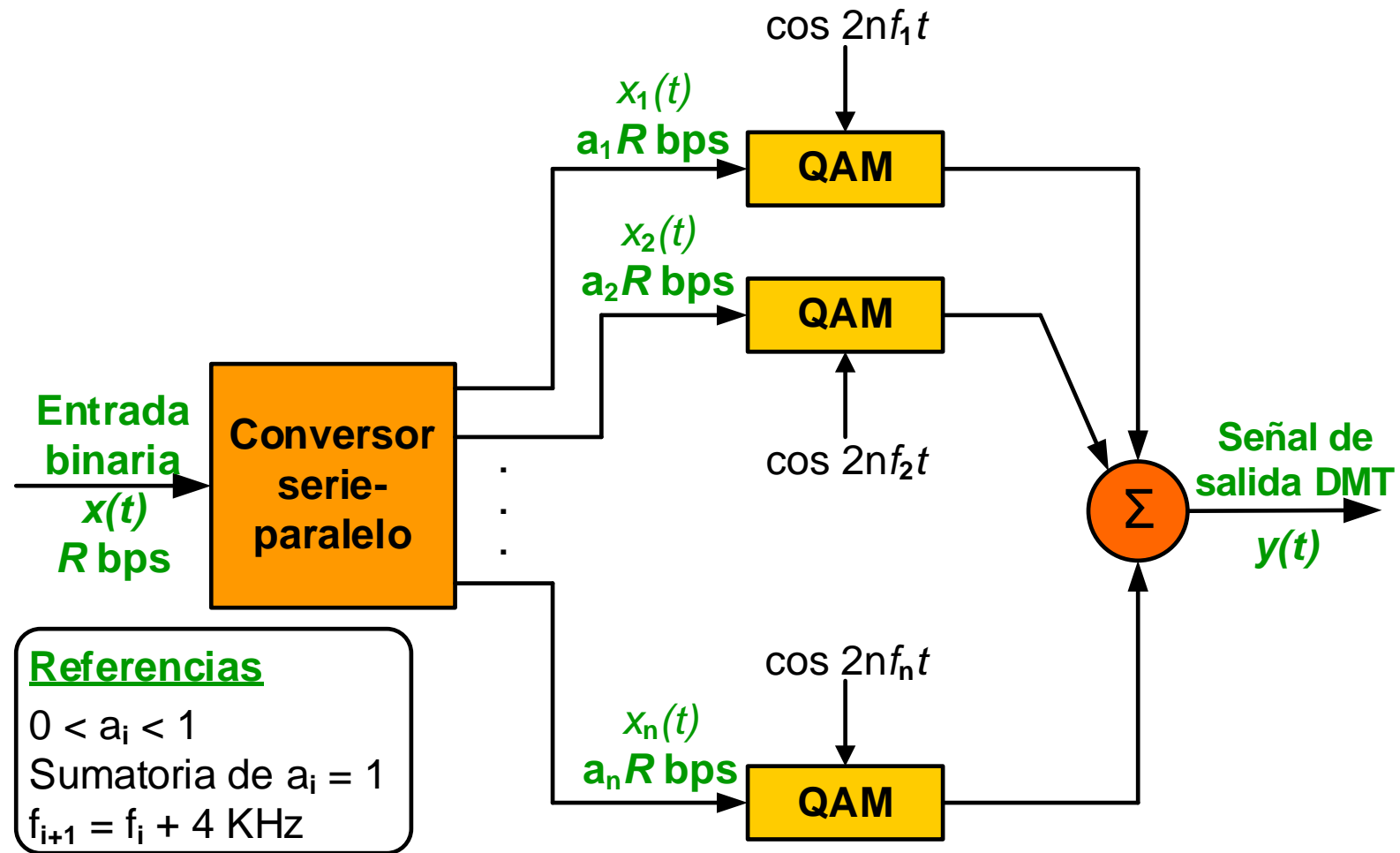
ADSL: Técnica de Multitono Discreto (DMT)

- ✓ **Idealmente** (sin ruido ni atenuación): cada subcanal puede transmitir a una velocidad de 60 Kbps sobre 4 KHz.
- ✓ **La realidad:** a medida que aumenta la frecuencia, la atenuación de la señal en la línea es mayor y, por lo tanto, decrece la relación señal a ruido (S/N).
- ✓ **Consecuencia:** los subcanales de frecuencias superiores transportarán menos bits p/ segundo que los del centro del AB.



Ultima Milla

ADSL: Técnica de Multitono Discreto (DMT)



Ultima Milla

ADSL: Técnica de Multitono Discreto (DMT)

Los diseños de ADSL basados en la técnica DMT actuales utilizan:

- 256 subcanales descendentes.
- En teoría: con 256 subcanales de 4 KHz transportando 60 Kbps cada canal, sería posible transmitir datos a una velocidad de 15,36 Mbps.
- En la práctica, sin embargo, el deterioro de la transmisión en una línea real impide alcanzar de esta velocidad.
- Las implementaciones actuales operan en el rango 1,5 a 10 Mbps, dependiendo de la distancia de la conexión y de la calidad de la línea.

Ultima Milla

Línea Digital de Abonado de Muy Alta Velocidad: VDSL

- ✓ El objetivo de **VDSL** es proveer un esquema similar a **ADSL** a una velocidad muy superior y a costa de disminuir la distancia permitida de la línea.
- ✓ **VDSL no utiliza cancelación de eco**, por lo tanto, utiliza bandas separadas para diferentes servicios, siendo la asignación provisional para cada uno de ellos la siguiente:
 - ✓ POTS: 0 a 4 KHz.
 - ✓ RDSI: 4 a 80 KHz.
 - ✓ Enlace ascendente: 300 a 700 KHz - **1,5 a 2,3 Mbps**
 - ✓ Enlace descendente: ≥ 1 MHz - **13 a 52 Mbps**
 - ✓ Distancia típica usuario-nodo de red: **1,5 Km**
- ✓ La tecnología VDSL utiliza cuatro canales para la transmisión de datos, dos para la descarga y dos la para subida, con lo cual se aumenta la potencia de transmisión de manera sustancial gracias a que se utiliza la tecnología FTTC (Fiber To The Cabinet) el cual es un híbrido entre cobre/fibra óptica entre la central y el usuario final.

Ultima Milla

DSL Simétrico

“Simétrico” => downstream & upstream iguales. Ideal para aplicaciones que requieren simetría como Video Conferencia.

HDSL: Línea Digital de Abonado de Alta Velocidad.

Está destinada a ofrecer una transmisión de **tramas E1** más eficiente que la proporcionada por el enlace E1 y T1 tradicional, en cuanto a la relación costo/velocidad.

Problema del enlace E1 tradicional: ocupa un ancho de banda de alrededor de **1,5 MHz**; lo que sumado a la atenuación propia de la línea telefónica, limita el uso de E1 a distancias no más allá de **1 Km** entre repetidores, lo que lo hace de **alto costo**.

SDSL: Línea Digital de Abonado de Línea Simple.

Se desarrolló con el fin de usar solo **1 par** de conductores para suplantar **HDSL**, que necesita **2 pares**. (Es beneficioso para el usuario que, generalmente, dispone de sólo un par).

Ultima Milla

DSL Simétrico

G.SHDSL: Línea Digital de Abonado de Alta Velocidad de Línea Simple. (Single pair High-speed Digital Subscriber Line)

- ✓ Ha sido diseñada para transmitir datos en forma simétrica hasta una velocidad de 2,3 Mbps sobre un par de conductores, y hasta 4,6 Mbps sobre dos pares. Puede alcanzar una distancia de hasta 3,9 Km. Una versión opcional puede alcanzar una velocidad de hasta 4,7 Mbps sobre dos pares.
- ✓ G.SHDSL presenta una mejora en la performance de SDSL y HDSL, tanto en velocidad como en alcance de distancia y, al igual que las nombradas, transmite tramas E1/T1, Accesos a ISDN y a ATM.
- ✓ La diferencia con las demás versiones xDSL es que G.SHDSL nació como un estándar internacional de la ITU-T en febrero de 2001, y luego mejorada en 2003.

