



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA PROVEER SERVICIOS
CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO DEL CANTÓN
ESMERALDAS A TRAVÉS DE LA RED CNT E.P.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera en Electrónica y Redes de
Información.

Profesor Guía
Ing. Diego Paredes Páliz, MSc.

Autora
Wanjing Solange Lien Benítez

Año
2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Diego Fabián Paredes Páliz
Master en Comunicaciones Ópticas y Tecnologías Fotónicas
C.I. 0603014143

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes

Wanjing Solange Lien Benítez

C.I. 0802563254

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen María por sus múltiples bendiciones y por la sabiduría concedida en la búsqueda de esta meta tan anhelada; a mis padres por su constante amor y apoyo, ya que gracias a su educación y esfuerzo he logrado desarrollarme como ser humano y profesional; y a mi tutor, por su invaluable asesoría durante este trayecto.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres por su amor, su amistad, sus consejos y por ser mi ejemplo de vida y superación; y a mis hermanos por su preocupación y apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

RESUMEN

Actualmente, el Sector San Martín de Porres Bajo perteneciente al cantón Esmeraldas, cuenta con servicio de conectividad a internet, telefonía fija y televisión DTH utilizando métodos de transmisión tradicionales. Sin embargo, las velocidades de transmisión y la calidad de servicio no satisfacen a los abonados del sector debido a su servicio poco eficiente. Por estas razones, se propone migrar las redes de cobre a redes de fibra óptica con el fin de poder cumplir los requerimientos de los abonados.

Este proyecto de titulación tiene como finalidad diseñar una red de transporte y de acceso con tecnología FTTH (*Fiber to the home*) en el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas de la provincia del mismo nombre, empleando redes GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) a través de la infraestructura tecnológica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

En el capítulo 1, se realiza un estudio de los conceptos que definen a la red GPON con acceso FTTH haciendo énfasis en las características técnicas y estándares de transmisión a fin de tener una visión más amplia de las redes de fibra óptica.

Por consiguiente, se analiza las variables demográficas del sector San Martín de Porres Bajo y la infraestructura de telecomunicaciones instalada en este sector; una vez realizado este análisis se elabora el diseño de la red de fibra óptica GPON-FTTH para satisfacer los requerimientos de los habitantes de este sector.

En el capítulo 3, se ejecuta un análisis de resultados para determinar si el diseño de la red puede dotar los servicios convergentes en el sector garantizando altas velocidades de transmisión y excelente calidad de servicio; así mismo, se determina la probabilidad de crecimiento de la red GPON hacia zonas cercanas.

ABSTRACT

In this moment, the sector San Martin de Porres Bajo belonging to the city Esmeraldas, has internet connectivity service, fixed telephony and DTH television using traditional methods of transmission. However, transmission speeds and quality of service do not satisfy to the subscribers of the sector due to its inefficient service. For these reasons, it is proposed to migrate copper networks to fiber optic networks with the purpose of comply the requirements of subscribers.

This titling project aims to design a transportation network and an access network with FTTH (Fiber to the home) technology in the sector San Martin de Porres Bajo of the city of Esmeraldas of the province of the same name, using GPON (Gigabit Passive Optical Network) through the technological infrastructure of the Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

In chapter 1, a study of the concepts that define the GPON-FTTH access networks is performed with emphasis on the technical characteristics and transmission standards in order to have a broader view of the fiber optic networks.

Thus, demographic variables of the sector San Martin de Porres Bajo and installed telecommunications infrastructure in this zone is analyzed; once it had been made this analysis the design of the fiber optic network GPON FTTH is prepared to satisfy the requirements of the habitants of this sector.

In Chapter 3, a results analysis is performed to determine whether the design of the network can provide converged services in this sector ensuring high transmission speeds and excellent quality of service; likewise, the probability of growth of the network GPON to close areas is determined.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1.FUNDAMENTOS DE LAS REDES GPON.....	3
1.1 Propiedades físicas y químicas de la fibra óptica	3
1.1.1 Principios de transmisión.....	4
1.1.1.1 Refracción.....	4
1.1.1.2 Reflexión Interna Total.....	5
1.1.2 Características propias de una fibra óptica	6
1.1.2.1 Atenuación	6
1.1.2.2 Dispersión.....	9
1.1.2.2.1 Dispersión intermodal	10
1.1.2.2.2 Dispersión cromática por guía de onda.....	10
1.1.2.2.3 Dispersión cromática por material.....	11
1.1.2.2.4 Dispersión por modo de polarización	13
1.2 Tipos de fibra óptica	13
1.2.1 Fibra Monomodo	14
1.2.2 Fibra multimodo.....	15
1.2.3 Fibra Monomodo G.652.D.....	16
1.2.4 Fibra Monomodo G.657.A1	17
1.3 Redes Ópticas.....	18
1.3.1 Arquitectura de una red de fibra óptica.....	18
1.3.2 Redes de Acceso	20
1.3.2.1 Solución FTTN (Fiber to the node).....	20
1.3.2.2 Solución FTTC (Fiber to the curb).....	20
1.3.2.3 Solución FTTB (Fiber to the building).....	21
1.3.2.4 Solución FTTH (Fiber to the home).....	21
1.3.3 Redes de Transporte.....	21
1.3.3.1 Jerarquía Digital Plesiócrona	22
1.3.3.2 Jerarquía Digital Sincrónica	23
1.3.3.2.1 Estructura de Trama Básica.....	24
1.3.3.2.2 Estructura de Multiplexación	25

1.3.3.3	Modo de Transferencia Asíncrona	26
1.3.3.3.1	Elementos de la red ATM.....	28
1.4	Redes PON	29
1.4.1	Tecnología APON (<i>Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network</i>)	30
1.4.2	Tecnología BPON (<i>Broadband Passive Optical Network</i>)	32
1.4.3	Tecnología EPON (<i>Ethernet Passive Optical Network</i>)	32
1.4.4	Tecnología GPON (<i>Gigabit-Capable Passive Optical Network</i>)	34
1.4.4.1	Esquema de la red GPON.....	34
1.4.4.2	Características técnicas de GPON.....	36
2.	DISEÑO DE LA RED GPON PARA PROVEER	
	SERVICIOS CONVERGENTES	38
2.1	Variables demográficas y técnicas del sector San Martín de Porres Bajo.....	38
2.1.1	Número de beneficiados con la implementación de la red GPON.....	38
2.1.2	Abonados de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones	39
2.1.3	Infraestructura tecnológica instalada.....	41
2.1.4	Área de cobertura de la red.....	42
2.2	Diseño de la red GPON.....	43
2.2.1	Consideraciones para el diseño de la red GPON	44
2.2.2	Simbología	46
2.2.3	Identificación de los elementos de la red.....	48
2.2.4	Red troncal (<i>Feeder</i>)	51
2.2.4.1	Equipo OLT de marca Huawei	52
2.2.4.2	Distribuidor de fibra óptica (ODF).....	53
2.2.4.2.1	Distribuidor de fibra óptica planta interna (ODF interno)	53
2.2.4.2.2	Distribuidor de fibra óptica planta externa (ODF externo) ..	54
2.2.4.2.3	Interconexión de los ODF de planta interna y externa	55
2.2.5	Red de distribución ODN.....	56

2.2.5.1	<i>Splitters</i> (Divisor de potencia)	57
2.2.5.2	Conectores SC/APC	58
2.2.5.3	Puntos de acceso de red (NAP).....	59
2.2.6	Red de dispersión.....	60
2.2.7	Red de acceso FTTH	61
2.2.7.1	Equipo ONT de marca Huawei.....	61
2.2.8	Esquemas de contratación de la CNT E.P.	63
3.ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROYECCIÓN DE		
CRECIMIENTO		65
3.1	Cálculos de la red GPON	66
3.1.1	Análisis de pérdida de potencia	66
3.1.2	<i>Optical signal to noise ratio</i> (OSNR)	71
3.1.3	Análisis de potencia de recepción	73
3.2	Proyección de crecimiento de la infraestructura red GPON.....	76
3.2.1	Sector San Martin de Porres Alto	77
3.2.2	Sector Santas Vainas	78
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		81
4.1	CONCLUSIONES	81
4.2	RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS.....		85
ANEXOS		90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices de refracción de medios de transmisión.....	5
Tabla 2. Coeficientes de atenuación en un enlace de fibra óptica	9
Tabla 3. Coeficientes de atenuación en materiales de vidrio	9
Tabla 4. Atributos de la fibra monomodo G.652.D	17
Tabla 5. Atributos de la fibra monomodo G.657.A1.....	18
Tabla 6. Niveles de la Jerarquía Digital Plesiócrona	23
Tabla 7. Velocidades de los niveles de módulos de transporte síncrono	24
Tabla 8. Velocidades de transmisión de subida y bajada de la tecnología APON.....	32
Tabla 9. Servicios para la tecnología GPON.....	35
Tabla 10. Velocidades de transmisión de la tecnología GPON	36
Tabla 11. Habitantes de sector San Martin de Porres Bajo.....	38
Tabla 12. Clientes actuales de la CNT E.P.	39
Tabla 13. Índice de penetración en el sector.....	40
Tabla 14. Presupuesto óptico.....	46
Tabla 15. Simbología de las redes GPON	47
Tabla 16. Especificaciones técnicas del OLT.....	53
Tabla 17. Especificaciones de conectores SC/APC	59
Tabla 18. Especificaciones técnicas del ONT	63
Tabla 19. Presupuesto óptico del abonado más lejano.....	69
Tabla 20. Presupuesto óptico del abonado más cercano.....	70
Tabla 21. Habitantes de sector San Martin de Porres Alto.....	77
Tabla 22. Habitantes de sector Santas Vainas.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de una fibra óptica	3
Figura 2. Principio de refracción	5
Figura 3. Principio de reflexión interna total	6
Figura 4. Tipos de dispersión	10
Figura 5. Dispersión material vs dispersión por guía de onda	12
Figura 6. Clasificación de las fibras por su modo de propagación	14
Figura 7. Modo de propagación de fibra monomodo	14
Figura 8. Modo de propagación de fibra multimodo de índice escalonado.	15
Figura 9. Modo de propagación de fibra multimodo de índice gradual.	16
Figura 10. Esquema básico de una red de fibra óptica.	19
Figura 11. Arquitectura de las redes FTTX.....	22
Figura 12. Estructura de una trama básica	25
Figura 13. Estructura de multiplexación	27
Figura 14. Topología de una red ATM.....	28
Figura 15. Estructura de las celdas ATM	29
Figura 16. Técnicas de multiplexación TDM vs WDM	31
Figura 17. Arquitectura de un sistema P2P en ethernet y un sistema P2MP en EPON.	33
Figura 18. Configuración referencial de la tecnología GPON.....	34
Figura 19. Área de cobertura de red	44
Figura 20. Diagrama de la red GPON	45
Figura 21. Identificador de cables de fibra óptica canalizados	49
Figura 22. Identificador de los FDH.....	50
Figura 23. Identificador de las NAP	50
Figura 24. Elemento OLT	51
Figura 25. Distribuidor de fibra óptica.....	54
Figura 26. Bandejas del ODF	55
Figura 27. Esquema de conexión de los ODF	56
Figura 28. Armario de distribución FDH	57
Figura 29. Tipos de pulidos de la fibra óptica (PC y APC)	59

Figura 30. Estructura de las NAP.....	60
Figura 31. Rosetas ópticas.....	61
Figura 32. Puertos de la ONT.....	62
Figura 33. Ubicación de escenarios para análisis de resultados.....	67
Figura 34. Distancias de la red ODN sobre el abonado más lejano	68
Figura 35. Distancias de la red ODN sobre el abonado más cercano.....	69
Figura 36. <i>Optical signal to noise ratio</i>	71
Figura 37. Diferencia de potencia entre la señal y el ruido.....	72
Figura 38. Diagrama de proyección de crecimiento de red GPON.....	80

INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicaciones han ido evolucionando vertiginosamente a lo largo de los años debido a las necesidades de las personas para tener acceso a los servicios de telecomunicaciones; por tal razón, en la actualidad se usan varios medios para el intercambio de información por medio de la red de datos que permiten altas velocidades de transmisión cubriendo largas distancias.

En los años setenta se constituyó al láser como la fuente de luz apropiada para la transmisión sobre una guía óptica, debido a sus características de propagación del haz de luz. Sin embargo, solo a partir de la aparición de la fibra óptica, fabricada entre otros por los Laboratorios Corning en la década de los 70's, fue posible implementar enlaces capaces de transmitir señales a varios cientos de kilómetros.

Los desarrollos que la fibra óptica ha tenido en los últimos años, y la invención de fuentes láser basadas en semiconductores, permiten que hoy en día los enlaces de fibra óptica tengan un desempeño y eficiencia mucho mayores que los enlaces de cobre y los sistemas de transmisión satelital, siendo muy superiores en características como ancho de banda, velocidad de transmisión y seguridad. (Serpa & Gómez Cardona, 2011, pág. 17).

A medida que se dio el crecimiento de los medios de transmisión en cuanto a sus características técnicas, se incorporaron al mismo tiempo nuevos servicios de telecomunicaciones, teniendo como objetivo principal permitir la convergencia de los mismos que son voz, datos y video, también conocido como servicios *TRIPLE PLAY*.

La red GPON (*Gigabit-passive Optical Network*) es una red flexible de acceso con fibra óptica; gracias a sus múltiples beneficios tecnológicos y bajos costos para su despliegue e instalación, es la más indicada para proveer los servicios

de internet, telefonía y televisión aplicando la tecnología de acceso FTTH (*Fiber to the home*).

Actualmente en el sector San Martín De Porres Bajo, localizado en la provincia de Esmeraldas, existe una alta demanda de los servicios de telecomunicaciones, la misma que no ha sido cubierta en su totalidad; por ello, surge la necesidad de crear un diseño de una red GPON capaz de soportar servicios *triple play* con tasas nominales de velocidad en *downstream* de 2.4 [Gbps] y 1.2 [Gbps] en *upstream* (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 7) con el fin de poder satisfacer este requerimiento.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. podrá reutilizar infraestructura para posibles expansiones en sectores cercanos, ya que una de las características de la red GPON es que puede tener una distancia máxima de 20 [km] entre la ONU/ONT y la OLT; también se ahorrará en costos de mantenimiento debido que al sector que está dirigido este diseño es una ciudad costera, la cual posee un alto grado de salinidad, por lo que al utilizar fibra óptica ésta no se verá afectada por daños en la red, como sucede en la actualidad con las redes de cobre, principalmente en los puntos donde existen empalmes de cable multipar.

Los abonados que hagan uso de estos servicios podrán navegar en internet con altas velocidades de transmisión empleando un tiempo medio de retardo en la transferencia de señal menor que 1.5 [ms] y con una calidad de servicio suficiente para soportar videos de alta definición (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 12), además ofrece anchos de banda mayores que tecnologías de transmisión tradicionales. Por estas razones, el presente trabajo resulta beneficioso tanto para la proveedora de servicios, Corporación Nacional de Telecomunicaciones y para los usuarios.

1. FUNDAMENTOS DE LAS REDES GPON

1.1 Propiedades físicas y químicas de la fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión que se constituye por una guía óptica que permite la propagación de un haz de luz, la misma está constituido por uno o más hilos hechos de vidrio que son muy finos, por donde se transmiten pulsos de luz que simbolizan los datos a transmitir; las fibras ópticas se componen de tres partes fundamentales que son:

- Núcleo
- Revestimiento
- Cubierta protectora

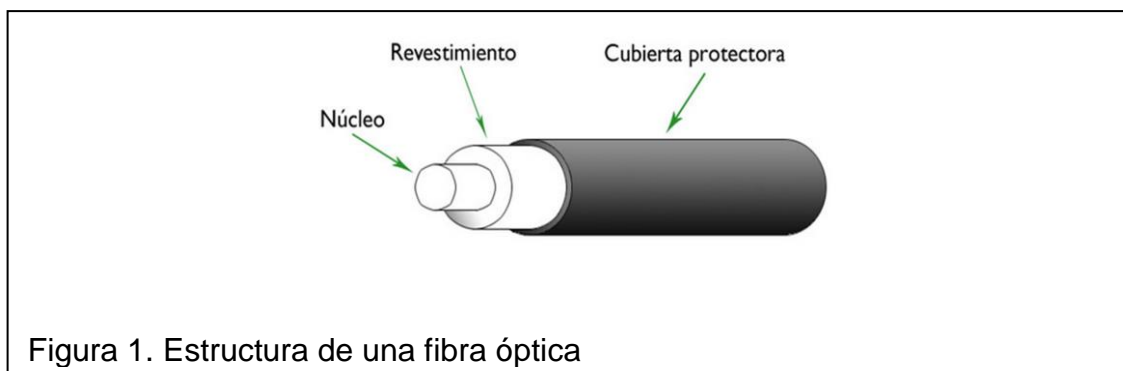


Figura 1. Estructura de una fibra óptica

El núcleo central y el revestimiento son hechos a base vidrio y poseen un índice de refracción distinto, lo cual permite que el núcleo transmita la onda óptica sin que el haz de luz se desvíe de su trayectoria pudiendo provocar pérdidas de información. La cubierta protectora es una envoltura generalmente de plástico o cubierta acrílica que se encarga de proteger a la fibra de daños físicos, tales como: amortiguamientos, aislamiento contra humedad, esfuerzos a tensión, entre otras.

Los sistemas de fibra óptica utilizan frecuencias de transmisión que se localizan entre la radiación infrarroja y la luz visible del espectro electromagnético, donde principalmente se utilizan tres ventanas de operación que corresponden a

850[nm], 1310[nm] y 1550[nm]. Estos pulsos de luz se encuentran fuera del espectro visible, por tal razón, no son percibidas por el ojo humano.

La fibra óptica posee dos principios de transmisión que son la refracción y la reflexión total interna. Además, la propagación del haz de luz se compone de 2 parámetros principales que se deben de tomar en consideración al momento de realizar un enlace de fibra óptica, estos son: atenuación y dispersión.

1.1.1 Principios de transmisión

La transmisión de datos a través de la fibra óptica requiere tres elementos principales que son: una fuente de luz, el medio de transmisión y un detector de luz.

Un diodo emisor de luz o un láser pueden generar una luz que permite que el sistema pueda transmitir bits de señal de datos en estados de prendido y apagado. Esta luz se traslada a través del núcleo de la fibra óptica mediante un principio denominado reflexión interna total, el mismo depende del índice de refracción de los materiales de fabricación del núcleo y del revestimiento.

1.1.1.1 Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta un rayo de luz al pasar de un material con índice de refracción específico a otro material con un índice de refracción diferente, como se ilustra en la figura 2. Según la ley de Snell nos permite calcular el ángulo de refracción de la luz mediante la siguiente ecuación (Douglas, 2006, pág. 643).

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Los índices de refracción se definen como la relación entre la velocidad de la onda luminosa en el vacío y la velocidad de la onda luminosa propagada en el medio. En la Tabla 1 se puede visualizar algunos medios con su respectivo índice de refracción.

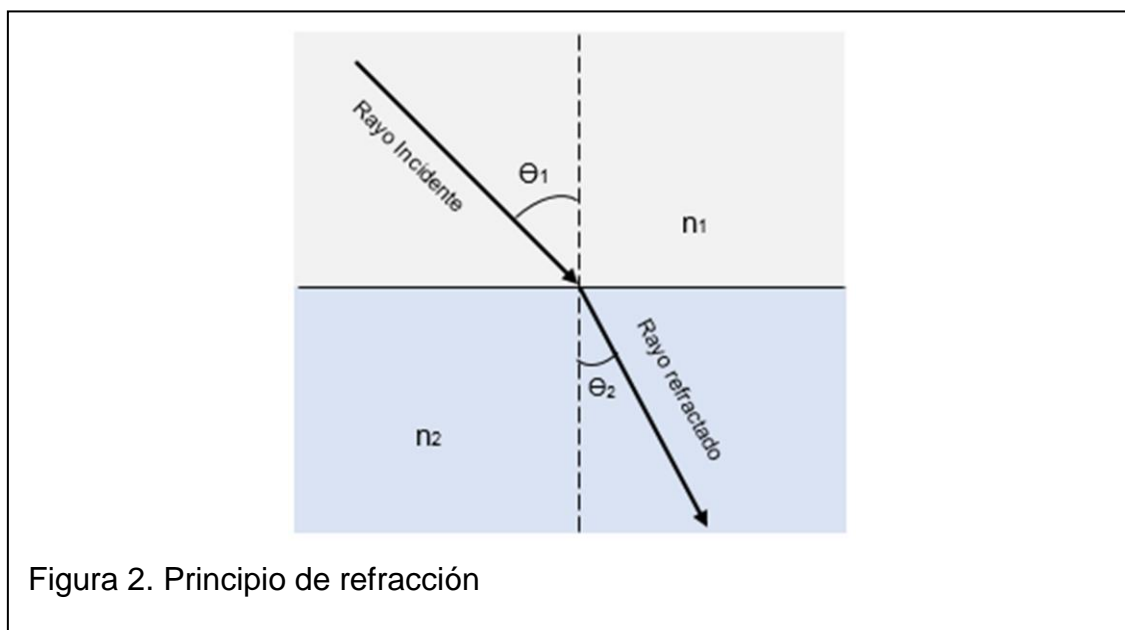


Tabla 1. Índices de refracción de medios de transmisión

Medio	Índice de Refracción
Acetona	1.36
Agua	1.33
Aire	1.003
Benceno	1.15
Cristal	1.66
Glicerina	1.575
Vacío	1.00
Vidrio óptico	1.52
Plástico	1.46

Tomado de (Kane & Sternheim, 2007, pág. 516)

1.1.1.2 Reflexión Interna Total

La reflexión interna total se produce siempre que el índice de refracción del medio en el que se encuentra el haz de luz (n_1) sea mayor al índice de refracción del medio donde incide el haz (n_2), de tal modo que se refleja el haz de luz completamente.

Este fenómeno se produce en los sistemas de fibra óptica por los valores de los índices de refracción del núcleo y el revestimiento, por lo que en el momento que se propaga el haz de luz no atraviesa la superficie que separan a ambos

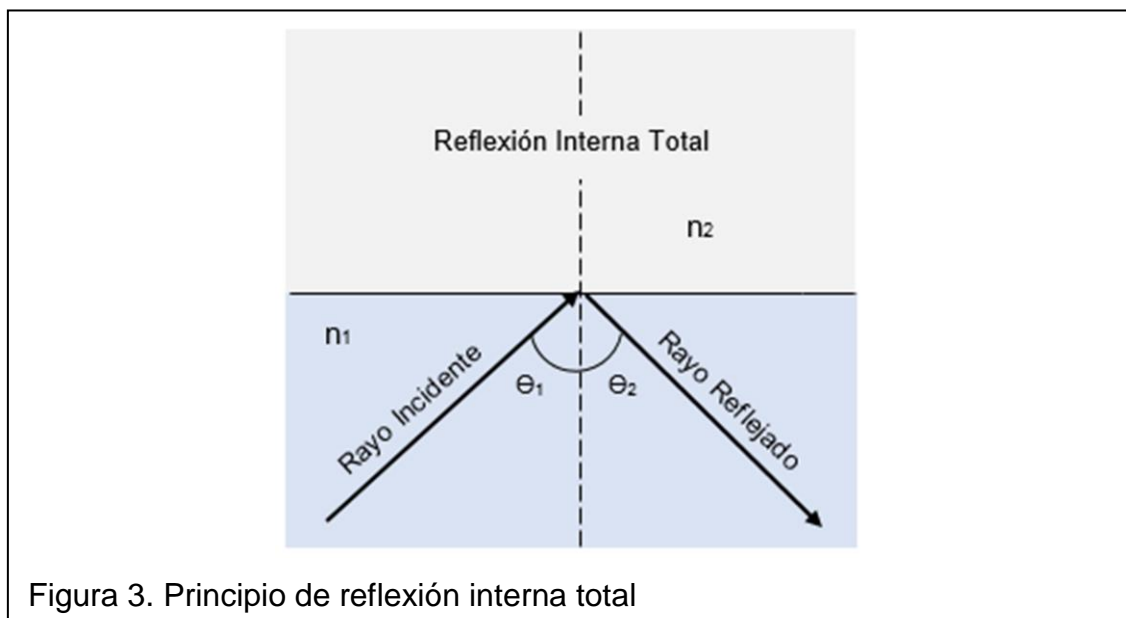


Figura 3. Principio de reflexión interna total

medios, por tal razón no se ocasiona pérdidas de energía ni de información.

1.1.2 Características propias de una fibra óptica

En la recomendación G.650.1 y G.656 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) se describen a dos parámetros fundamentales que se originan en todos los enlaces de un sistema de fibra óptica, siendo éstos la atenuación y la dispersión.

