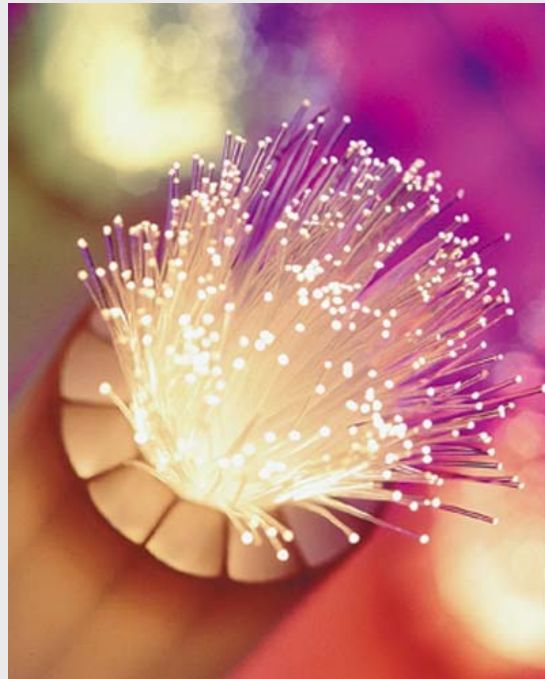


# Redes FTTx

## *Conceptos y Aplicaciones*



Ing. Miguel Lattanzi  
[mlattanzi@ieee.org](mailto:mlattanzi@ieee.org)

Lic. Agustín Graf  
[agustin.graf@huawei.com](mailto:agustin.graf@huawei.com)

- 1. Redes de Acceso: Escenario Actual**
- 2. Evolución y Nuevas Necesidades**
- 3. Introducción a las Redes FTTx**
- 4. Tecnologías PON**
- 5. Consideraciones de Diseño**
- 6. Ejemplos de Implementación: Red GPON**



# *Sección 1*

## *Redes de Acceso: Escenario Actual*



# 1. Redes de Acceso: Escenario Actual

**Red de Acceso** *Es el segmento de la red de telecomunicaciones que interconecta los equipos de los abonados con los equipos del borde de la red del proveedor de servicios.*

Elementos que componen una red de acceso:

- **Medio Físico de Transmisión**
  - > Par de cobre trenzado
  - > Cable coaxial
  - > Fibra óptica
  - > Aire / Espacio libre (en el caso de comunicaciones RF e IR)
  
- **Equipos de Telecomunicaciones**
  - > Acceso DSL
  - > Acceso MSAN (DSL, VoIP y POTS)
  - > Acceso Óptico
  - > Antenas
  
- **Empalmes y Dispositivos de Interconexión**
  - > Empalmes de par trenzado
  - > Empalmes de fibra óptica
  - > Cajas de distribución



# 1. Redes de Acceso: Escenario Actual

## Redes de Acceso Fijas

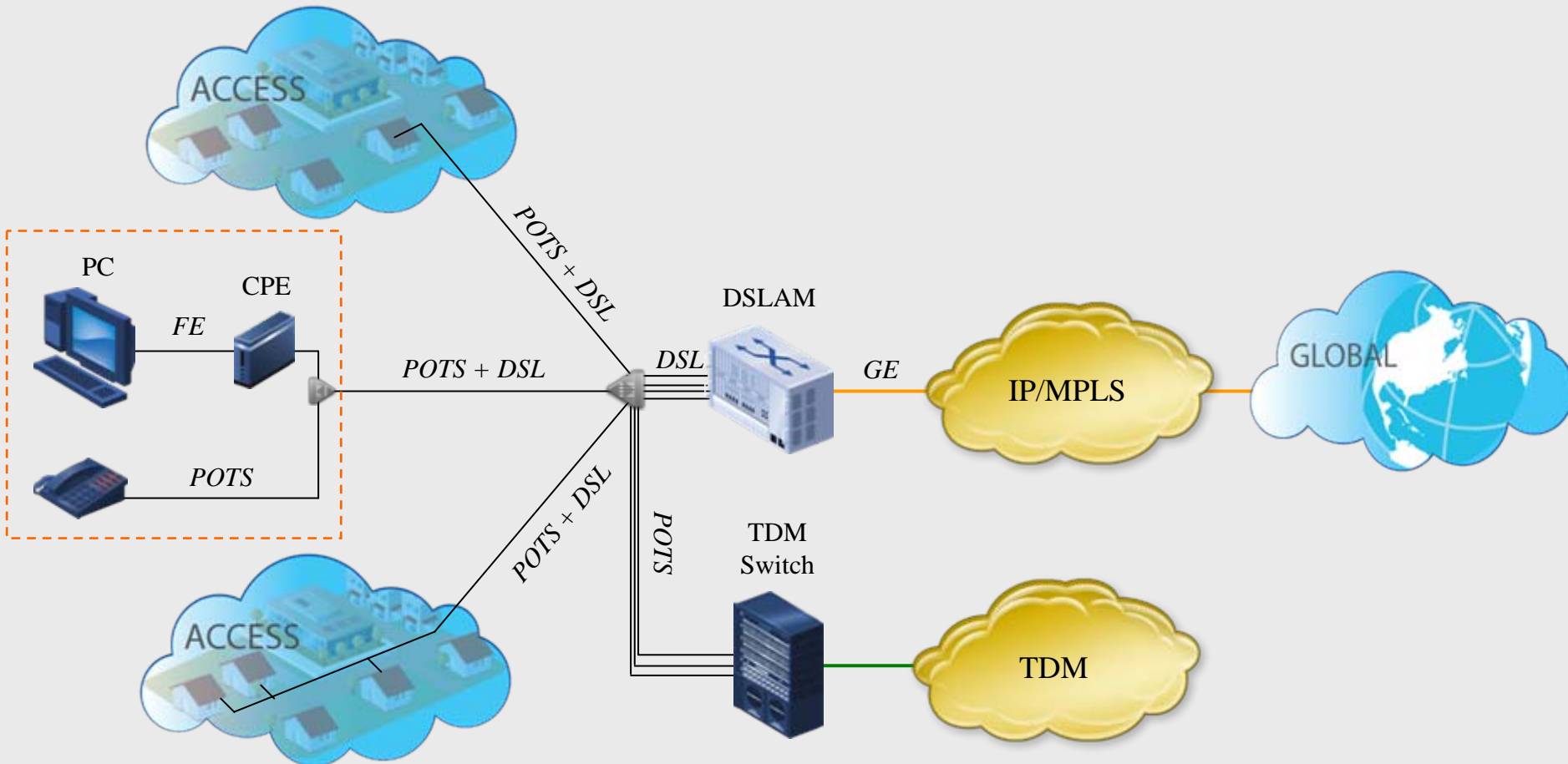
- > Red de telefonía tradicional (POTS)
- > Red de banda ancha (DSL)
- > Red HFC (Cable MODEM)
- > Red eléctrica (BPL)
- > Red de fibra óptica (P2P y PON)

## Redes de Acceso Móviles

- > WiMax (IEEE 802.16)
- > WiFi (IEEE 802.11)
- > GSM
- > CDMA2000
- > UMTS
- > EVDO 1x
- > GERAN
- > HSPA
- > LTE

## Tecnología de Red DSL: Topología en el Acceso

*Un ejemplo básico sería:*

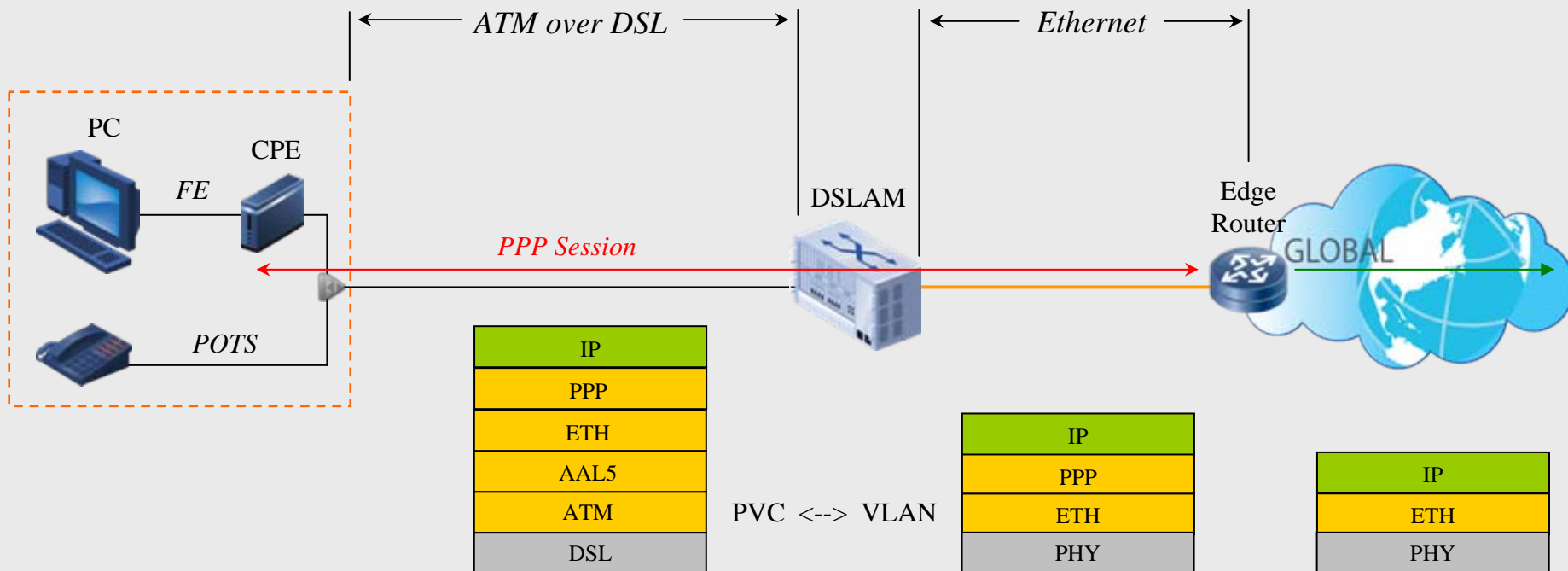




# 1. Redes de Acceso: Escenario Actual

## Tecnología de Red DSL: Ejemplo de un Servicio de Datos

*A nivel de protocolos y conectividad se tendrá:*

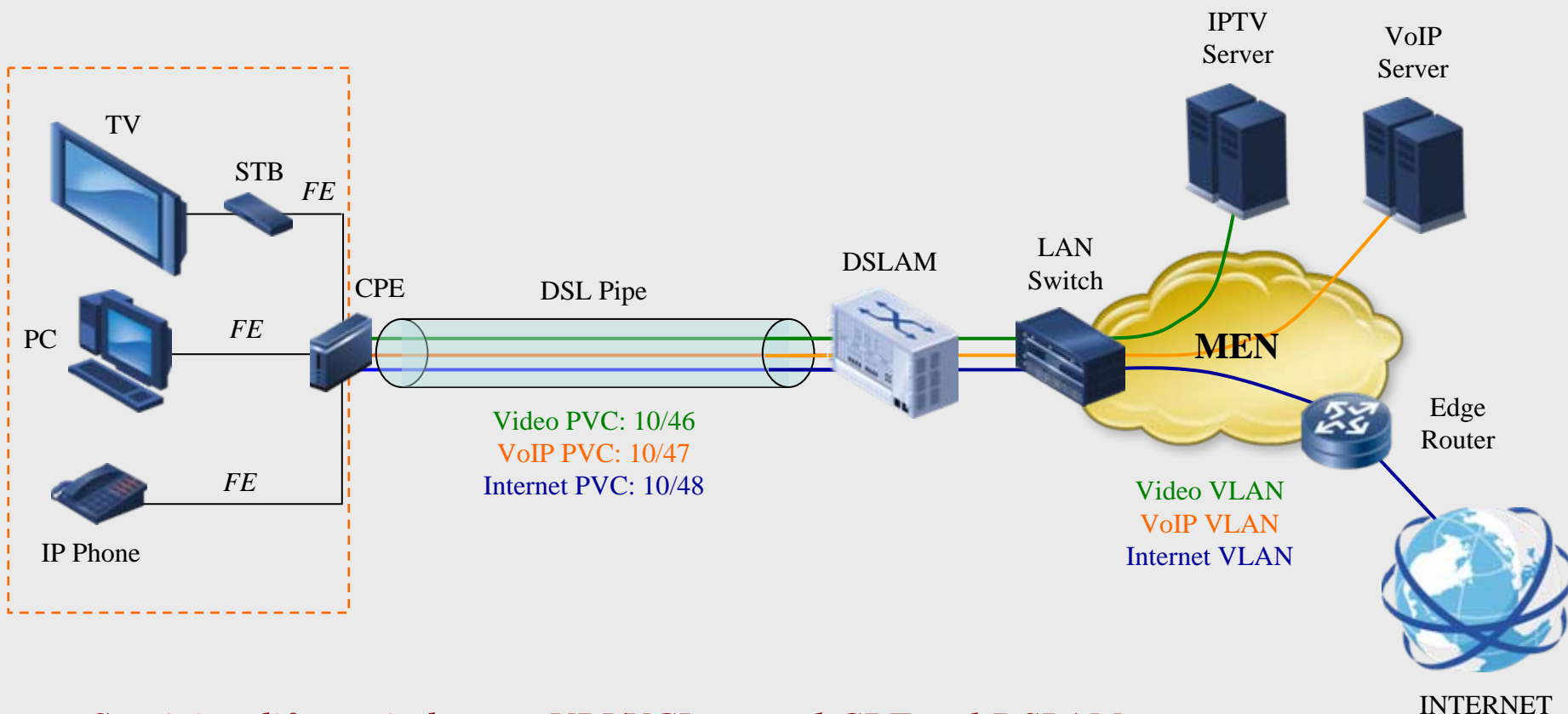


- > Entre el CPE y el DSLAM se utiliza ATM como protocolo de capa 2
- > Entre el DSLAM y el Router de Borde (ER) se utiliza Ethernet como protocolo de capa 2

# 1. Redes de Acceso: Escenario Actual

## Tecnología de Red DSL: Ejemplo de Triple Play

*En la actualidad los servicios de IPTV, VoIP e Internet conviven en las redes de acceso.*



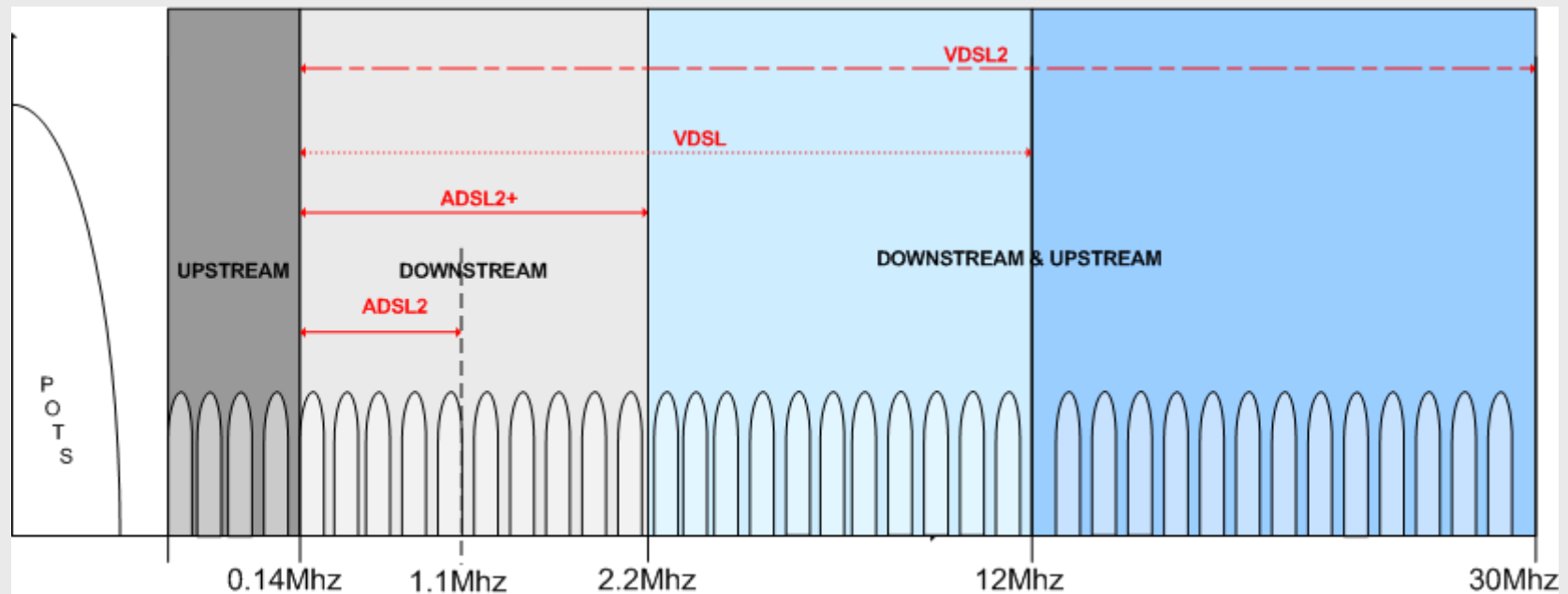
- > *Servicios diferenciados por VPI/VCI entre el CPE y el DSLAM*
- > *Servicios diferenciados por VLAN en la red del proveedor*



## Transmisión de Señales en Redes DSL

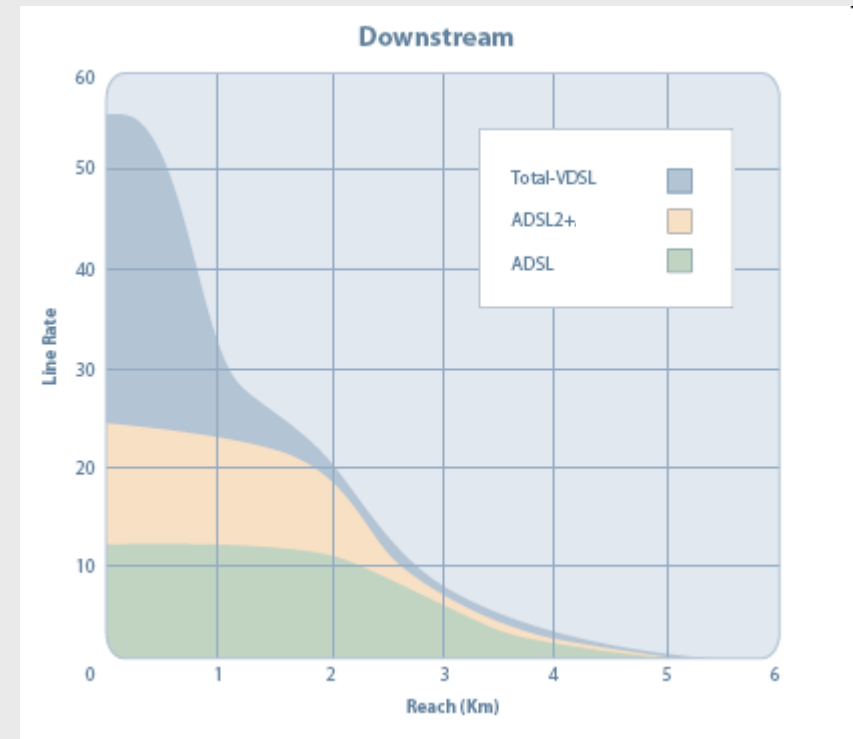
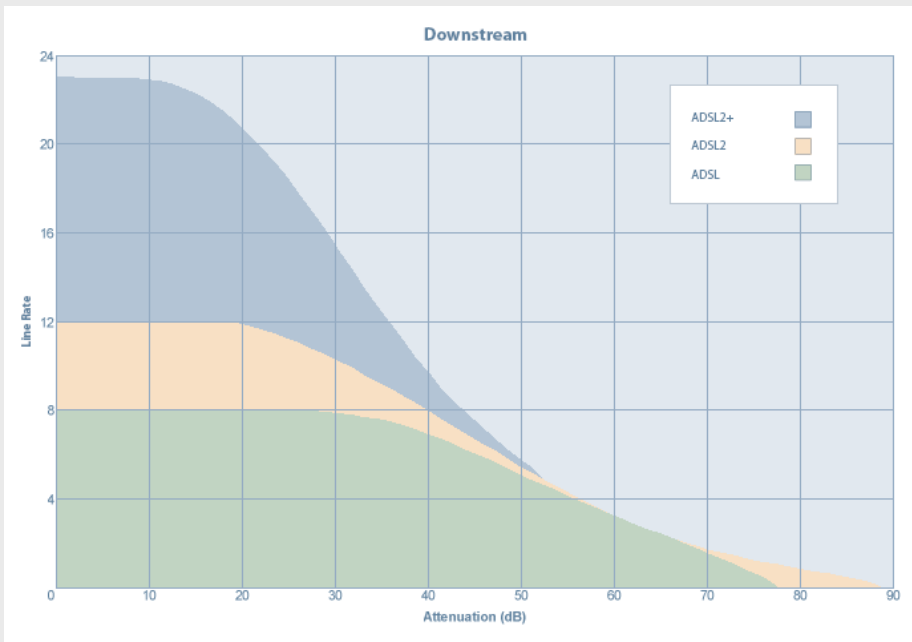
Para realizar el envío de información las tecnologías DSL dividen el espectro efectivo en diferentes bandas, por medio de multiplexación por división de frecuencia (FDM).