Ultima Milla

Comparativo de Accesos xDSL

	ADSL	HDSL	SDSL	G.SHDSL	VDSL
Bits por segundo	de 1,5 a 9 Mbps en desc. de 16 a 640 Kbps en asc.	2,048 ó 1,544 Mbps	2.048 ó 1,544 Mbps	Desde 192 Kbps a 2,3 Mbps Op: 4,7 Mbps en 2 pares	de 13 a 52 Mbps en desc. de 1,5 a 2,3 Mbps en asc.
Modo	asimétrico	simétrico	simétrico	simétrico	asimétrico
Pares de cobre	1	2	1	1 o 2	1
Distancia (UTP cal.24)	de 3,7 a 5,5 Km	3,7 Km	3,0 Km	3,9 Km	1,4 Km
Señalización	analógica	digital	digital	Digital	analógica
Codificación de línea	CAP/DMT	2B1Q	2B1Q	2B1Q	DMT
Frecuencia	de 1 a 5 MHz	196 KHz	196 KHz	196 KHz	10 MHz
Bits por ciclo	variable	4	4	variable	variable

Ultima Milla

Hardware del lado del proveedor del servicio

Concentradores de Acceso para los usuarios digitales

- ✓ Los distintos tipos de accesos de usuario son tomados en la red de comunicación pública por **concentradores (multiplexores)** cuya tecnología depende del tipo de acceso.
- ✓ En un acceso de usuario, se requieren dos transceptores: uno en el domicilio del usuario y el otro en el nodo de la red.
- ✓ El transceptor en el nodo de la telco, está integrado a un puerto del concentrador correspondiente.

Ultima Milla

Hardware del lado del proveedor del servicio

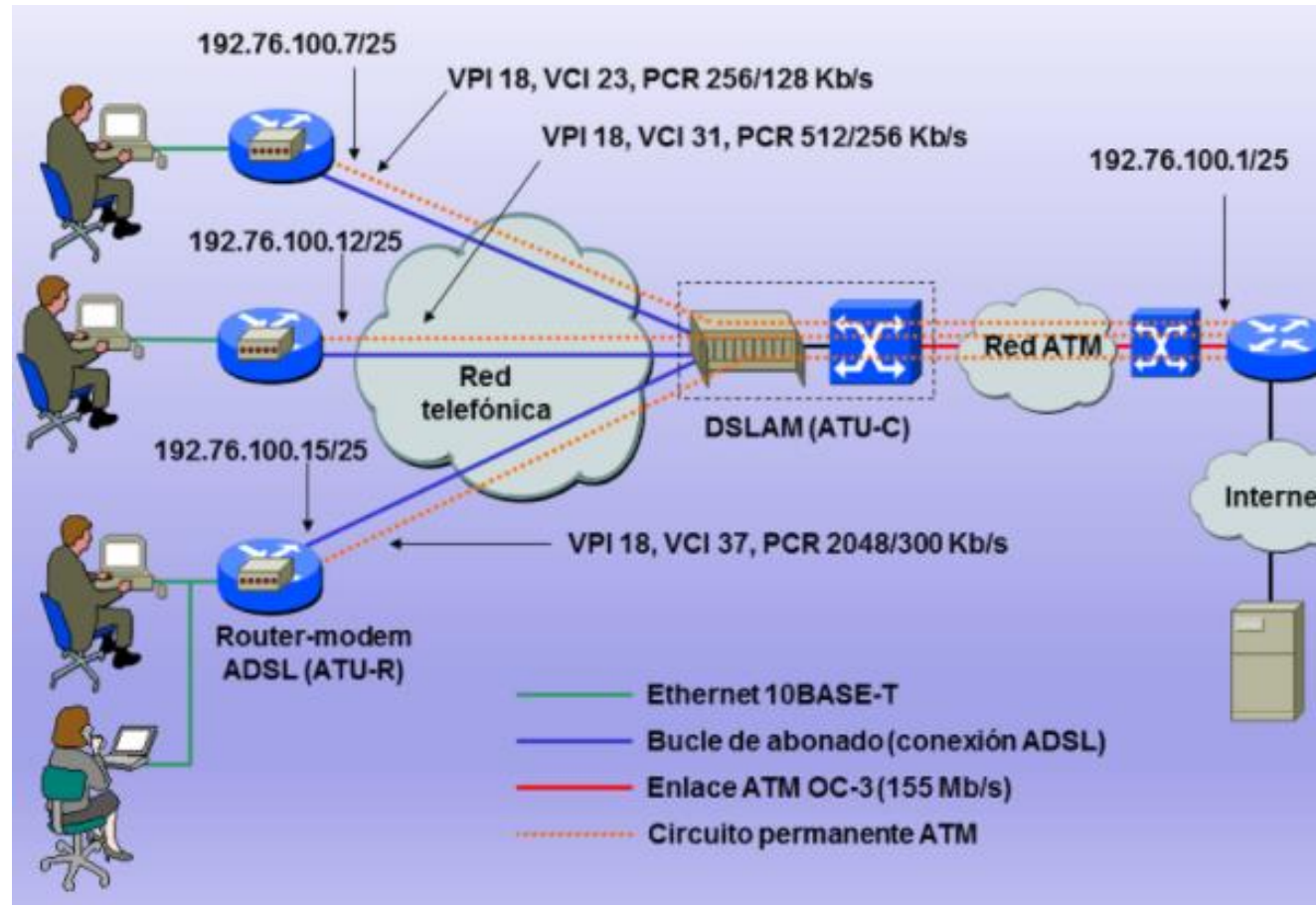
DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)



Huawei DSLAM MA5603 Multi-servicio de dispositivo de acceso ADSL VDSL SHDSL IP DSLAM

Ultima Milla

Esquema completo conexión Usuario y proveedor del servicio



Ultima Milla

Fibra para el Hogar

- ✓ Las redes ópticas destraban el cuello de botella del acceso aumentando el ancho de banda y la calidad de servicio.
- ✓ Representan un gran incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps.
- ✓ Se pueden clasificar en dos tipos:
 - ✓ Por el uso de elementos pasivos y/o activos: **Redes AON y Redes PON**
 - ✓ Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente: **FTTx, FTTB, FTTC o FTTCab**
- ✓ Las tecnologías **FTTx** se basan en instalaciones de cable de fibra óptica directo hasta los hogares o edificios.
 - ✓ Utilizan fibra con **DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)**.
 - ✓ Algunas empresas y proveedores de servicios montan Gigabit Ethernet sobre fibra oscura arrendada.