1.1.2.1 Atenuación

La atenuación es un parámetro muy importante para el diseño de redes de fibra óptica, especialmente para las redes que cubren largas distancias, debido a que éste ocasiona la distorsión de la señal óptica. Existen muchos factores por los cuales se puede presentar atenuación, por tal razón se los clasifica en pérdidas intrínsecas y pérdidas extrínsecas.

Las pérdidas intrínsecas son inherentes de la fibra óptica (DeCusatis, 2007, pág. 31) y éstas pueden darse por:

- Absorción infrarroja por acoplamiento
- Absorción ultravioleta por transiciones de electrones en defecto
- Absorción por metales de transición como Fe, Cu, Cr, Ni, Mn
- Absorción por la vibración molecular de OH
- Dispersión de Rayleigh debido a las fluctuaciones espaciales del índice de refracción

Las pérdidas extrínsecas se dan por los métodos particulares de la fabricación de la fibra óptica o procesos de instalación (DeCusatis, 2007, pág. 31). Éstas pueden darse por:

- Falta de uniformidad geométrica en el límite del núcleo y revestimiento
- La imperfección en la conexión o de empalmes entre las fibras
- Pérdidas por un proceso erróneo de instalación
- Pérdidas por microflexión que se deben a desviaciones microscópicas de la fibra
- Pérdidas por macroflexión que se deben a doblamientos visibles en la fibra

La atenuación $A(\lambda)$ en una longitud de onda entre dos secciones separadas por una distancia L de una fibra que se la define como (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2010, pág. 5):

$$A(\lambda) = 10 \log \frac{p_1(\lambda)}{p_2(\lambda)} [dB] \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde $p_1(\lambda)$ es la potencia óptica que traspasa la primera sección transversal y $p_2(\lambda)$ es la potencia óptica que atraviesa la segunda sección transversal de la longitud de onda (λ).

Para una fibra uniforme se puede calcular un coeficiente de atenuación que se mide en decibelios por unidad de longitud [dB/km] y se describe por (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2010, pág. 5):

$$\alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \text{ [dB/km]} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Para obtener el valor de la atenuación de un enlace de fibra óptica se debe de utilizar la siguiente fórmula (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2006, pág. 8):

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde

A = atenuación

L = longitud del enlace

α = coeficiente de atenuación típico de los cables de fibra en un enlace

α_s = atenuación media por empalme

α_c = atenuación media de los conectores de línea

y = número de conectores de línea de un enlace

x = número de empalmes de un enlace

En la Ecuación 4 no se proporciona la pérdida por conectores, además se debe de considerar un margen adecuado para posibles modificaciones de las configuraciones de los cables que se pueden presentar en un futuro (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2006, pág. 9). En la Tabla 2 se indican los valores aproximados que actúan como pérdidas en un enlace de fibra óptica para las tres ventanas de transmisión ya mencionadas.

Tabla 2. Coeficientes de atenuación en un enlace de fibra óptica

Longitud de onda [nm]	Coeficiente de atenuación [dB/km]
850	< 2 o 3
1310	< 0,5
1550	< 0,2

Tomado de (DeCusatis, 2007, pág. 31)

El material que se use en las fibras ópticas es el principal elemento para proveer menor atenuación. En la Tabla 3 se identifica el coeficiente de atenuación aproximado para 3 tipos de compuestos químicos en 3 longitudes de ondas distintas, los materiales indicados en la Tabla 3 son los más comunes al momento de fabricar la fibra, siendo el preferido el vidrio de sílice fundido, especialmente para fibras que son utilizadas en el campo de las telecomunicaciones.

Tabla 3. Coeficientes de atenuación en materiales de vidrio

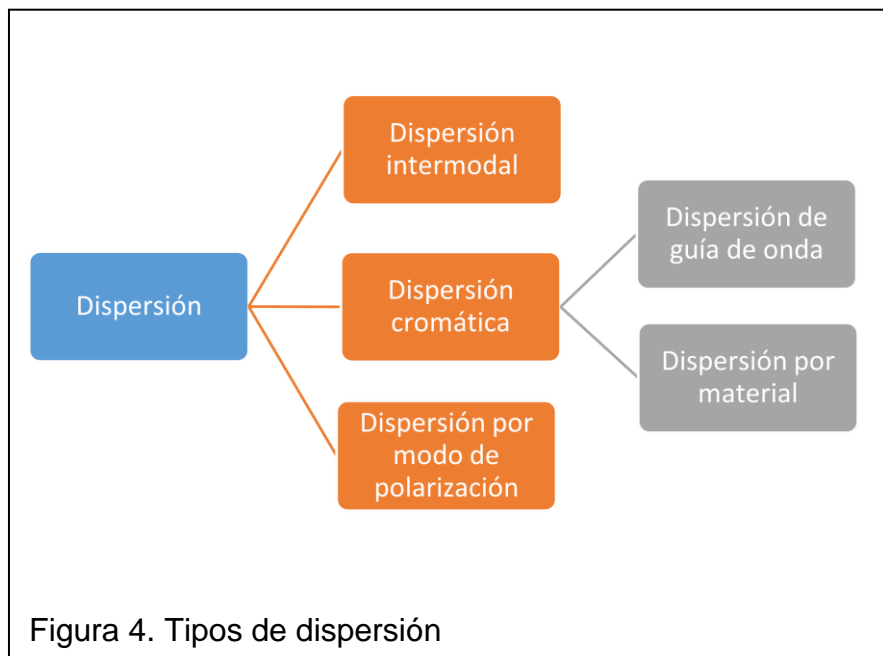
Material del vidrio	Coeficiente de atenuación [dB/ km]		
	633 nm	800 nm	1060 nm
Sílice fundido	4,8	1,9	0,6
Silicato de boro	7,7	3,0	1,0
Silicato de plomo	47,5	18,6	6,0

Tomado de (DeCusatis, 2007, pág. 30)

1.1.2.2 Dispersión

La dispersión es un fenómeno que ocurre cuando diferentes longitudes de onda experimentan diferentes constantes de propagación, por lo tanto se trasladan con distintas velocidades causando un pulso temporal mucho más amplio a lo largo de la fibra (DeCusatis, 2007, pág. 31). Este factor es considerado importante en el campo de las comunicaciones debido a que afecta directamente a la velocidad de los bits; cabe indicar que la longitud de onda no

se ve alterada por este parámetro. En la Figura 4 se presentan los tipos de dispersión existentes.



1.1.2.2.1 Dispersión intermodal

La dispersión intermodal se manifiesta cuando existen retardos de propagación en los distintos modos que constituyen un pulso lumínico, es decir que el crecimiento del pulso depende de las diferencias de los tiempos de transmisión de cada modo. Este fenómeno solo ocurre en las fibras multimodo debido a que las fibras monomodo permiten la propagación de un único modo de transmisión (Mukherjee, 2006, pág. 52).

1.1.2.2.2 Dispersión cromática por guía de onda

La dispersión por guía de onda es debido a las diferentes características de propagación del haz de luz en el núcleo y el revestimiento, ya que de una porción del pulso, aproximadamente entre el 30 % a 40 %, se transmite por el revestimiento alrededor de la frecuencia de corte y al tener ambos componentes un distinto índice de refracción, la longitud de onda se ve

afectada por ésta en cuanto a la velocidad de propagación con la que cumple su trayectoria y por ende los fragmentos del pulso llegaran en distintos tiempos (Román, 2010, pág. 23). Este factor se presenta únicamente en las fibras monomodo porque el modo fundamental se traslada cerca de la longitud de onda de corte, a diferencia de las fibras multimodo.

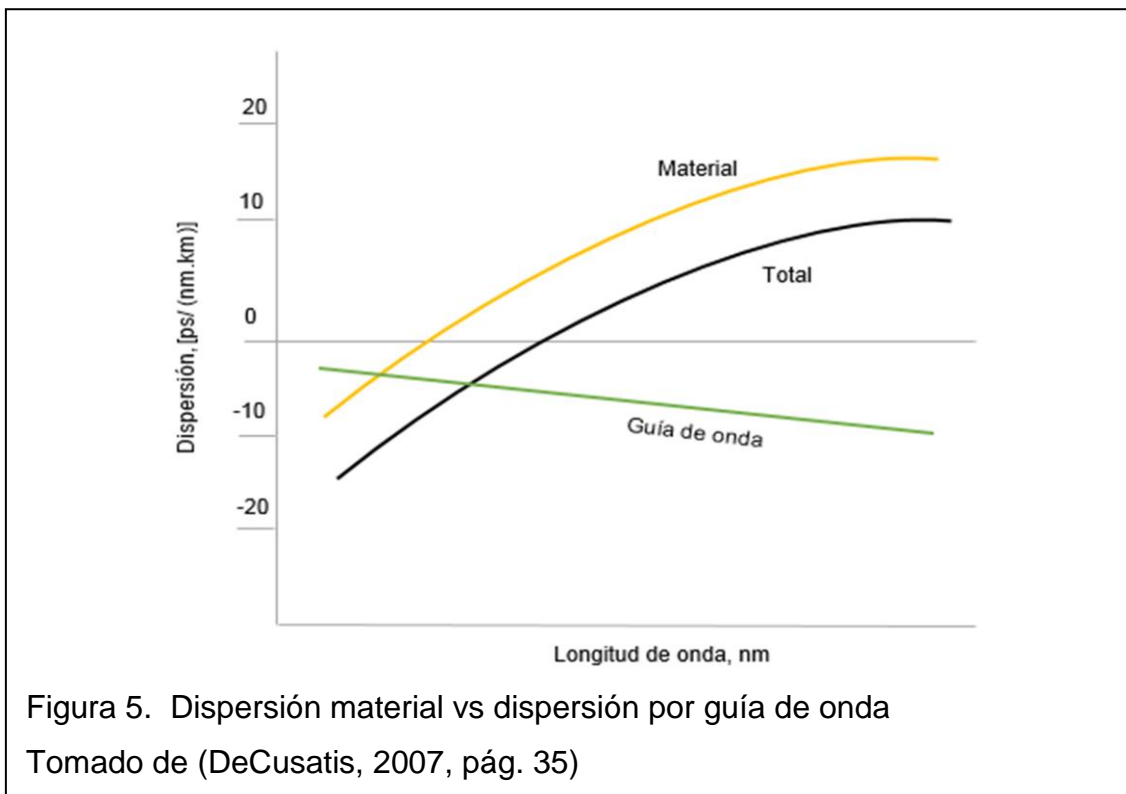
La longitud de onda de corte es la longitud de onda mínima a la que puede propagarse un modo único en una fibra monomodo y, las longitudes de onda inferiores a la longitud de onda de corte pueden propagarse en varios modos, por lo que se convertiría en una fibra multimodo (Sanchez, 2012).

Las unidades de medición para el coeficiente de la dispersión cromática es $\left[\frac{ps}{nm \times km}\right]$ (DeCusatis, 2007, pág. 32); el coeficiente máximo que debe de presentarse en una fibra monomodo situada en una región de 1525 nm -1575 nm es de $3,5 \left[\frac{ps}{nm \times km}\right]$.

1.1.2.2.3 Dispersión cromática por material

La dispersión cromática por material se da porque el índice de refracción del material con el que se fabrican las fibras ópticas dependen de la frecuencia, esto causa que los pulsos de luz se transmiten con distintas longitudes de onda ocasionando la propagación con velocidades dispares; y por ende, diferentes retardos, produciendo un ensanchamiento del pulso y a su vez dispersión (Ramaswami, Sivarajan, & Sasaki, 2010, pág. 70). Este fenómeno se lo puede percibir tanto en las fibras monomodo y multimodo.

La Figura 5 muestra la dispersión cromática de material y la dispersión de guía de onda con respecto a la longitud de onda. Este gráfico es un ejemplo de una fibra monomodo.



El valor de la dispersión total se lo puede obtener con la ecuación 5, siendo su unidad de medida [nseg/km].

$$d_{tot} = \sqrt{d_m^2 + (d_e + d_g)^2} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde

d_{tot} = dispersión total

d_m = dispersión intermodal

d_e = dispersión cromática por material

d_g = dispersión cromática por guía de onda

Conociendo el valor de la dispersión total se puede estimar el ancho de banda que se recomienda ocupar en el enlace en base al resultado de la dispersión total que se ha obtenido (DeCusatis, 2007, pág. 36).

$$BW = \frac{350}{d_{tot}} [MHz] \quad (\text{Ecuación 6})$$

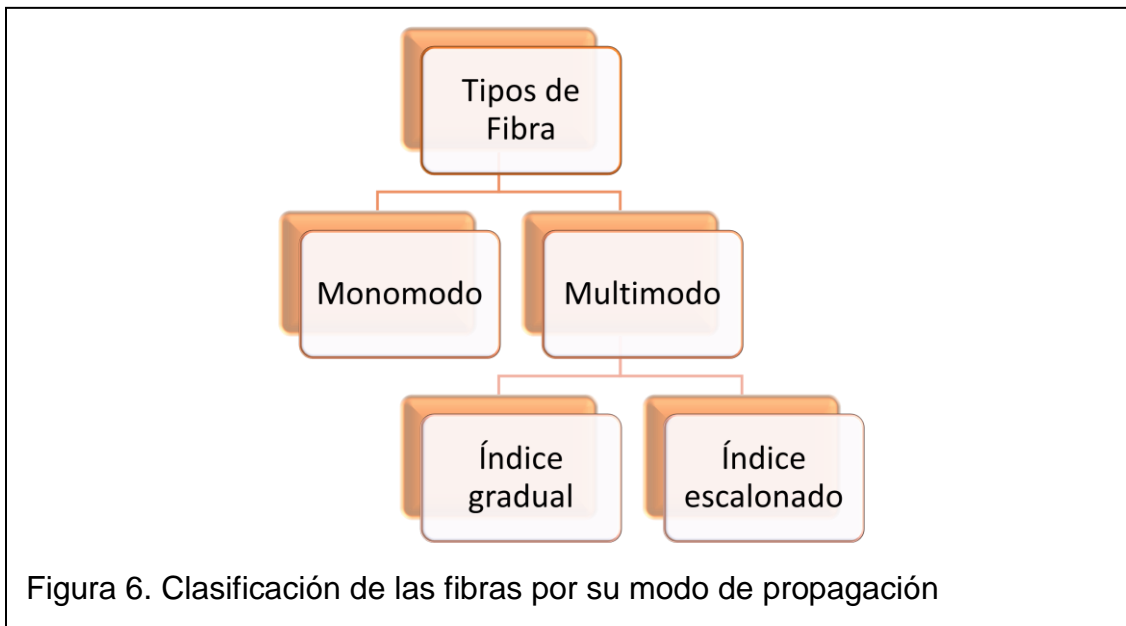
1.1.2.2.4 Dispersión por modo de polarización

La dispersión por modo de polarización (PMD) se manifiesta solo en las fibras monomodo, las mismas que soportan dos polarizaciones perpendiculares de la señal original que es transmitida. En una fibra perfecta la constante de propagación es la misma debido a la simetría cilíndrica de la longitud de onda. Sin embargo, las fibras no son perfectamente circulares, por lo que el haz de luz polarizado a lo largo de un eje se desplaza con una velocidad distinta al haz de luz polarizado a lo largo del eje ortogonal produciendo dispersión (Ramaswami, Sivarajan, & Sasaki, 2010, pág. 53). Este factor es significativamente visible a altas velocidades de transmisión y que están en el orden de 10 [Gbps].

Puesto que el pulso en los dos ejes ortogonales se traslada con velocidades diferentes de grupo, esto provoca una difusión temporal de las señales, la misma que se denomina retardo de grupo diferencial (DGD).

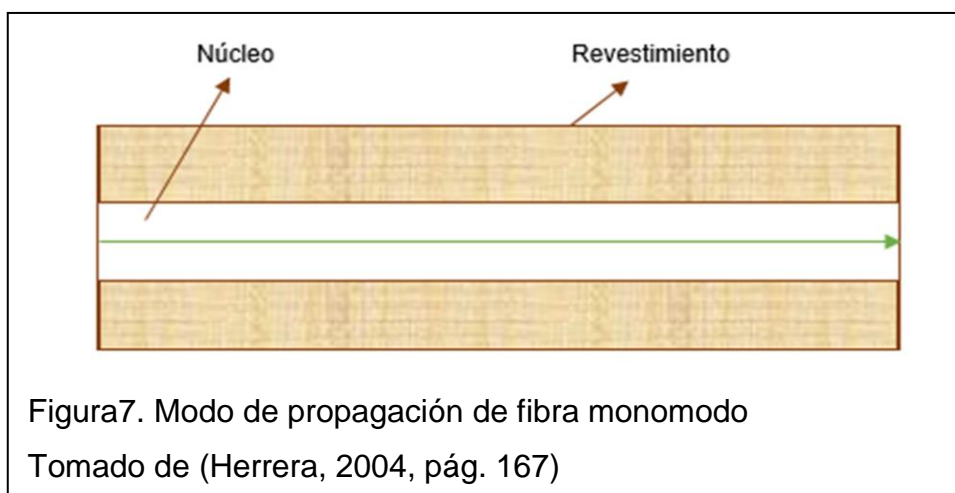
1.2 Tipos de fibra óptica

Por medio del núcleo y el revestimiento de la fibra óptica se propaga un haz de luz teniendo dos modos particulares de propagación, las mismas que conllevan a la clasificación de la fibra en monomodo y multimodo.



1.2.1 Fibra Monomodo

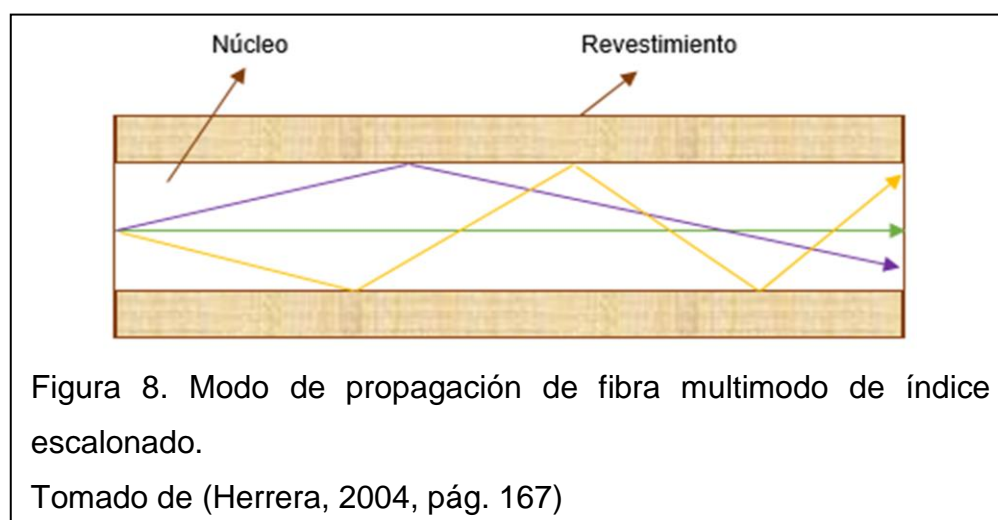
La fibra monomodo se limita a un solo núcleo fundamental permitiendo la propagación de solo un modo de luz paralela al eje de la fibra. Las medidas del diámetro del núcleo y del diámetro del revestimiento son de 9 $[\mu m]$ y 125 $[\mu m]$ respectivamente (Szymanczyk, 2013, pág. 221). La ventaja de este tipo de fibras es que permite transmitir datos a altas velocidades y cubriendo largas distancias; sin embargo, por el tamaño reducido de su núcleo, la conexión de fibras de este tipo necesita de electrónica y conectores de costos más elevados debido a la alta precisión que debe de existir al realizar dicha acción.

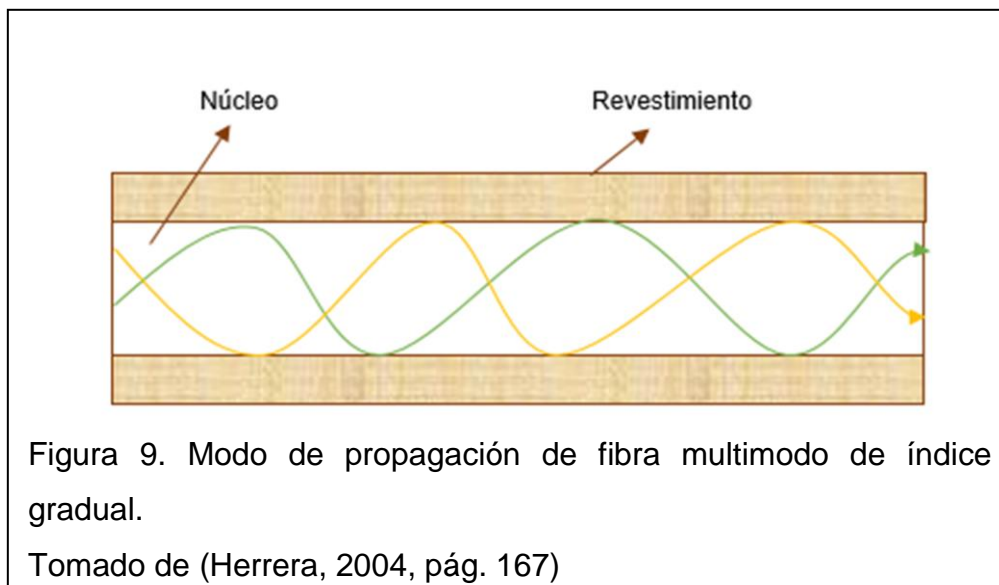


1.2.2 Fibra multimodo

Las fibras multimodo logra desplazar cientos de modos de luz, los cuales pueden tener rutas independientes de propagación teniendo reflexiones internas totales durante la propagación de los haces de luz de la señal óptica; frecuentemente se los aplica en distancias cortas debido a las diferencias de velocidades de los rayos de luz. El diámetro del núcleo puede ser $50\ [\mu m]$ o $62,5\ [\mu m]$ y el diámetro del revestimiento toma un valor de $125\ [\mu m]$ al igual que las fibras monomodo. Esta fibra divide en dos tipos tomando en cuenta el tipo de índice de refracción (Szymanczyk, 2013, pág. 221).

- Fibra multimodo de índice escalonado: Se la denomina con este nombre porque posee una variación más gradual del índice de refracción desde el núcleo hasta el revestimiento, siendo evidente que el índice de refracción del núcleo es mucho más alto. Este tipo de fibra tiene una atenuación de $10\ [dB/km]$ y refleja una alta dispersión intermodal.
- Fibra multimodo de índice gradual: El índice de refracción en el interior de este núcleo no es constante y decrece cuando se traslada del núcleo hacia el revestimiento permitiendo reducir el factor de la dispersión. Al ser aplicados en longitudes de onda de $850\ [nm]$, su atenuación es de aproximadamente $4\ [dB/km]$ dependiendo de los materiales de fabricación que se use (Szymanczyk, 2013, pág. 221).





1.2.3 Fibra Monomodo G.652.D

El tipo de fibra monomodo G.652.D está basada en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU-T G.652.D. Esta fibra posee características técnicas superiores comparadas con los otros tipos de fibra que pertenecen a la familia G.652, por ello es la más indicada para la implementación de la red GPON en el sector San Martín de Porres Bajo.

Si bien el equipamiento para crear un enlace con este tipo de fibra óptica es costoso, tiene la ventaja de tener una mayor capacidad de transmisión que permite alcanzar largas distancias con un coeficiente de atenuación bajo, por tal efecto la tasa de pérdida de información es casi nula.

Esta fibra se aplica en la red de distribución óptica en la sección del *feeder* y de los cables de distribución. La misma se usa en transmisiones analógicas y digitales y se recomienda operar en la ventana 1310[nm], ya que se optimiza su funcionamiento en esta región y posee la longitud de onda de dispersión nula; acorde a lo que indica la recomendación ITU-T G.652.D, la misma también se puede operar en la región de 1550 [nm] pero no rendirá de manera óptima (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009, pág. 1). En la Tabla 4 se muestra algunos de los atributos de la fibra monomodo G.652.D.

Tabla 4. Atributos de la fibra monomodo G.652.D

ATRIBUTO	DETALLE	VALOR
Diámetro del Campo Modal	Longitud de onda	1310 [nm]
	Rango de Valores Nominales	8.6 - 9.5 [μm]
	Tolerancia	± 0.6 [μm]
Diámetro de Revestimiento	Nominal	125 [μm]
	Tolerancia	± 0.6 [μm]
Error de Concentración del Núcleo	Máximo	0.6 [μm]
Pérdida de Macroflexión	Radio	30 [nm]
	Número de Vueltas	100
	Máximo en 1625 nm	0.1 dB
Coeficiente de Dispersión Cromática	Máximo Coeficiente de la Pendiente de Dispersión Nula	0.092 [ps/ (nm ² x km)]
Coeficiente de Atenuación	Máximo de 1310 [nm] hasta 1625 [nm]	0.4 [dB/km]
	Máximo en 1550 [nm]	0.3 [dB/km]

Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009, pág. 10)

1.2.4 Fibra Monomodo G.657.A1

El tipo de fibra monomodo G.657. A1 está basado en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU-T G.657, éstas se han optimizado para la reducción de la pérdida de macroflexión en comparación con las fibras monomodo G.652.D, por lo que, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones recomienda el despliegue de estas fibras en redes de acceso.