- > POTS tiene reservado un espectro efectivo de 0 - 4 KHz
- > Entre las señales de POTS y DSL existe una banda de seguridad de 4 KHz a 26 KHz
- > DSL utiliza el espectro efectivo existente a partir de los 30 KHz



## Rendimiento de las Tecnologías DSL

*Vemos a continuación la relación existente entre las velocidades máximas de transmisión de datos (teóricas) para cada distancia dada:*



*> Para un par AWG 26 ( $\varnothing=0.405$  mm) se considera una atenuación de 13.81 dB/Km*

## Rendimiento de las Tecnologías DSL

*Comparación entre las distintas tecnologías de acceso DSL:*

<i>ADSL</i>	<i>ADSL2</i>	<i>ADSL2+</i>	<i>SHDSL*</i>	<i>VDSL</i>	<i>VDSL2</i>
ANSI T1.413 ITU-T G.992.1	ITU-T G.992.3	ITU-T G.992.5	ANSI T1E1.4/2001 ITU-T G.991.2 ETSI TS-101524	ITU-T G.993.1	ITU-T G.993.2
Up: 1 Mbps Dw: 8 Mbps	Up: 1 Mbps Dw: 12 Mbps	Up: 1 Mbps Up: 3.5 Mbps (M) Dw: 24 Mbps	Up: 2.3 Mbps (2W) Dw: 2.3 Mbps (2W) Up: 4.6 Mbps (4W) Dw: 4.6 Mbps (4W)	Up: 55 Mbps Dw: 55 Mbps	Up: 100 Mbps Dw: 100 Mbps
5 Km	5.5 Km 6.5 Km (L)	5.5 Km 6.5 Km (L)	6 Km	1.5 Km	1.5 Km
1.104 MHz	1.104 MHz	2.208 MHz	800 KHz	12 MHz	30 MHz
DMT	DMT	DMT	TC-PAM	QAM DMT	DMT

> *M*: Anexo M, especifica una mayor tasa de transmisión de datos en sentido Upstream

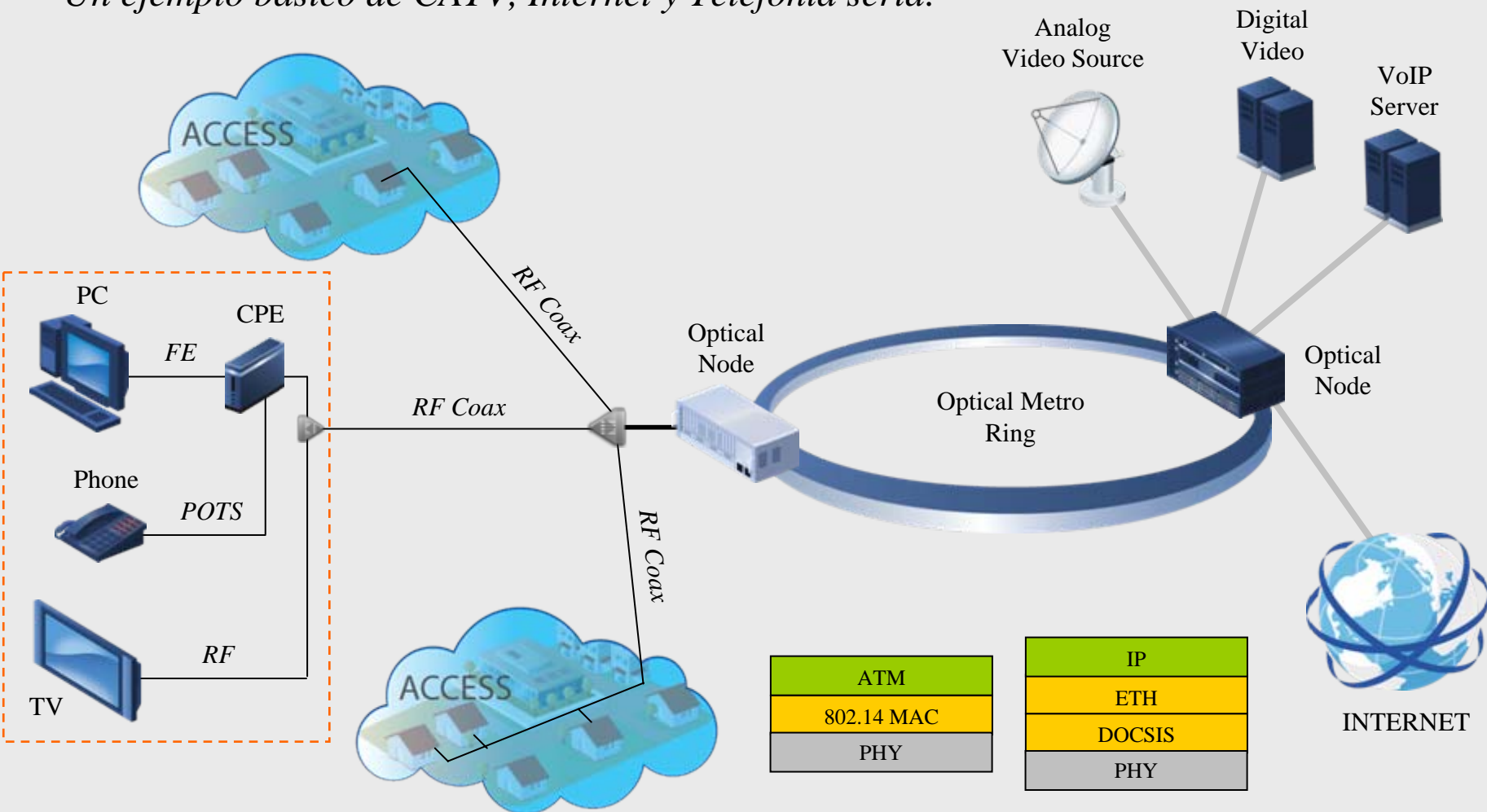
> *L*: Anexo L, especifica mayores distancias de alcance efectivo

\*SHDSL puede operar en modo dos hilos (2W) o en modo cuatro hilos (4W)

# 1. Redes de Acceso: Escenario Actual

## Tecnología de Red HFC: Topología y Protocolos

Un ejemplo básico de CATV, Internet y Telefonía sería:





## Transmisión de Señales y Rendimiento en Redes HFC

*En el envío de señales de CATV RF y datos, tanto en sentido upstream como downstream, se utiliza un esquema de multiplexación por división de frecuencia (FDM).*

- **Frecuencias Utilizadas**
  - > El Return-path comprende de 5 MHz a 42 MHz
  - > El Forward-path comprende de 50 MHz a 860 MHz
- **Velocidades de Transmisión**
  - > En upstream se alcanzan velocidades de hasta 10 Mbps
  - > En downstream se alcanzan velocidades de hasta 40 Mbps
- **Split Ratio**
  - > 1:500

# 1. Redes de Acceso: Escenario Actual

## Tecnología de Red BPL: Topología y Componentes

*Ejemplo de acceso hogareño para los servicios de Video, Telefonía y Datos:*

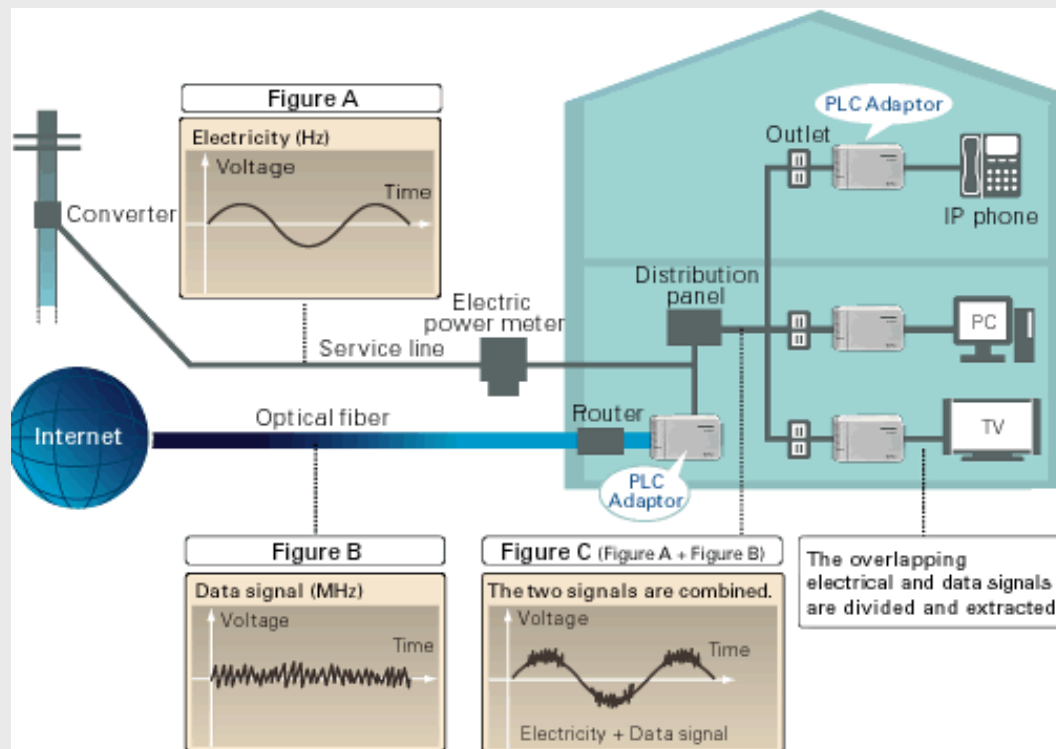


Image from <http://www.panasonic.co.jp>

- **Frecuencias Utilizadas**  
> 1.6 MHz a 80 MHz
- **Velocidades de Transmisión**  
> Baja Tensión: hasta 50 Mbps  
> Fibra Óptica: 1 Gbps
- **Split Ratio**  
> 1:150/200

## Comparación entre las distintas Tecnologías de Acceso Fijas

	DSL	HFC	BPL
Ventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de la red preexistente</li> <li>2. Equipos de bajo costo</li> <li>3. Gran penetración de mercado</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de la red preexistente</li> <li>2. Mantiene la velocidad de acceso óptima conforme aumenta la distancia</li> <li>3. No requiere servicio telefónico fijo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de la red preexistente</li> <li>2. Rápido despliegue masivo de red</li> <li>3. Varios puntos de acceso por hogar</li> <li>4. No requiere servicio telefónico fijo</li> </ol>
Desventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Altas velocidades a corta distancia</li> <li>2. Pocos usuarios tienen acceso a altas velocidades</li> <li>3. Madurez tecnológica</li> <li>4. Se requiere servicio telefónico fijo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Velocidad máxima sujeta a la cantidad de usuarios conectados</li> <li>2. Servicio no disponible en todas las localidades</li> <li>3. Grandes distancias requieren repetidores</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problemas complejos de ruido en la línea</li> <li>2. Susceptible a problemas energéticos</li> <li>3. Distancias medias y grandes requieren repetidores</li> <li>4. Aún no es un estándar</li> </ol>

## Redes de Acceso Móviles

*Algunos hechos relacionados con las tecnologías móviles son:*

- **Ventajas**
  - > Gran número de estándares desarrollados en los últimos años
  - > Aumento año tras año de la penetración de mercado
  - > Velocidades de acceso de hasta 70 Mbps
  - > Obras civiles mínimas para el despliegue de la red de acceso
  
- **Desventajas**
  - > Menor velocidad máxima de acceso que otras tecnologías
  - > Medio físico más susceptible a interferencias electromagnéticas
  - > Menor grado de seguridad que las tecnologías de acceso fijas
  - > No permiten diseñar un conjunto de servicios Triple Play

*Tener todos los servicios integrados permite simplificar los procesos administrativos de los operadores y presentarle al cliente un único resumen de servicios.*

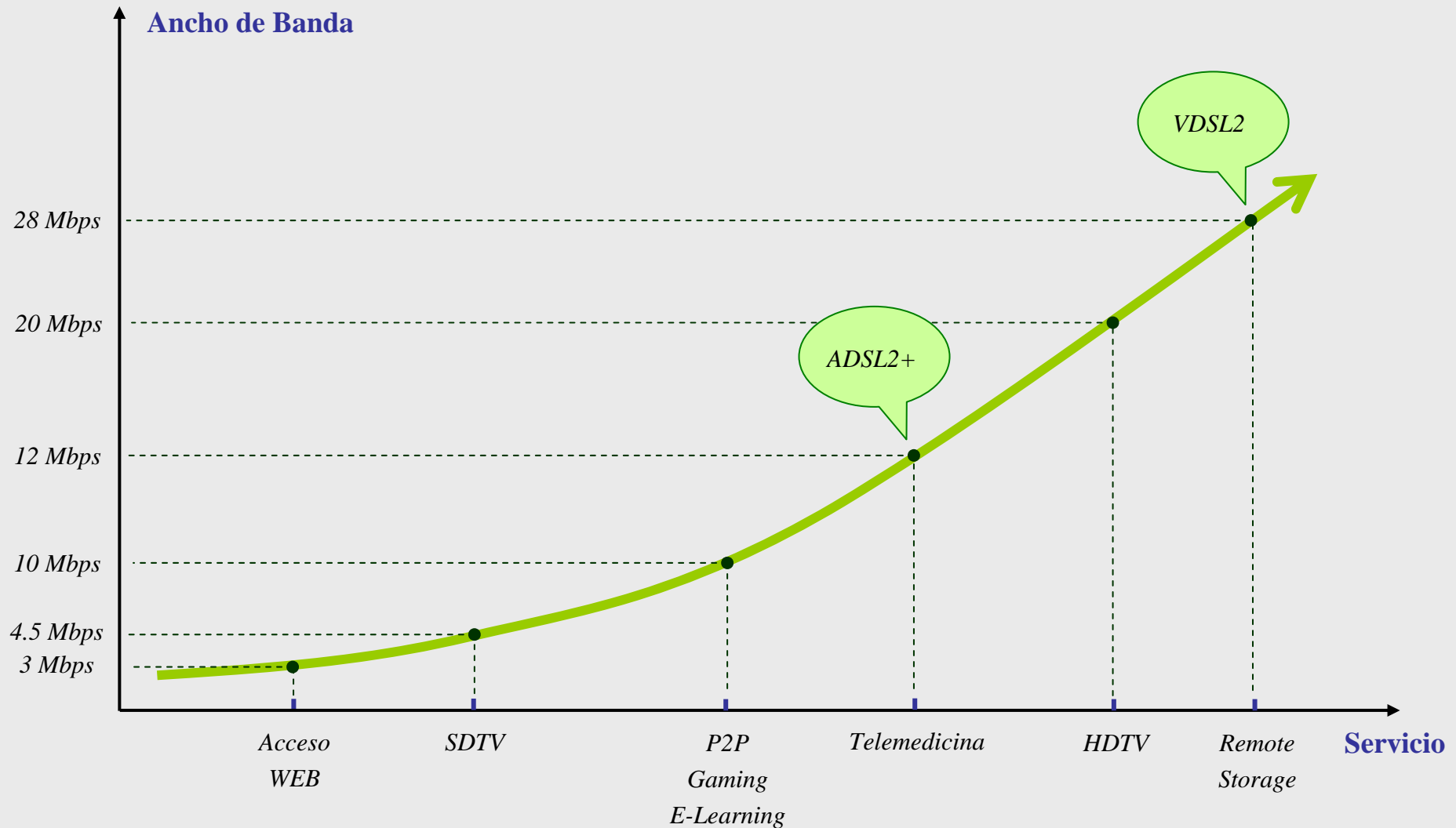


The background is a vibrant, abstract composition of glowing orange and red lines and dots, creating a sense of dynamic movement and energy. The lines are thin and radiate from various points, while the dots are small, bright spheres of light. The overall color palette is warm, ranging from deep reds to bright oranges.

## *Sección 2*

# *Evolución y Nuevas Necesidades*

### Evolución de Servicios vs. Ancho de Banda



### Proyección para Servicios de Datos

- El intercambio de información por medio de redes del tipo P2P, el crecimiento de los juegos on-line, aplicaciones en telemedicina y unidades del tipo SOHO pronostican la necesidad de un ancho de banda elevado.

*Ancho de banda previsto: 15 Mbps*

### Proyección para Servicios de Video

- A futuro se planifica brindar el servicio HDTV con un estándar de tasa de compresión de datos de 20 Mbps por canal de alta definición y un promedio de 3 TV por hogar.

*Ancho de banda previsto: 60 Mbps*

### Proyección para Servicio Telefónico

- Es servicio no representará un problema en cuando al ancho de banda a utilizar, existen CODECs cuyo ancho de banda es menor a los 64 Kbps.

*Ancho de banda previsto (servicio básico): 128 Kbps*

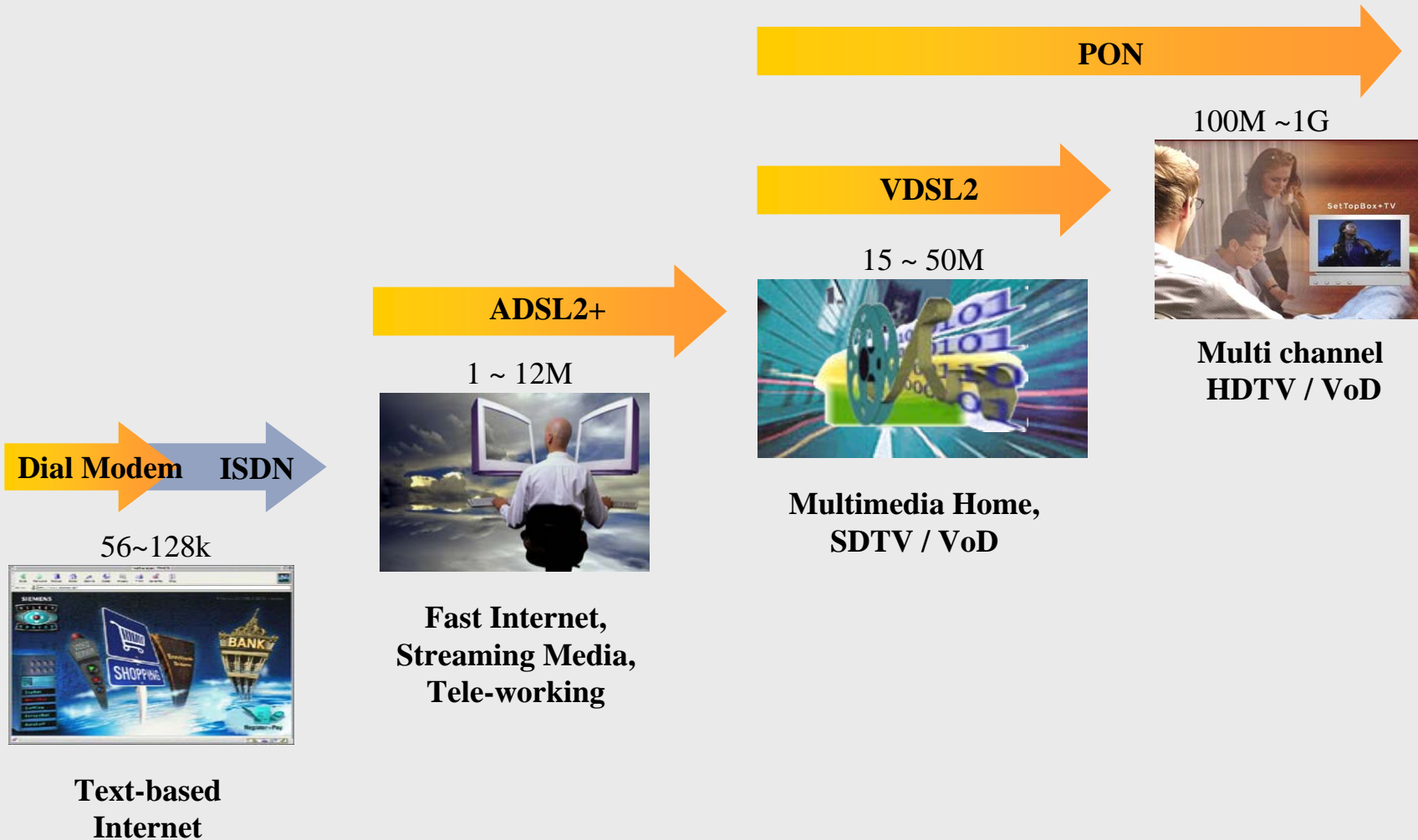
*Ancho de banda previsto (servicio video llamada): 384 Kbps*