Ultima Milla

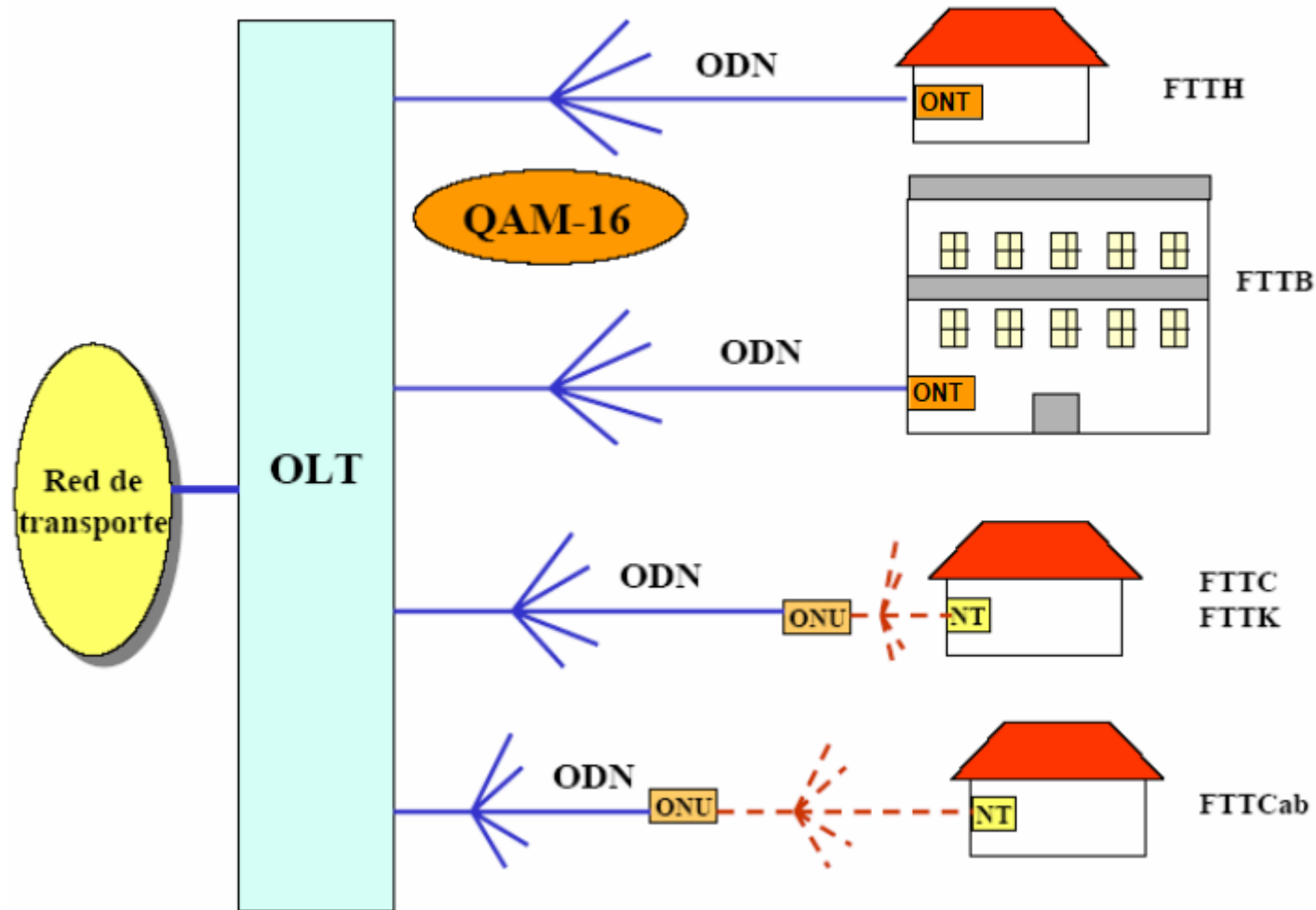
Fibra para el Hogar: Arquitectura PON

	GPON <i>(Gigabit PON)</i>	XG-PON <i>(10 Gigabit PON)</i>	XGS-PON <i>(symmetric XG-PON)</i>	NG-PON2 <i>(Next-Gen PON2)</i>
<i>Upstream (nm)</i>	1260-1360	1260-1280	1260-1280	1524-1544 1525-1540 1532-1540
<i>Downstream (nm)</i>	1480-1500	1575-1580	1575-1580	1596-1603
<i>Vídeo (nm)</i>	1530-1565	1530-1565	-	-
<i>Subida (Gbps)</i>	1,2	2,5 / 10	10	40
<i>Bajada (Gbps)</i>	2,5	10	10	40

Principales estándares de transmisión de fibra PON

Ultima Milla

Fibra para el Hogar: Arquitectura PON



Ultima Milla

Fibra para el Hogar: Arquitectura PON



OLT



ONU



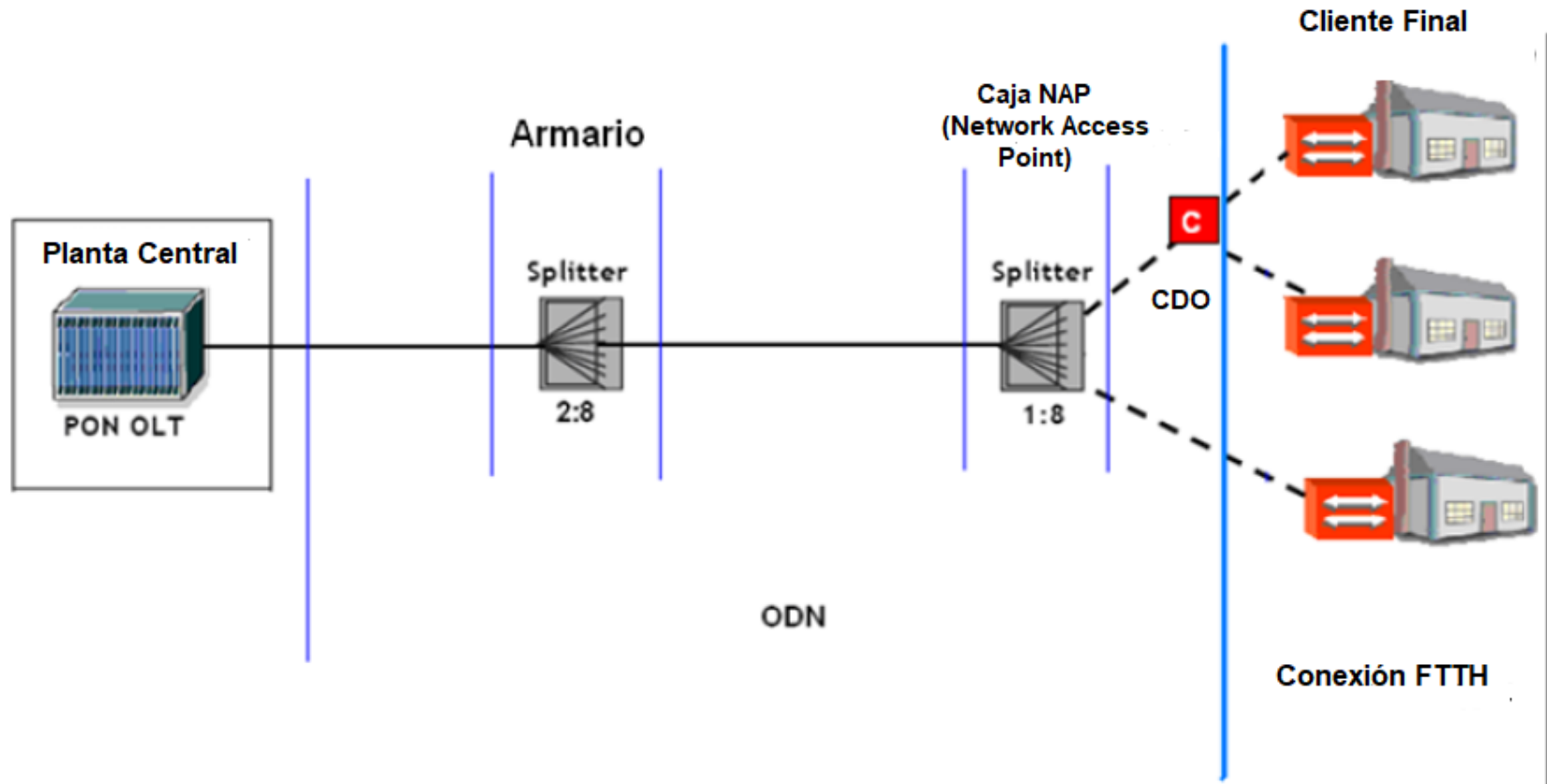
Splitter (Red ODN)