Estas fibras son un subconjunto de las fibras G.652.D, por lo tanto son compatibles y poseen la misma transmisión y propiedades de interconexión. En la Tabla 5 se indican algunos atributos de las fibras G.657.A1

Tabla 5. Atributos de la fibra monomodo G.657.A1

ATRIBUTO	DETALLE	VALOR
Diámetro del Campo Modal	Longitud de onda	1310 [nm]
	Rango de Valores Nominales	8.6 - 9.5 [μm]
	Tolerancia	± 0.4 [μm]
Diámetro de Revestimiento	Nominal	125 [μm]
	Tolerancia	± 0.4 [μm]
Error de Concentración del Núcleo	Máximo	0.5 [μm]
Pérdida de Macroflexión	Radio	15 [nm]
	Número de Vueltas	10
	Máximo en 1550 nm	0.25 dB
	Máximo en 1625 nm	1.0 dB
Coeficiente de Dispersión Cromática	Máximo Coeficiente de la Pendiente de Dispersión Nula	0.092 [ps/ (nm ² x km)]
Coeficiente de Atenuación	Máximo de 1310 [nm] hasta 1625 [nm]	0.4 [dB/km]
	Máximo en 1550 [nm]	0.3 [dB/km]

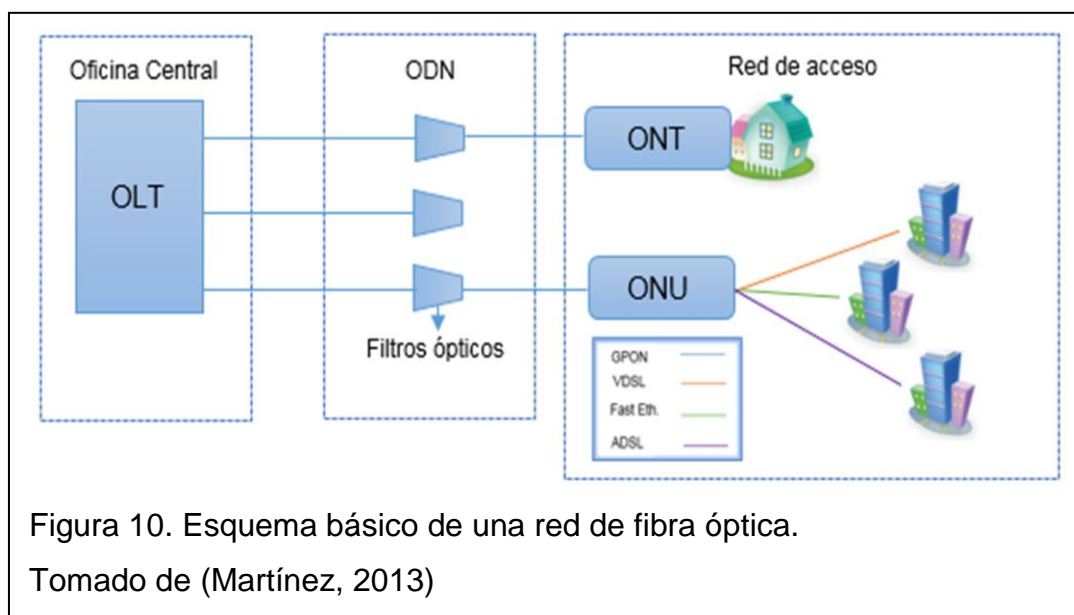
Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012, pág. 7)

1.3 Redes Ópticas

1.3.1 Arquitectura de una red de fibra óptica

La arquitectura de una red de fibra óptica consiste básicamente en tres partes principales que son: la oficina central, el área de la red de distribución óptica y la red de acceso. En la Figura 10 se puede visualizar el esquema básico de una red de fibra óptica y sus elementos trascendentales (DeCusatis, 2007, pág. 408).

En la oficina central se pueden encontrar los equipos primordiales donde se desprenderá la red de distribución óptica (ODN) que constituye el tendido de



los cables de fibra (*feeder*, cables de distribución y cables de dispersión) y los filtros ópticos, los mismos que se conectarán a los respectivos equipos que comprenden la red de acceso. A continuación se detallan los tres elementos principales de una red de fibra óptica:

- OLT (*Optical Line Terminal*): Es un elemento activo que se denomina como equipo de cabecera y está situado en el segmento de la oficina central, su función es interconectar la red de acceso con el proveedor del servicio a través de puertos de conexión *uplink* cuya operación incluye gestionar, administrar y sincronizar todo el tráfico que se transmite desde los equipos terminales.
- ONT (*Optical Network terminal*): Se sitúa en la red de acceso interconectándose con el ODN y directamente con el abonado, este dispositivo se conecta únicamente con fibra óptica a fin de proporcionar los servicios convergentes como internet, telefonía y televisión por suscripción.

- ONU (*Optical Network Unit*): Cumple con funciones similares que la ONT pero este equipo se encuentra en un armario de distribución cercano a los usuarios finales. Este elemento se logra conectar con los abonados a través de tecnologías como ethernet, VDSL, ADSL, entre otras.

1.3.2 Redes de Acceso

Las redes acceso se refieren a la comunicación entre los usuarios finales con el proveedor de servicios. En las redes de fibra óptica se usa las tecnologías de acceso FTTx, este término significa la denotación a las distintas configuraciones desplegadas que son FTTN, FTTC, FTTB y FTTH, siendo la diferencia entre éstas la distancia que existe entre la fibra óptica y el abonado; las mismas son redes de acceso totalmente pasivas categorizadas como las siglas PON (*Passive Optical Network*). En la Figura 11 se ilustran las 4 soluciones que tienen las tecnologías de acceso FTTx (Keiser, 2006, pág. 15).

1.3.2.1 Solución FTTN (Fiber to the node)

La arquitectura de esta tecnología pasiva tiene una fibra óptica que se desplaza desde la oficina central hasta un nodo que se encuentre cerca al abonado, accediendo hasta el usuario final con otro medio de transmisión, como por ejemplo con redes de cobre; la distancia que hay entre el nodo y el cliente es de aproximadamente 1 [Km] y dispone de un elemento básico que es el nodo remoto.

1.3.2.2 Solución FTTC (Fiber to the curb)

El cable de fibra óptica de esta solución recorre desde la oficina central hasta el equipo de comunicación localizado a 300 [m] de la casa o la compañía del usuario final. Se utiliza otro medio de transmisión para poder llegar hasta el abonado, como la tecnología DSL. Esta arquitectura requiere equipos de multiplexación remota digital de acceso al bucle de abonado utilizando la

técnica de multiplexación por división de tiempo para la transferencia de información.

1.3.2.3 Solución FTTB (Fiber to the building)

Esta solución se refiere al tendido de cable de fibra óptica desde la oficina central hasta el interior de un edificio, el acceso para los abonados puede ser con red de cobre o con red inalámbrica tomando en cuenta que se puede reutilizar infraestructura ya instalada. Se aplica un sistema punto - multipunto, de tal manera que se logra servir con un mismo enlace de fibra a mayor cantidad de clientes.

1.3.2.4 Solución FTTH (Fiber to the home)

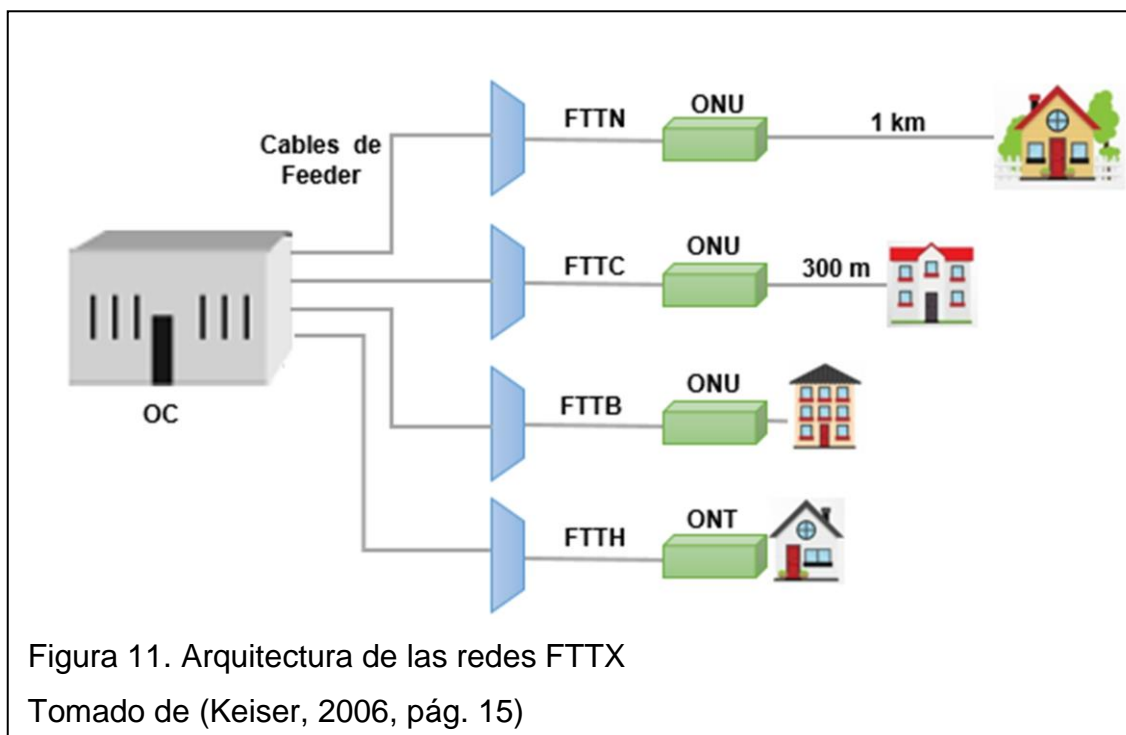
La tecnología de acceso FTTH llega hasta la casa del abonado con fibra óptica permitiendo enlaces con velocidades de transmisión de 100 [Mbps] y capaz de soportar a 32 usuarios por cada cable. En esta situación se tiene un sistema punto a punto interviniendo únicamente los elementos OLT y ONT.

El equipamiento para la implementación de esta tecnología es un poco más costoso que las otras redes de acceso. Sin embargo, tiene una gran ventaja en cuanto a la velocidad de transmisión que brinda al abonado; por tal razón, se convierte en la solución más apropiada para la ejecución de este proyecto.

1.3.3 Redes de Transporte

Las redes de transporte permiten el flujo de datos desde la red troncal hasta el usuario final de forma bidireccional o unidireccional, donde se transmiten información proveniente de fuentes diversas, tales como señalización, información de mantenimiento, datos de control, entre otros. En la actualidad existen distintos tipos de estándares para la transferencia de datos debido a que era necesario realizar mejoras a cada sistema de transmisión por la

evolución continua de las redes de comunicación, los mismos se detallan a continuación.



1.3.3.1 Jerarquía Digital Plesiócrona

La Jerarquía Digital Plesiócrona conocida con el acrónimo PDH, es una tecnología utilizada en las redes telefónicas para la transformación de señales analógicas a digitales, basadas en la multiplexación por división de tiempo.

El funcionamiento de PDH es muy sencillo, en el nivel más bajo se multiplexan las señales de entrada por cada canal, a nivel de octeto, mientras que en los niveles superiores se hace la multiplexación a nivel de bit. Siempre que la velocidad sea exactamente igual para todos los canales de entrada no hay ningún problema, pero si no es así, se hace necesario insertar bits de justificación para acomodar las velocidades de entrada a la del multiplexor (Huidobro, 2006, pág. 73).

En la recomendación ITU-T G.702 se describe diferentes velocidades binarias jerárquicas para evitar la proliferación de normas de interfaz en las redes digitales, las mismas se conocen como el estándar Europeo, Norteamericano y la Japonesa. En la Tabla 6 se indican las velocidades para los sistemas correspondientes.

Tabla 6. Niveles de la Jerarquía Digital Plesiócrona

Sistema Europeo		Sistema Norteamericano		Sistema Japonés	
Nivel jerárquico	Velocidad [kbits/s]	Nivel jerárquico	Velocidad [kbits/s]	Nivel jerárquico	Velocidad [kbits/s]
E1	2.048	T1	1.544	J1	1.544
E2	8.448	T2	6.312	J2	6.312
E3	34.368	T3	44.736	J3	32.064
E4	139.264	T4	274.176	J4	97.728

Tomado de (Caballero, Hens, Segura, & Guimerá, 2003, pág. 14)

La jerarquía Digital Plesiócrona presentó varios inconvenientes tales como: la falta de estandarización a nivel mundial de las características de fabricación de los equipos, la dificultad para la conversión de señales entre fronteras y poca capacidad para soportar tráfico de datos, por lo que no era compatible con nuevos medios de transmisión como la fibra óptica. Por dichas razones, surgieron nuevos sistemas de transmisión conocidos como SONET y SDH, así como ATM adaptado como protocolo de transmisión de redes de alta velocidad.

1.3.3.2 Jerarquía Digital Sincrónica

La jerarquía digital sincrónica (SDH) es un estándar universal de la Unión Internacional de Telecomunicaciones que describe una arquitectura para el transporte de datos de los servicios de telecomunicaciones basado en SONET. Actualmente SONET (Red óptica Sincrónica) es un subconjunto de SDH, promovido por ANSI (*American National Standards Institute*) y usado en

Estados Unidos, Canadá, Taiwán y Corea (Caballero, Hens, Segura, & Guimerá, 2003, pág. 35).

SDH es un sistema de transmisión que resuelve varias limitaciones de la red de transporte plesiócrona, entre ellas la más importante es la sincronización (Huidobro, 2006, pág. 73). SDH tiene varias características que las jerarquías existentes no tienen, tales como:

- Es un sistema sincrónico, es decir que funciona con un reloj maestro.
- Es un estándar de transmisión mundial, ya que unifica los sistemas digitales estadounidenses, europeos y japoneses.
- Alta velocidad de transmisión sobre fibra óptica.
- Las tramas de velocidad más bajas pueden extraerse fácilmente mediante un puntero.
- Permite la gestión de la red eficazmente.

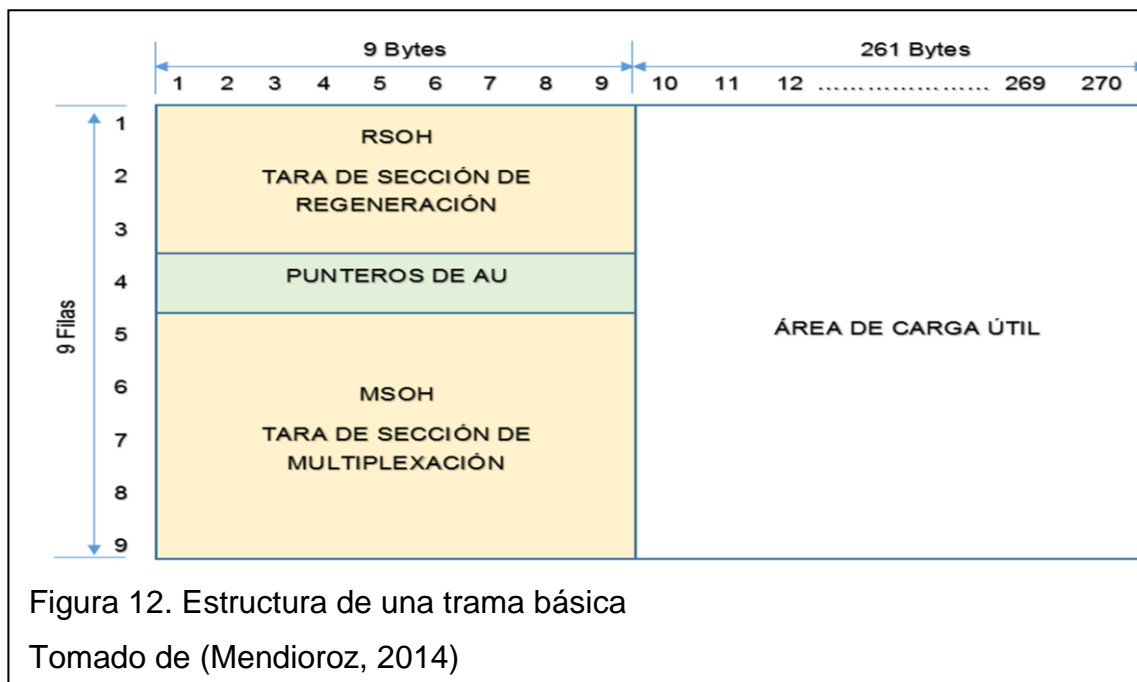
1.3.3.2.1 Estructura de Trama Básica

El resultado de la multiplexación es una trama formada por 9 filas de 270 octetos cada una, por lo que esta estructura es la representación de la trama básica denominada STM-1 (Nivel del módulo de Transporte Sincrono 1) con una velocidad de 155 [Mbps]. Los niveles superiores se forman a partir de la multiplexación de la trama básica, dando lugar a STM-4, STM-16 y STM-64. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Velocidades de los niveles de módulos de transporte síncrono

Nivel SDH	Velocidad De Transmisión
STM-1	155.52 [Mbps]
STM-4	622.08 [Mbps]
STM-16	2.5 [Gbps]
STM-64	10 [Gbps]

La trama básica se constituye de 4 secciones que son: tara de regeneración, punteros de unidades tributarias, tara de multiplexación y el área de carga útil. Ver figura 12.



1.3.3.2.2 Estructura de Multiplexación

La estructura de multiplexación se conforma de varios componentes para la obtención del nivel de módulo de transporte síncrono como se ilustra en la Figura 13; para lograr entender su estructura se explica el significado y funcionamiento de cada componente.

- **Contenedor (C-n)**

Los contenedores son tributarios plesiócronicos correspondientes a las velocidades de PDH, que contiene los bits de información que son la carga útil y los bits de justificación que sirven para sincronizar la señal PDH al reloj de frecuencia de SDH.

- **Contenedor Virtual (VC-n)**

Es una estructura de información que soporta la interconexión en la capa de trayecto que consiste en carga útil de información y sección del trayecto (POH), este proceso se llama “mapeo”. Hay dos tipos de contenedores virtuales que son: contenedores de orden inferior y contenedores virtuales de orden superior.

- **Unidad Tributaria (TU-n)**

Son tributarios síncronos que proveen información ente un contenedor virtual de orden inferior con un contenedor virtual de orden superior y ocurre el proceso de alineamiento mediante el uso de un puntero.

- **Grupo de Unidades Tributarias (TUG-n)**

Se encarga de combinar una o varias unidades tributarias. Por ejemplo, un TUG-3 puede combinar con un TU-3 o con siete grupos de TUG-2.

- **Unidad Administrativa (AU-n)**

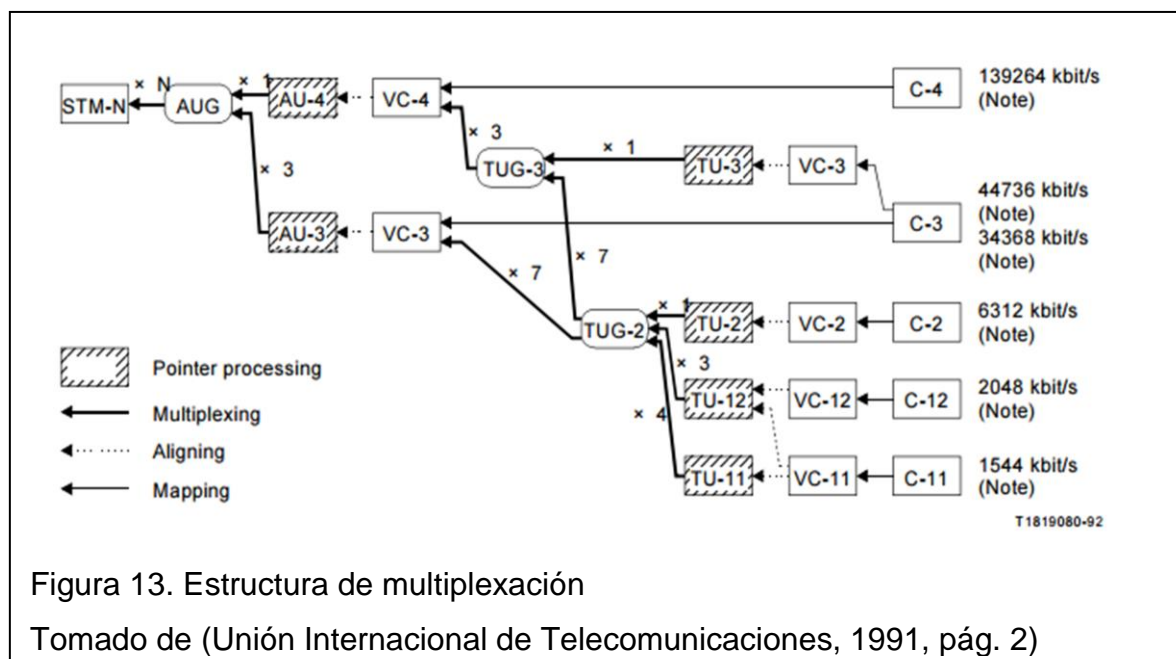
Consiste en proveer adaptación entre una carga útil de un contenedor virtual de orden superior y un STM-N. El mismo se constituye por un contenedor virtual más un puntero.

- **Grupo de Unidad Administrativa (AUG)**

Se conforma por un grupo homogéneo de un AU-4 o con tres grupos de AU-3. Por cada AUG es el resultado de un STM-N.

1.3.3.3 Modo de Transferencia Asíncrona

El sistema de transmisión conocido como modo de transferencia asíncrona (ATM) se constituye de varias modificaciones y mejoras a tecnologías de transmisión anteriores.



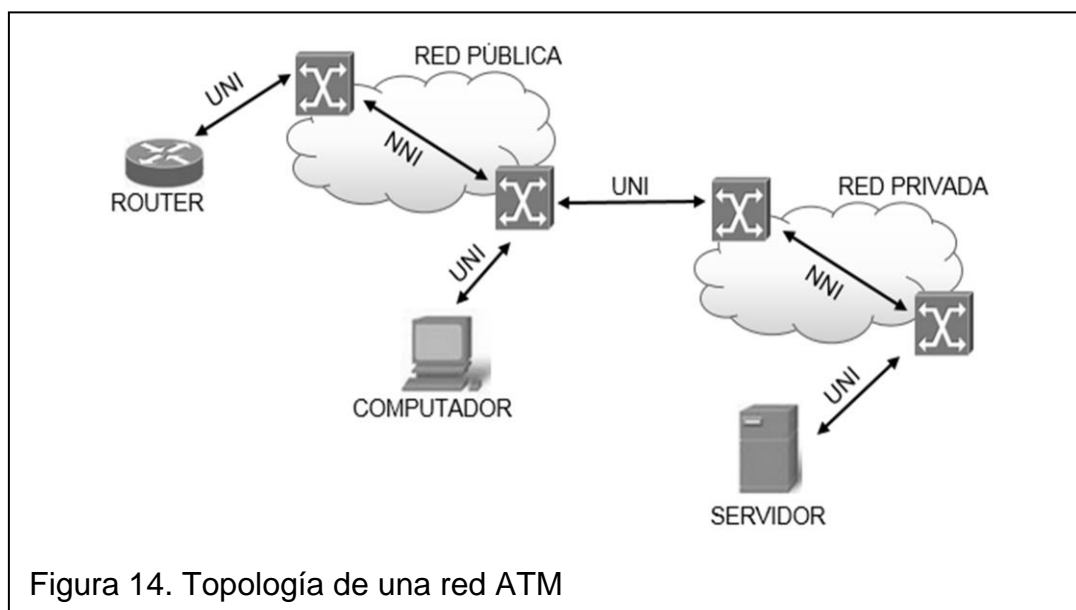
ATM, también conocida como conmutación de celdas, tiene la capacidad para integrar voz, datos, imágenes y video. Además, posee una posibilidad de asignación dinámica del ancho de banda, lo que convierte a este sistema de transmisión en una excelente opción para el aprovechamiento máximo de la infraestructura de fibra óptica, permitiendo ofrecer los servicios de alta velocidad, como videoconferencia o conectividad LAN a 100 [Mbps] (Herrera, 2003, pág. 221).