*Total Necesario*



*75 Mbps*

### Evolución Tecnológica y Ancho de Banda





## *Sección 3*

# *Introducción a las Redes FTTx*

#### Que es FTTx?

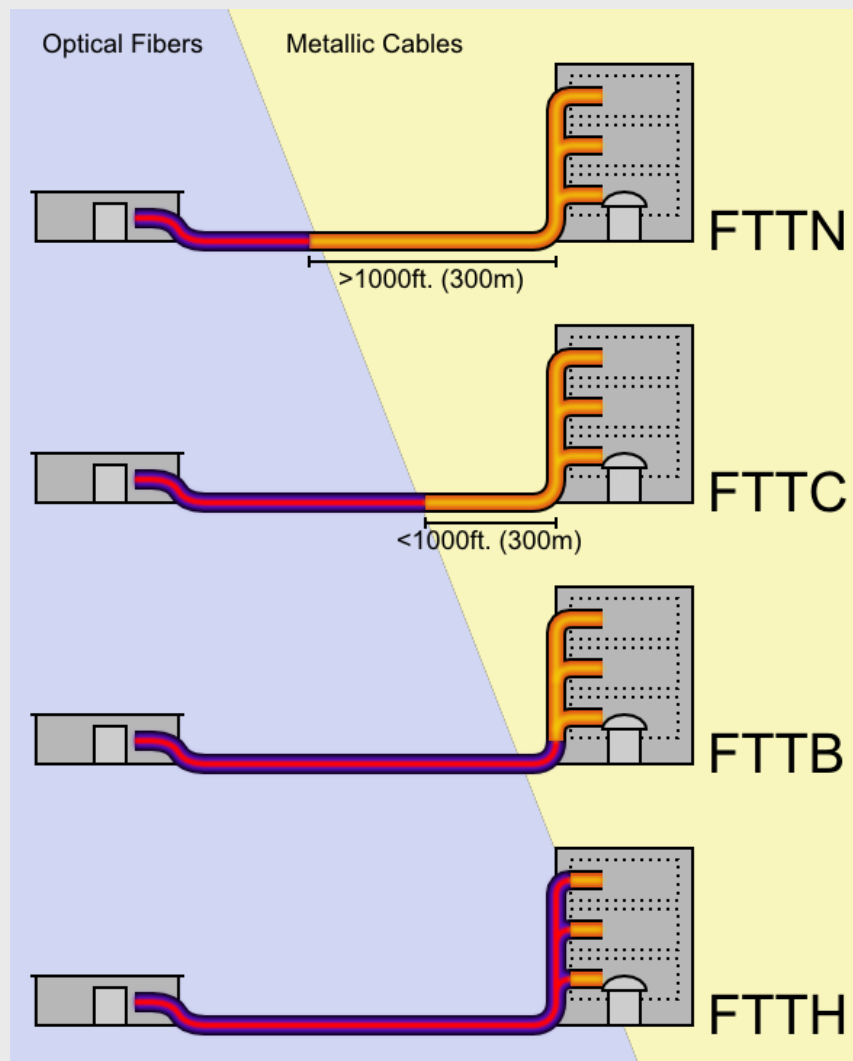
*Fibra hasta alguna parte...*

*Describe un conjunto de topologías utilizadas en las redes de acceso por fibra óptica.*

Elementos que determinan esta clasificación:

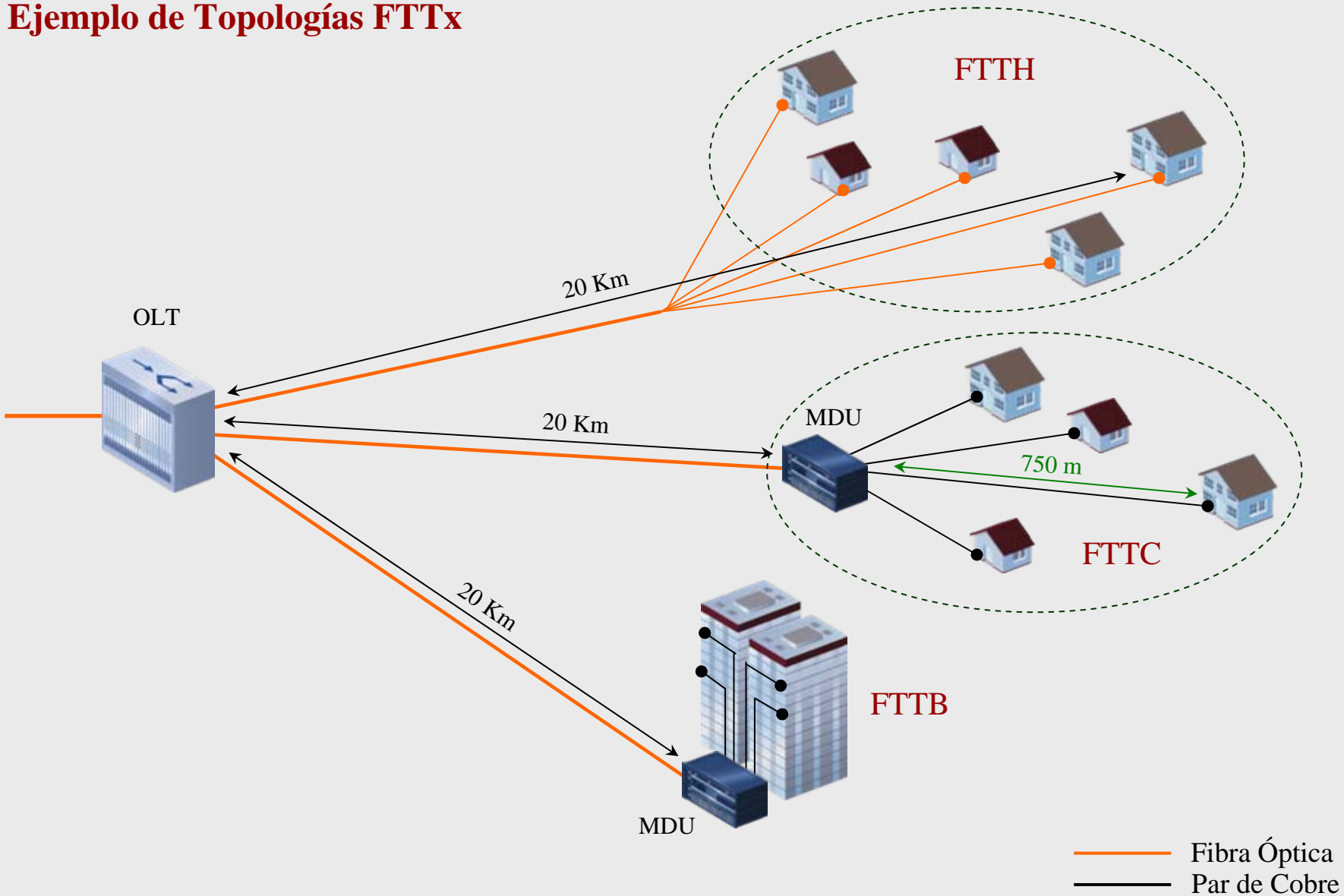
- **Alcance**
  - > Longitud de la fibra óptica
- **Medios de Transmisión**
  - > Únicamente de fibra óptica
  - > Combinación de fibra óptica y par de cobre trenzado
- **Componentes de Red**
  - > Terminales de usuario (ópticos)
  - > Equipos concentradores (DSL)

## Topologías de Red FTTx



- **Fiber To The Node**  
Fibra óptica y cable coaxial (Outdoor)  
200 – 500 hogares por fibra  
Servicios de 30 Mbps
- **Fiber To The Curb**  
Fibra óptica y par de cobre (Outdoor)  
10 – 100 hogares por fibra  
Servicios de 50 Mbps
- **Fiber To The Building**  
Fibra óptica (Outdoor) y par de cobre (Indoor)  
32 hogares por fibra  
Servicios de 100 Mbps
- **Fiber To The Home**  
Enteramente de fibra óptica  
1 hogar por fibra  
Servicios de más de 100 Mbps

## Ejemplo de Topologías FTTx



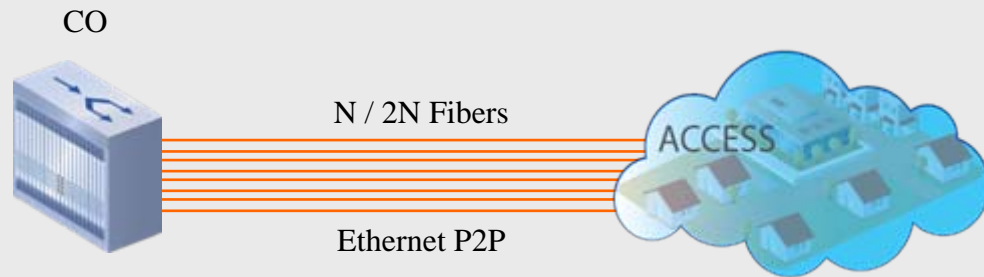


## Comparación de Soluciones FTTH

### Point to Point Ethernet

N / 2N Fibras por usuario

Costos de inversión muy elevados

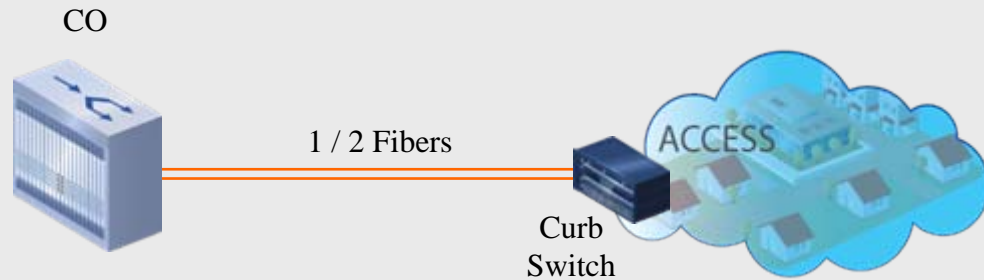


### Curb Switched Ethernet

1 o 2 Fibras desde la Central

Requiere energía eléctrica en el nodo remoto

Requiere un equipo concentrador remoto

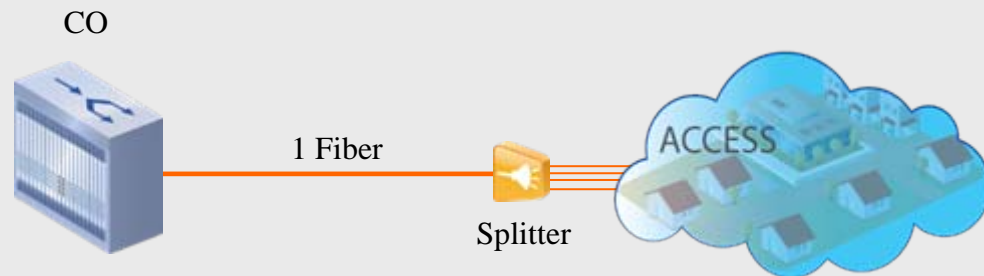


### Passive Optical Network (PON)

1 Fibra troncal

Splitter ópticos pasivos

No se necesita de energía eléctrica



## Redes de Fibra Óptica

*Es la única tecnología que cumple todos los requisitos actuales y futuros respecto de las proyecciones de ancho de banda.*

- Mayor capacidad de ancho de banda
- Mayor alcance
- Vida útil de mayor duración
- Inmunes a interferencias electromagnéticas
- Bajos costos de mantenimiento
- Mayor fiabilidad
- Flexibilidad y escalabilidad de red



# *Sección 4*

## *Tecnologías PON*

### Qué es una Red PON?

*Es una red óptica pasiva*



*Si los equipos del operador y de los usuarios no son pasivos: **porque es una red pasiva?***



*Se la considera pasiva porque los componentes de la **red óptica** son pasivos*



#### Elementos Activos

- OLT
- MDU
- ONT



#### Elementos Pasivos

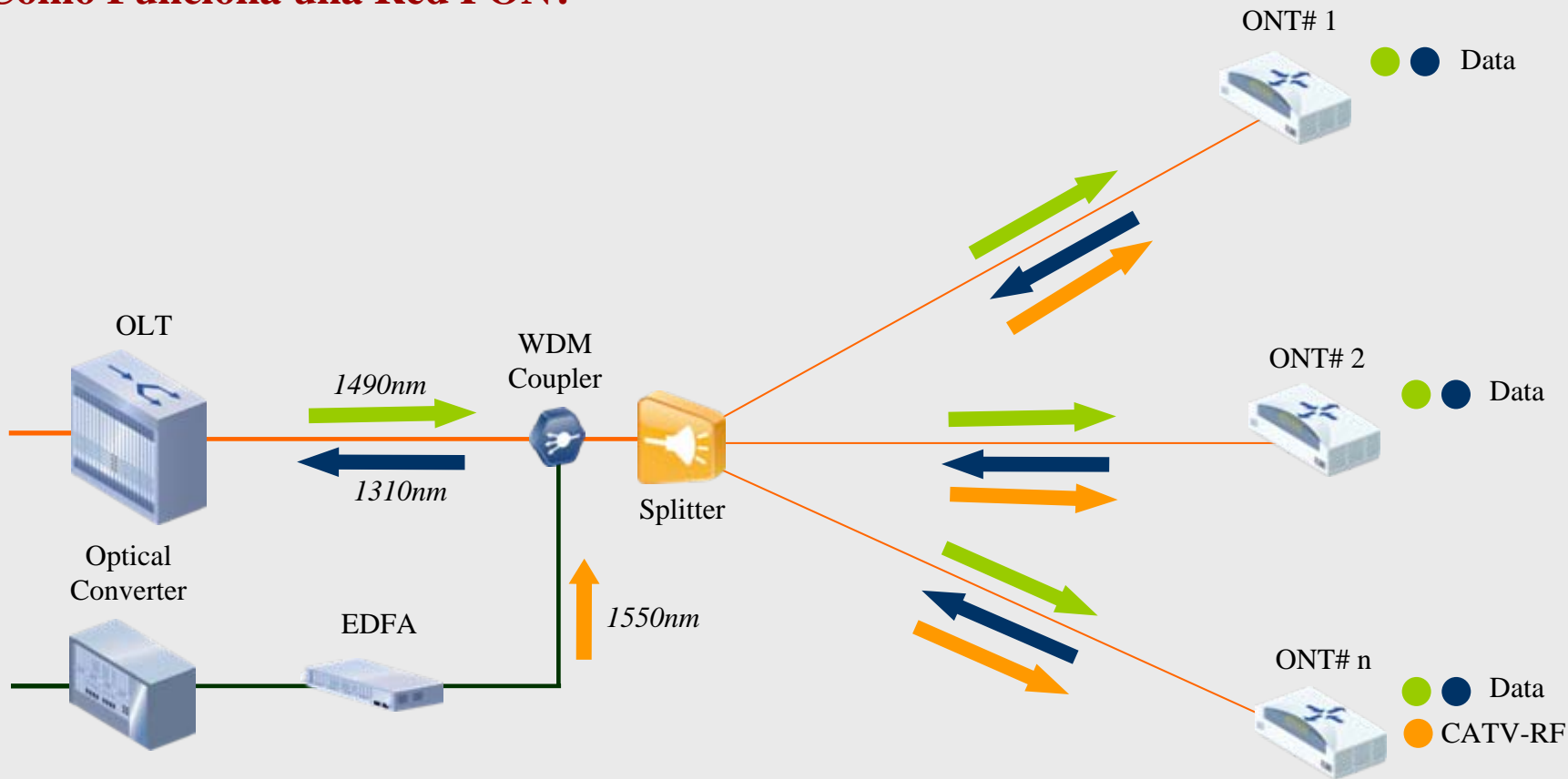
- Splitters
- Fibra Óptica
- Empalmes

### Cuáles son los Componentes de una Red PON?

- **Equipo Concentrador (OLT)**
  - Provee enlaces de fibra óptica hacia la red del operador
  - Provee enlaces de fibra óptica hacia los usuarios
- **Red Óptica de Distribución (ODN)**
  - Fibras ópticas
  - Splitters pasivos
  - Empalmes
  - Conectores
- **Equipos Terminales de Red (MDU)**
  - Proveen interfases de fibra óptica hacia la red ODN
  - Proveen interfases xDSL hacia los usuarios
- **Equipos Terminales de Usuario (ONT)**
  - Proveen interfaces de fibra óptica hacia la red ODN
  - Proveen interfases FE / GE, POTS y CATV-RF a los abonados



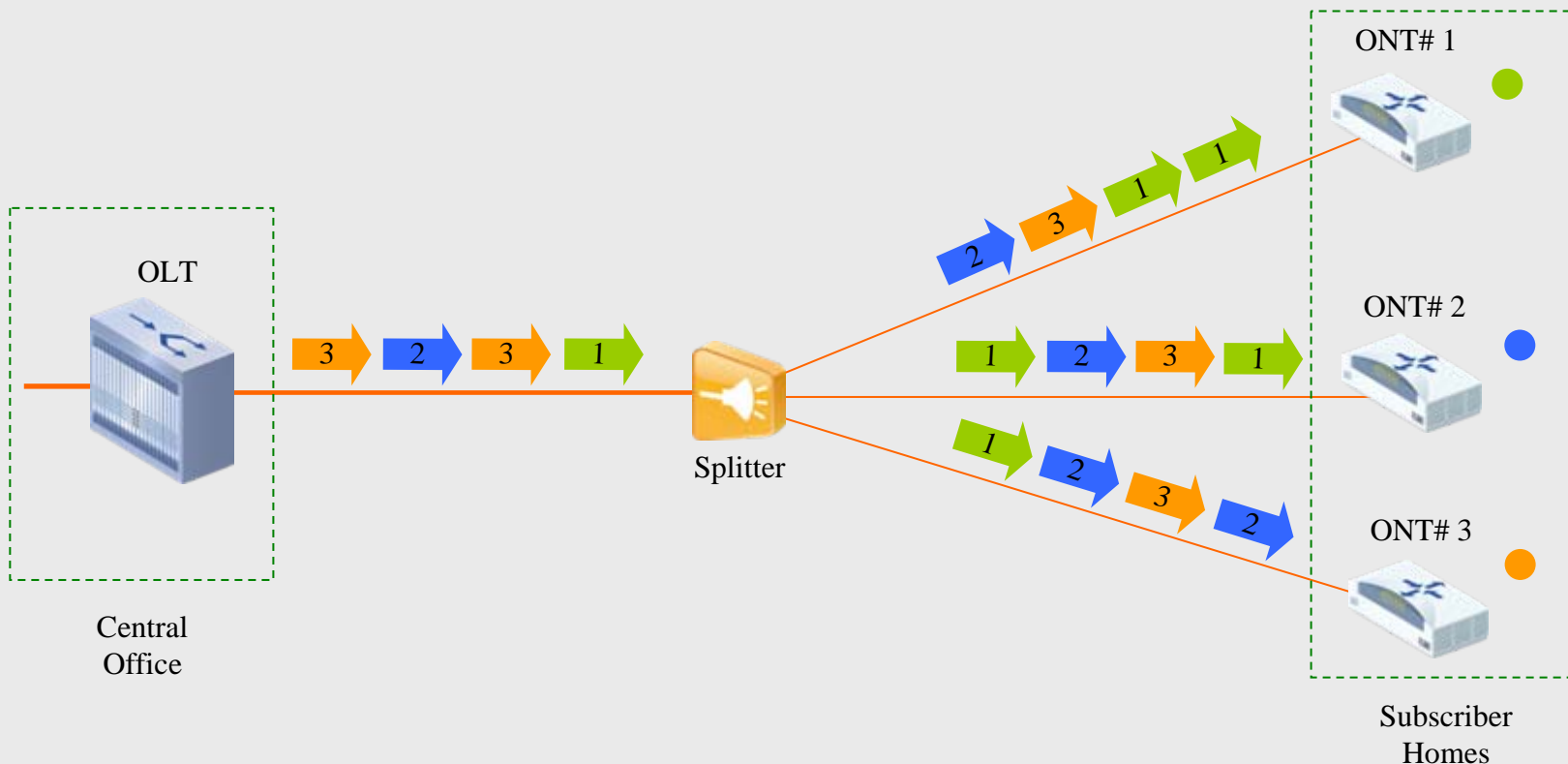
## Cómo Funciona una Red PON?