ONT

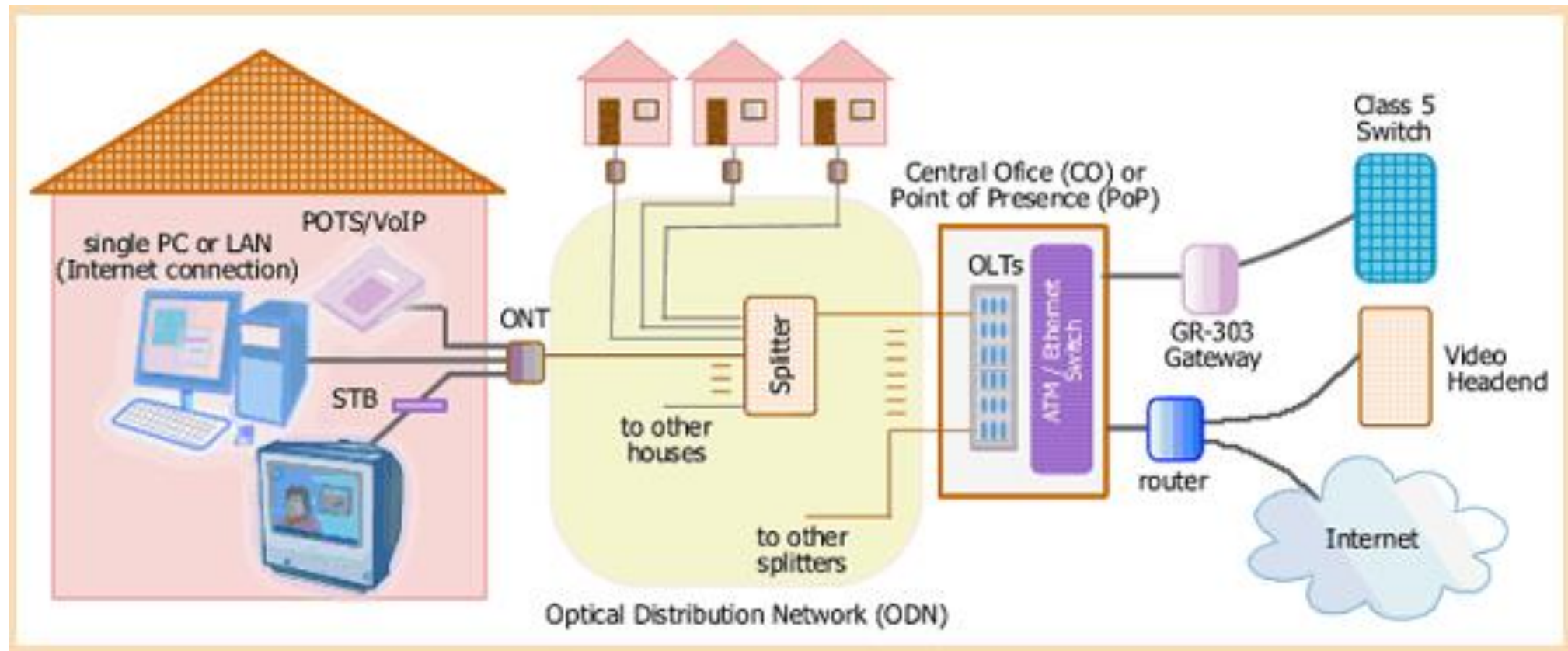
Ultima Milla

Fibra para el Hogar: FTTH



Ultima Milla

Fibra para el Hogar: FTTH



Ultima Milla

Redes de Cable Modem

Ventajas del Cable:

- ✓ Liberación de la línea telefónica convencional.
- ✓ Mayores velocidades que los sistemas tradicionales ISDN.
- ✓ Conexión permanente a la red HFC (Datos, Teléfono y Televisión).

Desventajas del Cable:

- ✓ Recableado interno y externo muy costoso, que lleva tiempo implementar.
- ✓ Conexión trabaja a alta velocidad sólo cuando el número de usuarios es razonablemente bajo.



Router Cisco Especificación DOCSIS 3.0

Ultima Milla

Redes de Fibra y Coaxial (Hybrid Fibre Coaxial, HFC)

- ✓ Típicamente empleadas para distribución de CATV.
- ✓ Evolución de las primeras redes de CATV de cable coaxial.
- ✓ Emplean fibra óptica en la red troncal, desde la cabecera de generación de señales hasta los nodos ópticos.
- ✓ Los nodos ópticos son receptores que hacen la conversión óptico/eléctrica de la señal en las áreas de servicio.
- ✓ A partir de los nodos se extiende la red de distribución tradicional de cable coaxial.
- ✓ Además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad para transportar servicios bidireccionales:
 - ✓ Telefonía
 - ✓ Datos
- ✓ Los servicios bidireccionales requieren que la red posea:
 - ✓ Canal de retorno habilitado
 - ✓ Diseño adecuado del área de servicio de cada nodo

Ultima Milla

Redes de Fibra y Coaxial (Hybrid Fibre Coaxial, HFC)

Características

- ✓ Usa un medio compartido (Ethernet) y Distribución en bus.
- ✓ Velocidades asimétricas: Download 10Mbit/s compartido, Upload 768kbit/s o 3Mbit/s compartido.
- ✓ Posibilidad de simetría hasta 10 Mbps.
- ✓ Diseñado para usuarios residenciales.

Limites físicos

- ✓ No hay límite de distancia
- ✓ Capacidad cada bus HFC: 50Mbps (sentido red – usuario) y 10Mbps en (sentido usuario-red)

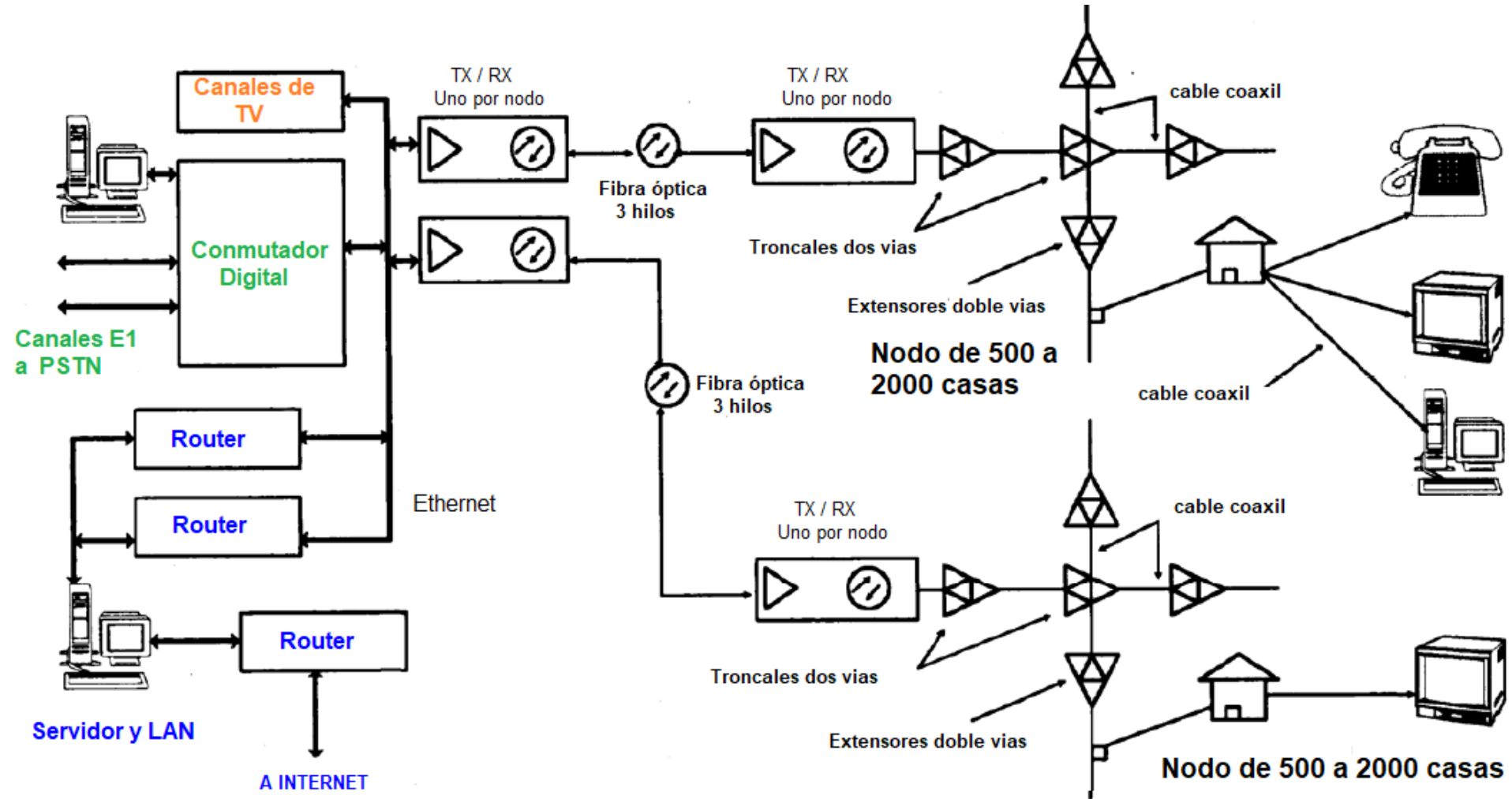
Equipamiento Adicional: Splitter Tv/Datos

Fortalezas: Alta velocidad, bajo precio y se vende por contenido

Debilidades: Medio Compartido (pobre seguridad) y Diferentes estándares entre EEUU y Europa.