ATM es una tecnología de conmutación de banda ancha orientada a conexión, por lo que requiere el establecimiento de la comunicación, transferencia de celdas y liberación de la comunicación. Además posee una capacidad de multiplexaje, que involucra la transmisión de información en porciones discretas; ATM permite que muchas conexiones lógicas se multiplexen sobre una sola interfaz física, donde el flujo de datos en las conexiones lógicas se realizan en paquetes de tamaño fijo denominados celdas.

“ATM es una tecnología de multiplexaje que permite la transmisión de aplicaciones síncronas y asíncronas de voz, video y datos, a diversas velocidades, en direcciones múltiples, con diferentes grados de calidad y

servicios. Mediante el multiplexaje por distribución de tiempo asíncrono, ATM puede manejar el ancho de banda de manera flexible e inteligente asignándolo solo cuando las aplicaciones lo demandan” (Herrera, 2003, pág. 222).

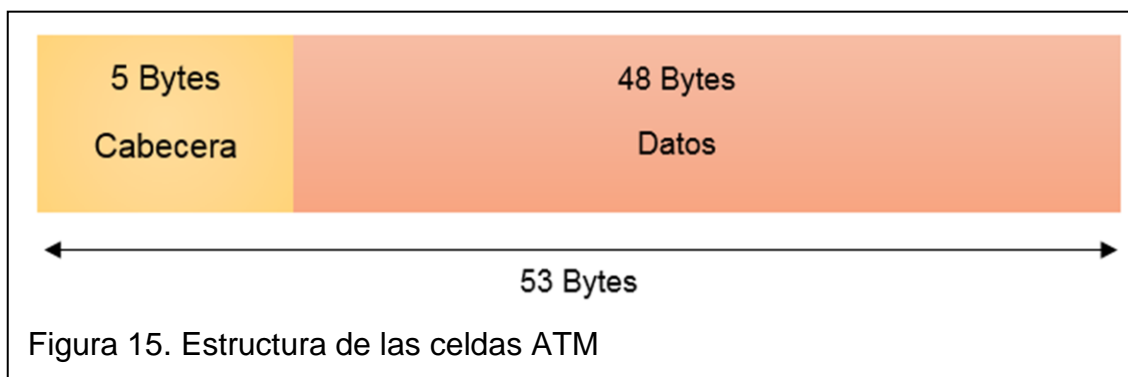
En la red ATM se definen dos tipos de interfaces que son la UNI (*user to network Interface*) y la NNI (*network to network interface*). La interfaz UNI se encarga de la conexión entre el usuario y un conmutador ATM o entre conmutadores ATM de una red pública y una red privada, y la interfaz NNI permite la comunicación entre dos conmutadores ATM dentro de una red pública o privada. En la Figura 14 se muestra una ilustración de la topología de la red ATM.



1.3.3.3.1 Elementos de la red ATM

La red ATM se encuentra conformado por 3 elementos principales que son: las celdas, las conexiones virtuales y los conmutadores.

Por la interfaz UNI se transmite una celda de 53 bytes conformados por 5 bytes para el encabezado y 48 bytes para la carga útil como se muestra en la Figura 15. En el encabezado consta la información para enrutar la celda a través de la red ATM.



El sistema ATM provee dos tipos de conexiones para la transmisión de datos, éstos son conexión de canal virtual y conexión de camino virtual. La conexión de canal virtual (VCC) se describe como una serie concatenada de canales virtuales (VC) que soporta una comunicación entre dos nodos, por el cual se transportan las celdas ATM (Herrera, 2003, pág. 226). Las celdas asociadas a un canal virtual tienen asignado un valor de identificador único llamado VCI (*Virtual Channel Identifier*) que está ubicado en la cabecera de cada celda.

La conexión de trayectoria virtual (VPC) es la concatenación de enlaces de rutas virtuales (VP) que soporta la transferencia unidireccional de celdas pertenecientes a distintos canales virtuales que están agrupados por un valor de identificador único denominado VPI (*Virtual Path Identifier*).

1.4 Redes PON

Las redes PON (Passive Optical Network) son basadas en el modelo de funcionamiento de las redes CATV (Cable Modem). Estas redes reemplazan todos los elementos activos por elementos pasivos, de tal manera que ya no dependen de alimentación eléctrica y no sería necesario la conversión electro-óptica y opto-eléctrica, y así reduciendo los costos una proporción significativa.

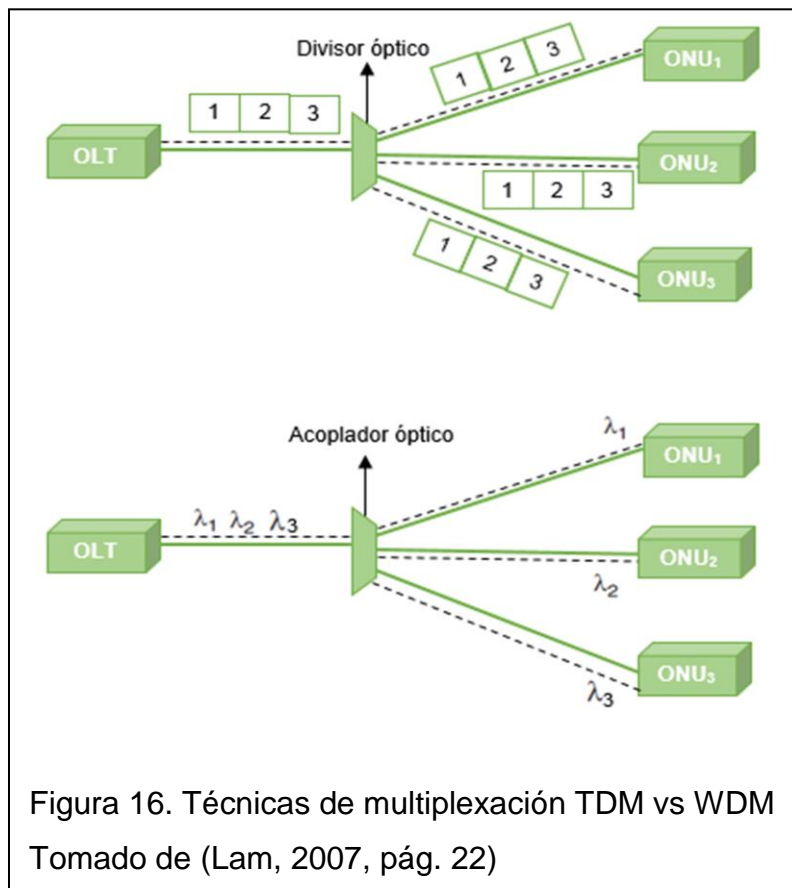
Generalmente los sistemas se usan en topologías punto a multipunto, a excepción en la arquitectura de acceso FTTH. Las técnicas de multiplexación que se usa en estas redes son TDM y WDM.

La multiplexación por división de tiempo (TDM), usa un divisor pasivo de potencia que funciona como el terminal remoto (TR) que es un dispositivo que contiene funciones de multiplexación. A través de este divisor óptico se transmite la misma señal desde la OLT hasta los diferentes equipos terminales, la misma que es multiplexada en el dominio del tiempo. Las ONUs reconocen sus propios datos por las etiquetas de dirección integradas en la señal (Lam, 2007, pág. 21).

WDM, multiplexación por longitud de onda, utiliza un acoplador óptico WDM como terminal remoto, las señales para los diferentes equipos terminales se transmiten en diferentes longitudes de onda siendo dirigido por el acoplador a la ONU correspondiente. Esta técnica tiene mejor ancho de banda, una mejor escalabilidad, entre otras mejoras (Lam, 2007, pág. 21). En la Figura 16 se ilustra cómo funcionan las técnicas de multiplexación TDM Y WDM.

1.4.1 Tecnología APON (*Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network*)

Las redes APON (*Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network*) empezó a ser estudiado por el consorcio *Full Service Access Network* (FSAN), en el cual se definió utilizar el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa de enlace de datos. Esta tecnología fue transferida después a la Unión Internacional de Telecomunicaciones como recomendación ITU-T G.983.



La nueva versión de la recomendación G.983.1 publicada en el año 2005 indica que sus máximas tasas nominales son de 1244,16 [Mbps] para *downstream* y 622,08 [Mbps] para *upstream*. De igual manera se puede elegir entre una transmisión asimétrica o simétrica, en la Tabla 8 se muestran las posibles combinaciones que se puede realizar con las velocidades de transmisión de *upstream* y *downstream*.

El equipo cabecera OLT gestiona a sus equipos terminales a través de una interfaz maestro-esclavo, llamado interface de gestión y control de la ONT, cumpliendo el OLT sus funciones como maestro y las ONUs como esclavos.

Tabla 8. Velocidades de transmisión de subida y bajada de la tecnología APON

TASAS NOMINALES [Mbps]	
Upstream	Downstream
155, 52	155, 52
155, 52	622,08
622,08	622,08
155, 52	1244,16
622,08	1244,16

Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2005, pág. 15)

1.4.2 Tecnología BPON (*Broadband Passive Optical Network*)

Es una mejora de la tecnología APON basada en la recomendación ITU-T G.983.1, la misma mejoró en cuanto al soporte de otros estándares de banda ancha y también ofreciendo nuevos servicios como distribución de video, acceso a ethernet y multiplexación por longitud de onda. De igual manera utiliza el protocolo ATM en la capa de nivel 2 y sus velocidades de transmisión son las mismas que la tecnología APON.

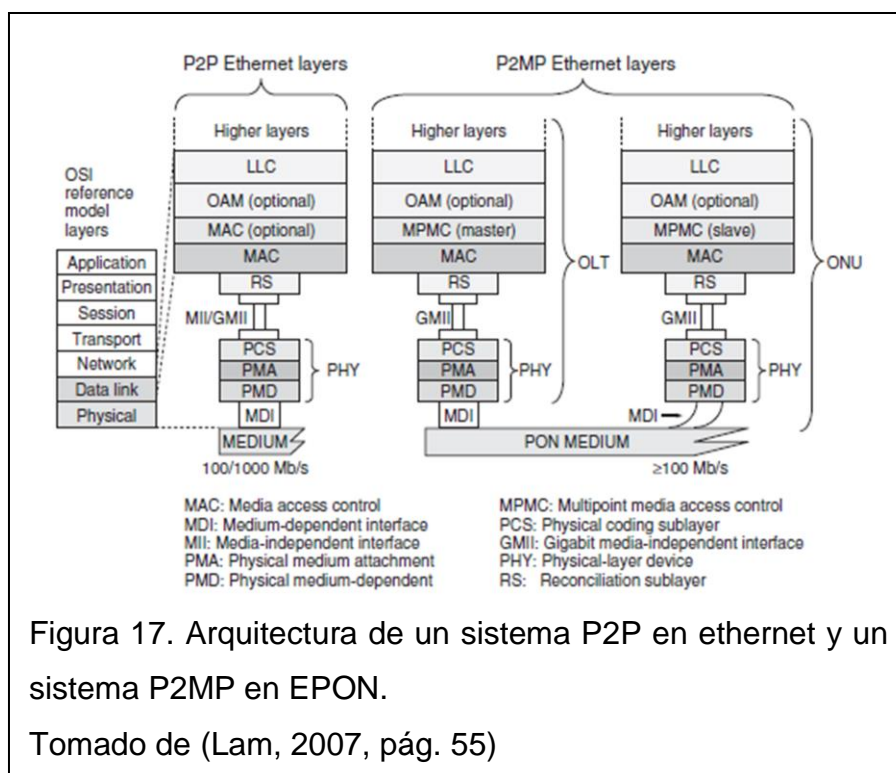
1.4.3 Tecnología EPON (*Ethernet Passive Optical Network*)

Las redes EPON pertenecen al grupo de la familia ethernet. Esta tecnología fue investigada en marzo del 2001 por el grupo de estudio IEEE definido con el estándar 802.3 ah (Lam, 2007, pág. 54).

El protocolo ethernet trabaja en la capa física y en la capa de enlace de datos del modelo OSI. En la Figura 17 se puede visualizar una comparación de los modelos de las capas de una arquitectura EPON en un sistema punto a punto (P2P) y en un sistema punto a multipunto (P2MP).

Se puede interpretar que en el sistema punto a punto, la capa física y la capa de enlace de datos se integran de múltiples subcapas. La capa física (PHY) está conectada a la capa de enlace de datos a través del MII (*Media Independent Interface*) o del GMII (*Gigabit Media Independent Interface*).

La subcapa MAC (*Media Access Protocol*) en P2P es reemplazada por la capa MPMC (*Multipoint Media Access Control*) en el sistema punto a multipunto, la misma que tiene como función coordinar el acceso entre la OLT y las ONUs. Esta capa se desenvuelve como el ente maestro en la OLT y como esclavo en las ONUs.



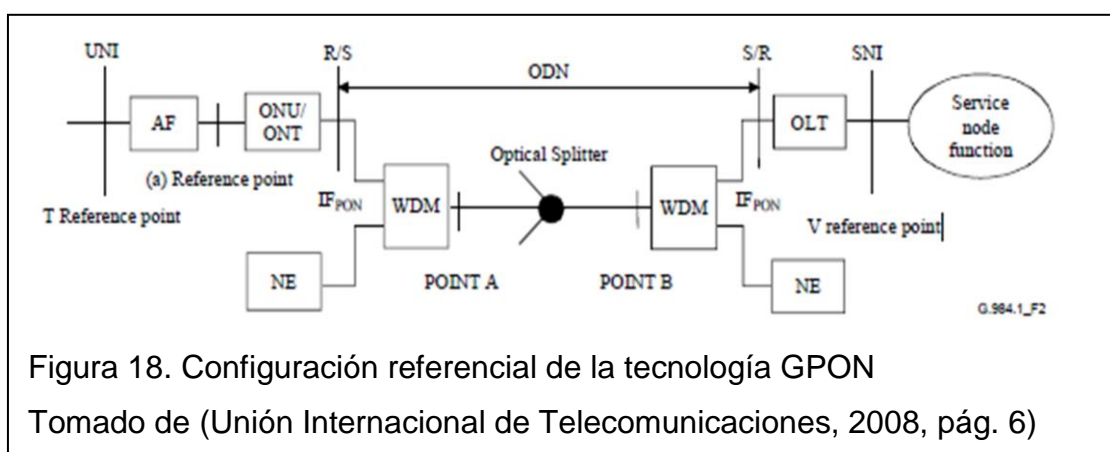
En la tecnología EPON se trabaja a velocidades de transmisión de 1,25 [Gbps] en *downstream* y *upstream*. El ancho de banda que se ofrece a los abonados es dependiente de la cantidad de ONU; si se tiene 5 ONU conectados con un ancho de banda de 1 [Gbps], cada usuario tendrá 200 [Mbps].

1.4.4 Tecnología GPON (*Gigabit-Capable Passive Optical Network*)

La tecnología GPON también conforma la familia de las redes PON, se encuentra definida en las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU-T G.984.1 hasta ITU-T G.984.4. Su principal objetivo es tener velocidades de transmisión superiores a sus anteriores tecnologías y tener mayor eficiencia en el transporte de servicios sobre IP.

1.4.4.1 Esquema de la red GPON

La configuración referencial de esta tecnología se especifica en la Figura 18, donde se describen los componentes que se usa en el sistema de acceso a la red.



ONU	Unidad de red óptica
ONT	Terminal de red óptica
ODN	Red de distribución óptica
OLT	Terminal de línea óptica
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda (si no se usa WDM, no es necesario).
NE	Elemento de red, el cual usa las distintas longitudes de onda desde la OLT y la ONU.

AF	Función de adaptación (Muchas veces puede estar incluido en la ONU).
SNI	Interfaz de nodo de servicio
UNI	Interfaz de usuario de red
S	Punto de la fibra óptica después del OLT/punto de conexión óptica antes de ONU.
R	Punto de la fibra óptica después del ONU/punto de conexión óptica antes de OLT.
(a)Reference Point	Este punto no es necesario, si el AF está incluido en la ONU.
POINT A/B	Estos puntos no son necesarios en caso de usar WDM.

La interfaz de los puntos de referencia S/R y R/S están denominados IF_{PON} . Esta es una interfaz específica de las redes PON que soporta todos los protocolos necesarios para permitir la transmisión entre la OLT y las ONUs (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 6).

La interfaz de usuario de red (UNI) y la interfaz de nodo de servicio (SNI), dependen de los servicios prestados por el operador de servicio. Algunos de los servicios son detallados en la Tabla 9, y éstos se identifican por medio de la capa física que esté en uso; cabe indicar que existen más servicios acomodados para GPON, pero esos servicios no tienen especificados una interfaz de usuario de red o una interfaz de nodo de servicio.

Tabla 9. Servicios para la tecnología GPON

Interfaz	Interfaz física	Servicio
UNI	-	Ethernet
	-	Ethernet
	-	Ethernet
	-	ISDN
	PDH	DS3, ATM, E1, E3
	PDH	T1, DS3
	-	Ethernet

SNI	V5.2	POTS, ISDN
	PDH, STM-1e	DS3, ATM, E1, E3, STM-1, DS1
	STM-1, STM-4, STM-16	E1,E3,DS1,DS3,GFP,E4,STM-n,ATM
	PDH	DS1,DS3

Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, págs. 13-14)

1.4.4.2 Características técnicas de GPON

Las redes denominadas GPON tienen varias características técnicas que son trascendentales y que deben ser consideradas en el momento de realizar el diseño de red. Las mismas se puntualizan a continuación:

- **Velocidad Nominal**

En la recomendación G.984.2 se identifica 7 combinaciones de velocidades nominales, las mismas que se especifican en la Tabla 10. La velocidad de transmisión más importante es la de 1.2 [Gbps] en *upstream* y 2.4 [Gbps] en *downstream*, ya que constituye casi la totalidad de todos los sistemas desplegados y en planificación de despliegue de los sistemas GPON (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 7).

Tabla 10. Velocidades de transmisión de la tecnología GPON

Velocidades de transmisión [Mbps]	
Upstream	Downstream
155,52	1244,16
622,08	1244,16
1244,16	1244,16
155,52	2488,32
622,08	2488,32
1244,16	2488,32
2488,32	2488,32

Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2003, págs. 4-5)

- **Alcance Máximo**

GPON tiene un alcance lógico máximo entre la ONU/ONT y la OLT de 60 [Km], sin embargo el alcance máximo físico se encuentra definido 20 [Km] (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 7).

- **Retardo en la transferencia de señal**

Una red GPON debe de tener un tiempo medio máximo de retardo en la transferencia de señal de 1.5 [ms] entre los puntos de referencia T y V o entre los puntos de referencia (a) y V, dependiendo de la preferencia del operador (ver Figura 18). Cabe indicar que los retardos producidos por las funciones de adaptación como la emulación de circuitos no están incluidos en el tiempo medio de retardo ya mencionado (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 7).

- **Relación de división**

Dada la tecnología actual se ha conseguido una relación de división de hasta 1:64 para la capa física. Sin embargo, anticipando la evolución continua de los módulos ópticos, la capa de convergencia de transmisión debe de considerar relaciones de división de hasta 1:128.

En la normativa de diseño de la red ODN presentada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se recomienda una relación de división de 1:32 para el modelo masivo con redes flexibles.

Es importante mencionar que entre mayor sea la relación de división, implicará un divisor óptico más grande, lo que crea la necesidad de un aumento de potencia para apoyar el alcance físico (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008, pág. 7).

2. DISEÑO DE LA RED GPON PARA PROVEER SERVICIOS CONVERGENTES

2.1 Variables demográficas y técnicas del sector San Martín de Porres Bajo

Se realiza un análisis de las variables demográficas y técnicas en el Sector San Martín de Porres Bajo tales como los números de beneficiados, clientes actuales de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, infraestructura tecnológica ya instalada y área de cobertura de la red. Una vez consideradas estas variables se puede realizar el diseño de la red GPON para proveer servicios convergentes con el objetivo de satisfacer las necesidades de los servicios de telecomunicaciones que demandan los habitantes del sector.

2.1.1 Número de beneficiados con la implementación de la red GPON

Acorde a los datos que indica la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se menciona que en el sector San Martín de Porres Bajo existen 400 viviendas las cuales están habitadas en promedio por 4 personas, por lo que el número de beneficiados con el despliegue de la red GPON alcanzaría los 1600 habitantes. En la Tabla 11 se muestran los datos obtenidos por la CNT E.P.

Tabla 11. Habitantes de sector San Martín de Porres Bajo

Sector	Número de viviendas	Número de personas
San Martín de Porres Bajo	400	1600

Tomado de (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015)

En el censo del 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos se determinó que la población del cantón Esmeraldas de la provincia del mismo nombre habitan 189.504 personas; por lo que se puede definir que

el sector San Martín de Porres Bajo representa al 0.84 % de la población esmeraldeña.

2.1.2 Abonados de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones

Actualmente la CNT E.P. brinda los servicios de voz, datos y televisión en el sector San Martín de Porres Bajo, para el efecto utiliza redes de acceso basadas en cobre y el servicio FTA para televisión satelital; por esta razón con la implementación de la red de fibra óptica se espera que los abonados hagan uso de los servicios de datos, voz sobre IP y televisión sobre IP.

En la Tabla 12 se indica el número de abonados que hacen uso de los servicios de telecomunicaciones en el sector en mención a través de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Tabla 12. Clientes actuales de la CNT E.P.

Servicio	Número de viviendas
Voz	353
Datos e Internet	105
Televisión DTH	71

Tomado de (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015)

En la Tabla 13 se muestran los índices de penetración de cada servicio en el sector, los mismos indican el impacto del consumo de estos servicios en la población que habita en el sector y a su vez se muestra una visión del uso de los servicios que se puede tener en un futuro con la implementación de la red de fibra óptica en el sector.

Tabla 13. Índice de penetración en el sector

Servicio	Índice de penetración
Voz	88.25 %
Datos e Internet	26.25 %
Televisión DTH	17.75 %

Con respecto a la Tabla 13 se encontró que la mayor parte de las personas que viven en el sector hacen uso del servicio de voz (88.25%) seguido del servicio de datos que cuenta con la cuarta parte de la población, siendo la televisión por suscripción el servicio que menor acogida posee en este barrio con un índice de penetración de 17.75 %.

Actualmente la Corporación Nacional de Telecomunicaciones tiene un mejor servicio en cuanto a telefonía fija debido a que la infraestructura tecnológica es más robusta. Sin embargo, el servicio de datos es todo lo contrario, los abonados registran velocidades de transmisión en promedio de 500 [Kbps] por la poca capacidad de transmisión de las redes de cobre desplegadas en esta zona. Por ello, con la implementación de las redes de fibra óptica se espera que se incremente el porcentaje de abonados que utilizarán el servicio de datos.

Un bajo porcentaje de habitantes del barrio no son abonados de los servicios de telecomunicaciones que provee la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, por ello el despliegue de la red GPON causará impacto en el incremento del índice de penetración de los servicios de telecomunicaciones a través de una mejor calidad de servicio y de altas velocidades de transmisión.

La tarifa actual de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para proveer servicios convergentes (internet, telefonía y televisión) es de USD 33.32 (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2014). Si solo el 88.25%

de la población, que actualmente hace uso del servicio de voz, se incorpora a la utilización de los servicios triple play, la CNT E.P. percibiría un ingreso mensual de USD 11,761.96, siendo esta cantidad mensual totalmente representativa para cualquier proveedor, analizado desde el punto de recuperación de la inversión en las redes de acceso.

2.1.3 Infraestructura tecnológica instalada

Actualmente la Corporación Nacional de Telecomunicaciones ya posee infraestructura tecnológica instalada que puede ser reutilizada para el despliegue de la red GPON en el sector San Martín de Porres Bajo.

La CNT E.P. tiene tres centrales ubicadas en el cantón Esmeraldas, sin embargo la destinada a utilizarse en este proyecto se encuentra situada al noreste de la ciudad en la Avenida Libertad entre las calles Manabí y Muriel denominada Central No.2, en esta central se encuentra instalado el OLT, dicho equipo pertenece a la oficina central en la arquitectura de la red de fibra óptica; el mismo sería reutilizado para el despliegue de la red GPON.

Las redes de cobre que están desplegadas en estos momentos en el sector San Martín de Porres Bajo pertenecen a la Central No.3 ubicada en la carretera Esmeraldas-Refinería-Atacames al sureste de la ciudad. No obstante, las velocidades de transmisión son demasiado bajas principalmente por la distancia que existe entre ésta y el sector en estudio, que bordea los 3.5 [Km], trayendo consigo una mayor atenuación en la transmisión de datos a través de redes de cobre, lo que no permite brindar velocidades superiores a 1 [Mbps] (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015).