*Por medio de un esquema de multiplexado por longitud de onda se dividen todas las componentes necesarias para realizar la transmisión en Upstream, Downstream y CATV-RF.*

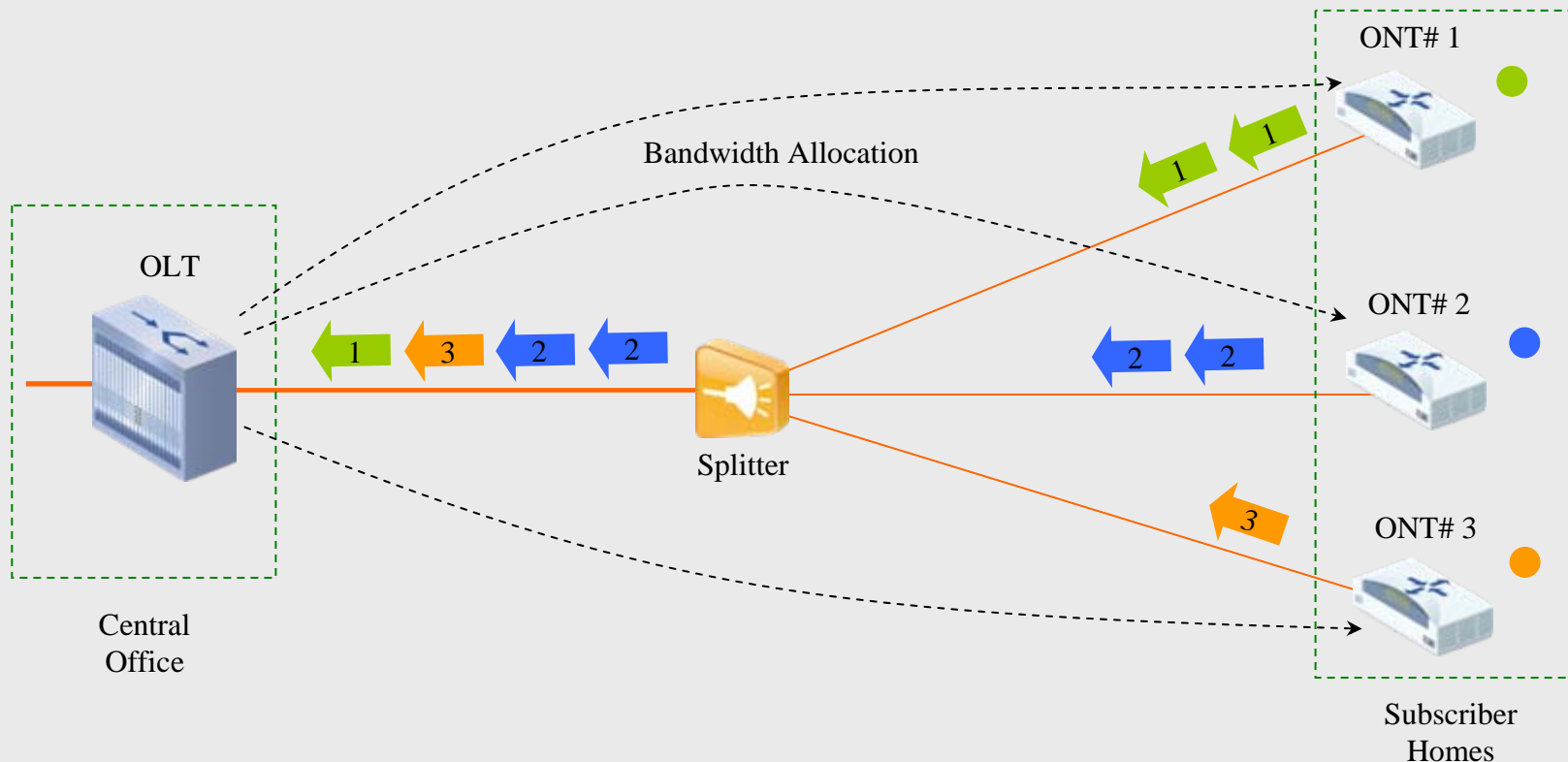
### Cómo Funciona una Red PON? - Downstream

- La OLT envía el tráfico utilizando Broadcast
- La red óptica es totalmente transparente al envío de datos
- Cada ONT verifica su dirección en el encabezado de las tramas
- Debido a que las ONTs reciben todo el tráfico, es necesario utilizar encriptación
- La OLT determina y le notifica a las ONT los Time Slots para el envío de datos



### Cómo Funciona una Red PON? - Upstream

- La ONT toma el tráfico del puerto de usuario y lo mapea en tramas GEM
- Los datos son transmitidos por medio de Time Slots asignados por la OLT
- Es esquema de transmisión es TDMA
- Se requiere un estado de sincronismo muy preciso para evitar colisiones
- Por medio de DBA se mapea el ancho de banda para cada ONT





### Tecnología BPON

- Estándar ITU-T G.983
- Primer draft hecho en 1995
- Tasa de transmisión en Downstream: 155/622/1244 Mbps
- Tasa de transmisión en Upstream: 155/622 Mbps
- Splitting Factor de 1:32
- Eficiencia del 70%
- Transporte por medio de celdas ATM
- Permite el transporte de señales CATV-RF
- Provee protección de los puertos PON
- Provee seguridad en Downstream por medio de AES
- No posee corrección de errores por FEC

*Es la tecnología más desplegada de las redes PON, es el primer estándar de uso masivo.*

### Tecnología EPON

- Estándar IEEE 802.3ah
- Primer draft hecho en el 2000
- Tasa de transmisión en Downstream: 1.2 Gbps
- Tasa de transmisión en Upstream: 1.2 Gbps
- Splitting Factor de 1:16 / 1:32
- Eficiencia del 80% y del 60% cuando se utilizan servicios de voz
- Transporte por medio de tramas Ethernet
- No permite el transporte de señales CATV-RF
- No existe un estándar para la protección de los puertos PON
- No provee seguridad en Downstream
- Provee un mecanismo de corrección de errores por FEC

*Es la tecnología PON que mayor despliegue a tenido en los últimos años, pero ha sufrido un gran estancamiento.*

### Tecnología GPON

- Estándar ITU-T G.984
- Primer draft hecho en el 2002
- Tasa de transmisión en Downstream: 1.2 Gbps / 2.4 Gbps
- Tasa de transmisión en Upstream: 1.2 Gbps / 2.4 Gbps
- Splitting Factor de 1:64 / 1:128 (en desarrollo)
- Eficiencia del 93% para todos los tipos tráfico de servicios
- Transporte por medio de tramas GEM
- Permite el transporte de señales CATV-RF
- Provee un estándar para la protección de los puertos PON
- Provee seguridad en Downstream por medio de AES
- Provee un mecanismo de corrección de errores por FEC

*Es la tecnología más nueva, está ganando mucho terreno en el segmento de las redes de acceso por fibra óptica.*

### Estándares de GPON

#### ITU-T G.984.1

- Características generales de una red GPON

#### ITU-T G.984.2

- Especificaciones de parámetros de la ODN
- Especificaciones de puertos ópticos a 2.488 Gbps
- Especificaciones de puertos ópticos a 1.244 Gbps
- Overhead allocation at physical layer

Proveen un desarrollo completo de servicios orientado a la compatibilidad

ITU-T G-984.1/2/3/4

#### ITU-T G.984.3

- Especificaciones de la capa TC de GPON
- Arquitectura de multiplexación GTC y protocolos
- Definición de Trama GTC
- Registración y Activación de las ONT
- Especificaciones de DBA
- Alarmas y Rendimiento

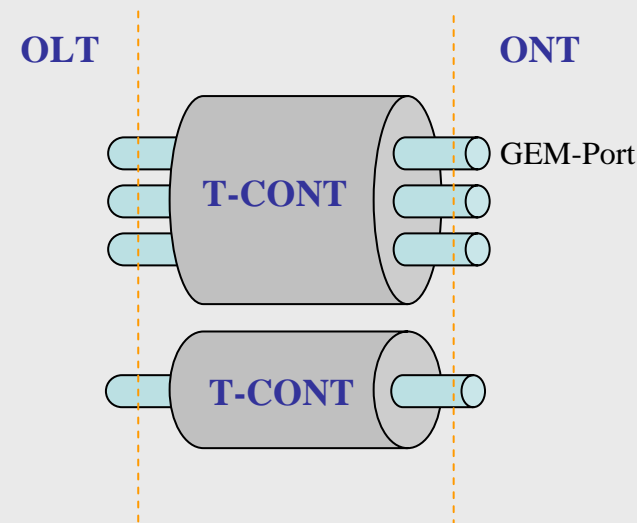
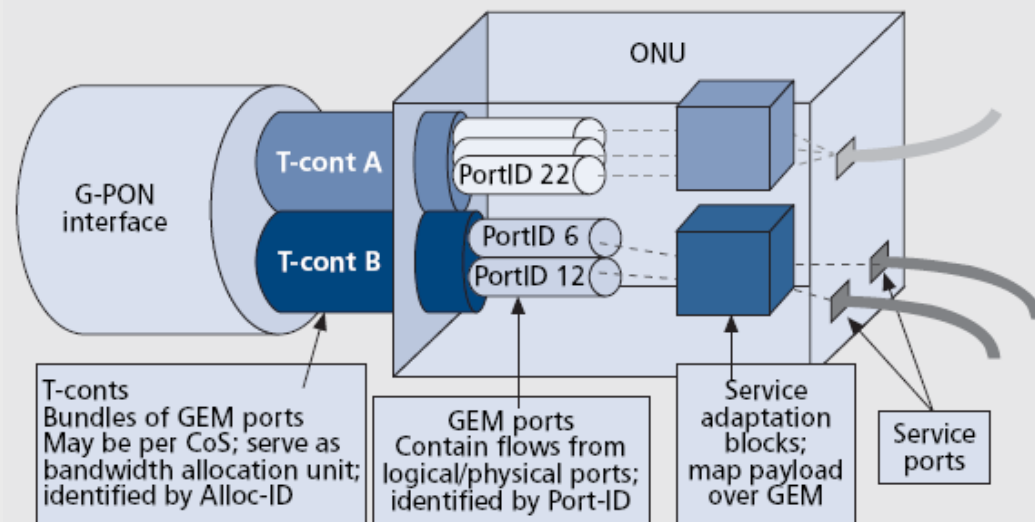
#### ITU-T G.984.4

- Formato de mensaje OMCI
- Trama de Administración de dispositivos OMCI
- Principio de funcionamiento de OMCI

### Parámetros Básicos de Rendimiento

- GPON especifica siete velocidades de transmisión posibles:
  - > 0.15552 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down
  - > 0.62208 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down
  - > 1.24416 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down
  - > 0.15552 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
  - > 0.62208 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
  - > **1.24416 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down**
  - > 2.48832 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
- Máximo Alcance Lógico: 60 km
- Máximo Alcance Físico: 20 km
- Máxima Distancia Diferencial de Fibra: 20 km
- Split ratio: 1:64 / 1:128

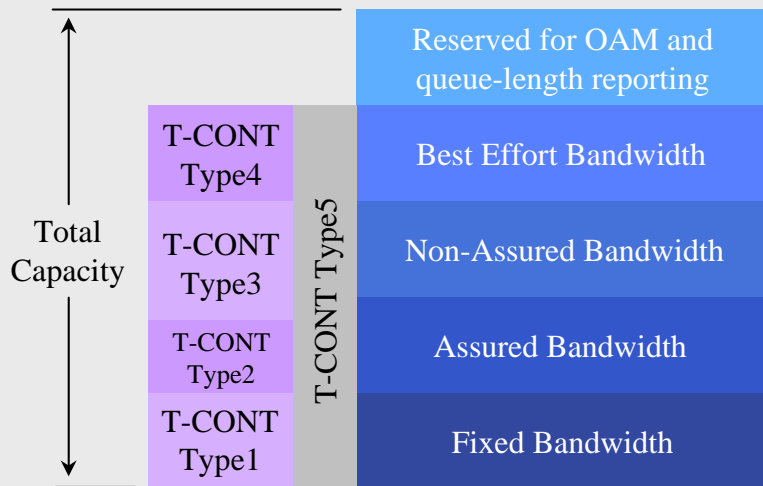
### Multiplexación de Servicios



- GEM Port: unidad mínima de transporte de servicios
- T-CONT: Transmission Container, es utilizado para la transmisión de datos en upstream. Permite además realizar la alocaión dinámica de ancho de banda. Se asignan a la ONT y se identifican por el Alloc-ID.
- GPON Interface: Interfase GPON hacia la OLT.
- ONT Port: puerto físico de la ONT (Ethernet, POTS, E1, etc.)

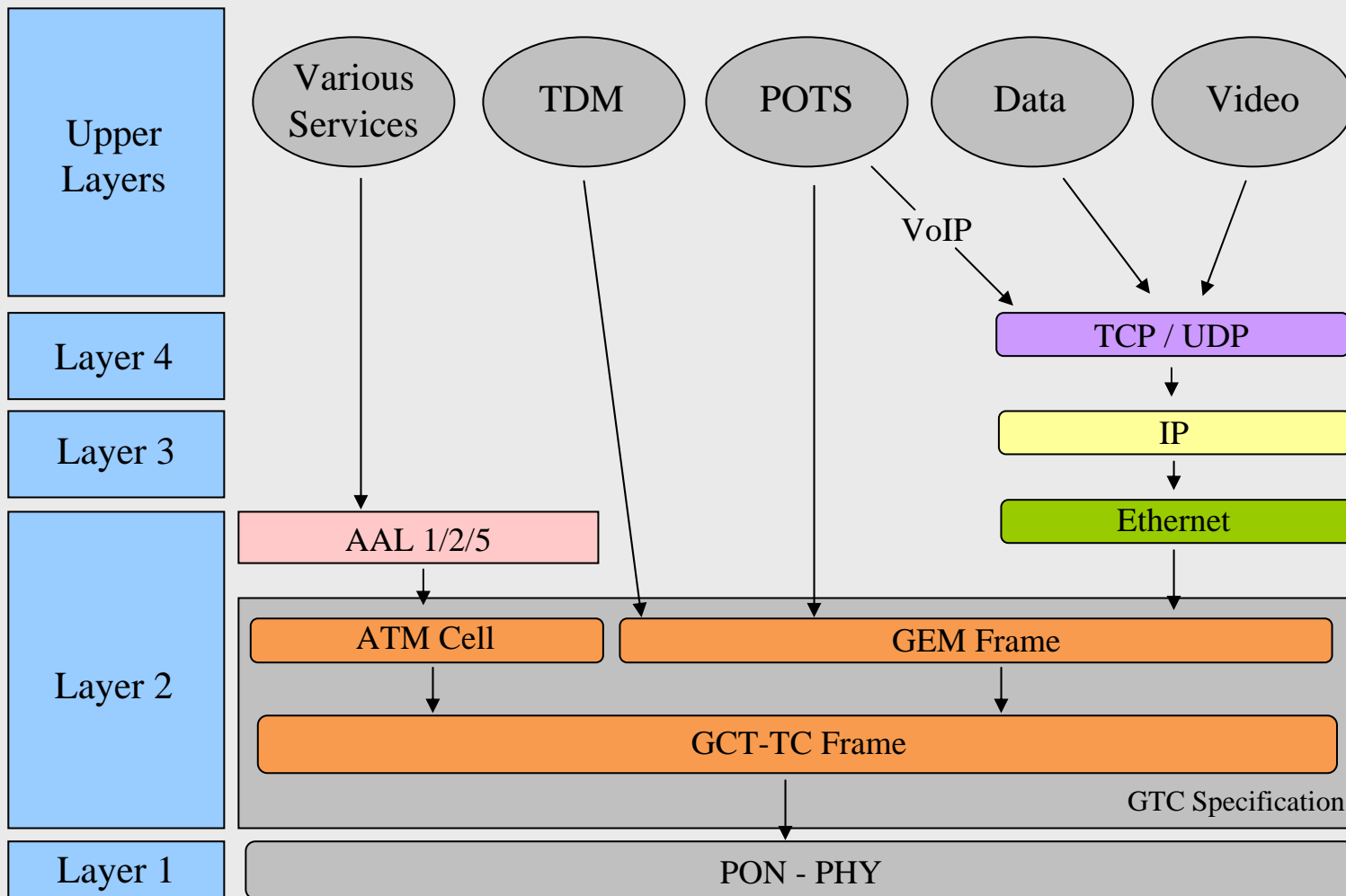
## Tipos de T-CONT

- T-CONT Type1: provee ancho de banda fijo, principalmente es utilizado para servicios que sean “delay-sensitive”, como ser las aplicaciones de voz y video.
- T-CONT Type2 y type3: proveen ancho de banda garantizado y se utilizan principalmente para servicios de video o datos de alta prioridad.
- T-CONT Type4: provee ancho de banda “best effort”, es utilizado principalmente para servicios de datos de baja prioridad, como ser Internet.
- T-CONT Type5: es una mezcla de todos los tipos de T-CONT, representando todos los anchos de banda y pudiendo transportar cualquier tipo de tráfico.



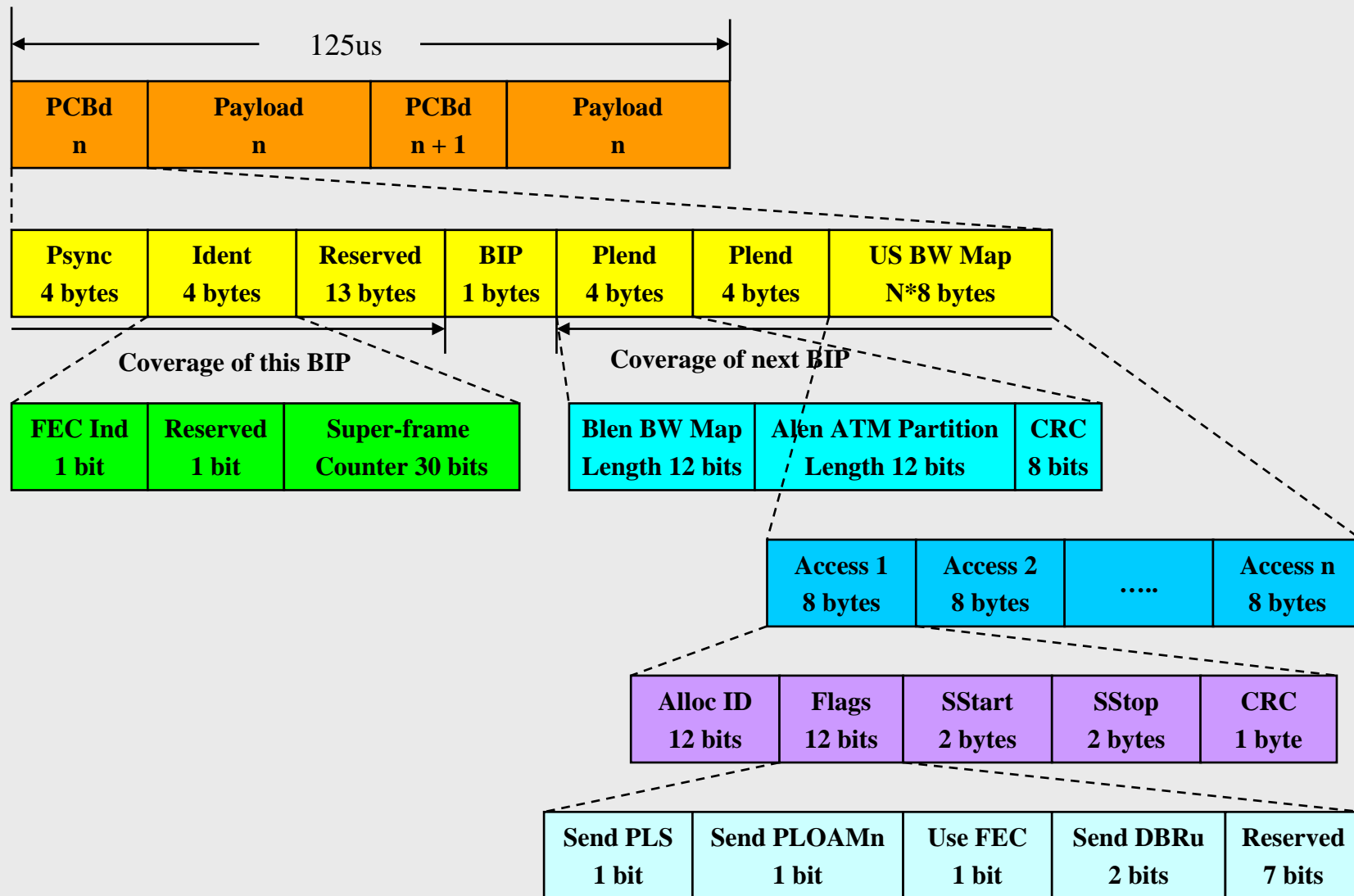
Bandwidth Type	Delay Sensitive	T-CONT Types				
		Type1	Type2	Type3	Type4	Type5
Fixed	YES	●				●
Assured	NO		●	●		●
Non-Assured	NO			●		●
Best Effort	NO				●	●