Ultima Milla

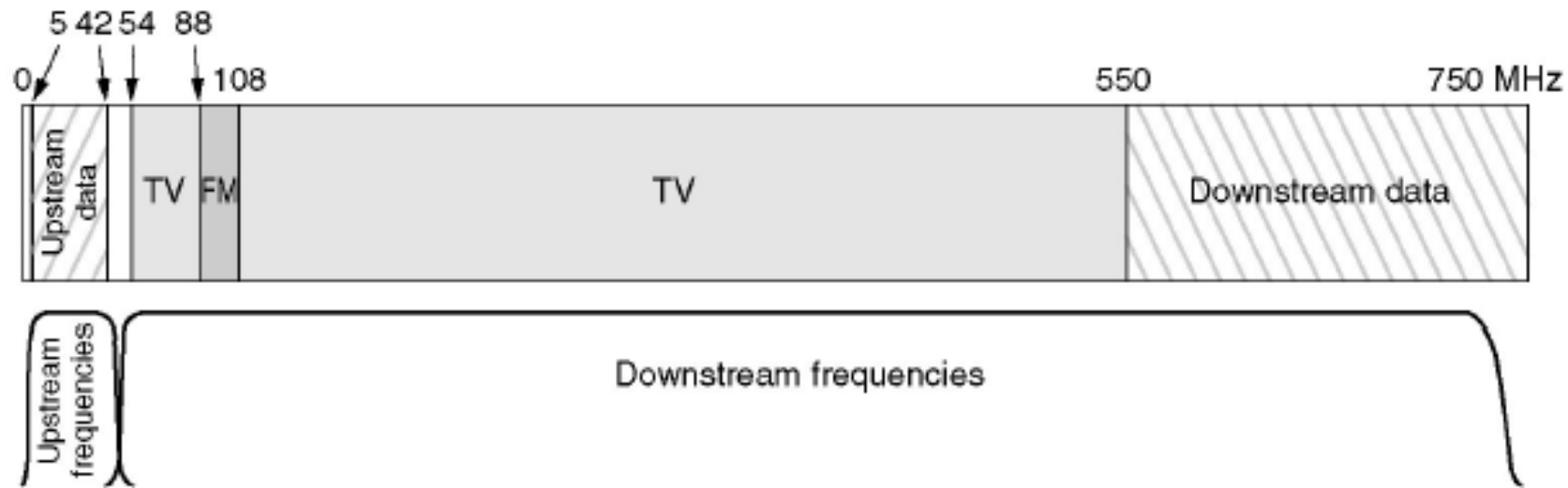
Red Multiservicios HFC: Triple Play (video cable, internet y teléfono)



Ultima Milla

Redes de Fibra y Coaxial (Hybrid Fibre Coaxial, HFC)

Distribución del ancho de banda



Ultima Milla

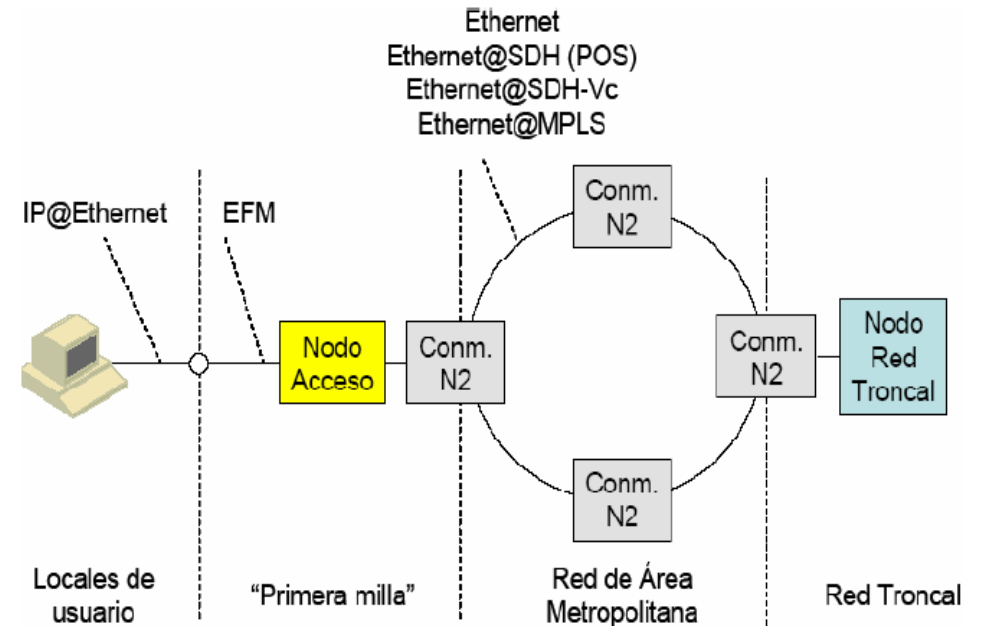
Redes Metro Ethernet

Ethernet en la primera milla (EFM):

- ✓ La omnipresencia de la Ethernet.
- ✓ La disponibilidad de grandes anchos de banda.
- ✓ Precios reducidos.
- ✓ Facilidad de operación y provisión del servicio
- ✓ Autoconfiguración y asignación flexible de ancho de banda.

EFM ha sido estandarizada por el estándar IEEE 802.3ah

EPON (Ethernet Passive Optical Network) permite compartir entre varios abonados los costes de terminaciones de red



Ultima Milla

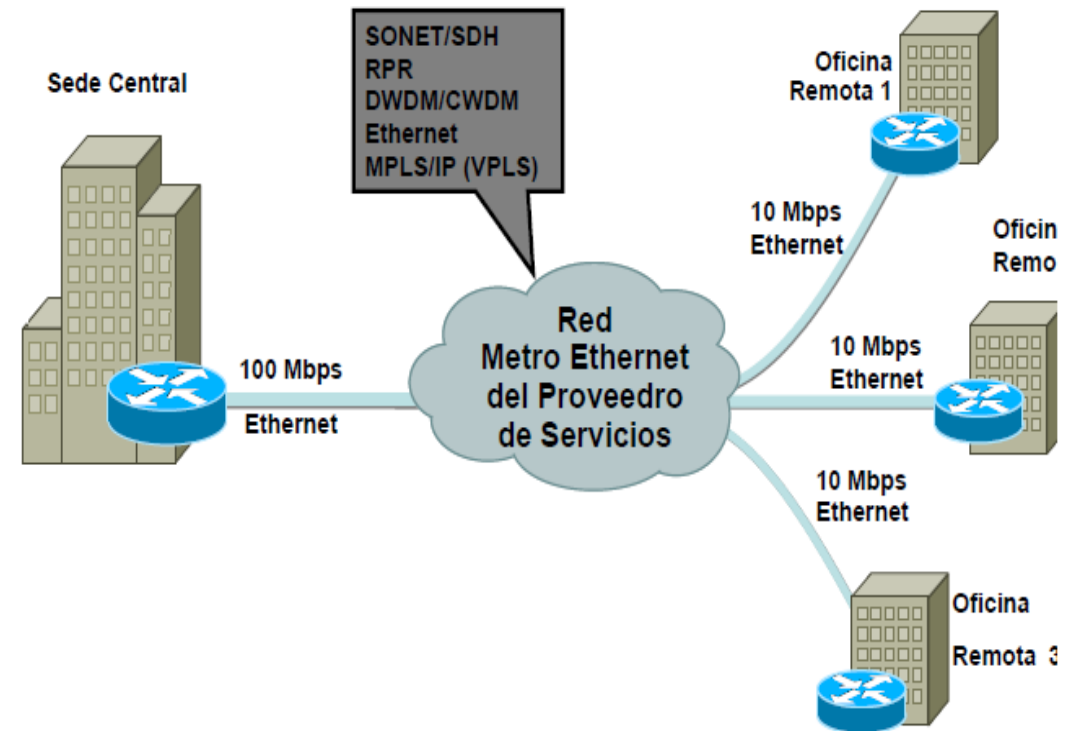
Redes Metro Ethernet: características

- ✓ Ethernet se está convirtiendo en una tecnología única para LAN, MAN y WAN.
- ✓ Arquitectura eficiente para redes de paquetes, punto a punto, punto multipunto y multipunto a multipunto.
- ✓ Interfaz con costo ventajoso que ofrece flexibilidad de ancho de banda: 10/100/1000/10000 Mbps
- ✓ Originalmente para entornos LAN, pero hoy ofrece independencia geográfica: Ethernet óptico, sobre IP o MPLS
- ✓ Metro Ethernet es otra L2 VPN, en la que la red del proveedor transporta tramas Ethernet (las direcciones MAC son usadas para determinar el encaminamiento). Se puede asimilar una VLAN a un DLCI ó un PVC