En los actuales momentos para realizar la implementación de una red de fibra óptica se recomienda que su cableado sea totalmente subterráneo, la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se adapta a esta recomendación, por lo que uno de los factores más costosos para implementar

esta red es construir la canalización para el despliegue de los cables correspondientes, por ello resulta importante reutilizar la infraestructura ya instalada para que el proveedor de servicios ahorre al momento de invertir en una nueva red de acceso .

En este caso la CNT E.P. ya tiene canalización propia con sus respectivos pozos de revisión, donde se espera desplegar el cable feeder de la red de fibra. Esta canalización tiene una longitud de 2.25 [Km] y se extiende desde la OLT por las calles Av. Libertad, Muriel, Sucre, Eugenio Espejo, Rio Coca, Rio Mira, Río Tabiazo, Rio Cayapas, Rio Santiago hasta llegar al Monumento del Bananero donde se realiza un sangrado de la red troncal.

Los pozos de revisión sirven para realizar inspecciones, mantenimientos o reparaciones de cualquier daño que se presente en el tendido de cable dentro de la canalización. Por el momento se ha construido 57 pozos a los largo de las calles antes mencionadas como se ilustra en el Anexo 1.

El despliegue del cable *feeder* que se propone en este diseño de la red, solo utiliza 56 pozos de revisión debido a que uno de ellos no tiene ductos vacíos, por lo que imposibilita el despliegue del cable troncal.

La implementación de la red de distribución necesita la colocación de NAP en postes debido a que son NAP aéreos, los mismos que se describirán detalladamente más adelante. En el sector San Martin de Porres Bajo existen 57 postes de CNT E.P. de 10 [m] de altura, estos se encuentran a lo largo de la calle principal del sector llamada Rio Sucio y en algunas calles de intersección. Estos postes son reutilizados para la instalación de los puntos de acceso (NAP).

2.1.4 Área de cobertura de la red

El sector San Martin de Porres Bajo se encuentra en el Noroeste de la ciudad de Esmeraldas de la provincia de Esmeraldas, delimitado en el norte por la calle Rio Muisne y en el sur por el Monumento de las Banderas, siendo denominada su avenida principal Rio Sucio.

En la Figura 19 se puede visualizar el área de cobertura de la red definido por las líneas en color verde. Se determina que este sector es categorizado como residencial, sin embargo también posee un mercado municipal y una escuela fiscal mixta denominada CEPE.

El sector San Martin de Porres Bajo tiene un área de 296.38 [Km²] y brinda a sus habitantes todos los servicios básicos como luz, agua y teléfono. El barrio está conformado por viviendas de hormigón armado, calles pavimentadas, veredas, alcantarillado y alumbrado público, en consecuencia, estas características determinan que el barrio corresponde a una zona urbana, la cual es considerada para el diseño de la red GPON.

2.2Diseño de la red GPON

Uno de los principales inconvenientes de las redes actuales que se despliega en el sector San Martin de Porres Bajo, es que los abonados de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones no pueden navegar con velocidades de transmisión mayor a 1 [Mbps]. Por ello, uno de los principales objetivos de este diseño de la red GPON es a 400 viviendas con velocidades de transmisión de 1.2 [Gbps] en upstream y 2.4 [Gbps] en downstream. Cabe indicar que siempre se debe de tener en cuenta una proyección de crecimiento de al menos un 10%.

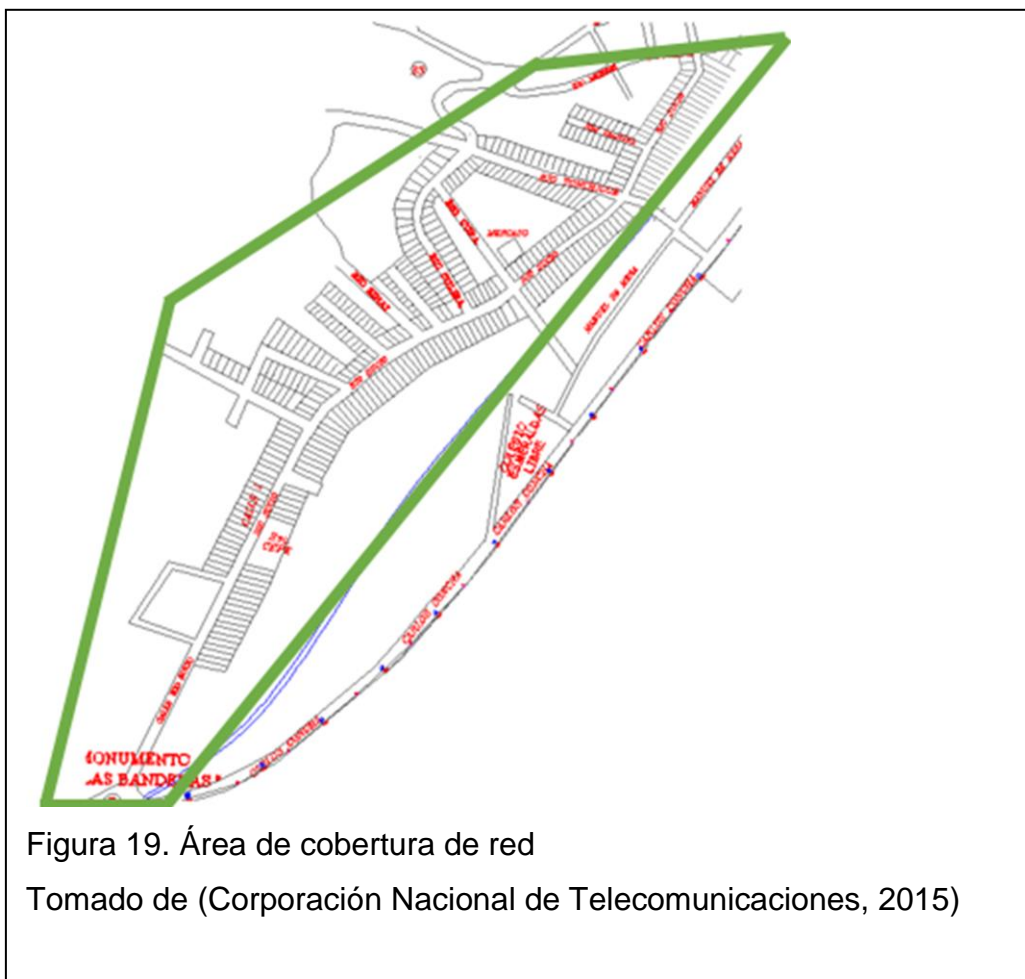


Figura 19. Área de cobertura de red

Tomado de (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015)

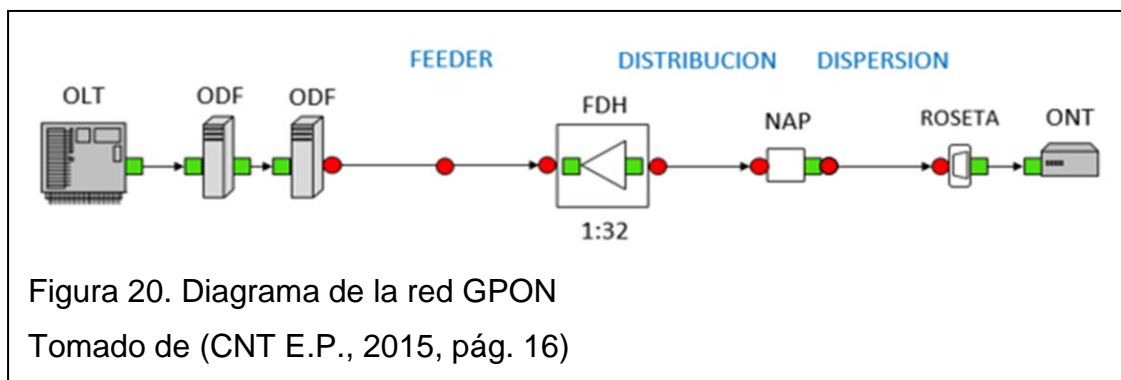
En la normativa de diseño de una red GPON elaborada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se mencionan medidas que deben de ser acatadas para poder realizar una buena distribución de los elementos de red en el diseño, a fin de brindar altas velocidades de transmisión y calidad de servicio a los abonados.

2.2.1 Consideraciones para el diseño de la red GPON

La relación de división a utilizar para este diseño es de 1:32, que es el nivel de división de la potencia óptica (número de salidas del *splitter*) que valida la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en su normativa vigente; solo en casos especiales se valida una división de 1:64. Si bien es cierto, en la teoría es posible usar un nivel de relación de 1:128, la CNT E.P. no recomienda el



uso del mismo porque en caso que haya un crecimiento de población, las velocidades de transmisión serán muy bajas para poder proveer servicios convergentes.

En la Figura 20 se ilustra un diagrama de la red GPON donde se indican los conectores y las fusiones que existen entre cada elemento de la red. Este diagrama permite a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones plantear un presupuesto óptico de pérdidas máximas para el despliegue de la red GPON, el mismo que se muestra en la Tabla 14.



En la Figura 20 donde se ilustra el diagrama de la red GPON establecido en la normativa de diseño de planta externa con fibra óptica ODN – *Optical Distribution Network*, elaborado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y publicado con fecha 8 de abril del 2015; se define que hay 9 conectores, 7 empalmes de fusión, un *splitter* con relación de división de 1:32 y se establece un máximo de 6 [Km] del tendido de cable desde el ODF hasta la ONT.

Tabla 14. Presupuesto óptico

PRESUPUESTO ÓPTICO				
Elementos de la red de fibra óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total
Conectores ITU671-0.5 dB 		9	0.50	4.50
Empalme de fusión ITU751-0.1 dB 		7	0.10	0.70
Splitters	1x32	1	17.50	17.50
Longitud de Fibra	1310nm	6 [Km]	0.35	2.10
TOTAL (dB)				24.80

Tomado de (CNT E.P., 2015, pág. 17)

La pérdida total máxima que puede existir en un enlace de red GPON desde la OLT hasta el ONT del abonado alcanza un valor de 24.80 [dB], si las pérdidas superan este valor, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones no aprobará ese enlace de fibra óptica y lo declarará no apto para transferir datos con altas velocidades de transmisión.

No obstante, más adelante se realiza un cálculo de las pérdidas máximas del diseño planteado en el sector, tomando en cuenta el abonado más distante de la red FTTH, a fin de tener un valor preciso de la atenuación que se registra en el diseño de la red GPON para el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas.

2.2.2 Simbología

La elaboración del diseño de la red de fibra óptica se lo realizará en el programa AUTOCAD, para lo cual se debe tener en cuenta la simbología utilizada en la "Normativa Técnica de Dibujo de las Redes de Planta Externa" (CNT E.P., 2015, pág. 43) elaborada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, estos símbolos representan los elementos que se usan

en la infraestructura de la red y los mismos están en la capa de dibujo respectiva del programa AUTOCAD.

Tabla 15. Simbología de las redes GPON

Descripción	Proyectado	Existente
Rack de piso 9"x20"		
OLT de distribuidor		
Armario FDH		
Caja de distribución óptica aérea		
Caja de distribución óptica doble conector		
Caja de distribución óptica de piso		
Caja de distribución óptica subterránea		
Edificio con red GPON		
Empalme de fibra		
Empalme de fibra y splitter		
Fibra óptica		
ONT (Abonado)		

Roseta óptica		
Splitter de una entrada		
Splitter de dos entradas		
Hilos de reserva de fibra	 RFO-xx G-652D xxx(288)(1..288)	 RFO-xx G-652D xxx(288)(1..288)
ODF-redes GPON	 G-652D(48)(1..48) AO-xx	 G-652D(48)(1..48) AO-xx
Pozo de mano	pz1 	pz1
Pozo o cámara	pz1 	pz1
Canalización	ca-ti 4 PVC110 123.25	ca-ti 4 PVC110 123.25
Ocupación canalización 2 vías Vacío (V) Ocupado (O) Semiocupado(S)		
Ocupación canalización 4 vías Vacío (V) Ocupado (O) Semiocupado(S)		
Poste de hormigón armado		

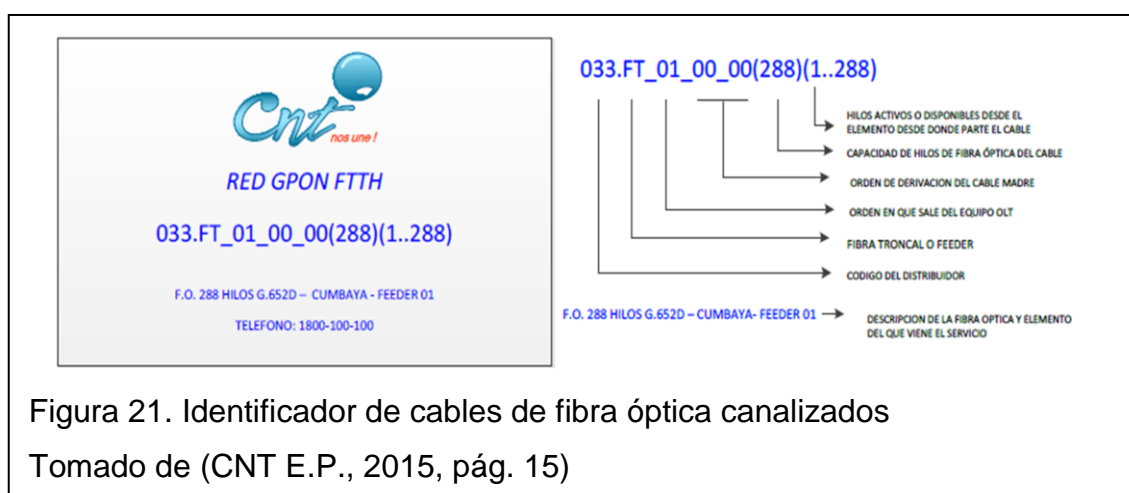
Tomado de (CNT E.P., 2015, pág. 43)

2.2.3 Identificación de los elementos de la red

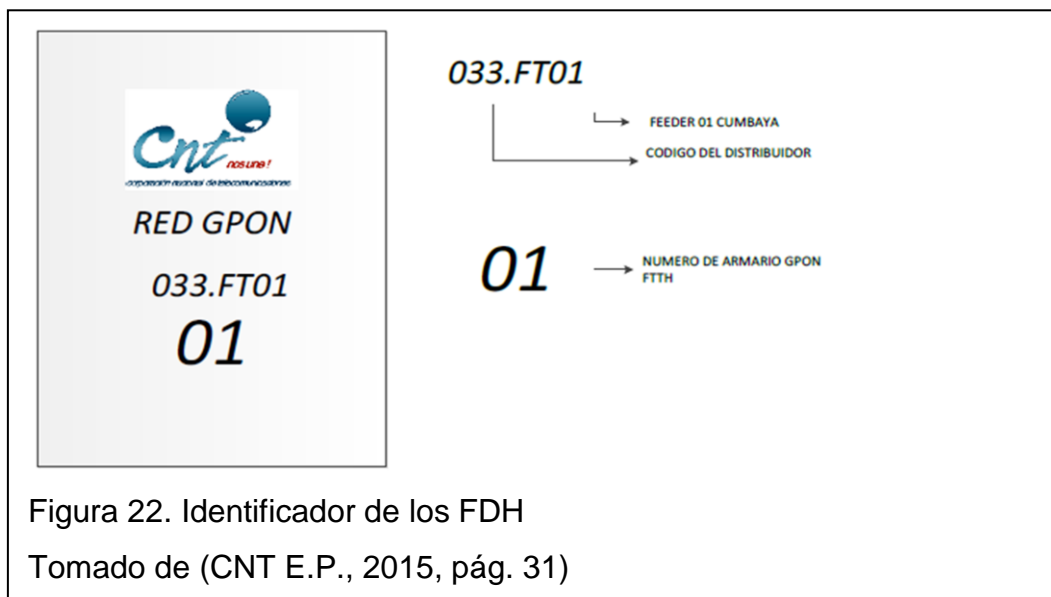
La normativa de construcción de planta externa con fibra óptica ODN elaborado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones establece normas para la identificación que debe de tener cada elemento de la red GPON.

La identificación de los elementos de una red es de suma importancia al momento de diseñar una red de datos, ya que para efectuar un mantenimiento en la red o reparar daños, los técnicos podrán intervenir con mayor facilidad gracias al etiquetado de los elementos.

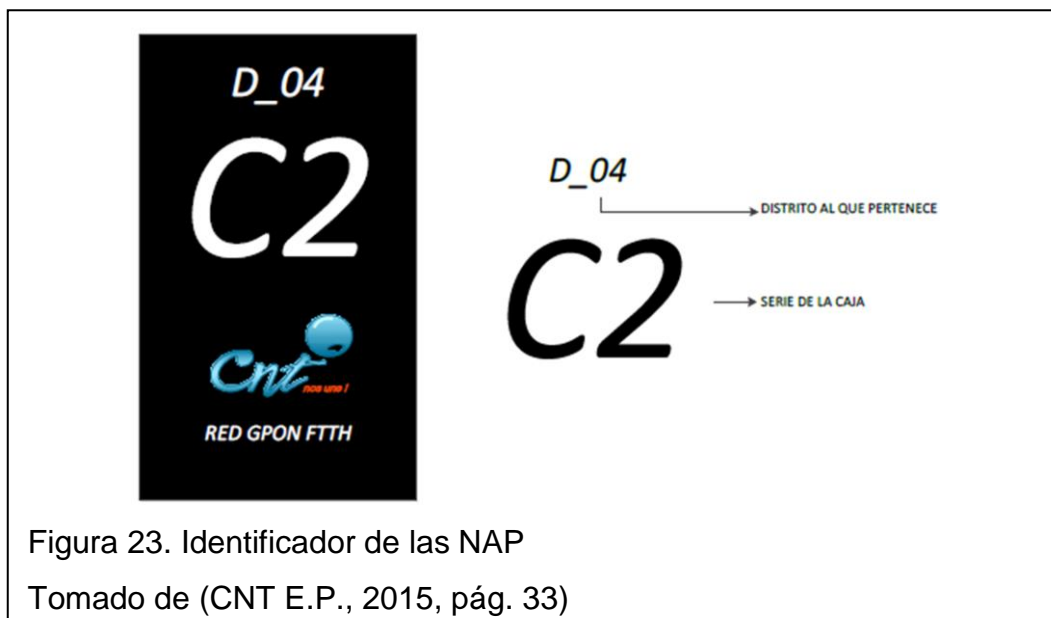
Los cables de fibra óptica canalizados deben tener un identificador blanco de material acrílico con letras azules ubicadas al ingreso del pozo de revisión y cada 3 metros a lo largo de la canalización desde el ODF hasta los NAP. En la Figura 21 se muestra los parámetros que se deben de tomar en cuenta al momento de etiquetar un cable de fibra óptica canalizado.



En los armarios de distribución FDH, independientemente del tamaño de los armarios, se colocan los datos que se indican en la Figura 22, esta información tiene que estar centrada en la puerta del lado derecho en la vista frontal.



Las NAP aéreas deberán estar identificadas con la información que se muestra en la Figura 23, con pintura esmalte exterior color blanca o dependiendo del color de la NAP, también se puede utilizar una etiqueta adhesiva con protección para rayos UV.



La identificación de las NAP será alfa numérica y se ubicará en la tapa frontal y se procurará que los números o letras no sean menores a 0.05 [m] para que

pueda ser leída desde la calzada. La identificación será desde la periferia del sector hacia el FDH, es decir, la primera NAP será la más lejana y corresponderá a la número 1 (CNT E.P., 2015, pág. 35).

2.2.4 Red troncal (*Feeder*)

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones tiene una central llamada Central Esmeraldas No. 2, la misma que se encuentra ubicada en la Avenida Libertad entre las calles Manabí y Muriel, donde está situado el elemento OLT denominado por las siglas ESM2.1 cómo se ilustra en la Figura 24.



Figura 24. Elemento OLT

El cable que se desprende desde la OLT, denominado *feeder*, cumple con las condiciones de la fibra óptica G.652.D., por ello para el diseño de esta red se usa un cable de 288 hilos con el fin de satisfacer a todos los barrios de este sector de la ciudad de Esmeraldas. Estos hilos que constituyen al cable *feeder* se conectan con el elemento ODF, el mismo que se describe más adelante, y a su vez el ODF se interconecta con los puertos PON de la OLT.

Por medio de canalización ya existente, el cable *feeder* G.652.D que parte desde la OLT ESM2.1 llega hasta el pozo denominado 69, situado en las calles Carlos Concha y Rio Muisne. En ese punto se realiza un sangrado del cable FT_01_00_00 (288) (1...288) con un cable de 96 hilos que se conecta con los respectivos armarios de distribución (FDH), como se muestra en el anexo 2.

2.2.4.1 Equipo OLT de marca Huawei

Entre el año 2007 y 2011, la empresa multinacional China, Huawei Technologies Co. Ltd., ganó el 61.4 % de adjudicaciones de contratos tecnológicos en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (El Comercio, 2012). Desde estas fechas, Huawei Technologies y la CNT E.P. tienen estrechas relaciones comerciales, por lo que uno de sus convenios es la implementación de la oficina central de las redes GPON.

El equipo OLT que actualmente se encuentra instalada en la central No.2 del cantón Esmeraldas denominado ESM 2.1, que se reutilizara para la implementación de la red GPON que se diseña en este proyecto, es de marca HUAWEI de la serie MA5600T.

Estos equipos son productos de acceso óptico integrados de las redes GPON que cuentan con un terminal de línea óptica que permite la integración de capacidades de agregación y conmutación, además por las versiones de software que usan estos equipos se reduce los costos de operación y mantenimiento disminuyendo las cantidades de stock requeridas para los repuestos (Huawei Technologies Co., Ltd., 2015). En la Tabla 16 se indican las especificaciones técnicas del equipo en mención.

Tabla 16. Especificaciones técnicas del OLT

Dimensiones (W x D x H)	490 mm x 275.8 mm x 447.2 mm
Temperatura de entorno operativo	-25 °C hasta 55 °C
Rango de voltaje de operación	-38.4 V hasta -72 V
Total de tarjetas de servicio	16 tarjetas
Puertos GPON por tarjeta	8 puertos
Máxima potencia de transmisión	5 dBm
Sensibilidad de recepción mínima	-28 dBm

Tomado de (Huawei Technologies Co. Ltd., 2011)

2.2.4.2 Distribuidor de fibra óptica (ODF)

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones en la normativa correspondiente a las técnicas de construcción de la red de distribución (ODN) tiene como regla la instalación de dos tipos de ODF en las redes GPON, estos se definen como ODF de planta interna y ODF de planta externa.

Esta disposición se basa en que el ODF de planta interna es colocado por una compañía externa, la cual dentro de su contrato no permite la manipulación de estos equipos por el personal de la CNT E.P., por dicha razón, la CNT E.P. se ve obligado a poner un ODF denominado de planta externa que realiza un reflejo del ODF de planta interna, con esto permite a los técnicos de la CNT E.P. realizar procedimientos de mantenimiento y reparación de daños en esta sección de la red.

2.2.4.2.1 Distribuidor de fibra óptica planta interna (ODF interno)

El Distribuidor de fibra óptica de planta interna (ODF) está situado en gabinetes metálicos que facilitan la interconexión entre los hilos del cable *feeder* con los puertos del equipo activo OLT, de esta forma se configura la conexión entre la oficina central y la red de distribución (ODN). Estos racks son de 19" de ancho

y contienen dos conductos laterales con puertas independientes para el ingreso y salida de los cables de fibra óptica (CNT E.P., 2015, pág. 52).

El ODF posee una tapa de protección que facilita el acceso frontal a la zona de bandejas para empalmes y conectorización como se ilustra en la Figura 25. Los *patchcords* que vienen de los puertos de las tarjetas OLT ingresan por parte derecha del rack del ODF y los *patchcords* de cruzadas de *feeder* que se desprenden desde el ODF de planta externa ingresan por la parte lateral izquierda del rack del ODF de planta interna (CNT E.P., 2015, pág. 53).



Figura 25. Distribuidor de fibra óptica
Tomado de (CNT E.P., 2015, pág. 53)

Distribuidor de fibra óptica planta externa (ODF externo)

El ODF de planta externa está instalado en un gabinete metálico de acceso frontal de 19" de ancho que facilita la interconexión de los hilos del cable *feeder* con los puertos de los ODF de planta interna, estos representan el reflejo de los puertos PON de las tarjetas de la OLT (CNT E.P., 2015, pág. 54).