## Formato de Entramado GPON

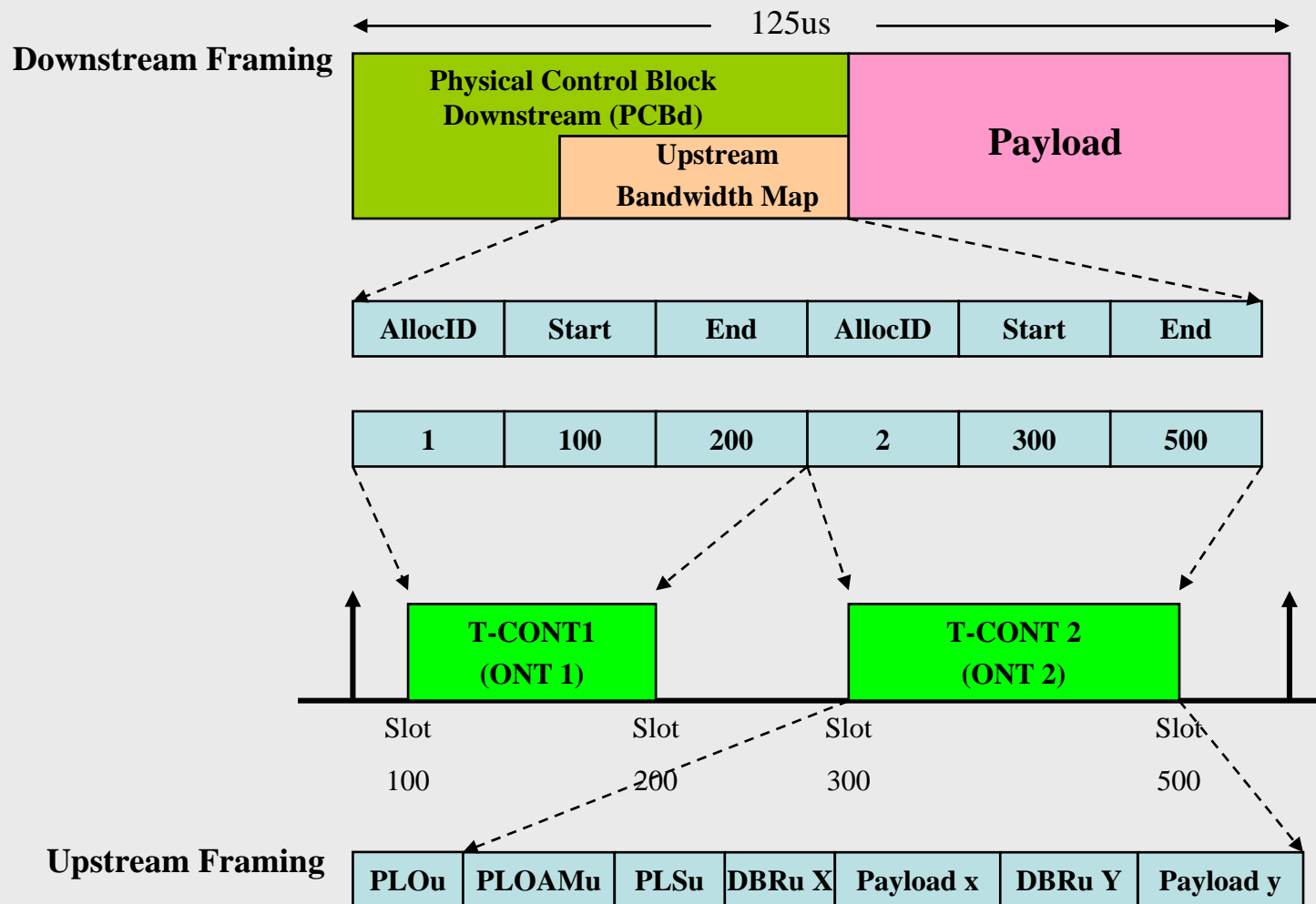




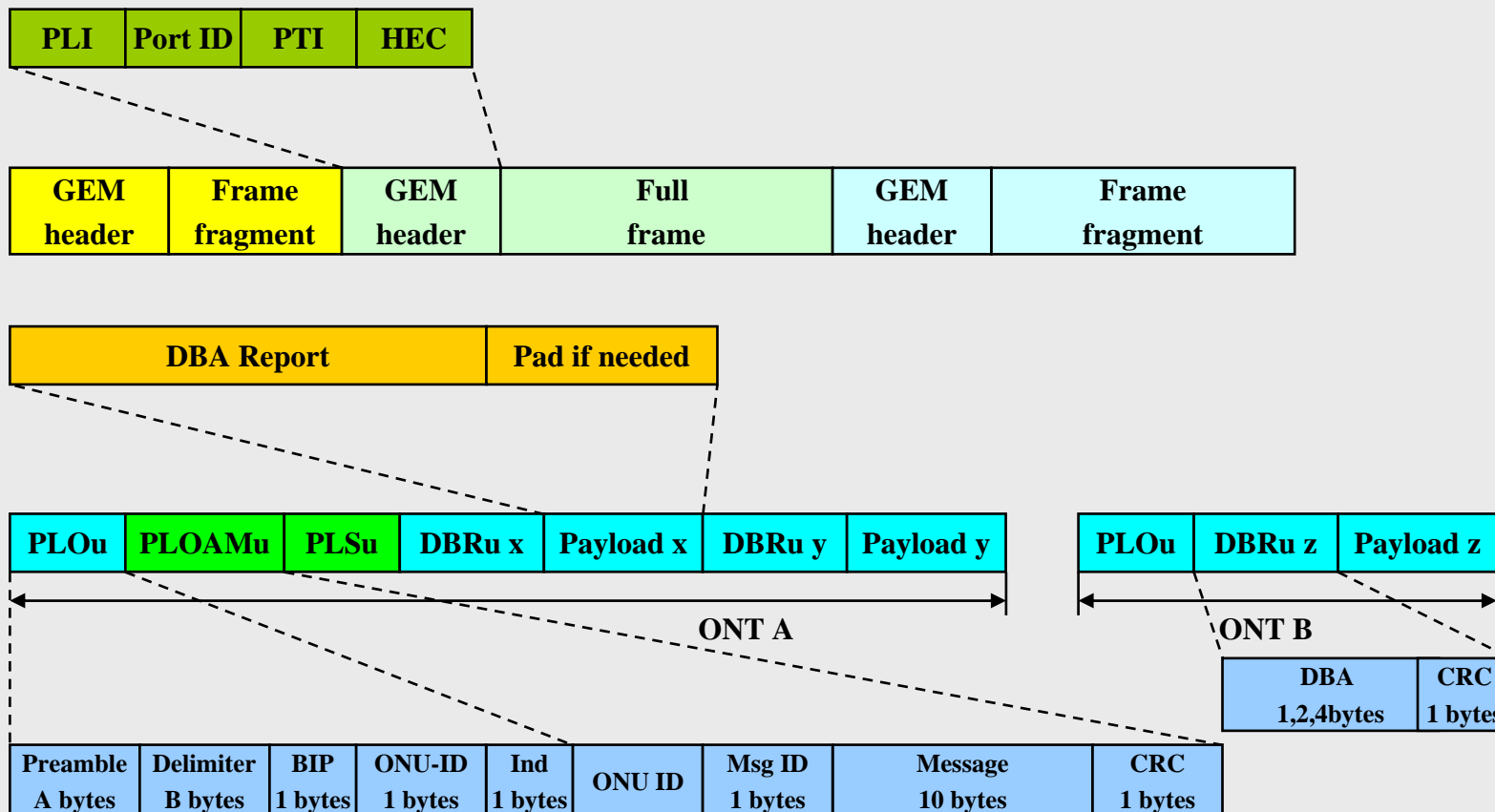
## Formato de Trama en Downstream



## Formato de Trama en Downstream



## Formato de Trama en Upstream



### Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA)

*Como es asignado el ancho de banda en las ONTs?*

#### Static Bandwidth Assignment (SBA)

Asignación estática de ancho de banda en upstream por la OLT.

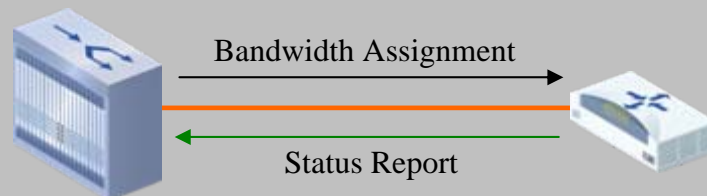
#### Dynamic Bandwidth Assignment (DBA)

Asignación dinámica de ancho de banda en upstream por la OLT.



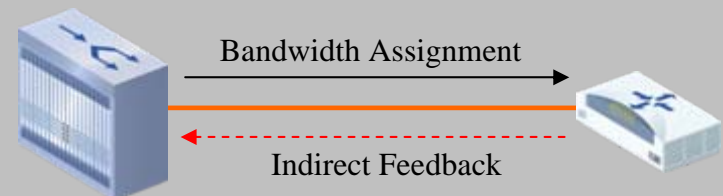
#### DBA Status Reporting (SR)

Las ONTs reportan el estado de sus colas de tráfico cuando transmiten en upstream.



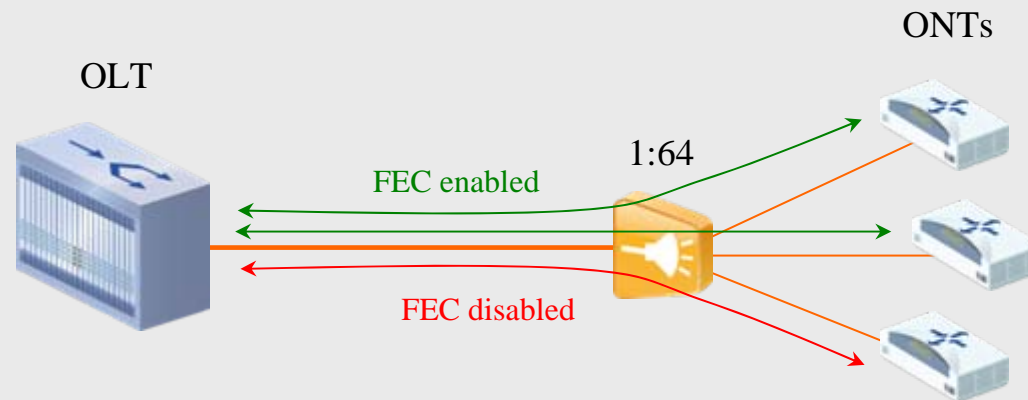
#### DBA Non-Status Reporting (NSR)

La OLT verifica los patrones de tráfico de las ONTs (no se envían reportes).



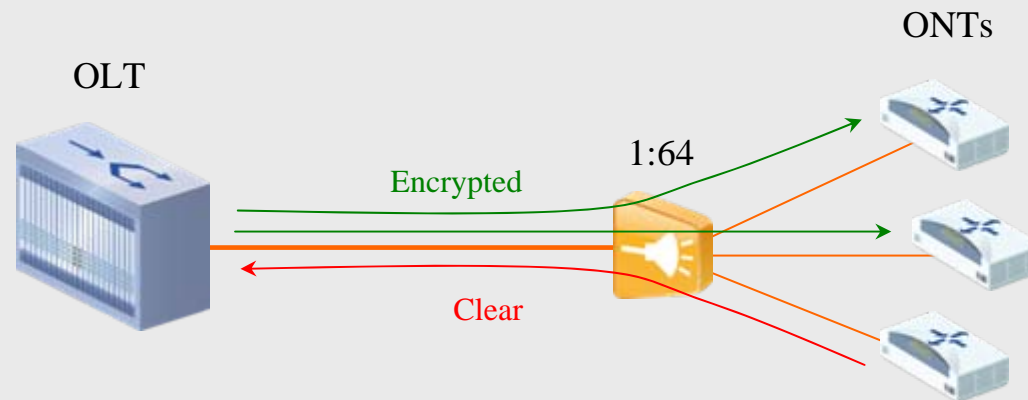
### Forward Error Correction (FEC)

- FEC es un mecanismo utilizado por GPON para mejorar la calidad de transmisión
- Utiliza el código Reed-Solomon (RS)
- Es negociado en forma individual para cada una de las ONTs
- Permite mejorar el “Budget” óptico en 3 dB
- *Utiliza alrededor de 7% del ancho de banda total*



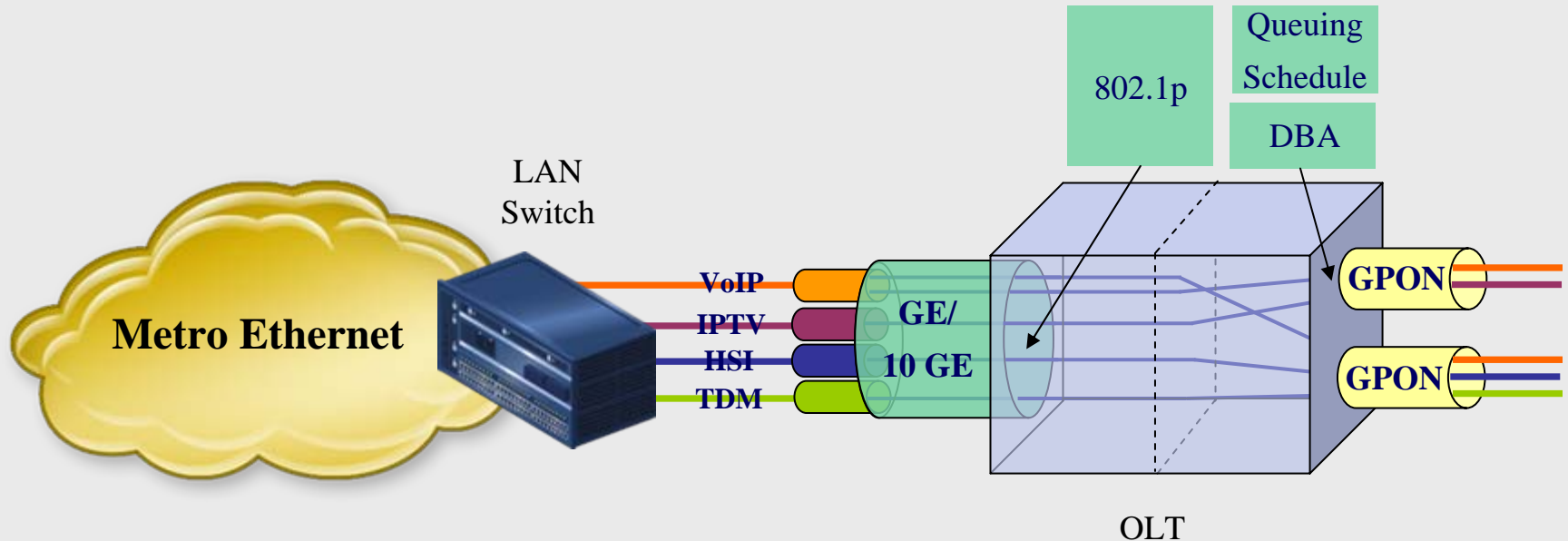
### Seguridad en el Envío de Datos

- Se aplica solo en sentido Downstream
- Utiliza el algoritmo de encriptación AES
- Se generan llaves individuales entre cada ONT y la OLT
- Utiliza el modo de operación “Counter-Mode” que permite incrementar la robustez



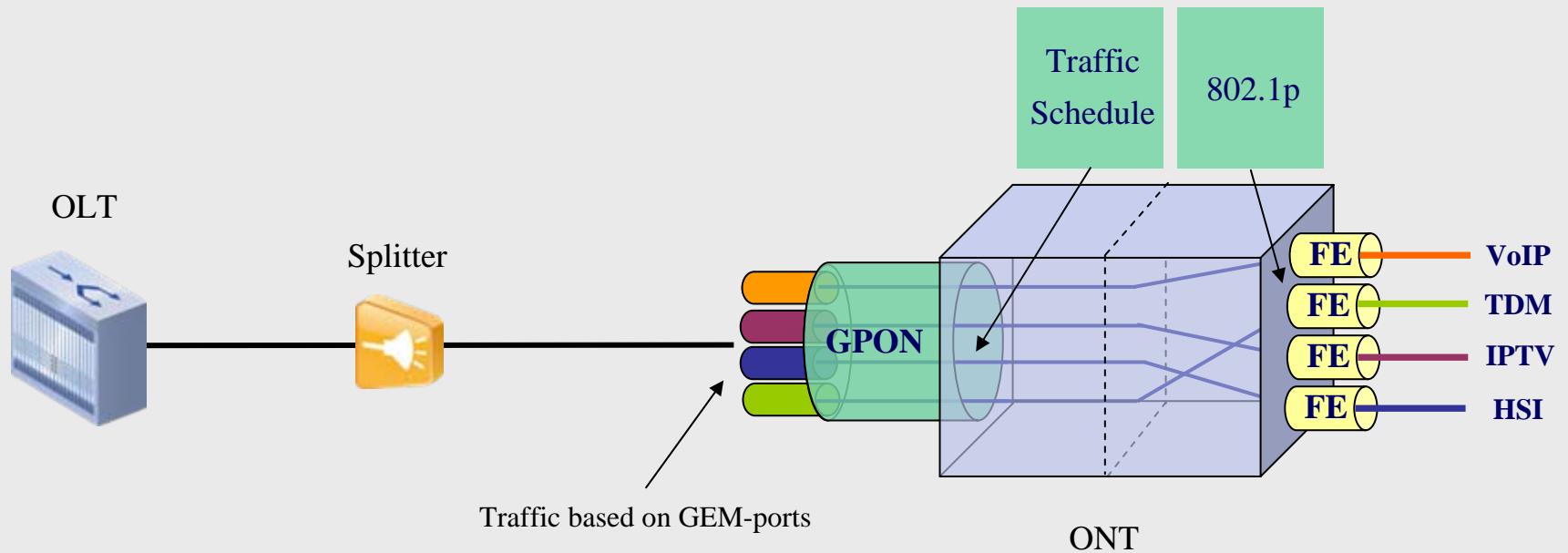
### Calidad de Servicio (QoS) en la OLT

- Clasificación de tráfico basado en VLAN/802.1p.
- Scheduling de servicios basado en la combinación de prioridades por algoritmos SP (Strict Priority) y WRR (Weighted Round Robin).
- Algoritmo DBA, mejora la utilización del ancho de banda en sentido upstream.
- Control de acceso basado en ACLs de capa 2 y superiores.



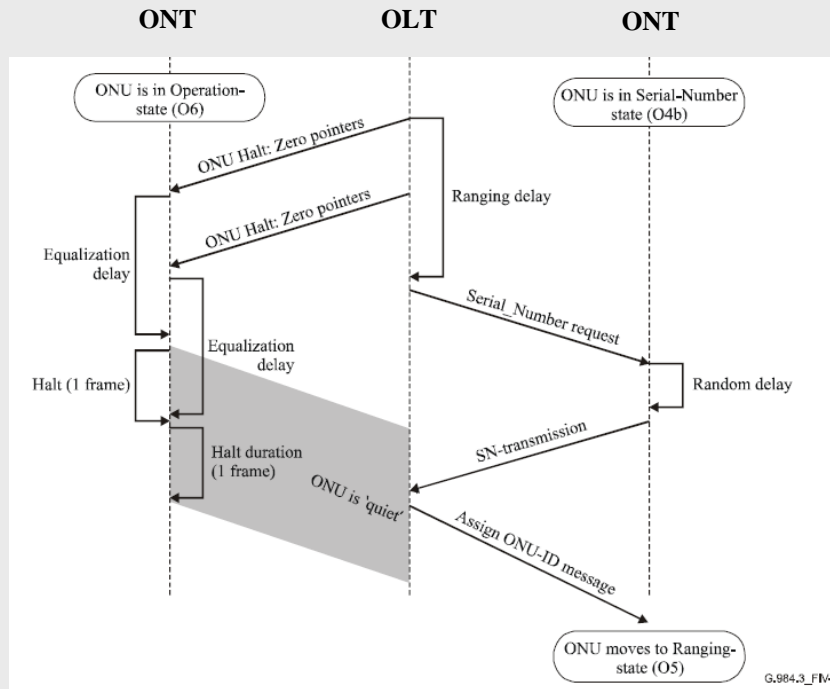
### Calidad de Servicio (QoS) en la ONT

- Clasificación de tráfico basado en VLAN/802.1p.
- Scheduling de servicios basado en la combinación de prioridades por algoritmos SP (Strict Priority) y WRR (Weighted Round Robin).
- Transmisión de servicios basada en el mapeo en diferentes T-CONTs, mejorando la utilización de los enlaces.



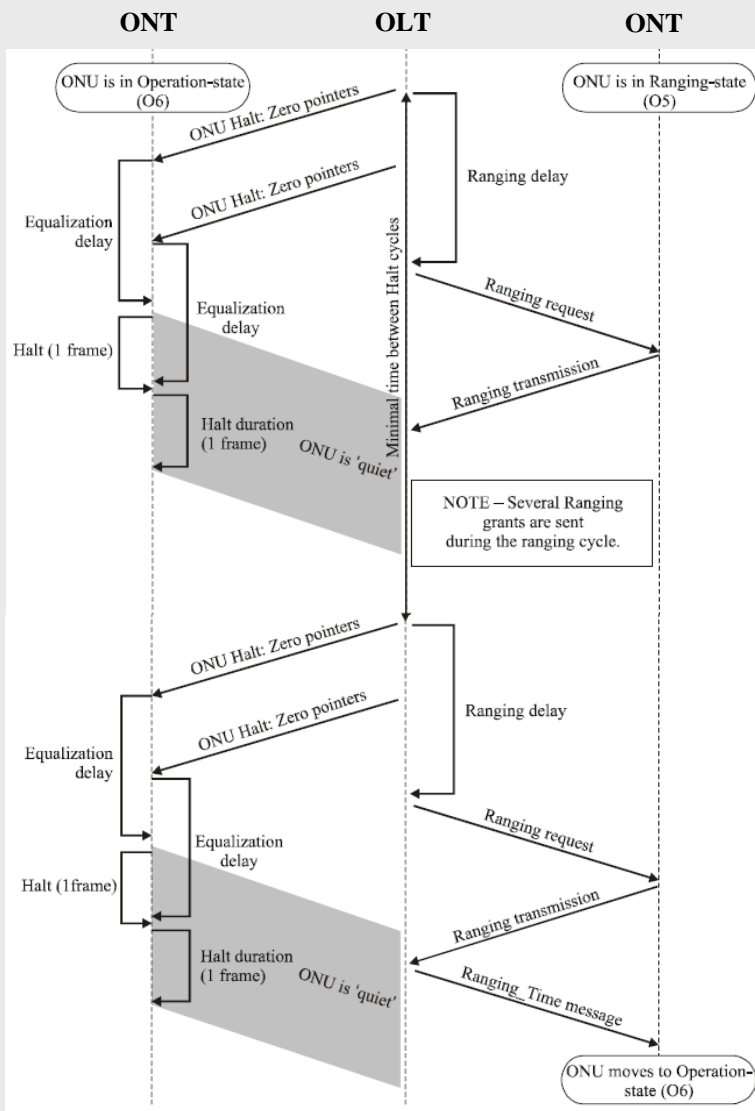


### Proceso de Activación (Serial Number)



- La OLT primero detendrá a todas las ONT ya registradas.
- Luego envirá un mensaje del tipo “Request” a las ONT que esten en el proceso de SN.
- Cada ONT responderá a esta petición informando su propio SN.
- A continuación se produce la asignación de un ID único para cada ONT.
- Este último paso puede ser realizado en forma automática o en forma manual.