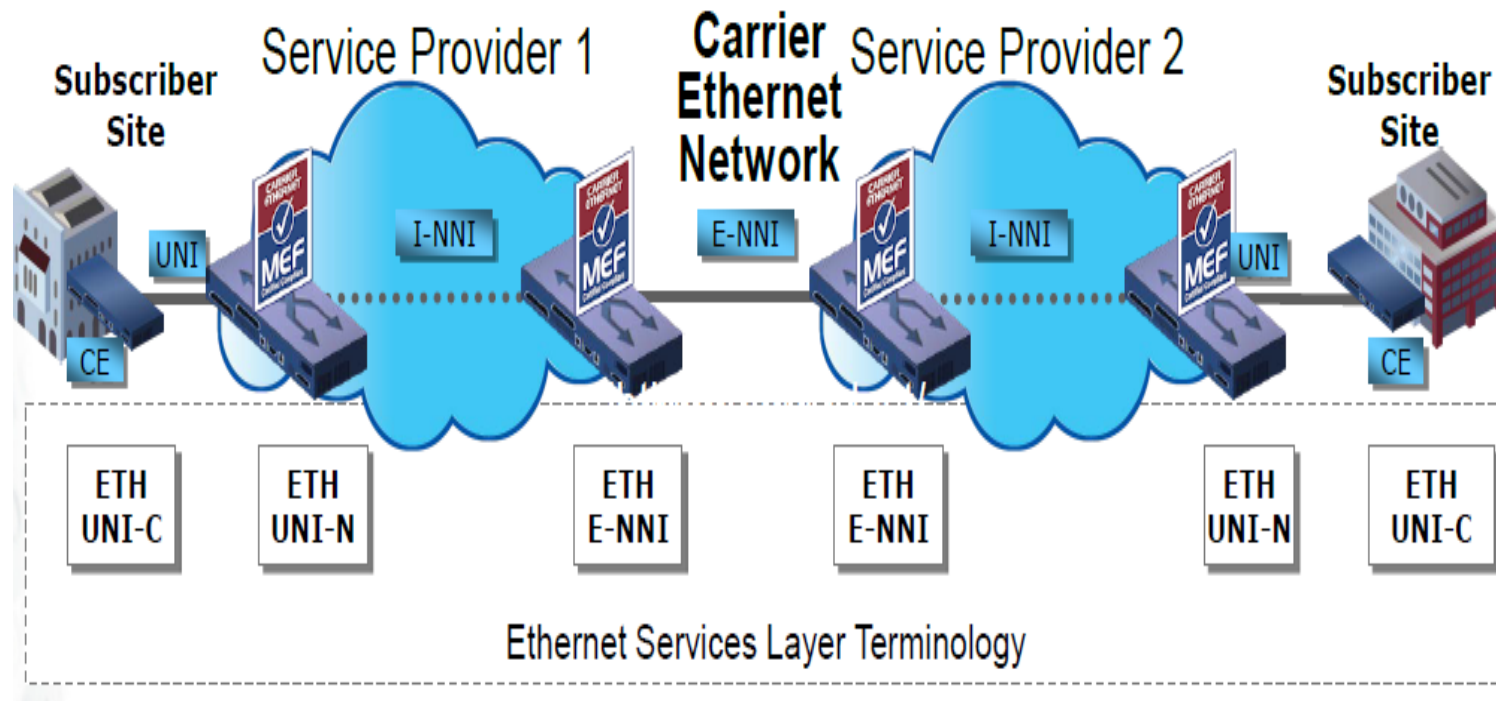
Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Aplicaciones

- ✓ Conectividad Internet
- ✓ Transparent LAN service (punto a punto LAN to LAN)
- ✓ L2VPN (punto a punto o multipunto a multipunto LAN to LAN)
- ✓ Extranet
- ✓ LAN a Frame Relay/ATM VPN
- ✓ Conectividad a centro de backup
- ✓ Storage Area Networks (SANs)
- ✓ Metro Transport (backhaul)
- ✓ VoIP



Arquitectura Metro Ethernet



Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Conectividad Virtual (EVC)

- ✓ Conectar dos o más sitios (UNI's) para la transferencia de tramas Ethernet entre ellos.
- ✓ Impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC, permitiendo privacidad y seguridad.
- ✓ Ofrece privacidad y seguridad similar a un circuito virtual ATM (PVC ATM).
- ✓ No altera o modifica la trama Ethernet original que pasa por la red y nunca se devuelve al origen.
- ✓ Un EVC puede ser usado para construir Redes Privadas Virtuales VPN (Virtual Private Network) de capa 2.
- ✓ Tipos de EVC según el MEF:
 - ✓ Punto a Punto (E-Line Service Type)
 - ✓ Multipunto (E-LAN Service Type)
 - ✓ Punto a Multipunto (E-Tree Service Type)

Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Conectividad Virtual E-Line

Una E-Line puede operar con ancho de banda dedicado ó con un ancho de banda compartido.

EPL: Ethernet Private Line

- ✓ Es un servicio EVC punto a punto con un ancho de banda dedicado
- ✓ El cliente siempre dispone del CIR
- ✓ Normalmente en canales SDH (en NGN) ó en redes MPLS
- ✓ Es como una línea en TDM, pero con una interfaz ethernet

EVPL: Ethernet Virtual Private Line

- ✓ En este caso hay un CIR y un EIR y una métrica para el soporte de SLA's
- ✓ Es similar al FR
- ✓ Se implementa con canales TDM compartidos ó con redes de conmutación de paquetes usando switches y/o routers

Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Conectividad Virtual E-Line



Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Conectividad Virtual E-LAN

Una E-LAN puede operar con ancho de banda dedicado ó con un ancho de banda compartido.

EPLan: Ethernet Private LAN

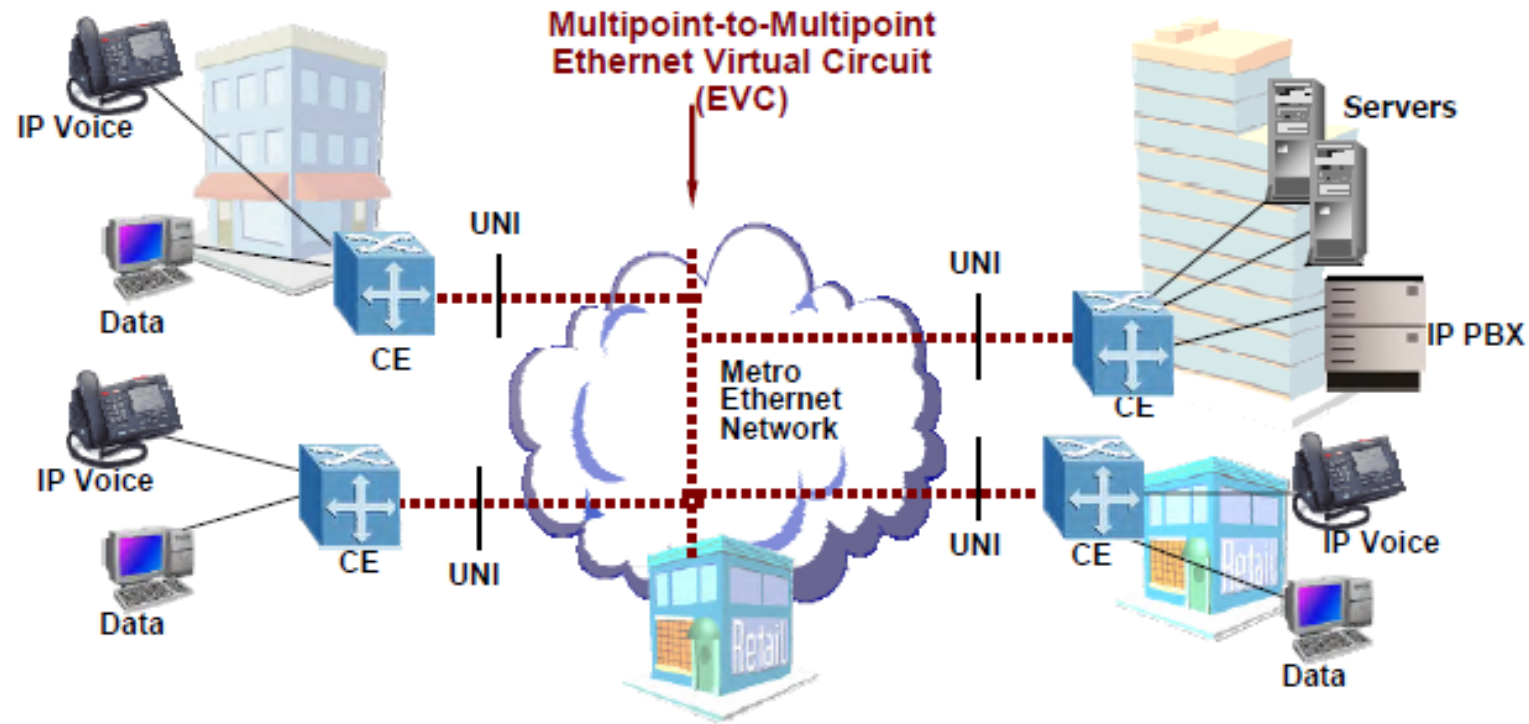
- ✓ Suministra una conectividad multipunto entre dos o más UNI's, con un ancho de banda dedicado.