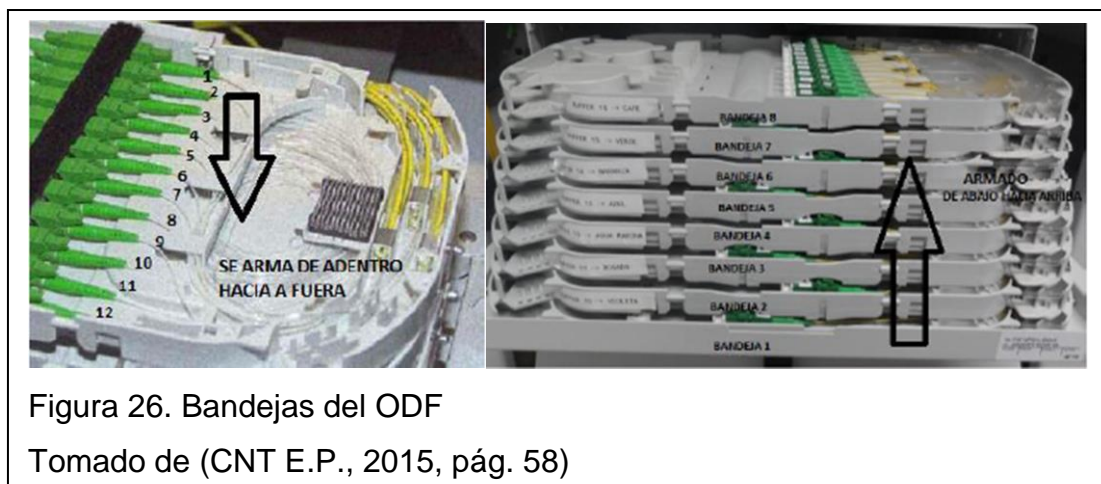
El ingreso de los cables *feeder* en el rack del ODF de planta externa serán por el costado lateral izquierdo y serán colocados de arriba hacia abajo en sus ODF respectivos y la interconexión con el ODF de planta interna se lo realiza por el costado lateral derecho.

En el ODF de planta externa es utilizado para organizar cables y fusiones de fibra óptica, principalmente en el armado de todos los hilos del cable *feeder*. Cada ODF de planta externa está constituido por 8 bandejas que permite el ingreso de 12 hilos cada una, por esta razón se ocupará 3 ODF de 96 puertos para satisfacer al *feeder* de 288 hilos que se utiliza en el diseño de la red de este proyecto (CNT E.P., 2015, pág. 57).

La primera bandeja inferior alberga a los primeros 12 hilos y dentro de cada bandeja los hilos se ordenan desde adentro hacia afuera como se ilustra en la Figura 26.

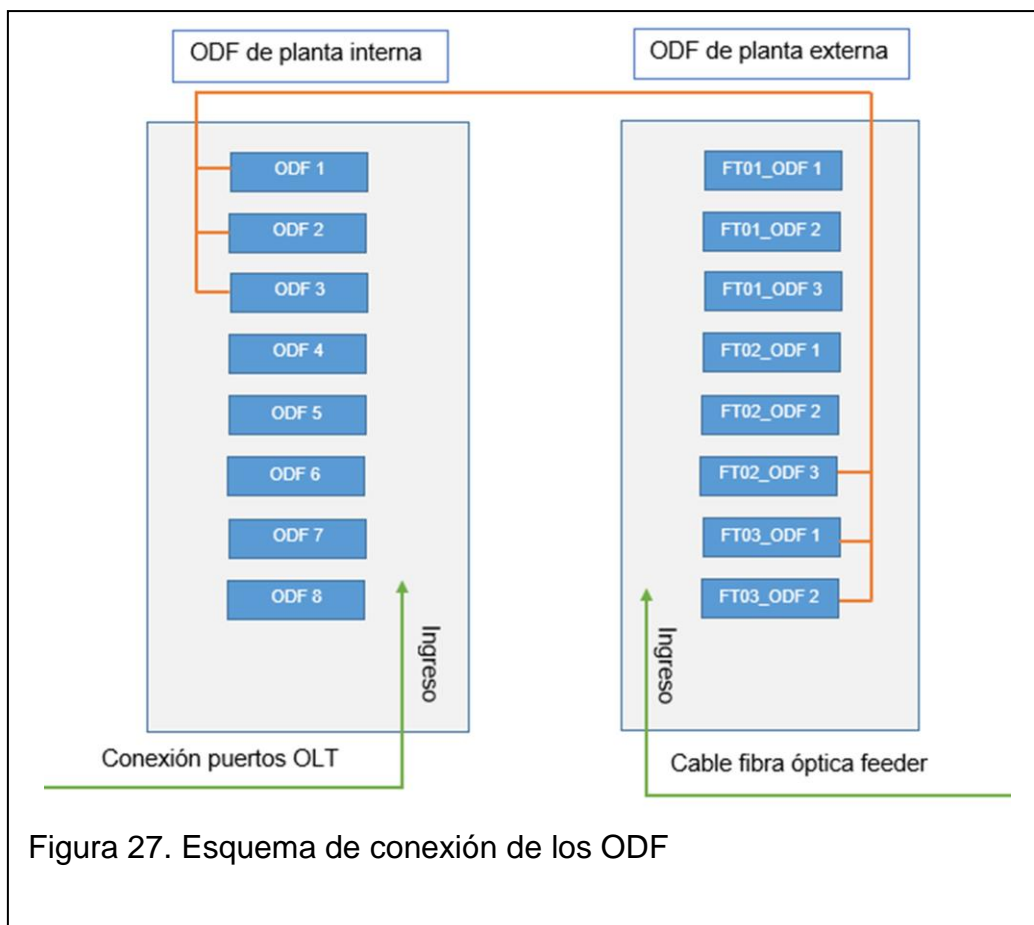
2.2.4.2.2 Interconexión de los ODF de planta interna y externa

Para la conexión entre el ODF de planta interna y el ODF de planta externa se utiliza un *patchcord* cuya longitud sea correcta para cumplir con el recorrido establecido y recomendado por el fabricante. Los *patchcords* deben de ser mixtos, es decir, en un lado tendrá un conector SC/APC y en el otro tendrá un



conector FC/APC.

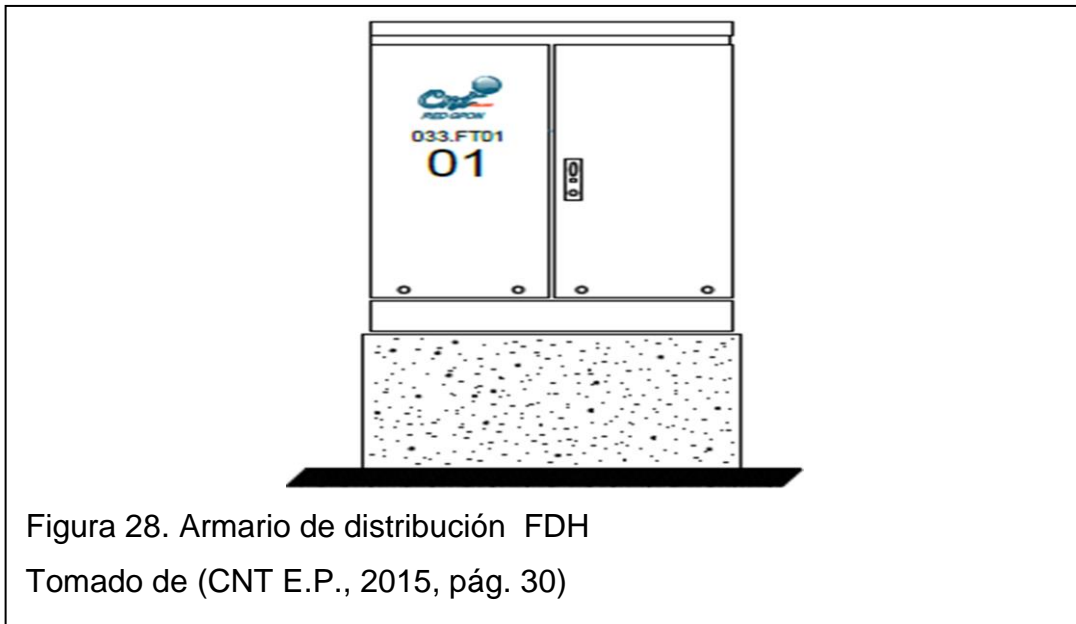
Para la ruta de los *patchcords* de fibra se sigue un trayecto que genere orden y permita el fácil mantenimiento en esta sección de la red, por ello se sugiere la ruta que se muestra en la Figura 27.



2.2.5 Red de distribución ODN

La red de distribución se encuentra conformado por los armarios de distribución FDH, que en su interior están constituidos por *splitters*, y los puntos de acceso de red conocidos como NAP. También es importante mencionar que los cables de distribución cumplen con las características de los cables G.652.D, al igual que los cables de la red troncal.

Los armarios de distribución (FDH) deben estar fabricados de aluminio con características de alta resistencia mecánica y que sean aptos para la exposición prolongada al aire libre (CNT E.P., 2015, pág. 29). Los armarios son instalados sobre un zócalo de hormigón como se ilustra en la Figura 28 y tiene la capacidad de soportar un máximo de 9 *splitters* con relación de división de 1:32. Además debe tener una conexión a tierra con un valor máximo de 5 [ohms] de resistencia.



El zócalo de hormigón garantizará la conexión con el pozo de revisión o cámara telefónica, por el cual se debe considerar canalización de 2 vías de 110 [mm] con el fin de conducir los cables del *feeder* hacia el armario de distribución.

En este diseño se considera dos armarios FDH con capacidad de atender a 288 abonados cada uno. El armario ES3.FT01 D_01 se encuentra ubicado en las calles Río Cupa y Río Sucio, mientras que el armario ES3.FT01 D_02 se sitúa en las calles Río Sucio y Río Sinaí.

2.2.5.1 *Splitters*(Divisor de potencia)

El *splitter* es un divisor óptico que tiene como funcionalidad multiplexar la luz en sentido descendente con una entrada y múltiples salidas, pudiendo manejar relaciones de división de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128. En la instalación de los armarios de distribución FDH se recomienda el uso de los *splitters* modulares que funcionan como *plug and play* y permite realizar pruebas de fallas en estos puntos de la red.

Para este diseño de red GPON se considera *splitters* con relación de división 1:32 de marca TYCO ELECTRONICS, estos divisores ópticos pueden soportar

arquitecturas centralizadas de *splitters* y tiene un embalaje que permite un alto rendimiento, además por su diseño de *plug and play* se disminuye el tiempo de instalación (Tyco Electronics Corporation, 2012, pág. 1).

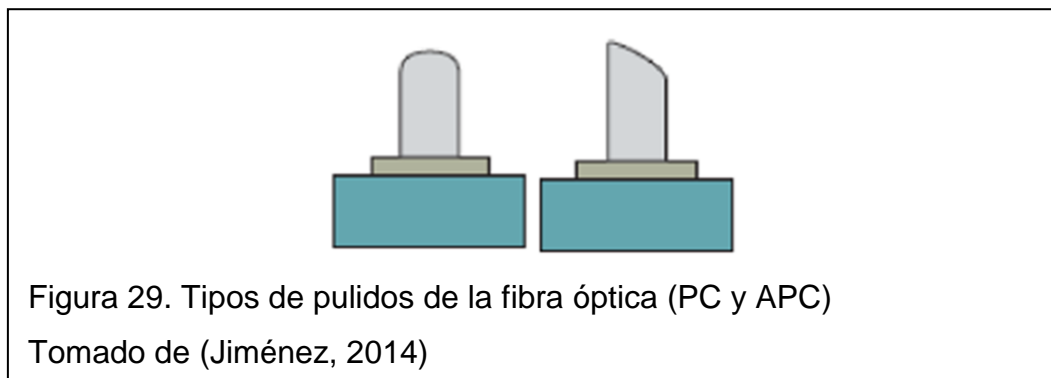
Este *splitter* es apto para fibras monomodo y trabaja con conectores SC/APC de la misma marca. Además tiene una pérdida de inserción máxima de 17.3 [dB] y opera en longitudes de onda entre 1260 [nm] y 1635 [nm] en un rango de temperatura entre -55°C hasta 85°C (Tyco Electronics Corporation, 2012, pág. 1).

2.2.5.2 Conectores SC/APC

En la actualidad existen diversos tipos de conectores de fibra óptica, los más comunes son FC, SC, ST y LC siendo su diferencia entre ellos el tamaño de la férula, el tipo de conexión y su distinta utilización para los diferentes servicios de telecomunicaciones; la férula es un elemento que se encuentra en el extremo del conector que sirve para proteger la salida de la fibra óptica, ya que en caso de que la fibra sea manipulada con los dedos del personal técnico ocasionaría gran pérdidas en la transmisión de datos (Berral, 2014, pág. 45).

Estos conectores pueden tener distinto tipo de pulido en la férula, los pulidos más usados en la implementación de redes de fibra óptica son PC (*Physical Contact*) y APC (*Angled Physical Contact*).

El pulido PC se caracteriza porque la superficie de la férula tiene un pulido levemente curvo, mientras que, el pulido APC tiene la superficie de los conectores curvados con un ángulo de 8° (Jiménez, 2014), como se ilustra en la Figura 29.



Los conectores tipo SC/APC de marca TYCO ELECTRONICS son ideales para las aplicaciones FTTX debido a sus bajas pérdidas de inserción y fácil instalación, por esta razón son usados en este diseño de red GPON (Tyco Electronics Corporation, 2009, pág. 1). En la Tabla 17 se indican las especificaciones de este elemento de la red.

Tabla 17. Especificaciones de conectores SC/APC

Longitud de conector	56 mm
Temperatura de entorno operativo	-10°C hasta 60°C
Temperatura de almacenaje	-40°C hasta 75°C
Pérdida típica de inserción	0.3 dB

Tomado de mismos (Tyco Electronics Corporation, 2009, pág. 2)

2.2.5.3 Puntos de acceso de red (NAP)

Los puntos de acceso de red (NAP) están formados por una base que permite su instalación en postes, pozos o muros y poseen una cubierta que se adapta a la base, permitiendo la salida de los cables por la parte inferior y de esta manera impidiendo el ingreso de la humedad y de cuerpos extraños (CNT E.P., 2015, pág. 32).

Una NAP es el punto de conexión entre la red de distribución y las acometidas individuales de cada abonado teniendo una capacidad máxima de 12 puertos por cada equipo como se ilustra en la Figura 30, además son puntos de corte

para labores de operación y mantenimiento. Los *pigtails* que utilicen en la conectorización de la NAP deberán ser SC/APC y previo a la conectorización deben de ser limpiados para procurar un trabajo correcto (CNT E.P., 2015, pág. 35).

Para poder satisfacer a todas las viviendas que existen en este sector, se procede a la instalación de 38 puntos de acceso de red aéreos, los mismos se encuentran instalados en los postes existentes de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones. Para la ubicación de las NAP es necesario crear áreas de distribución de manera que cada caja pueda atender a un máximo de 12 abonados. En el anexo 3 se puede visualizar el diseño de la red de distribución.



Figura 30. Estructura de las NAP.

Tomado de (CNT E.P., 2015, pág. 33)

2.2.6 Red de dispersión

La red de dispersión es la que interconecta los puntos de acceso de red (NAP) con las rosetas ópticas. Las rosetas ópticas son el punto óptico que permiten generar la terminación y acondicionamiento del cable óptico de acometida que accede al domicilio del usuario final. Las rosetas son ubicadas en la casa del abonado conectándose directamente con cada ONT. En la Figura 31 se ilustra la estructura de una roseta óptica.

2.2.7 Red de acceso FTTH

La red de acceso se le denomina a la que interconecta las rosetas ópticas con el terminal de red óptica (ONT) ubicado en las casas de los abonados de la red GPON. Según el instructivo de instalaciones para clientes finales en redes FTTH elaborado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, la ONT debe de estar ubicado en lugares sin mayores obstrucciones para optimizar el área de cobertura de la red Wi-Fi.

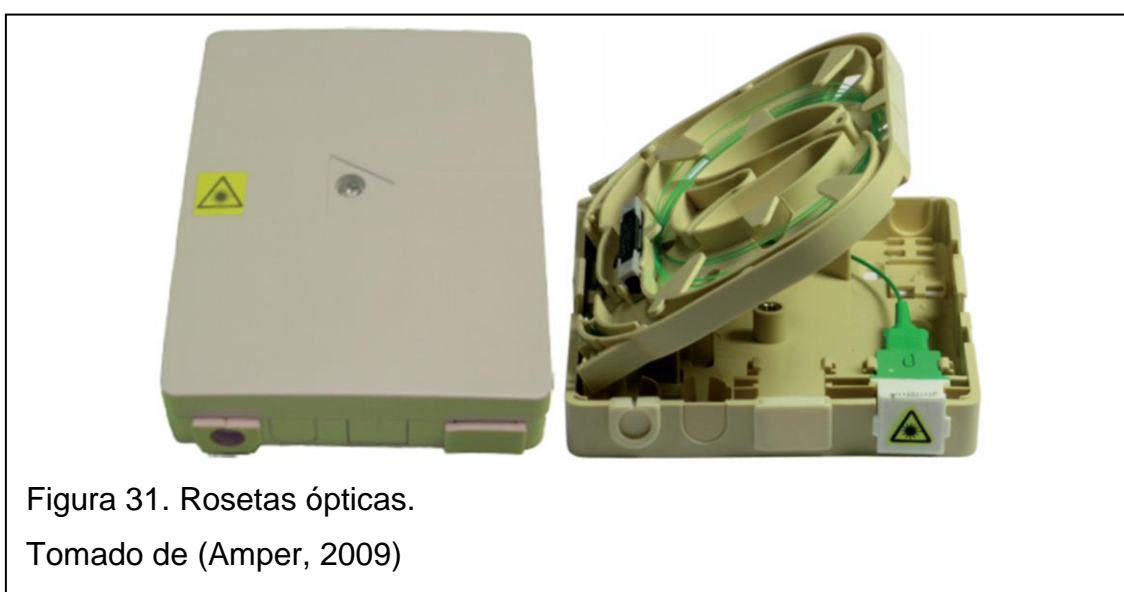


Figura 31. Rosetas ópticas.

Tomado de (Amper, 2009)

En caso de existir un área designada para estudio o centro de entretenimiento, se recomienda usarla para la instalación con el objetivo de optimizar las conexiones a servicios como IPTV, juegos en línea, *streaming* de video, etc. o si el área tiene dos plantas se recomienda instalarla en la planta donde se encuentren los dormitorios (CNT E.P., 2015, pág. 13). Cabe indicar que esto también depende de los requerimientos del abonado.

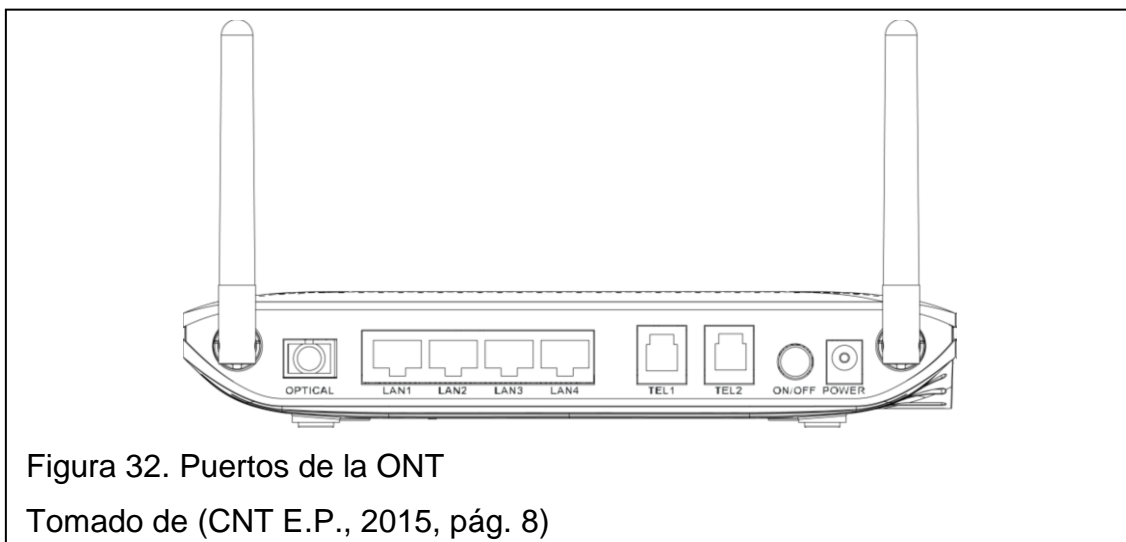
2.2.7.1 Equipo ONT de marca Huawei

Actualmente el modelo ONT que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones despliega en las redes de acceso FTTH es de marca

HUAWEI modelo Echolife HG8245 que posee puertos de alta velocidad a través de la fibra monomodo que se conecta con el puerto óptico *upstream*.

Este modelo tiene puertos ethernet para la provisión de internet por cable, puertos ethernet para IPTV, puertos de telefonía tradicional y la interfaz para Wi-Fi que es una antena para la provisión de internet inalámbrico, de esta manera permitiendo a los abonados gozar de los servicios convergentes (CNT E.P., 2015, pág. 8).

En la Figura 32 se ilustra el modelo de la ONT con los puertos ya mencionados. No obstante, en el lado izquierdo del equipo también tiene un puerto USB, el cual puede ser usado para conectar dispositivos de almacenamiento permitiendo una red doméstica adjunta de servicios de almacenamiento y uso compartido de archivos (Huawei Technologies Co. Ltd., 2011).



En la Tabla 18 se muestran las especificaciones técnicas del equipo ONT Echolife HG8245.

Tabla 18. Especificaciones técnicas del ONT

Dimensiones (L x W x H)	195 mm x 174 mm x 34 mm
Temperatura de entorno operativo	0°C hasta 40 °C
Humedad relativa	5% hasta el 95%
Consumo máximo de potencia	16 Watts
Máxima potencia de transmisión	5 dBm
Sensibilidad de recepción mínima	-27 dBm

Tomado de (Huawei Technologies Co. Ltd., 2011)

2.2.8 Esquemas de contratación de la CNT E.P.

El proceso de contratación de los proyectos para el sector público se rige en base a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, publicada en el Registro Oficial Suplemento 395 de 4 de agosto del 2008; siendo la Corporación Nacional de Telecomunicaciones una empresa pública, su proceso de negociación en cuanto a la ejecución de proyectos es distinto a operadores de servicios de telecomunicaciones privados.

El Instituto Nacional de Contratación Pública (INCOP), actualmente llamado Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), es el ente encargado de liderar y regular la gestión transparente y efectiva del servicio de contratación pública a través del cumplimiento de las leyes establecidas en el Ecuador (SERCOP, 2015).

En el artículo 22 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública señala que: *“Las Entidades Contratantes, para cumplir con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, sus objetivos y necesidades institucionales, formularán el Plan Anual de Contratación con el presupuesto correspondiente, de conformidad a la planificación plurianual de la Institución, asociados al Plan Nacional de Desarrollo y a los presupuestos del Estado.”* (Ley Orgánica del Sistema Nacional de Compras Públicas, 2008).

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones se acoge a la política de confidencialidad mencionada en el artículo 11 del Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública donde se indica que: *“El INCOP aplicará una política de confidencialidad y protección de datos con el objeto de salvaguardar la información obtenida a través del Portal www.compraspublicas.gov.ec; esta información se empleará exclusivamente para los fines para los cuales es proporcionada por el proveedor o por la entidad contratante.”* (Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional Contratación Pública, 2009).

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones realiza un Plan Anual de Contratación que es planificado en base a todos los proyectos a realizar a nivel nacional y especificando el presupuesto de cada proyecto en su totalidad sin detallar costos unitarios. La información contenida en el Plan Anual de Contratación (PAC) de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se considera de carácter estratégico y confidencial, con el propósito que el SERCOP no publique la información en mención en el portal de compras públicas.

Por las razones ya mencionadas, no se puede conocer los costos de equipos activos y pasivos para el despliegue de la red GPON en el sector San Martín de Porres Bajo, ya que en el Plan Anual de Contratación se define presupuesto por cada proyecto mas no costos unitarios, además esta información es privada hasta que se adjudique al contratista.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO

En el capítulo 2 se plantea el diseño de la red de fibra óptica GPON con tecnología de acceso FTTH para el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas de la provincia del mismo nombre, teniendo en cuenta todas las variables técnicas y demográficas para poder satisfacer a los habitantes del sector. Es necesario realizar además cálculos para el presupuesto de potencia que se tiene en la señal de transmisión sobre la red GPON a fin de conocer si la red es capaz de soportar los servicios convergentes que se requieren brindar en el sector en mención.

La potencia de recepción que se tiene sobre la ONT del abonado depende directamente de la atenuación generada en la red, por ello si la atenuación toma un valor demasiado alto, el ONT tendrá una potencia de recepción menor a la sensibilidad del equipo, ocasionando pérdidas de bits en el receptor e incremento del parámetro BER (*Bit Error Rate*), lo que se deriva en la necesidad de analizar esta variable para servir en forma adecuada a los habitantes del sector San Martín de Porres Bajo.