## Proceso de Activación (Ranging)



- El Ranging mide el tiempo de propagación (round-trip delay) para cada ONT en particular.
- La OLT envía un mensaje de ranging “PLOAM” a cada ONT.
- La ONT inmediatamente envía un mensaje de respuesta hacia la OLT.
- La OLT calcula el tiempo de propagación entre la ONT – OLT y envía una adaptación del delay a la ONT.
- La ONT necesita la adaptación del delay para prevenir colisiones en la interfase PON cuando envía datos en sentido upstream.

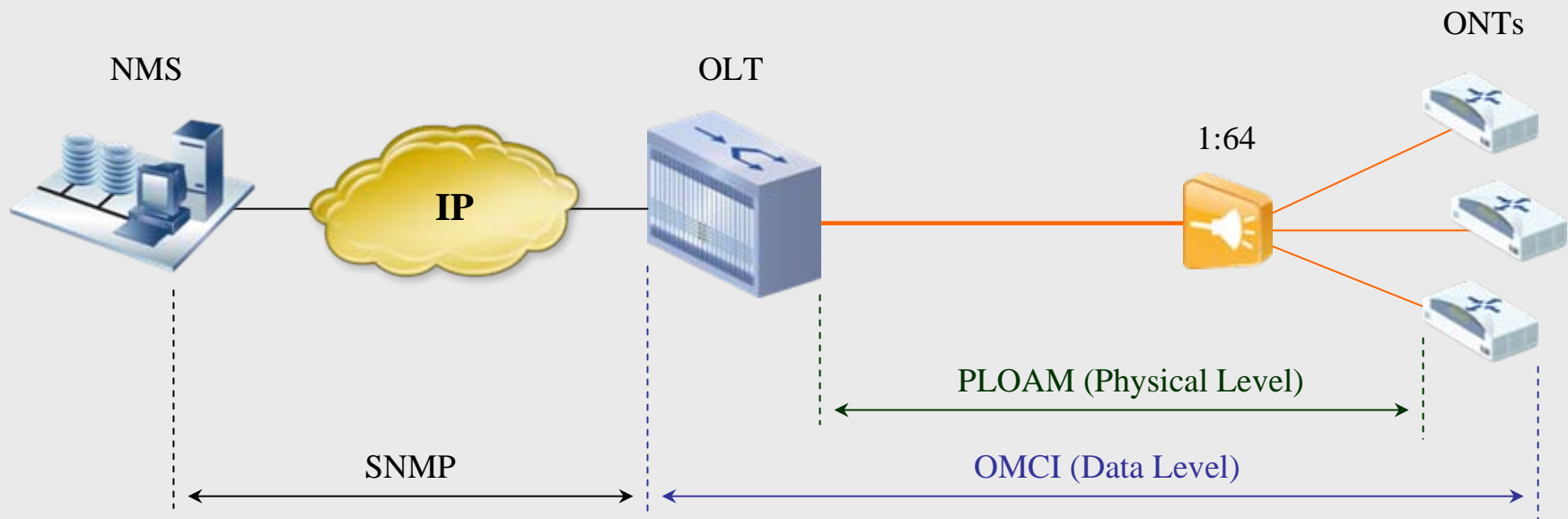
### Operación, Administración y Mantenimiento (OAM)

#### PLOAM – Physical Layer OAM

- Alarmas y Alertas
- Aseguramiento del Ancho de Banda
- Soporte de DBA
- Encriptación

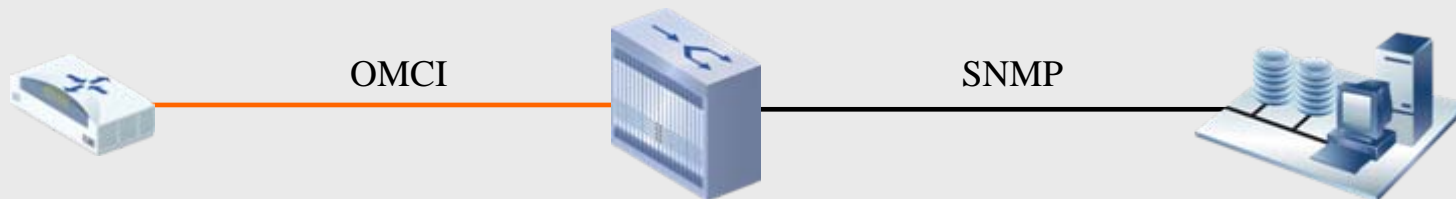
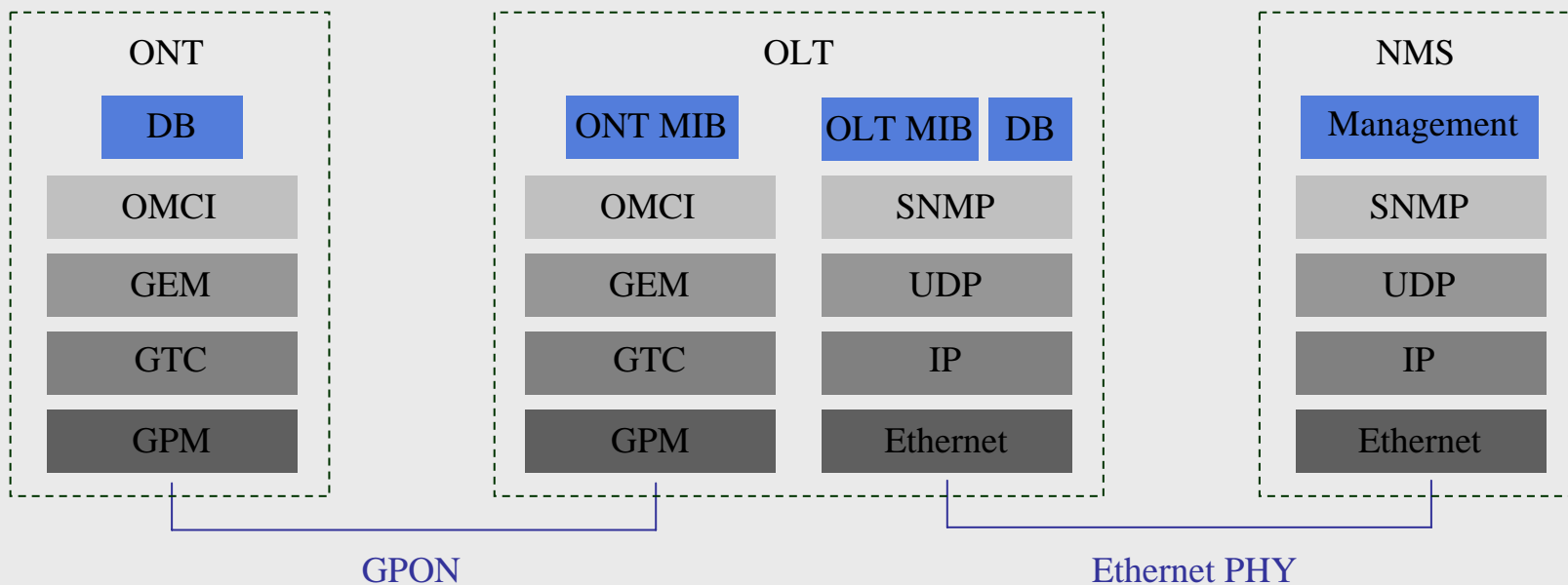
#### OMCI – Optical Management & Control Interface

- Control de las ONTs desde la OLT
- Configuración remota
- Monitoreo de rendimiento
- Notificaciones y Alarmas



## Arquitectura de OAM

- La información de Management es enviada por SNMP hacia la OLT
- La OLT realiza las consultas a la ONT por medio de OMCI



The background is an abstract composition of glowing orange and red lines and dots, creating a sense of depth and movement. The lines are thin and radiate from various points, some ending in small, bright dots. The overall color palette is warm, ranging from deep reds to bright oranges.

## *Sección 5*

### *Consideraciones de Diseño*

### Fundamentos de Diseño

*A la hora de pensar en un diseño de red se deben tener en cuenta los siguientes factores:*

1. Donde colocar la OLT
2. Donde colocar los Splitters
3. Cuantos niveles de Splitters se utilizarán
4. La topología resultante deberá ser flexible
5. La arquitectura deberá ser escalable



*Cómo está compuesta la ODN?*

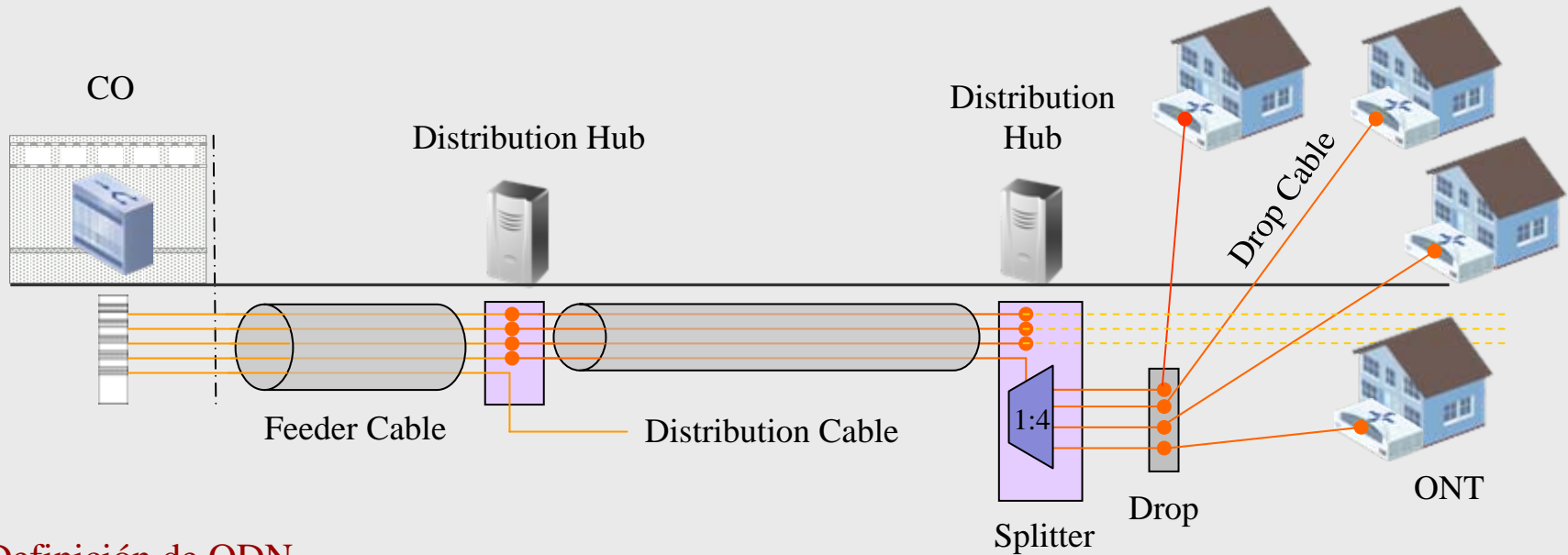


*Donde ubicar la OLT?*



*Donde ubicar los Splitters?*

### Elementos de la ODN



### Definición de ODN

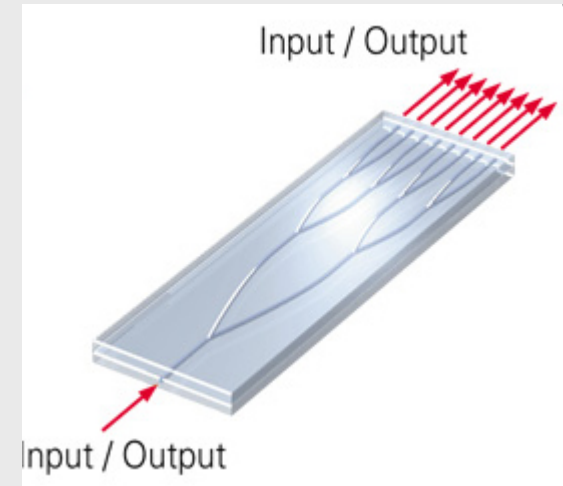
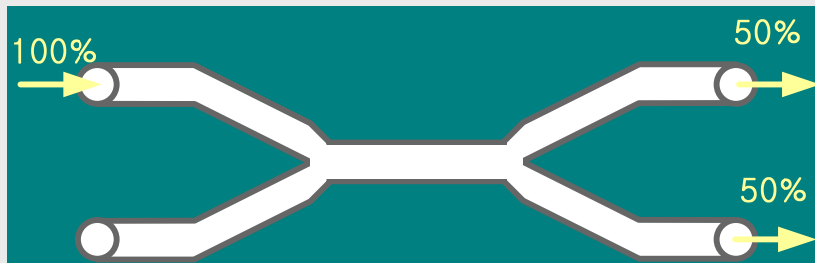
ODN (Optical Distribution Network) es la red de fibra óptica existente entre la OLT y la ONT/MDU.

### Composición de la ODN

- Cables de Fibra Óptica
- Conectores y Empalmes
- Elementos de distribución
- Splitters

### Qué es un Splitter?

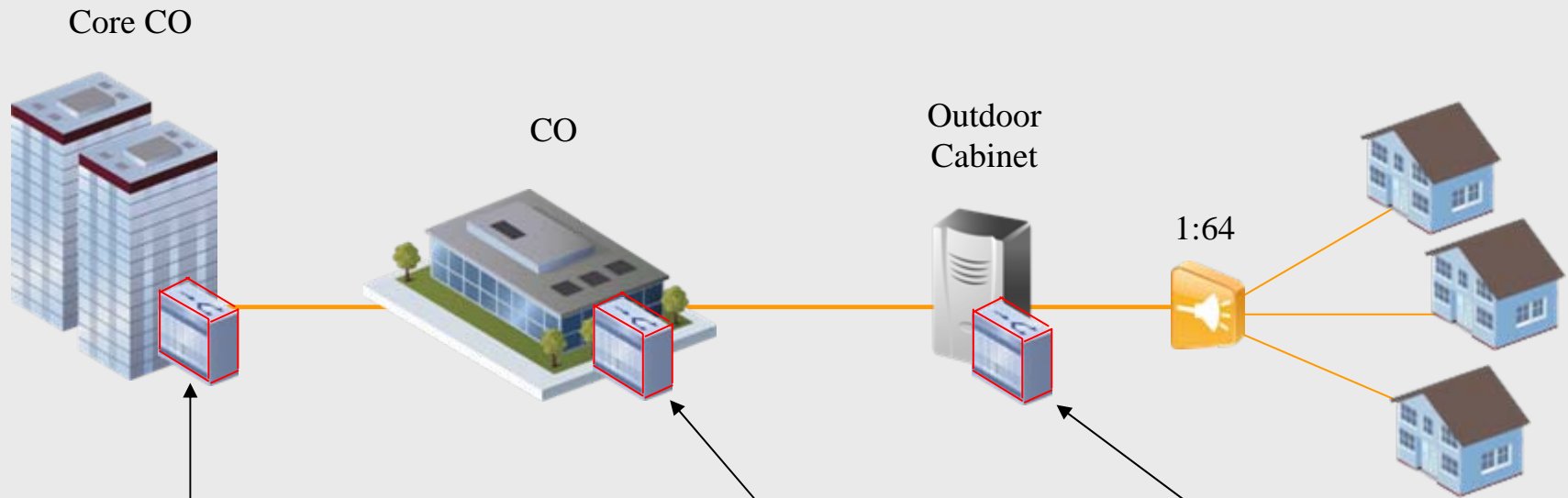
*Es un elemento pasivo que sirve para dividir la señal óptica, que entra por un extremo, en varias señales de salida.*



Splitting factor  $2^N$   $\Rightarrow$  Systematic Attenuation =  $N \times 3$  dB



## Donde Ubicar la OLT?



**Core CO**

- Cobertura de larga distancia
- Fácil Operación y Mantenimiento
- **Baja densidad de usuarios**

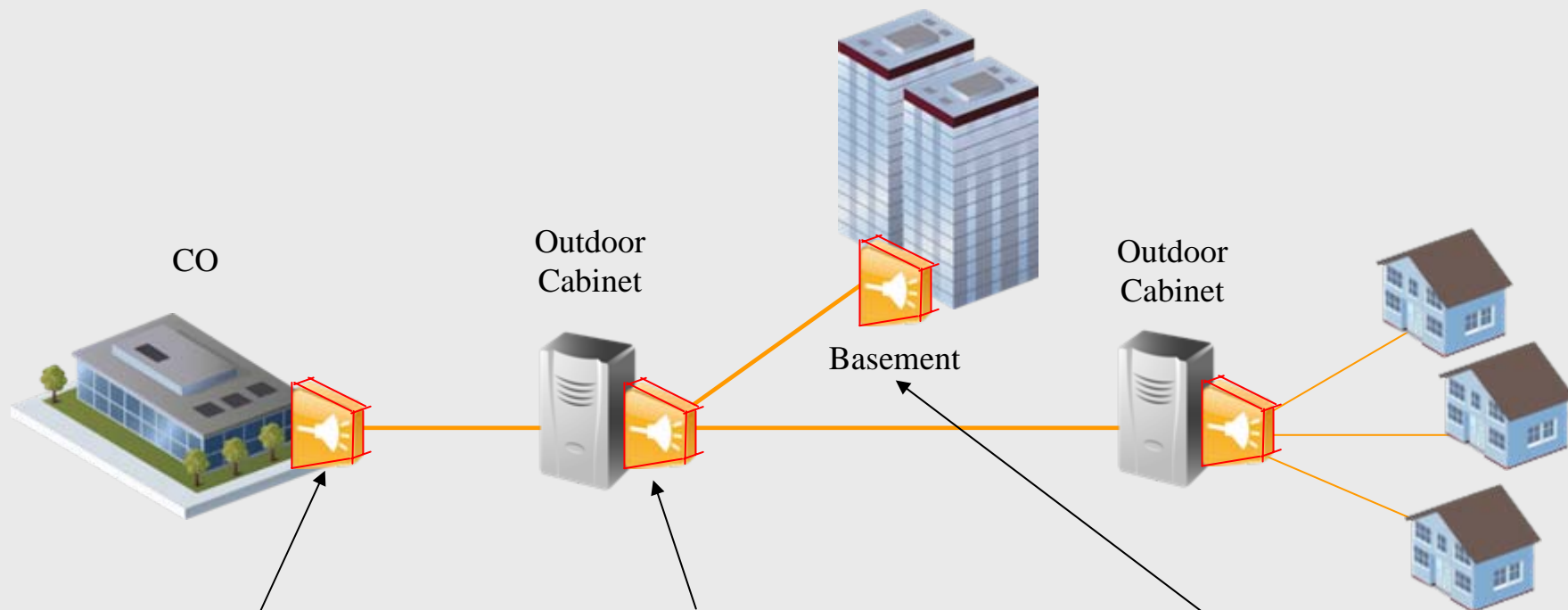
**CO**

- Mejor radio de cobertura
- Fácil Operación y Mantenimiento
- Balance de recursos (conectores, cables de fibra óptica, ductos, alimentación, etc.)