EVPLan: Ethernet Virtual Private LAN:

- ✓ También conocida como:
 - ✓ VPLS: Virtual Private Lan Service
 - ✓ TLS: Transparent Lan Service
 - ✓ VPSN: Virtual Private Switched Network
- ✓ La separación de clientes vía encapsulación: las etiquetas de VLAN's del proveedor no son suficientes (4096)
- ✓ Es el servicio más rentable desde el punto de vista del proveedor.

Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Conectividad Virtual E-LAN



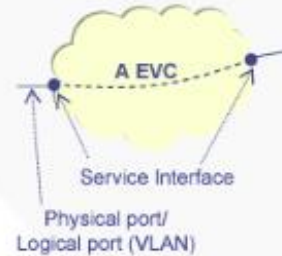
Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: todas las opciones E-line e E-LAN

Metro Ethernet Service

Conectividad dentro de MEN

PtP EVC (VPWS, PW, ELS, VLL)



MPtMP EVC (VPLS, E-LAN Service, TLS)



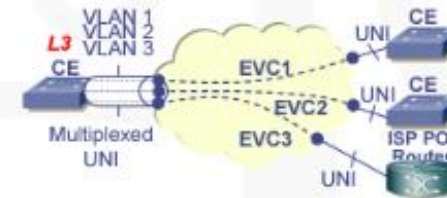
EPL (EWS)

Private Line Service

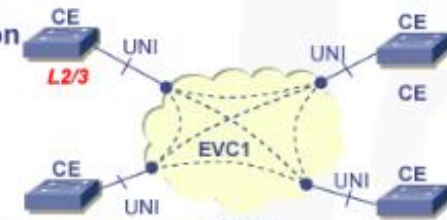


ERS (ERS)

FR



LAN Extension (EMS)

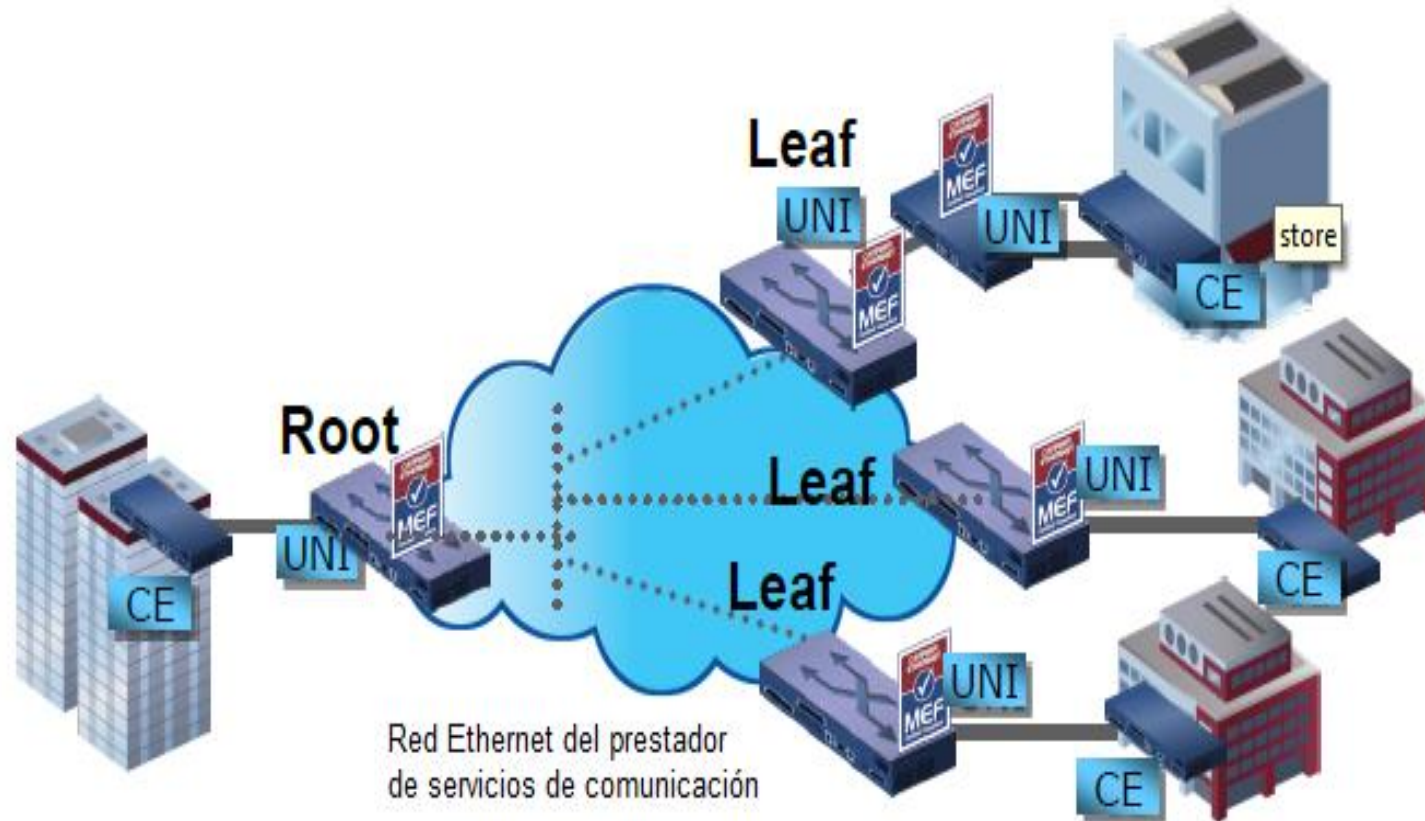


ERMS (ERMS)



Ultima Milla

Redes Metro Ethernet: Conectividad Virtual E-Tree



Ultima Milla

Redes de Acceso Inalámbrico

- ✓ En estas redes los clientes se conectan a la red usando señales de radio en reemplazo del cobre, en parte o en toda la conexión entre el cliente y la central de conmutación.
- ✓ Técnica de acceso muy utilizada en regiones donde las redes están aún en desarrollo.
- ✓ También en países de reciente apertura en competencia resulta ideal para un rápido despliegue de red.
- ✓ Clasificación:
 - ✓ WLL (Wireless Local Loop)
 - ✓ Broadband Wireless
 - WiFi , Wimax, LMDS, MMDS, FOS
 - ✓ Sistemas celulares

Ultima Milla

Redes de Acceso Inalámbrico: WLL, bucle inalámbrico

Clasificación de los bucles inalámbricos:

- ✓ WiLL, Wireless Local Loop
- ✓ LMDS, Local Multipoint Distribution Service
- ✓ MMDS, Multichannel Multipoint Video Distribution System

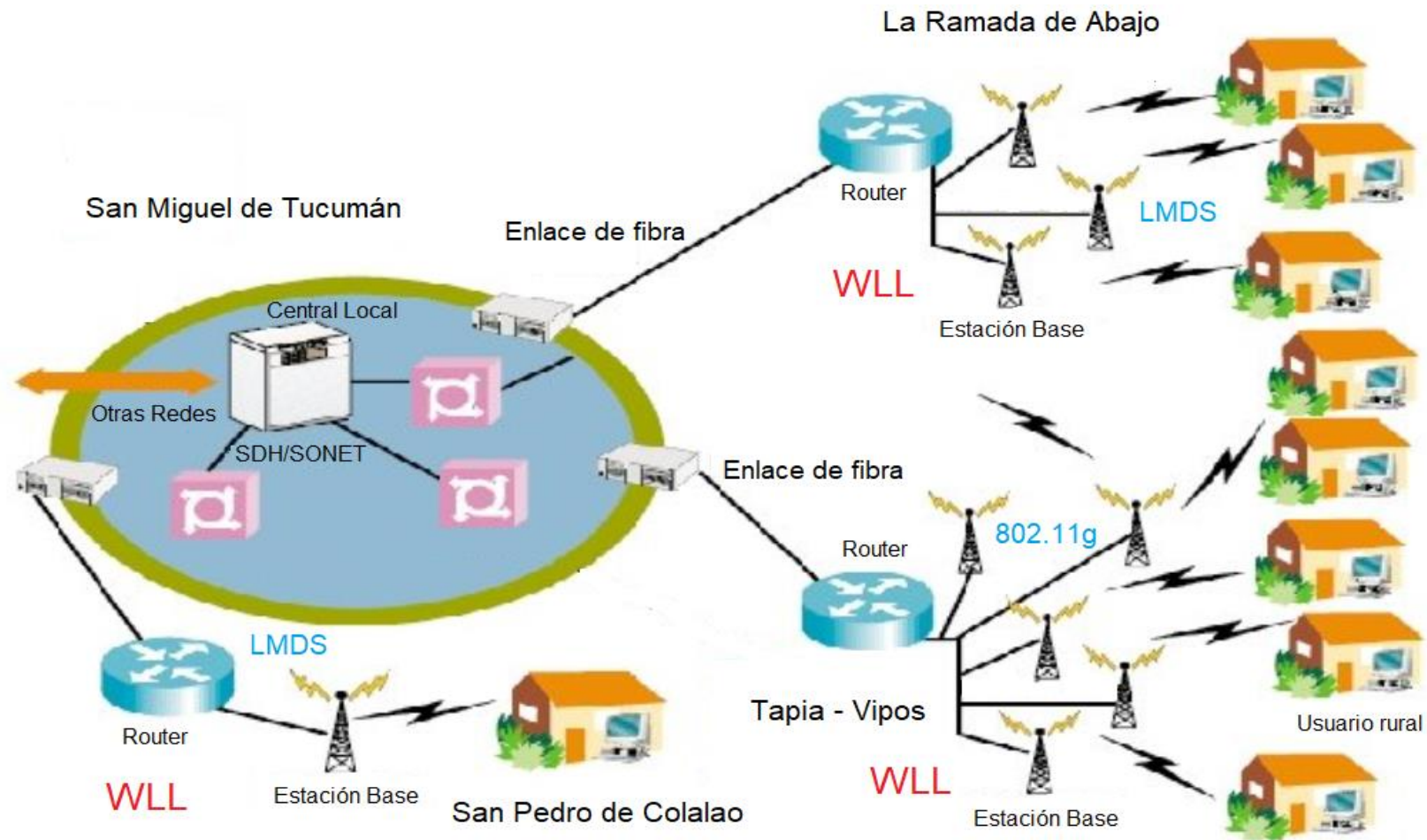
Operan en las siguientes bandas:

- ✓ 1 a 3 GHz: mayoría sistemas WLL
- ✓ 3,5 GHz: estándar
- ✓ 10 GHz: uso muy limitado
- ✓ 26-28 GHz: LMDS
- ✓ 40 GHz: MMDS genérico

Los sistemas requieren línea de vista y reutilización de frecuencias del espectro

Ultima Milla

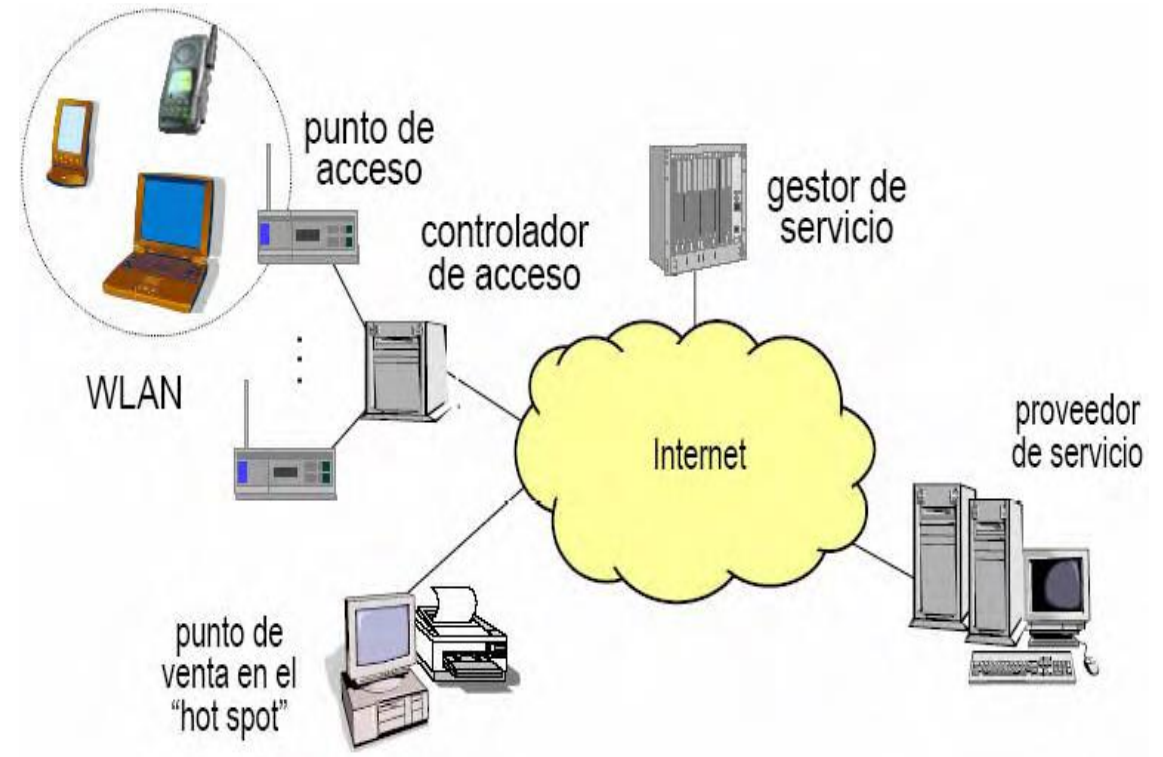
Ejemplo de un bucle inalámbrico



Ultima Milla

WLAN, Wi-Fi, HyperLAN 2

- ✓ Redes locales inalámbricas (WLAN)
 - ✓ WLAN, Wireless Local Area Networks
 - ✓ Wi-Fi, Wireless Fidelity
 - ✓ HiperLAN2, (High Performance Radio LAN type 2)
- ✓ Permiten la interconexión de ordenadores en área local (hotspots)
- ✓ La mayoría trabaja en bandas que no requieren licencia Varios estándares IEEE 802 norman su funcionamiento
- ✓ Tienen limitaciones notables en cuanto a seguridad, calidad de servicio, movilidad e interferencias con otras redes



Temas a tratados

1. Acceso ADSL
2. Accesos xDSL
3. Fibra para el hogar
4. Internet por cable modem
5. Metro Ethernet
6. Acceso a última milla inalámbrico

FINAL DEL MÓDULO 2