Por las razones ya expuestas es necesario calcular estos parámetros, ya que con los resultados obtenidos, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones podrá determinar la fiabilidad de la transmisión de datos y si cumple con lo establecido en los estándares para el despliegue de redes GPON.

Para realizar el diseño de la red GPON se considera un posible crecimiento poblacional en el sector San Martín de Porres Bajo del Cantón Esmeraldas, además se plantea la probabilidad que desde el sangrado que se realiza en este diseño analizado en el capítulo 2, se pueda reutilizar infraestructura de la red troncal con el propósito de proveer servicios de telecomunicaciones con altas tasas de transmisión y calidad de servicio a zonas cercanas al sector San Martín de Porres Bajo.

3.1 Cálculos de la red GPON

De acuerdo al diseño de la red de fibra óptica GPON propuesto en el capítulo 2 para el sector San Martín de Porres Bajo es indispensable realizar los cálculos de pérdidas de potencia generadas en la red de transmisión, por lo que se calcula un presupuesto óptico con los valores de atenuación de los elementos que se utiliza en el diseño de la red GPON considerando las distancias exactas del tendido de cable de fibra óptica en la red ODN.

Realizando este cálculo se determina la potencia recibida que se registra en el ONT del abonado a fin de que se pueda garantizar que la señal que llega a cada abonado del sector se encuentre en un rango óptimo en términos de potencia y capacidad de transmisión.

Se proponen dos escenarios distintos para el cálculo de los valores de atenuación y potencia recibida; estos escenarios consisten en medir las variables sobre el abonado de la red que se encuentra más lejos desde la ubicación de la OLT y calcular sobre el abonado de la red que se encuentre más cerca con respecto a la OLT como se ilustra en la Figura 33; esta decisión se da para poder realizar una comparación de resultados entre ambos abonados, considerado el peor escenario en cuanto a las distancias utilizadas por el cable de fibra óptica.

3.1.1 Análisis de pérdida de potencia

El análisis de pérdidas de potencia es indispensable para determinar la calidad de la señal de la red que se registran en la transmisión de datos desde la central Esmeraldas No.2 hacia los abonados de la red mediante la fibra óptica. Las pérdidas de potencia se calculan con respecto a los valores de atenuación de los elementos según el fabricante del equipo y los valores exactos de las distancia del tendido de cable de fibra óptica de la red de distribución (ODN).

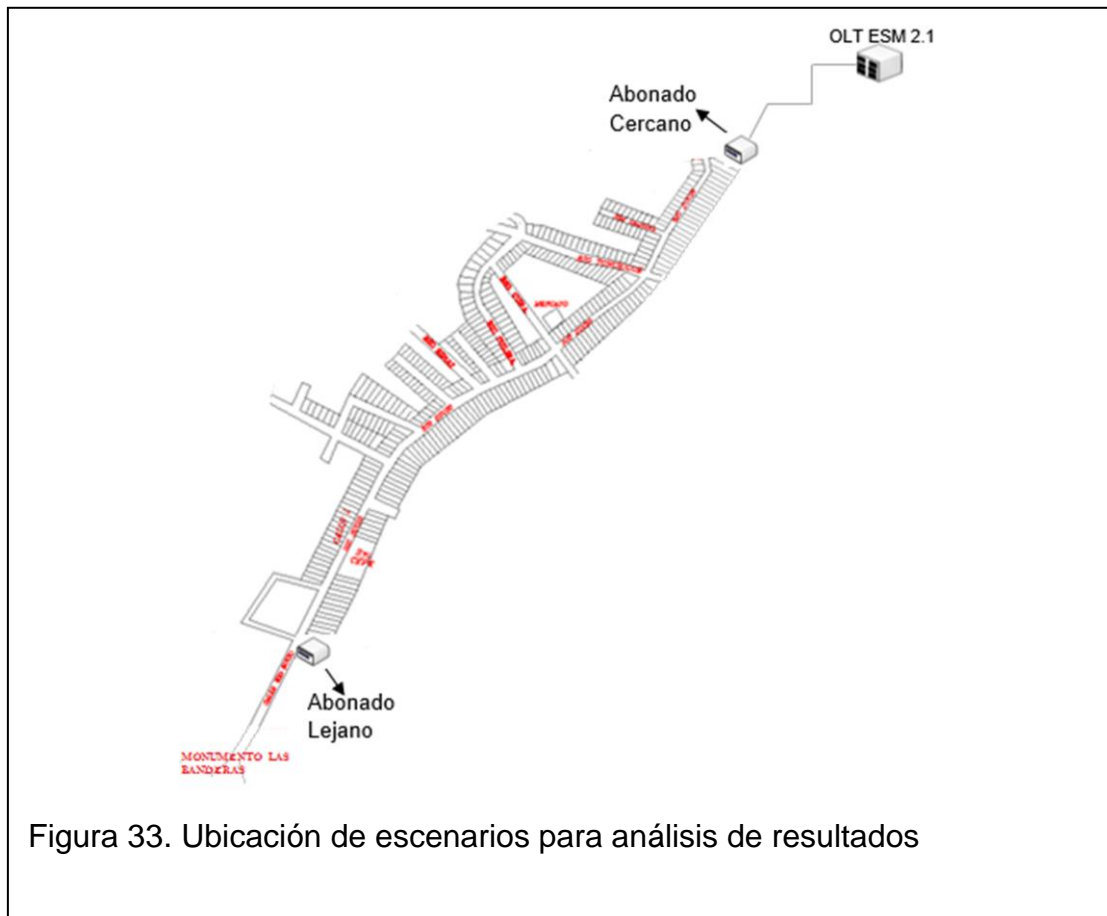


Figura 33. Ubicación de escenarios para análisis de resultados

Los valores de atenuación de los empalmes de fusión y de cada kilómetro recorrido por la fibra óptica son tomados de la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para el diseño y despliegue de la red GPON, mientras que los valores de pérdidas que generan los conectores y *splitters* dependen del fabricante del elemento.

Como ya se ha mencionado anteriormente los conectores y los *splitters* serán de marca TYCO ELECTRONICS, donde la pérdida de los conectores es de 0.3 [dB] (Tyco Electronics Corporation, 2009, pág. 3) y la pérdida de los *splitters* con relación de división 1:32 es de 17.3 [dB] (Tyco Electronics Corporation, 2012, pág. 1).

- **Escenario 1**

El primer escenario que se toma para realizar el análisis de la pérdida de potencia ocasionada a la señal a transmitir, consiste en calcular los valores de atenuación sobre el abonado más lejano de la red GPON. Las distancias del tendido de fibra óptica desde el ODF hasta el abonado considerado para este escenario se presentan en la Figura 34.

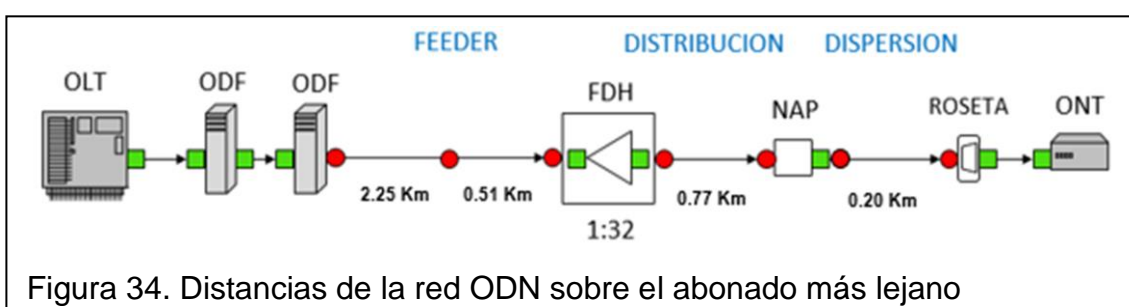


Figura 34. Distancias de la red ODN sobre el abonado más lejano

Una vez obtenido los valores de las distancias del tendido de fibra óptica de la red GPON diseñada para el sector San Martín de Porres Bajo, se determina el presupuesto óptico de pérdidas de potencia para este escenario planteado considerando fusiones, conectores y *splitters* como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Presupuesto óptico del abonado más lejano

PRESUPUESTO ÓPTICO				
Elementos de la red de fibra óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total
Conectores Tyco Electronics ■		9	0.30	2.70
Empalmes de fusión ●		7	0.10	0.70
Splitter Tyco Electronics	1x32	1	17.30	17.30
Longitud de Fibra	1310nm	3.73 [Km]	0.35	1.31
TOTAL (dB)				22.01

En base a los datos obtenidos se estima que el presupuesto óptico de pérdidas de potencia es 22.01 [dB], con este resultado se puede determinar que el valor de la atenuación que tiene esta red sobre el abonado más lejano se encuentra en el rango del presupuesto óptico establecido en la normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

- **Escenario 2**

El escenario 2 consiste en medir la pérdida de potencia sobre el abonado más cercano hacia la OLT de la red GPON propuesta para el sector San Martin de Porres Bajo, es así que las distancias del tendido de fibra en la red ODN para el escenario propuesto se muestran en la Figura 35.

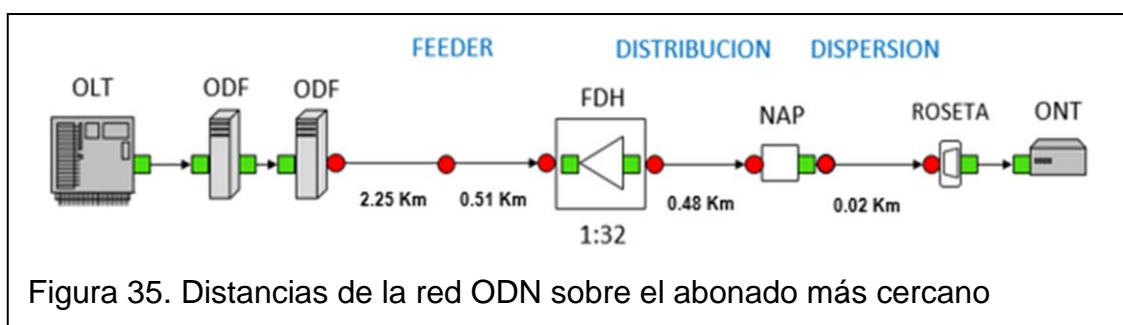


Figura 35. Distancias de la red ODN sobre el abonado más cercano

En la Tabla 20 se muestra el presupuesto óptico de las pérdidas de potencia sobre el abonado más cercano de la red considerando los mismos factores que en el escenario 1 a excepción de la distancia recorrida del tendido de fibra óptica.

Tabla 20. Presupuesto óptico del abonado más cercano

PRESUPUESTO ÓPTICO				
Elementos de la red de fibra óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total
Conectores Tyco Electronics ■		9	0.30	2.70
Empalmes de fusión ●		7	0.10	0.70
Splitter Tyco Electronics	1x32	1	17.30	17.30
Longitud de Fibra	1310nm	3.26 [Km]	0.35	1.14
TOTAL (dB)				21.84

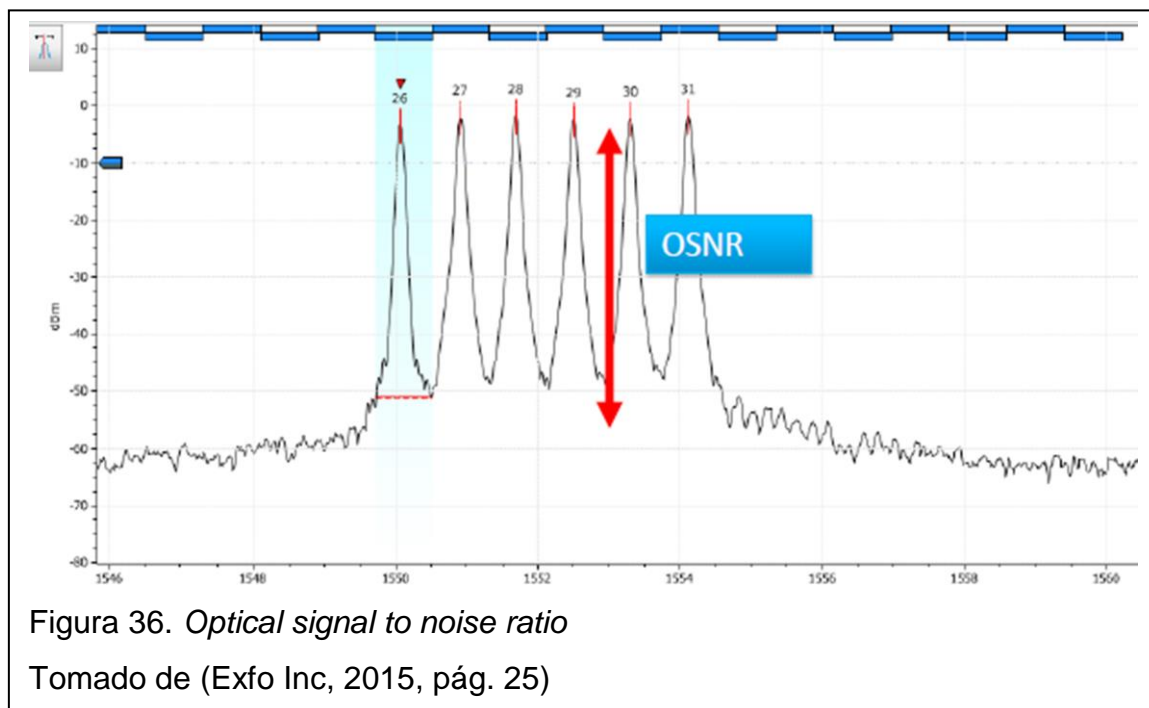
Como se puede visualizar en la Tabla 18, el total del presupuesto óptico de pérdida de potencia sobre el abonado más cercano de la red GPON es 21.84 [dB] registrando una diferencia mínima de 0.17 [dB] con respecto del presupuesto óptico del abonado más lejano de la red.

Por consiguiente, los valores calculados se encuentran dentro del margen del presupuesto óptico que establece la normativa de diseño de la red ODN elaborado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P., 2015, pág. 17), por esta razón, la red de acceso puede ser capaz de transportar altas velocidades de transmisión con una óptima calidad de servicio hacia los abonados del sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas.

3.1.2 *Optical signal to noise ratio (OSNR)*

Si bien es cierto que la atenuación de la señal es un parámetro importante para determinar la potencia de recepción que se registra en el enlace óptico, también existen otros parámetros que causan alteraciones a la forma del pulso óptico provocando deterioro en la calidad y pérdida de la integridad de la señal óptica (Kartalopoulos, 2011, pág. 76).

El parámetro OSNR especifica la comparación entre la potencia del ruido óptico con respecto a la potencia de la señal óptica cuando ambas señales aún se encuentran en el dominio óptico, como se ilustra en Figura 36, así mismo esta medición permite monitorear la calidad de transmisión de la señal. Este



parámetro se mide en decibelios (Alwayn, 2004, pág. 68).

A pesar de que la atenuación pueda ser compensada con un amplificador óptico, la señal se amplifica al igual que el ruido; por lo que con el tiempo y la distancia, los equipos receptores no pueden llegar a distinguir la señal óptica del ruido ocasionando pérdidas de información (Alwayn, 2004, pág. 68). Por

esta razón, la principal función del OSNR es evaluar el proceso de amplificación óptica de la señal y todos los efectos que ocasiona este procedimiento (Cvijetic & Djordjevic, 2013, pág. 269).

El parámetro OSNR se encuentra ligado con el factor-Q y con el BER (*Bit Error Rate*), el factor-Q es una función del OSNR que provee una descripción cualitativa del rendimiento del receptor. El factor-Q sugiere la proporción de la señal mínima de ruido requerida para obtener un específico BER (*Bit Error Rate*) para una señal dada. Entre mayor es el parámetro BER menor es el valor del OSNR (Alwayn, 2004, pág. 68).

El impacto que tiene un bajo OSNR sobre las redes ópticas es que ocasiona errores de transmisión, baja calidad de servicio, reduce la disponibilidad y muchas veces no permite la transmisión de datos sobre el enlace óptico. Sin embargo, al tener un alto OSNR se registra un bajo BER, menos errores en la transmisión de datos y una mayor calidad de servicio (Exfo Inc, 2015, págs. 27-28). En la Figura 37 se muestra un diagrama de la diferencia de potencia entre el ruido y la señal.

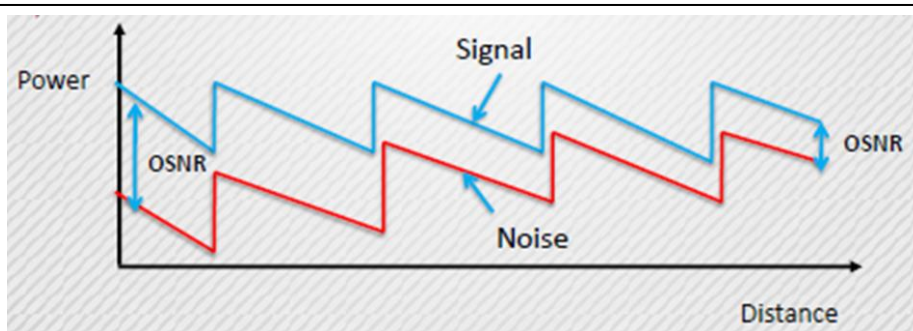


Figura 37. Diferencia de potencia entre la señal y el ruido

Tomado de (Exfo Inc, 2015, pág. 26)

Si bien es cierto que se ha mencionado que este parámetro es fundamental para comprobar la calidad de señal óptica, en este trabajo no se calculará el OSNR debido a que se necesita de analizadores de espectro óptico que no están a nuestro alcance y que tampoco han sido adquiridos por la Corporación

Nacional de Telecomunicaciones. No obstante, se recomienda que para la implementación de la red de fibra óptica GPON se considere medir el OSNR a fin de garantizar la fiabilidad de la señal óptica.

Por las razones ya expuestas se procede a realizar un análisis de potencia de recepción sobre los abonados de la red de fibra óptica GPON del sector San Martín de Porres Bajo, considerando la atenuación que sufre la red, la misma que ya fue calculada anteriormente en este documento.

3.1.3 Análisis de potencia de recepción

Para el diseño propuesto de la red de fibra óptica GPON con tecnología de acceso FTTH es indispensable conocer la potencia de recepción en el ONT del abonado, ya que este parámetro puede definir el nivel de potencia óptica recibida por el usuario final.

Este parámetro de la red depende de la potencia de transmisión del equipo OLT y de las pérdidas de potencia generada en la red de acceso FTTH. La potencia de recepción que se registra sobre el equipo receptor (ONT) debe de ser comparada con la sensibilidad de recepción del equipo en mención para así determinar si el abonado logra procesar los pulsos ópticos transmitidos desde el OLT.

Para el cálculo de la potencia de recepción se consideran los escenarios ya propuestos para el análisis de pérdidas de potencia, los mismos que consisten en calcular esta variable sobre el abonado más lejano al OLT y pare el abonado más cercano con respecto al equipo OLT.

La ecuación a utilizar para el cálculo de la potencia de recepción que llega al equipo ONT de los dos abonados de la red de acceso propuesta en diseño es la siguiente:

$$P_{rx} = P_{tx} - L_{tx} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

P_{rx} = Potencia de recepción

P_{tx} = Potencia de transmisión

L_{tx} = Pérdidas de potencia durante la transmisión de datos

La potencia de transmisión del equipo activo OLT (*Optical Line Terminal*) denominado ESM2.1 que se encuentra ubicado en la central Esmeraldas No. 2 toma un valor de 5.00 [dBm] (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015), mientras que, las pérdidas de potencia que se crean en la señal óptica ya fueron calculadas en este capítulo en el numeral 3.1.1.

La sensibilidad del receptor del equipo ONT (*Optical Network Terminal*) utilizado para el despliegue de la red GPON en el sector San Martín de Porres Bajo tiene un valor de -27.00 [dBm] (Huawei Technologies Co. Ltd., 2011). Por lo que, la potencia de recepción que se calcule sobre los abonados de esta red debe de ser menor que la sensibilidad de recepción mínima del ONT para poder garantizar una señal íntegra.

- **Escenario 1**

Para calcular la potencia de recepción en el ONT del abonado más lejano con respecto a la OLT se debe de considerar la pérdida de potencia que se registra en la transmisión de datos hasta llegar al equipo de recepción, por lo que la pérdida de potencia para este escenario es 22.01 [dB]; teniendo en cuenta estos valores se calcula la potencia de recepción de la siguiente manera:

$$P_{rx} = 5[\text{dBm}] - 22.01[\text{dB}] \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$P_{rx} = -17.01 [\text{dBm}]$$

Una vez realizado el cálculo se puede determinar que la potencia de recepción que se registra sobre al abonado más lejano a la OLT toma un valor de -17.01 [dBm]; este resultado nos demuestra que la potencia recibida que se registra en el ONT se encuentra dentro del margen de la sensibilidad de recepción del equipo receptor, es decir por encima de -27.00 [dBm].

Por consiguiente, se puede ultimar que el ONT del abonado del sector San Martin de Porres Bajo consigue procesar los bits enviados desde la OLT a través de la red óptica sin mayores pérdidas de datos.

- **Escenario 2**

En el escenario 2 se define a la potencia de recepción considerando al abonado más cercano con respecto a la OLT, por lo que para el cálculo de este parámetro se toma en cuenta la pérdida de potencia registrada para este abonado, la misma que toma un valor de 21.84 [dB]; teniendo en cuenta estos datos se establece que la potencia de recepción es la siguiente:

$$P_{rx} = 5[dBm] - 21.84[dB] \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$P_{rx} = -16.84 [dBm]$$

La potencia de recepción que se calcula para el abonado más cercano a la OLT de la red GPON del sector San Martin de Porres Bajo es -16.84 [dBm]. Por lo que se tiene una diferencia de valores entre ambos escenarios de 0.17 [dBm], obviamente siendo el abonado más cercano el que registra mayor potencia de recepción.

En relación a los datos obtenidos en el cálculo de la potencia de recepción de los abonados considerados en los dos escenarios; se deduce que el valor de potencia de recepción se encuentra por encima de la sensibilidad del equipo ONT del abonado con -10.16 [dBm] de diferencia entre estos valores.

Esto significa que la red de fibra óptica GPON diseñada para el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas garantiza la capacidad de que la información sea transmitida desde la OLT hacia los equipos ONT de los abonados de manera que pueda ser detectada sin errores.

Además, permite concluir que la red de fibra óptica es capaz de soportar servicios convergentes con altas velocidades de transmisión y con calidad de servicio suficiente para experimentar una visión competitiva en comparación a otros métodos de transmisión tradicionales.

3.2 Proyección de crecimiento de la infraestructura red GPON

El diseño de la red de distribución (ODN) para el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas puede soportar un crecimiento poblacional del 14%, es decir, que la red GPON es capaz de brindar servicio a 56 viviendas adicionales de las 400 casas que actualmente existen. Sin embargo, el cable *feeder* desplegado para esta red tiene la capacidad de soportar un crecimiento de abonados en una proporción de 8000 usuarios.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones puede reutilizar la infraestructura de la red troncal diseñada para el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas para el despliegue de la red de transporte y de la red de acceso en zonas cercanas al sector en mención.

En la actualidad los sectores San Martín de Porres Alto y Santos Vainas tienen servicios de internet, voz, y televisión con tecnologías tradicionales, como al momento se emplea en el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas.

Estos sectores se encuentran geográficamente cerca al despliegue de la red GPON diseñado en este proyecto; por esta razón, se plantea la posibilidad de que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones pueda reutilizar la

infraestructura de la red de fibra óptica propuesto en este trabajo, y de esta manera poder brindar a los habitantes de estos sectores servicios convergentes con altas velocidades de transmisión y calidad de servicio.

3.2.1 Sector San Martin de Porres Alto

El sector San Martin de Porres Alto se encuentra al noreste del sector San Martin de Porres Bajo a una distancia aproximada de 300 [m]. De acuerdo a los datos obtenidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en el sector San Martin de Porres Alto habitan 1284 personas; si en promedio son 4 personas por vivienda se tiene un total de 321 casas que existen en esta zona. En la Tabla 21 se presenta esta información.

Tabla 21. Habitantes de sector San Martin de Porres Alto

Sector	Número de viviendas	Número de personas
San Martin de Porres Alto	321	1284

Tomado de (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015)

Debido a la cercanía geográfica que tiene este sector con el despliegue de la red de fibra óptica GPON del sector San Martin de Porres Bajo, se puede proyectar el crecimiento de la red hacia los habitantes del sector San Martin de Porres Alto reutilizando infraestructura del diseño propuesto, principalmente la infraestructura de la red troncal.