**Outdoor Cabinet**

- Ahorro de cables de fibra óptica
- **Mantenimiento mas complejo**
- **Radio de cobertura reducido**
- Necesidad de energía eléctrica
- Administración on-site

## Donde Ubicar los Splitters?



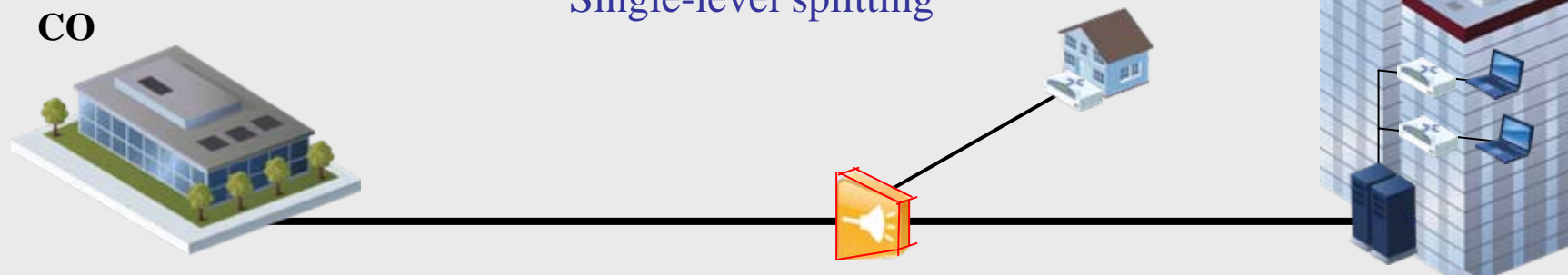
- CO**
- Fácil acceso de mantenimiento
  - Flexibilidad en el tendido
  - **Mayores costos de despliegue**

- Outdoor Cabinet**
- Menores costos de despliegue
  - **Mantenimiento on-site**

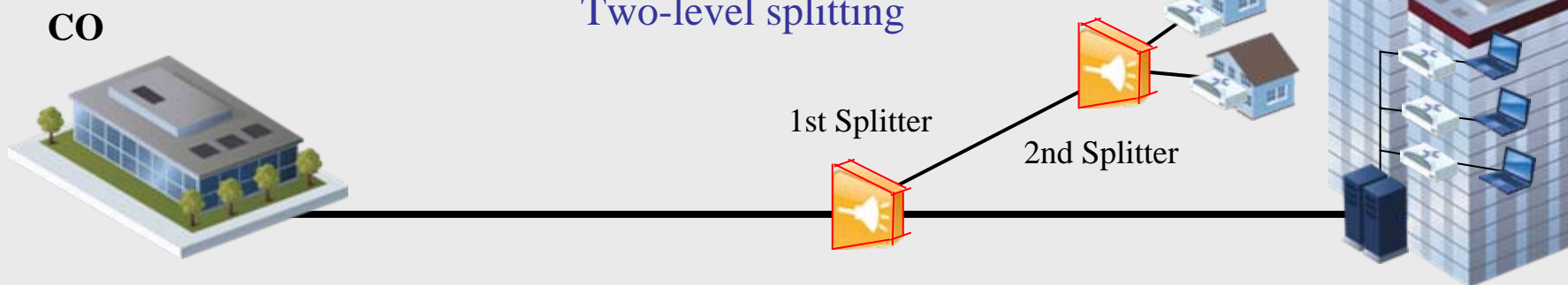
- Basement**
- Ahorro de cables de fibra óptica
  - **Uso ineficiente de puertos PON**
  - **Mantenimiento on-site**

### Un Nivel o dos Niveles de Splitter?

Single-level splitting

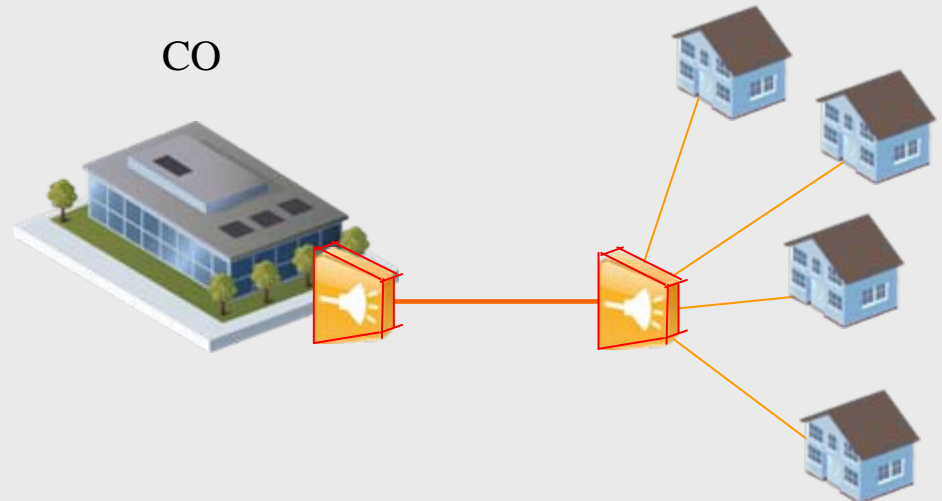
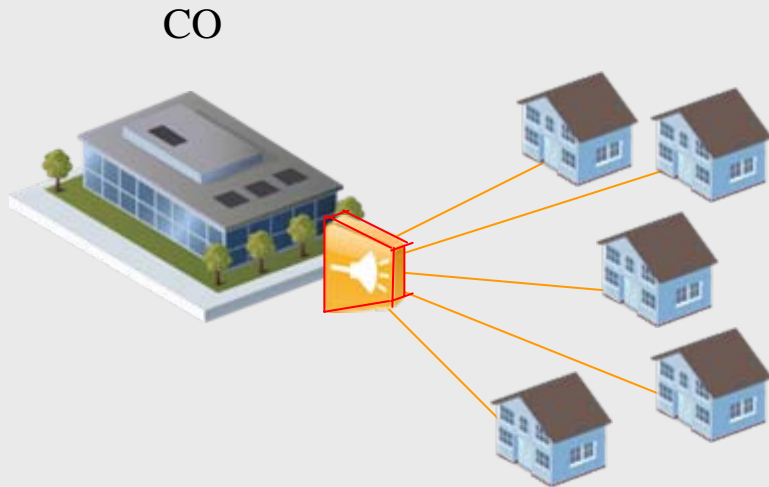


Two-level splitting



- Un solo nivel de Splitter facilita el mantenimiento y las pruebas de campo.
- Tener dos niveles de Splitter reduce en gran medida los costos de despliegue debido al ahorro en cables de fibra óptica.

### Entonces Splitter Centralizado o en Cascada?



#### Centralizado

- Gran eficiencia en el uso de puertos PON
- Flexibilidad en el despliegue de fibra óptica
- Fácil acceso de mantenimiento
- Resultados óptimos al realizar testing con OTDR
- Mayores costos de despliegue por abonado

#### En Cascada

- Menores costos de despliegue por abonado
- Ideal para zonas con alta penetración de mercado
- Menor eficiencia en el uso de puertos PON
- Menor flexibilidad en el despliegue de fibra óptica
- Acceso de mantenimiento on-site
- Testing con OTDR ligado a la ingeniería de la ODN

### Análisis de Pérdida de Potencia

Item		Mean power loss (dB)
Connection point	Mechanical splicer	0.4
	Fusion splicing point	0.1
Optical splitter	1:64	19.3
	1:32	16.5
	1:16	13.5
	1:8	10.5
	1:4	7.2
	1:2	3.2
Optical cable (G.652)	1310 nm	0.35/km
	1490 nm	0.25/km

Es conveniente hacer uso del peor caso cuando se realizan cálculos de diseño de la ODN, así se obtiene un margen de seguridad para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos.

### Selección de la Topología Física

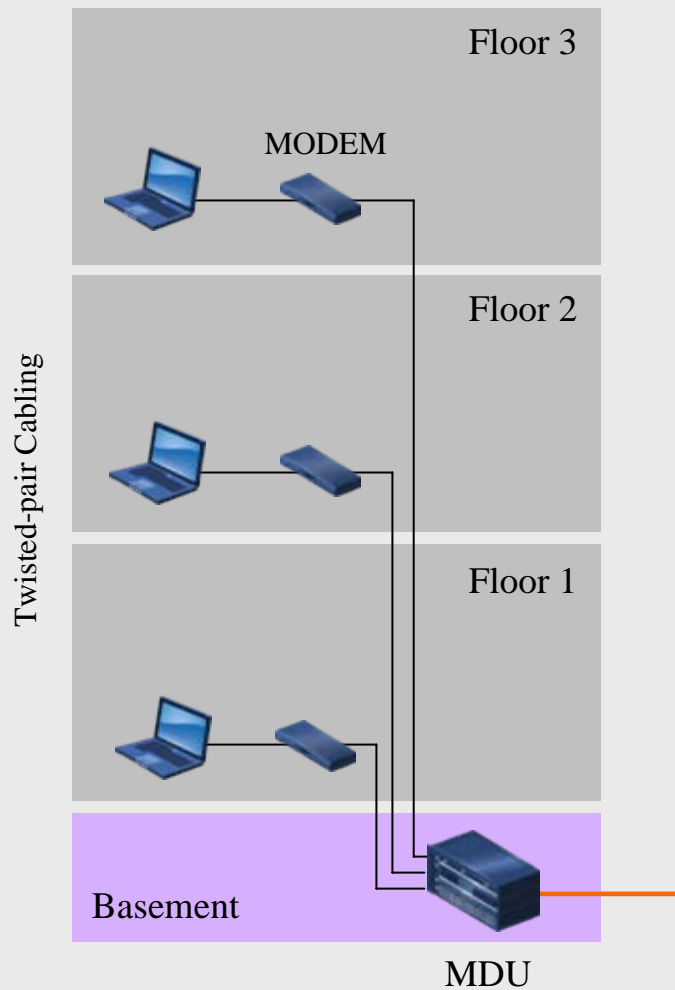
*Las topologías responden a las distintas necesidades de las áreas Urbana Densa y Suburbana/Rural.*

- **Propiedad Vertical**  
Edificios Residenciales → **FTTB/FTTA**
- Edificios Comerciales → **FTTB**  
Centros Comerciales → **FTTC/FTTB**
- **Propiedad Horizontal**  
Zonas Residenciales → **FTTH**
- Barrios Privados → **FTTC**

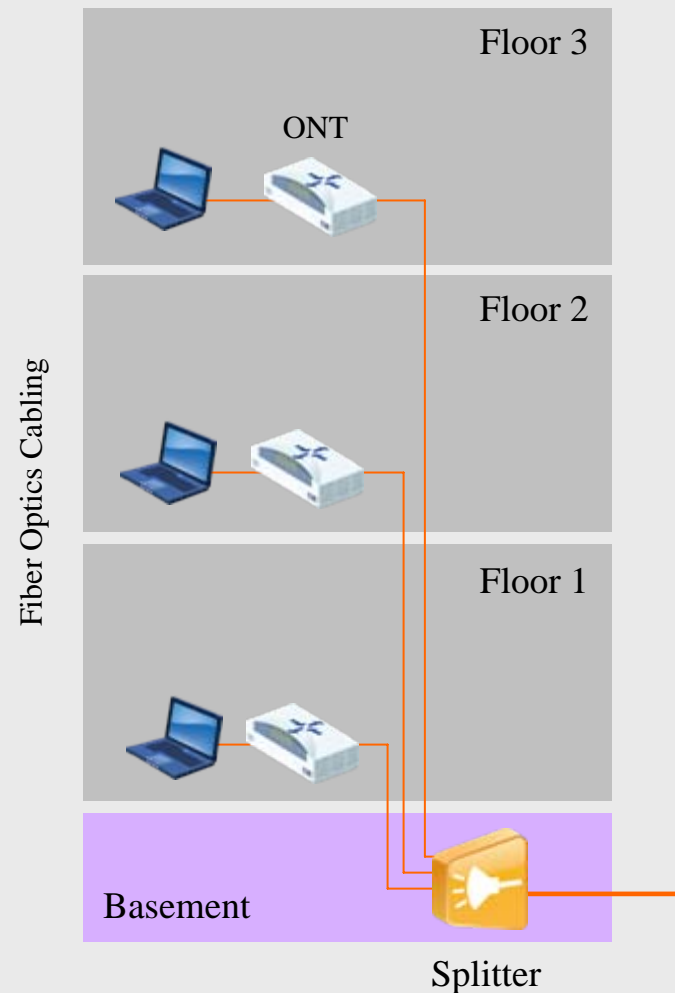


## FTTB vs. FTTA

### Topología FTTB



### Topología FTTA

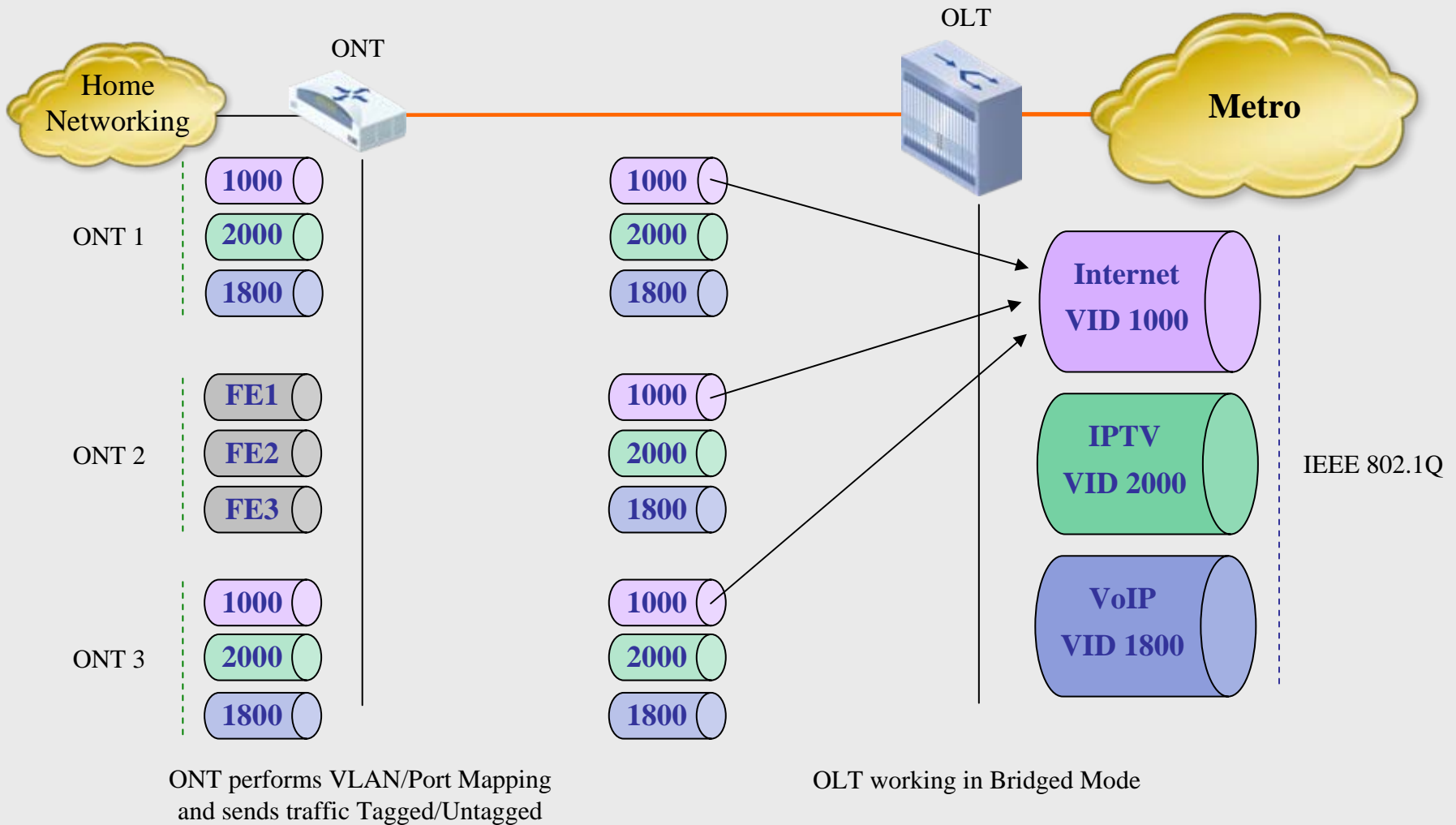


### Selección de la Topología Lógica

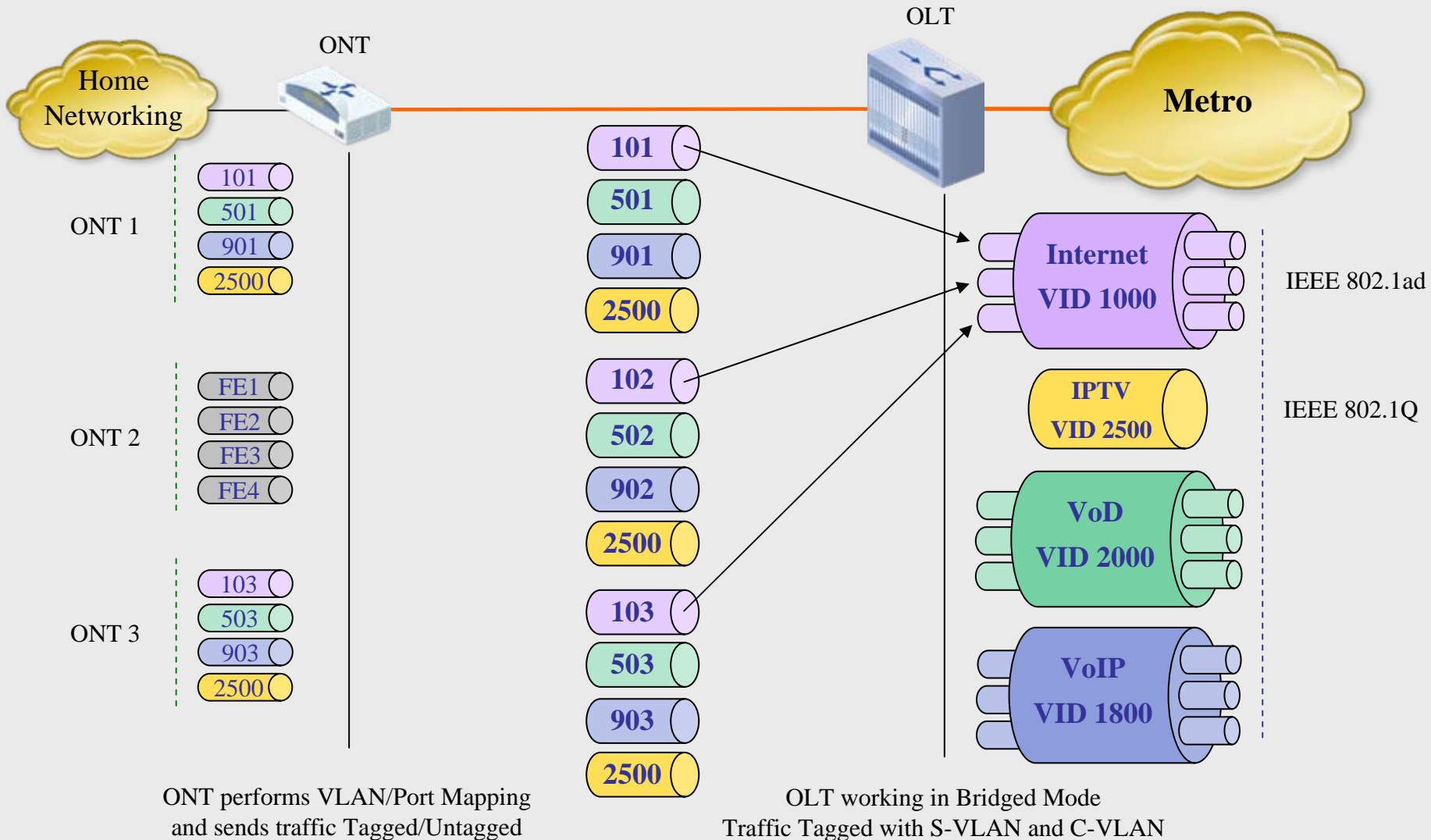
- **Eficiencia de Ancho de Banda**
  - Selección de GEM ports por servicio
  - Uso de una VLAN única para los servicios de Multicast
- **Simplicidad**
  - Buena planificación de reuso de VLAN desde el principio
- **Selección de una Arquitectura Escalable**
  - Considerar el uso de la OLT funcionando en L2 o L3
  - Mantener el mínimo de conexiones necesarias
  - Ser cuidadoso con el aprovisionamiento de VLANs
- **Seguridad**
  - Aislamiento del tráfico de usuario en la OLT evitando la conmutación local
  - Identificación de usuarios para el acceso a Internet



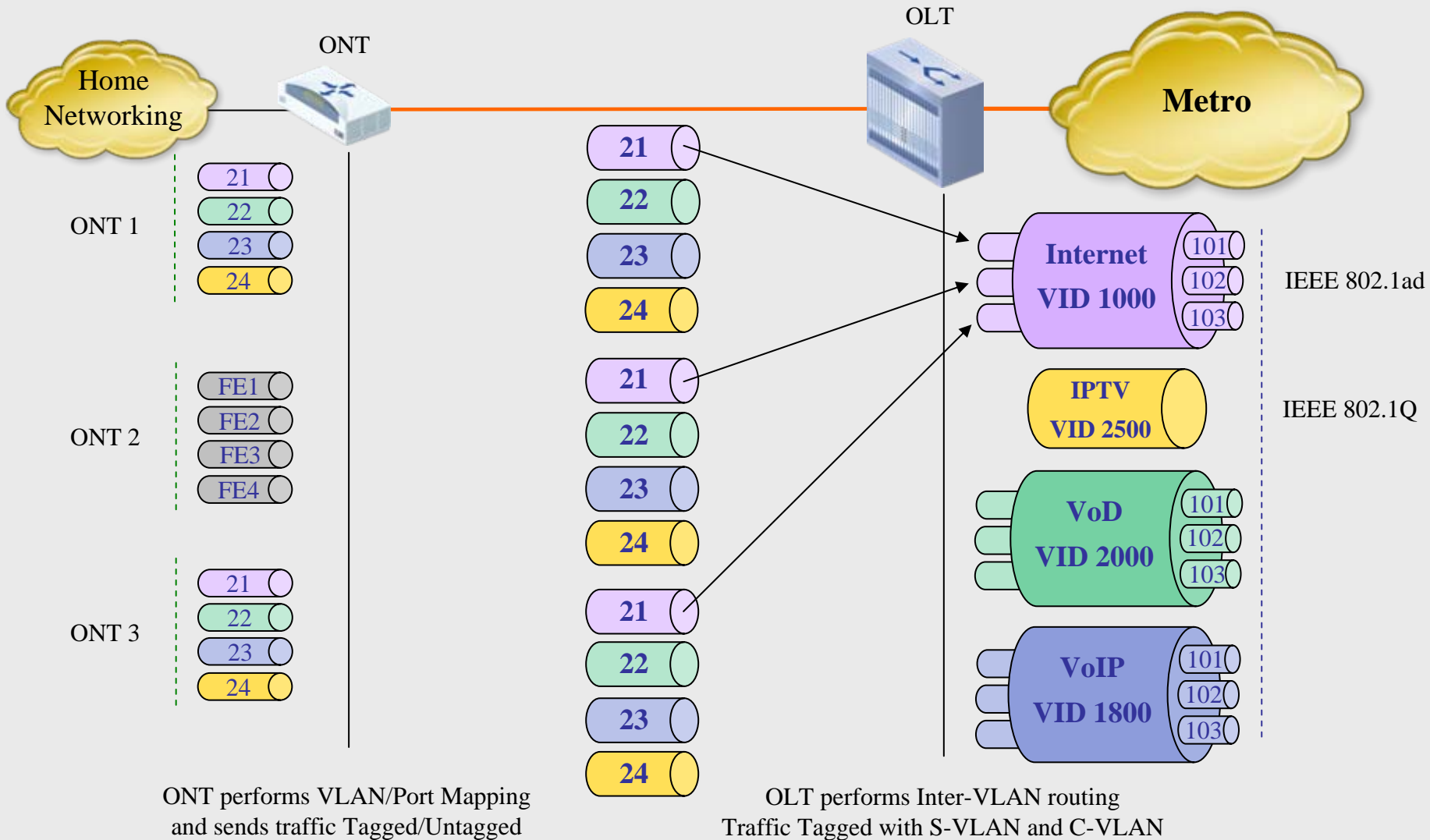
## VLAN por Servicio



## VLAN por Usuario + VLAN por Servicio



## VLAN Translation



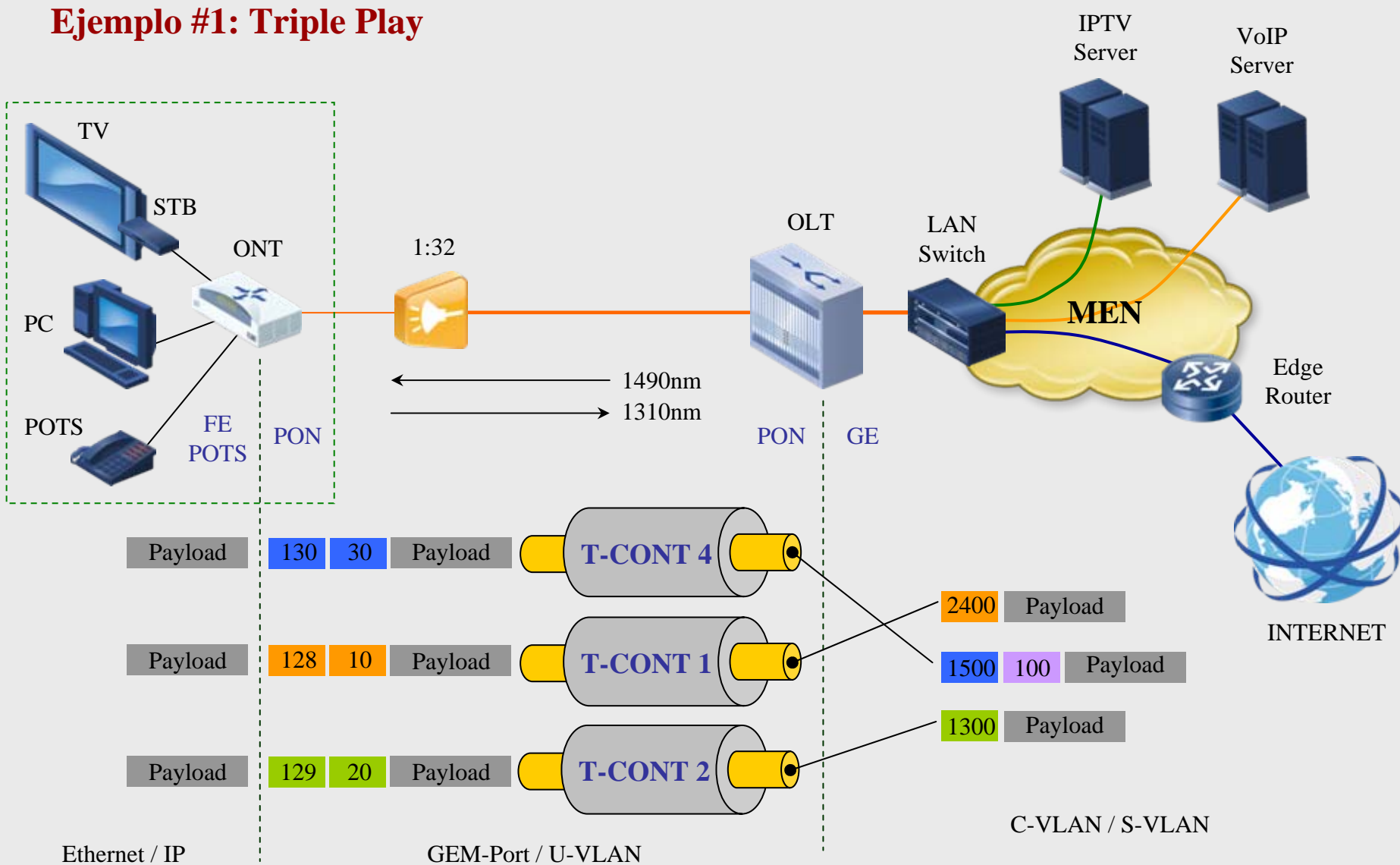


## *Sección 6*

*Ejemplos de Implementación: Red GPON*

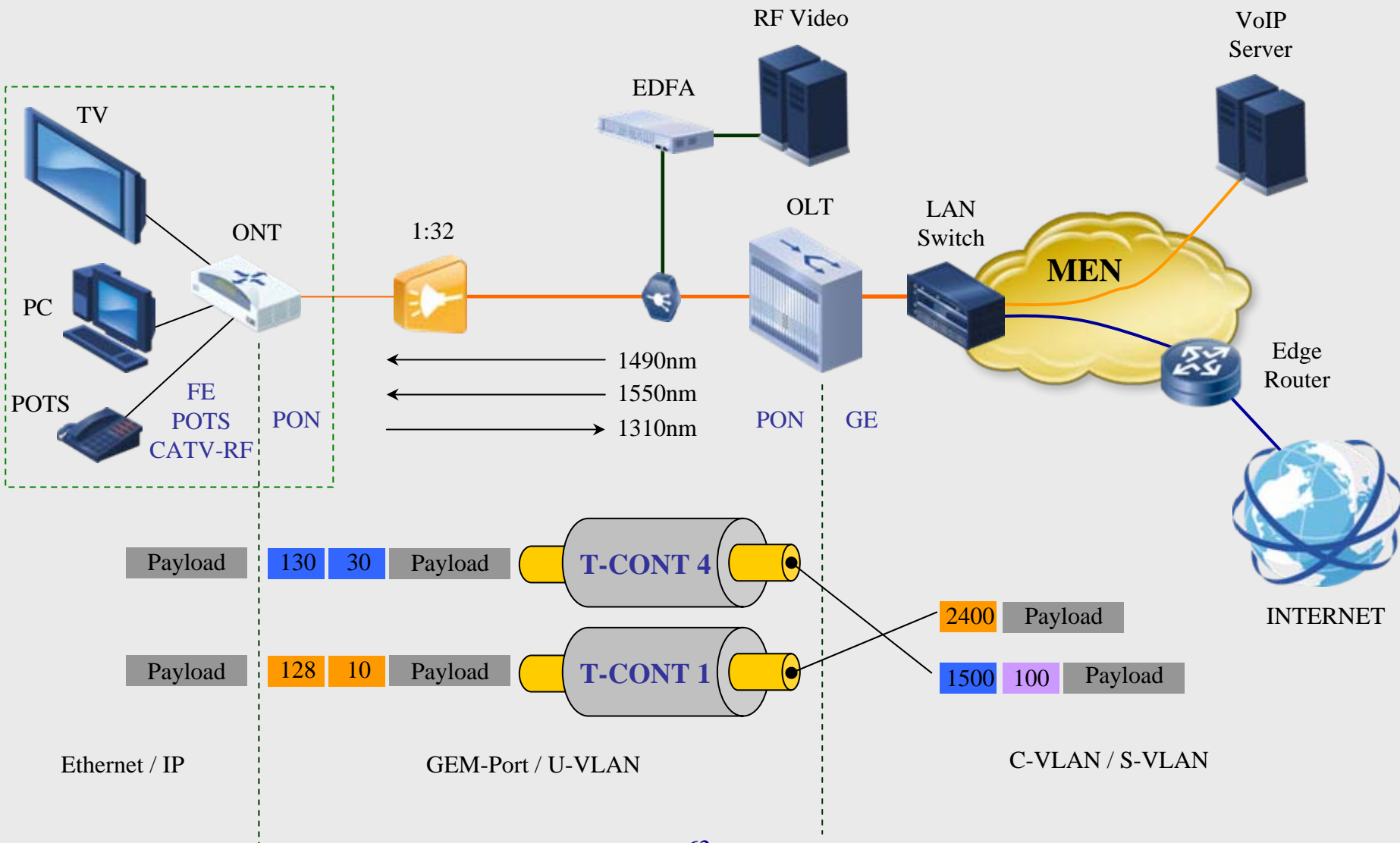
# 6. Ejemplos de Implementación: Red GPON

## Ejemplo #1: Triple Play



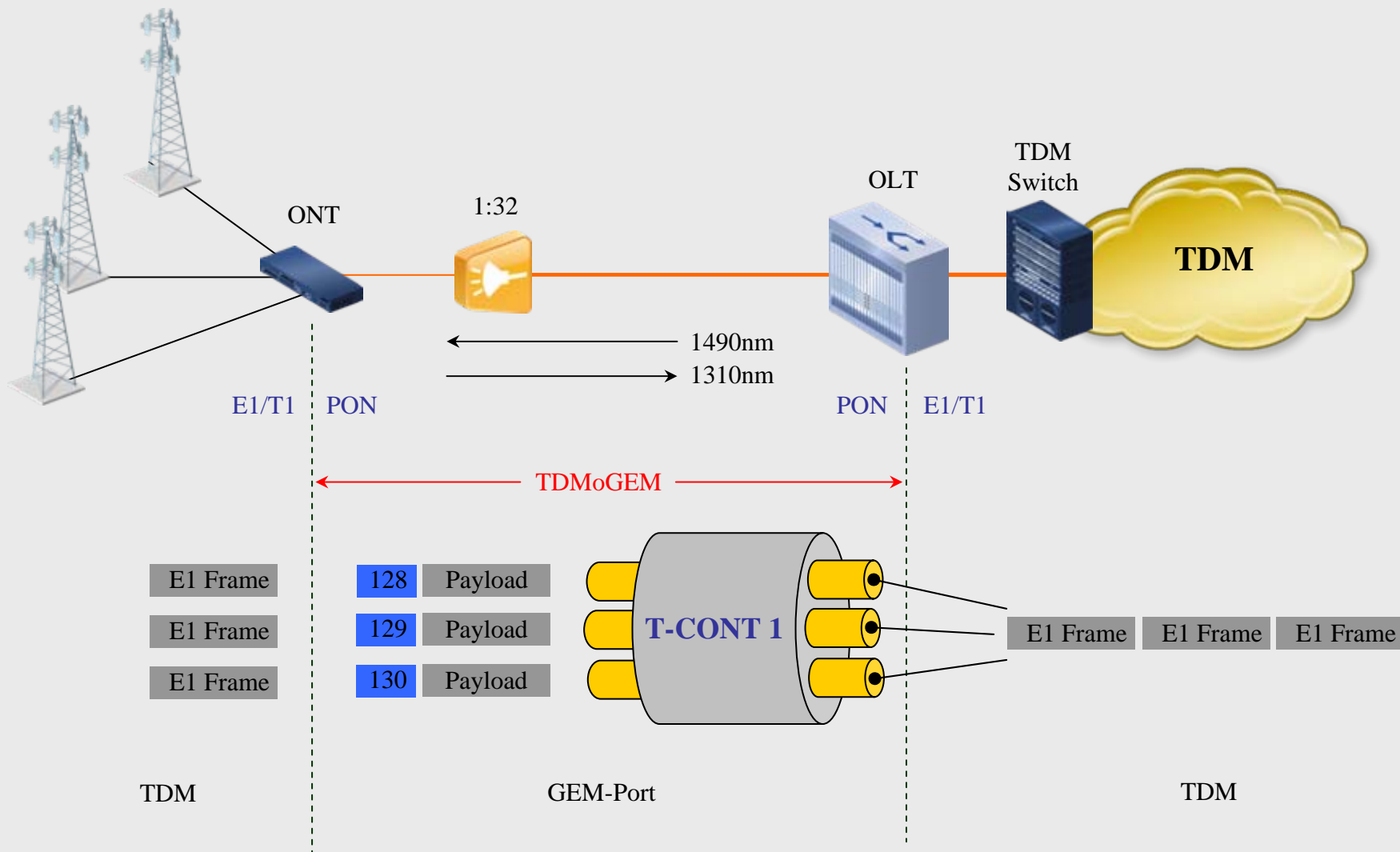
# 6. Ejemplos de Implementación: Red GPON

## Ejemplo #2: Internet, Voz y CATV-RF

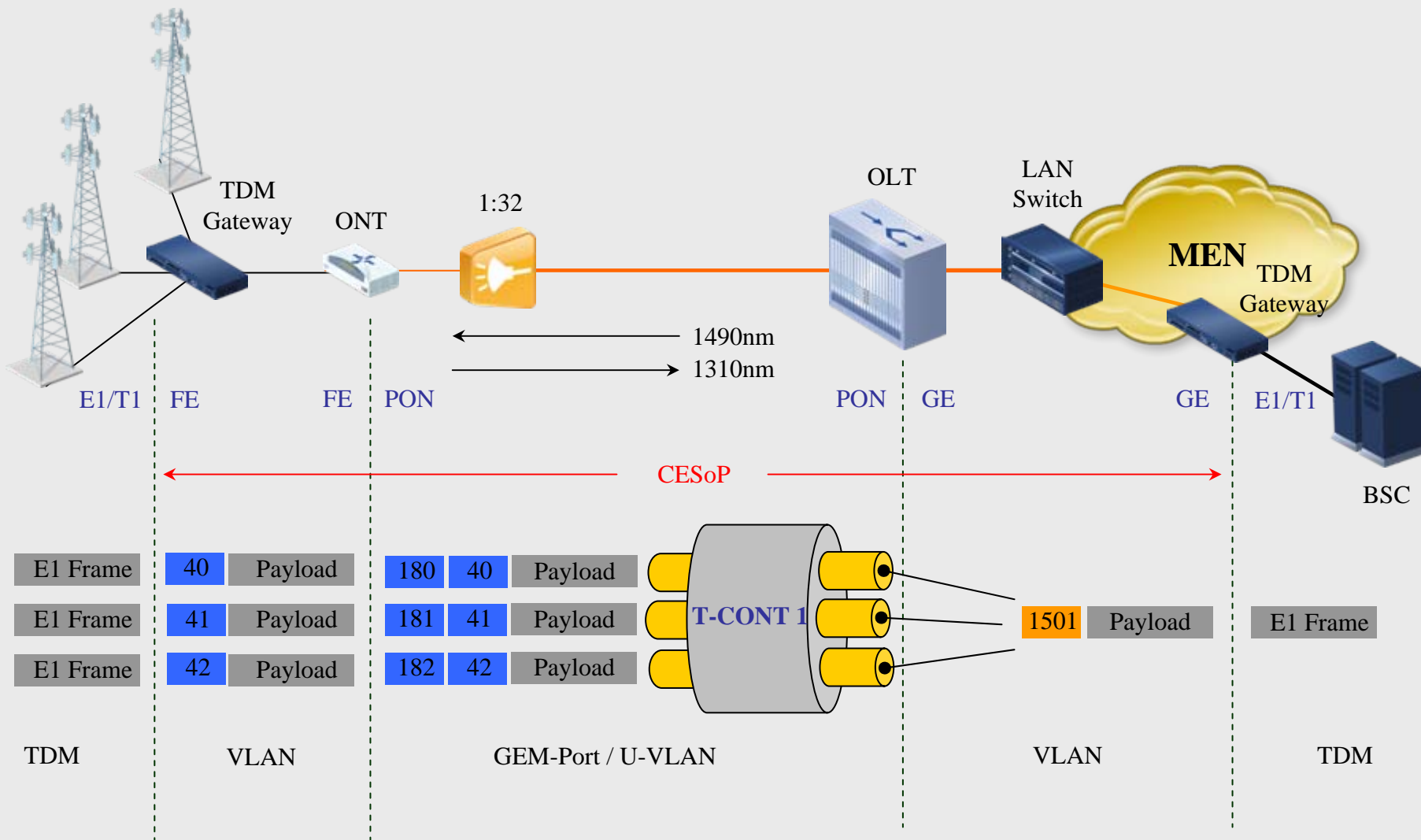


# 6. Ejemplos de Implementación: Red GPON

## Ejemplo #3: TDM Nativo (TDMoGEM)



## Ejemplo #4: TDM por Circuit Emulation (CESoP)





The background of the image is a dense field of glowing fiber optic cables. The cables are primarily orange and red, with some lighter, yellowish-orange highlights. The light trails from the cables create a sense of movement and depth, with some cables appearing to converge towards the center. The overall effect is a warm, vibrant, and futuristic aesthetic.

*Gracias!*

1. Fiber To The Home Council ([www.ftthcouncil.org](http://www.ftthcouncil.org))
2. Metro Ethernet Forum ([www.metroethernetforum.org](http://www.metroethernetforum.org))
3. International Telecommunication Union ([www.itu.int](http://www.itu.int))
4. Full Service Access Network ([www.fsanweb.org](http://www.fsanweb.org))
5. Institute of Electrical and Electronics Engineers ([www.ieee.org](http://www.ieee.org))
6. IEEE Communications Society ([www.comsoc.org](http://www.comsoc.org))
7. American National Standards Institute ([www.ansi.org](http://www.ansi.org))
8. European Telecommunications Standards Institute ([www.etsi.org](http://www.etsi.org))
9. Power Line Communications Forum ([www.plcforum.org](http://www.plcforum.org))



## B

**BPL** Broadband over Power Lines

**BPON** Broadband PON

## C

**CDMA** Code Division Multiple Access

**CESoP** Circuit Emulation Service over Packet

**CODEC** COdificator - DECOdificator

**CPE** Customer Premises Equipment

## D

**DOCSIS** Data Over Cable Service Interface  
Specification

**DSL** Digital Subscriber Line

**DSLAM** Digital Subscriber Line Access Multiplexer

## E

**EPON** Ethernet PON

**EVDO** Evolution Data Optimized

## F

**FDM** Frequency Division Multiplexing

**FTTB** Fiber To The Building

**FTTC** Fiber To The Curb

**FTTH** Fiber To The Home

**FTTx** Fiber To The X

## G

**GERAN** GSM EDGE Radio Access  
Network

**GPON** Gigabit PON

**GSM** Global System for Mobile  
communications (originalmente  
*Groupe Spécial Mobile*)

## H

**HSPA** High Speed Packet Access

## I

**IP** Internet Protocol

**IPTV** IP Television

**IR** Infra Red

## L

**LTE** Long Term Evolution

## M

**MODEM** Modulator-Demodulator

**MSAN** Multi Service Access Network

## O

**ODN** Optical Distribution Network  
**OLT** Optical Line Terminal  
**ONT** Optical Network Terminal  
**OTDR** Optical Time-Domain Reflectometer

## P

**P2P** Point to Point  
**PLC** Power Line Communications  
**PON** Passive Optical Network  
**POTS** Plain Old Telephone Service

## R

**RF** Radio Frequency

## T

**TDM** Time Division Multiplexing

## U

**UMTS** Universal Mobile Telecommunications System

## V

**VoD** Video on Demand  
**VoIP** Voice over IP

## W

**WDM** Wavelength Division Multiplexing  
**WiFi** Wireless Fidelity  
**WiMAX** Worldwide Interoperability for  
Microwave Access