Como normativa de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones siempre se debe de considerar una proyección de crecimiento de al menos el 10%, teniendo en cuenta esta norma se determina lo siguiente:

$$Total Viviendas = 321 + 32.10 \quad (Ecuación \quad 10)$$

$$Total Viviendas \approx 354$$

Una vez calculado el 10% de proyección de crecimiento se ha determinado que el diseño de la red se debe de hacer para un total de 354 viviendas. En estas condiciones, es necesario el uso de dos armarios de distribución, ya que cada soporta un máximo de 288 abonados.

Cada armario de distribución puede tener en su interior un máximo de 9 *splitters* con relación de división 1:32, es decir que número total de *splitters* a utilizar sería 18. Para satisfacer a los 18 *splitters* es necesario un *feeder* de 24 hilos ya que cada hilo del cable troncal ingresa por el puerto de entrada de los *splitters* respectivamente.

Los puntos de acceso de red (NAP) tienen 12 puertos de entrada y salida, por lo que permite un máximo de 12 abonados por cada NAP. Esto significa que para poder satisfacer a las 354 viviendas son necesarios 30 puntos de acceso de red.

En resumen, en caso de que se realice un despliegue de red GPON en el sector San Martín de Porres Alto del cantón Esmeraldas de la provincia de Esmeraldas, los elementos que se utilizarían son los siguientes:

- Cable *feeder* 24 hilos
- 2 armarios de distribución (FDH)
- 18 *splitters* con relación de división 1:32
- 30 puntos de acceso de red (NAP)

3.2.2 Sector Santas Vainas

El sector Santas Vainas está ubicado al norte del sector San Martín de Porres Bajo teniendo una distancia entre éstos de 550 [m] aproximadamente. En este sector se cuenta con 650 viviendas, además del Centro de Detención de Tránsito y la Empresa Eléctrica de Esmeraldas; teniendo un promedio de 4 personas por vivienda, se define un total de 2600 habitantes. En la Tabla 22 se detalla esta información.

Tabla 22. Habitantes de sector Santas Vainas

Sector	Número de viviendas	Número de personas
San Martín de Porres Alto	650	2600

Tomado de (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2015)

Los habitantes del sector Santas Vainas tienen los servicios de internet, voz y video por medio de tecnologías tradicionales, por lo que puede existir el interés de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de desplegar la red de fibra óptica GPON con tecnología de acceso FTTH para poder ofertar servicios convergentes de telecomunicaciones a los habitantes y a su vez mejorar la calidad de su servicio en ese sector.

Para determinar al número de viviendas que estaría enfocado el diseño en este sector se toma en cuenta el 10% de proyección de crecimiento, es decir, que el número total de domicilios alcanzaría las 715 viviendas. Cabe indicar que estos valores son estimados, mas no es un porcentaje tácito de crecimiento poblacional.

Para lograr cubrir la demanda existente de los servicios en el sector Santas Vainas se deben de utilizar 3 armarios de distribución (FDH), ya que cada uno abastece a 288 abonados; por lo tanto, se utilizarán 27 *splitters* y un cable *feeder* con capacidad de 48 hilos.

Para el despliegue de la red de dispersión en este sector de Esmeraldas es necesario la instalación de 60 puntos de acceso de red; con este número de NAP se puede soportar los servicios convergentes y con altas velocidades de transmisión para todos los habitantes de Santas Vainas sin inconveniente alguno.

En caso de que se despliegue la red GPON de fibra óptica a través de la infraestructura de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, se resume que los elementos a utilizar para este sector serían los siguientes:

- Cable *feeder* 48 hilos
- 3 armarios de distribución (FDH)
- 27 *splitters* con relación de división 1:32
- 60 puntos de acceso de red (NAP)

En el diseño de la red de fibra óptica planteado en el capítulo 2 de este documento, se propone un sangrado de 96 hilos del cable troncal de 288 hilos; este sangrado puede ser utilizado para el despliegue de redes GPON en los sectores San Martín de Porres Alto y Santos Vainas del cantón Esmeraldas, como se ilustra en la Figura 38.

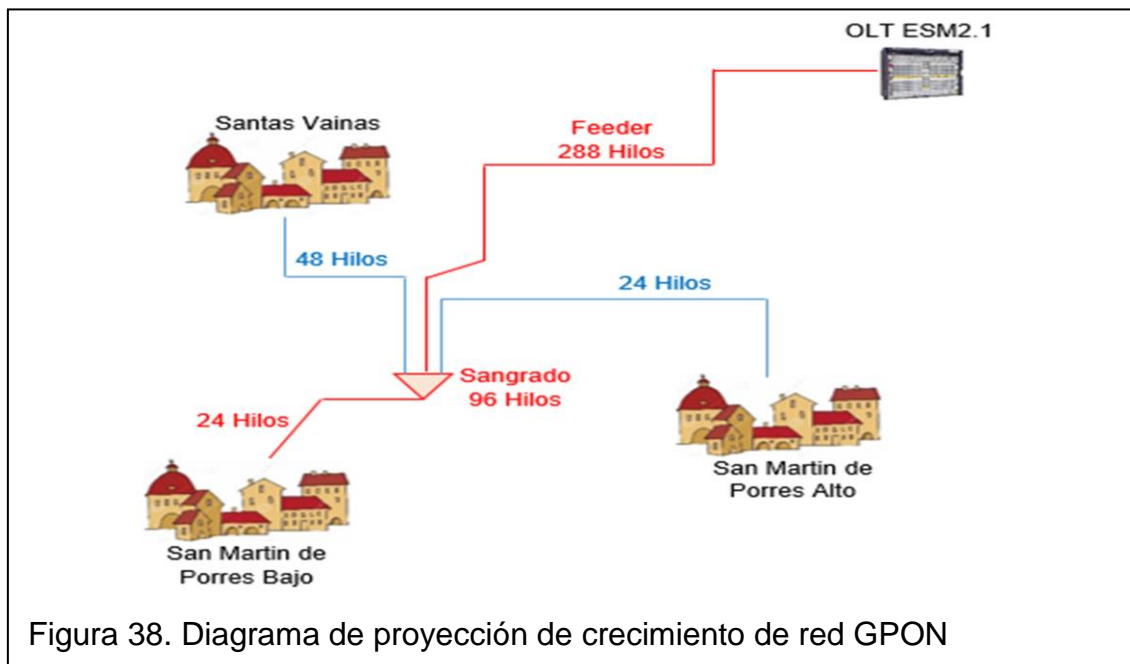


Figura 38. Diagrama de proyección de crecimiento de red GPON

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La red GPON diseñada en el sector San Martín de Porres Bajo del cantón Esmeraldas es capaz de registrar altas velocidades de transmisión con un retardo en la señal de transmisión de 1.5 [ms] a lo largo de 20[Km] de distancia, pudiendo beneficiar a los abonados del sector con una alta calidad de servicio capaz de soportar voz sobre IP, televisión sobre IP y navegación en internet. De esta forma, se cumple con las características técnicas que se especifica en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU-T G.984.1.

El sangrado del cable feeder puede ser de 96, 72, 48, 24, 12 y 6 hilos para su posterior tendido en la red de distribución (ODN), esto se especifica de acuerdo al número de habitantes del sector. En este diseño se realiza un sangrado de 96 hilos ya que se proyecta un posible crecimiento de la red hacia zonas cercanas otorgando servicios convergentes a más de 5000 abonados incluyendo los del sector San Martín de Porres Bajo.

En el diseño de la red GPON para el sector San Martín de Porres se utiliza un cable troncal de 288 hilos, del cual 96 hilos están destinados para este diseño; no obstante, existen otros sectores de Esmeraldas, no mencionados en este trabajo, que necesitan de servicios de telecomunicaciones a través de fibra óptica, por lo que 192 hilos pueden ser usados por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para expandir el despliegue de redes GPON a zonas que demanden de los servicios convergentes.

En las implementaciones de las redes GPON se puede establecer una relación de división de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128 dependiendo

de las necesidades de la red. No obstante, en la “Normativa de Diseño de la Planta Externa con Fibra Óptica ODN” elaborado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones se recomienda usar un *splitteo* de 1:32 para este tipo de diseño que consiste en el despliegue de redes GPON a barrios residenciales.

En el diseño de la red GPON para el sector San Martín de Porres Bajo se determina el uso de dos armarios de distribución (FDH) para satisfacer a las 400 viviendas del sector debido a que cada FDH soporta 288 abonados. Cabe destacar que el diseño involucra una red flexible con probabilidades de crecimiento, estos componentes de la red pueden servir en su totalidad a 576 abonados, consecuentemente la red de distribución diseñada en este proyecto es capaz de soportar 176 viviendas adicionales.

En la “Normativa de construcción de planta externa con fibra óptica ODN” establecida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, define que los puntos de acceso de red denominados NAP pueden ser subterráneos o aéreos. Sin embargo, habiendo postes de CNT E.P. ya instalados, se priorizó reutilizar la infraestructura existente en este sector a fin de ahorrar costos de instalación; por ello, los puntos de acceso de red son de tipo aéreo.

Las redes GPON pueden alcanzar 20 [Km] de distancia desde la OLT hasta el ONT según lo que indica la teoría, sin embargo, en este diseño que se basa en un modelo de red de distribución para una amplia población, no se emplea estas distancias debido a que la atenuación de la red superaría el presupuesto óptico señalado en la “Normativa de diseño de la planta externa con fibra óptica ODN” elaborado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, que toma un valor máximo de 24.80 [dB].

El valor de atenuación generado en la red para el escenario más crítico, que en este caso es sobre el abonado más lejano, tiene un valor de 22.01 [dB], esto demuestra que se cumple con el rango del presupuesto óptico establecido por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y, así mismo permite que la señal óptica no registre pérdidas por atenuación.

La potencia recibida que se registra en el ONT del abonado más lejano de la red tiene un valor de -17.01 [dBm], resultado que se encuentra por encima de la sensibilidad mínima del equipo que es -27.00 [dBm], por esta razón, se garantiza que la señal óptica que se recepta en el ONT es íntegra ya que puede procesar los pulsos ópticos transmitidos desde la OLT con una potencia óptica suficiente que garantice el desempeño de la red.

4.2 RECOMENDACIONES

En las instalaciones de redes de fibra óptica es importante tener una buena documentación y un correcto etiquetado de los componentes instalados a fin de tener una fácil y precisa localización de los mismos y a su vez facilitando las labores de mantenimiento y búsqueda en caso de daños ocasionados en la red óptica.

Realizar un mantenimiento preventivo en las redes ópticas instaladas en el cantón Esmeraldas que consistan en la ejecución de pruebas periódicas para evaluar alguna anomalía o degradación en el desempeño de la red con el propósito de evitar averías en la fibra óptica y registrar un funcionamiento efectivo y eficaz en la transmisión de datos hacia los abonados.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones debe de disponer del personal técnico capacitado y calificado para la implementación de las

redes de fibra óptica GPON con tecnología de acceso FTTH debido a que una mala práctica puede ocasionar una mayor atenuación sobre la señal óptica produciendo pérdida de potencia óptica.

Para determinar la capacidad del cable feeder se debe realizar un análisis previo de la proyección de crecimiento de la población en el sector donde se desplegará la red y de la posible expansión de la red hacia zonas cercanas, esto a fin de que no se desperdicie la capacidad del cable troncal y por otro lado la CNT E.P. pueda ahorrar costos en la implementación de la red.

Las redes GPON con tecnología de acceso FTTH registran velocidades de transmisión superiores a 1 [Gbps], por lo que se recomienda a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones incorpore el servicio de televisión sobre IP evitando brindar el servicio de televisión satelital a sus abonados; de esta manera puede aprovechar al máximo el rendimiento de las redes de fibra óptica.

Se sugiere que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones adquiera un analizador de espectro óptico para poder calcular la variable OSNR para el despliegue de redes GPON, ya que esto permitirá evaluar niveles de ruido presentes en la red y la afectación sobre el desempeño de la red GPON.

REFERENCIAS

- Alwayn, V. (2004). *Optical Network Design and Implementation*. Indianapolis: Cisco Press.
- Amper. (2009). *Elementos Pasivos para Redes FTTH*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de <http://www.amper.es/section.cfm?id=4&side=120&extrapage=71&lang=sp>
- Berral, I. (2014). *Instalación y mantenimiento de redes para transmisión de datos*. Madrid, España: Paraninfo.
- Caballero, J., Hens, F., Segura, R., & Guimerá, A. (2003). *Installation and Maintenance of SDH/SONET, ATM, xDSL and Synchronization Networks*. Norwood, Estados Unidos: Artech House. Recuperado el 8 de Septiembre de 2015, de <https://books.google.com.ec/books?id=rbrUeW2z7M4C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- CNT E.P. (2015). *Instructivo de Instalaciones para Clientes Finales en Redes FTTH-GPON*. Quito, Ecuador: Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- CNT E.P. (2015). *Normativa de Construcción de Planta Externa con Fibra Óptica ODN*. Quito, Ecuador: Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- CNT E.P. (2015). *Normativa de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica ODN*. Quito, Ecuador: Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- CNT E.P. (2015). *Normativa Técnica de Dibujo de las Redes de Planta Externa*. Quito, Ecuador: Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones. (2014). *CNT Pack*. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de <https://www.cnt.gob.ec/internet/tipo/fijo/>
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones. (2015). Documentación Interna del Departamento de Proyectos. Esmeraldas, Ecuador.

- Cvijetic, M., & Djordjevic, I. (2013). *Advanced Optical Communication Systems and Networks*. Norwood, Estados Unidos: Artech House.
- DeCusatis, C. (2007). *Handbook of Fiber Optic Data Communication* (3 ed.). Nueva York, Estados Unidos: Elsevier Inc.
- Douglas, G. (2006). *Física. Principios con Aplicaciones* (6 ed.). México: Pearson Educación.
- El Comercio. (2012). *Dos dragones chinos pelearon por jugosos contratos de la CNT*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2015, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/dragones-chinos-pelearon-jugosos-contratos.html>
- Exfo Inc. (2015). *Serie de webinarios alta velocidad/DWDM*. Estados Unidos: Exfo Inc.
- Herrera, E. (2003). *Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos*. México D.F., México: Limusa S.A.
- Herrera, E. (2004). *Introducción a las Telecomunicaciones Modernas*. México, D.F., México: Limusa S.A. Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de https://books.google.es/books?id=UE_Snss9muQC&pg=PA167&dq=fibra+multimodo&hl=es-419&sa=X&ved=0CEAQ6AEwAmoVChMIwMX64-CAxwIVyCUeCh2f7AI0#v=onepage&q=fibra%20multimodo&f=false
- Huawei Technologies Co. Ltd. (Junio de 2011). *Echolife HG8245 GPON Terminal V100R003C00&C01 Product Description*. Shenzhen, República de China: Huawei Technologies Co. Ltd. Obtenido de EchoLife HG8245 GPON Terminal.
- Huawei Technologies Co. Ltd. (Mayo de 2011). *Huawei SmartAX MA5600T*. Shenzhen, República Popular de China: Huawei Technologies Co. Ltd.
- Huawei Technologies Co., Ltd. (2015). *Terminal de línea óptica OLT de la serie MA5600T*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ma5680t#Download_More_Information
- Huidobro, J. (2006). *Redes y Servicios de Telecomunicaciones* (4 ed.). Madrid, España: Paraninfo S.A. Recuperado el 8 de Septiembre de 2015, de

<https://books.google.es/books?id=m58VnOVcApsC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

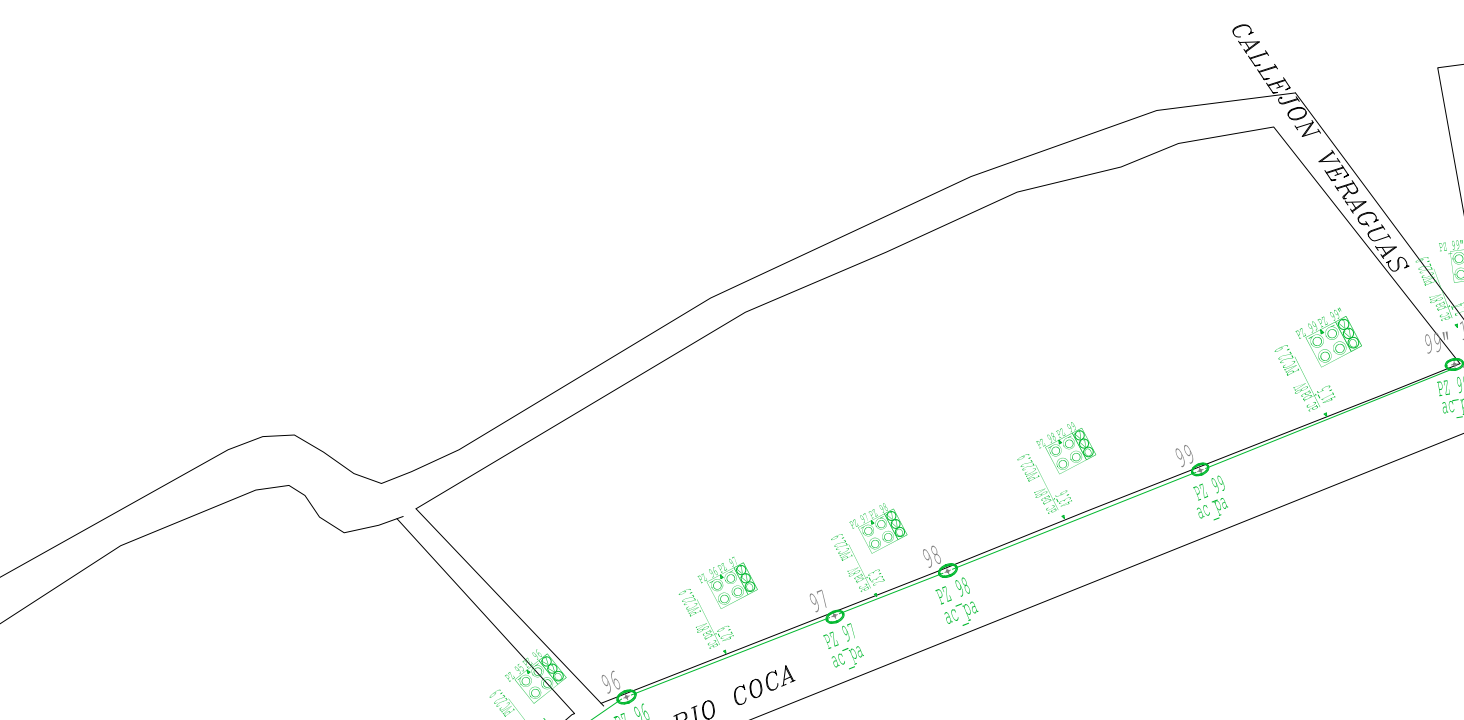
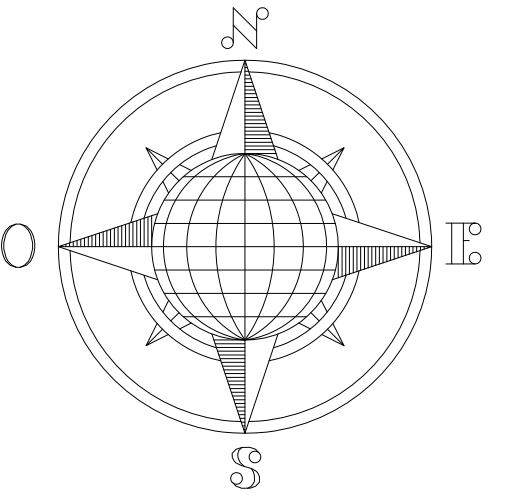
- Jiménez, R. (2014). Pulidos de la fibra óptica. En *Análisis del mercado de productos de comunicaciones*. Málaga, España: IC. Recuperado el 5 de diciembre de 2015, de <https://books.google.com.ec/books?id=nDTTCgAAQBAJ&pg=PT131&dq=pulidos+de+conectores+PC+APC&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi63Lk4OvJAhWBOiYKHRM4DfQQ6AEIHjAB#v=onepage&q=pulidos%20de%20conectores%20PC%20APC&f=false>
- Kane, J., & Sternheim, M. (2007). Propiedades Ondulatorias de la Luz. En *Física* (2 ed.). Barcelona, España: REVERTÉ S.A.
- Kartalopoulos, S. (2011). *Free Space Optical Networks for Ultra Broad-Band Services*. Nueva Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- Keiser, G. (2006). *FTTX Concepts and Applications*. Nueva Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- Lam, C. (2007). *Passive Optical Networks*. Nueva York, Estados Unidos: Elsevier Inc.
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Compras Públicas. (2008).
- Martínez, T. (2013). *Telequismo*. Recuperado el 13 de Agosto de 2015, de Redes GPON, las nuevas redes de operador: <http://www.telequismo.com/2013/02/gpon-operador.html>
- Mendioroz, F. (2014). *Sistemas de conmutación*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de Jerarquía Digital Sincrónica SDH: <http://es.slideshare.net/fernandomendioroz/sdh-43476118>
- Mukherjee, B. (2006). *Optical WDM Networks*. Nueva York, Estados Unidos: Springer Science+Business Media, Inc.
- Ramaswami, R., Sivarajan, K., & Sasaki, G. (2010). *Optical Networks* (3 ed.). Burlington: Elsevier Inc.
- Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional Contratación Pública. (2009).


- Román, R. (2010). *Diseño de la ampliación de la red de comunicación de Emelnorte utilizando fibra óptica y tecnología inalámbrica*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1583/1/CD-2723.pdf>
- Sanchez, M. (2012). *Guías de ondas*. Recuperado el 22 Agosto de 2015, de <http://guiasdeonda-sanchez.blogspot.com/2012/12/frecuencia-de-corte.html>
- SERCOP. (2015). *Valores/Misión/Visión*. Recuperado el 8 de Enero de 2016, de <http://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/valores/>
- Serpa, C. M., & Gómez Cardona, N. D. (2011). *Guía para el diseño, análisis e instalación de redes de fibra óptica*. Medellín, Colombia: ITM.
- Szymanczyk, O. (2013). *Historia de las Telecomunicaciones Mundiales*. Buenos Aires, Argentina: Dunken.
- Tyco Electronics Corporation. (2009). *LigthCrimp Plus Express*. Shanghai, República Popular de China: Tyco Electronics Corporation.
- Tyco Electronics Corporation. (2012). *Optical Line Solutions Data sheet*. Greensboro, Estados Unidos: Tyco Electronics Corporation.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (1991). *CCITT G.709 Estructura de multiplexación síncrona*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2003). *ITU-T G.984.2 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2005). *ITU-T G.983.1 Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2006). *ITU-T G.650 Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

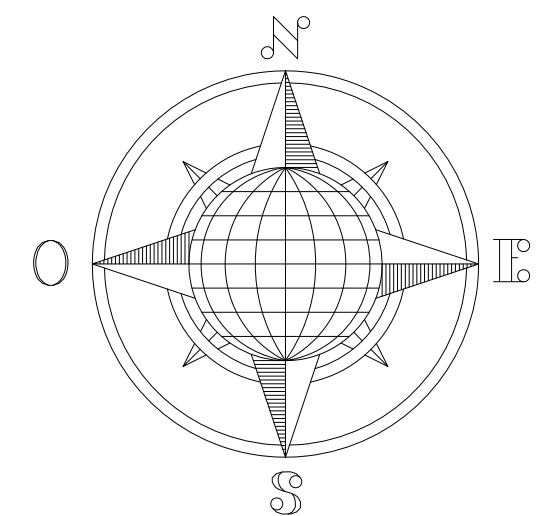
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2008). *ITU-T G.984.1 Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2009). *ITU-T G.652 Characteristics of a single-mode optical fiber and cable*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2010). *ITU-T G.650.1 Definitions and test methods for linear,deterministic attributes of single-mode fibre and cable*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2012). *ITU-T G.657 Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fiber and cable for the access network*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

ANEXOS

ANEXO 1
PLANOS DE UBICACIÓN DE POZOS DE REVISIÓN Y CANALIZACIÓN
EXISTENTE PARA DESPLIEGUE DE RED GPON EN EL SECTOR SAN
MARTIN DE PORRES BAJO



 <p>GERENCIA NACIONAL TECNICA GERENCIA DE INGENIERIA</p>	<p>Contiene:</p> <p>DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA GPON PARA PROPVEER SERVICIOS CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO DEL CANTON ESMERALDAS.</p> <p>POZOS DE REVISIDN Y CANALIZACION EXISTENTE</p>		<p>Fecha: ENERO DEL 2016</p> <p>Escala: 1000:100</p> <p>Dibujo: WANJING LIEN</p> <p>Hoja: 1 DE 2</p>
	<p>Proyecto:</p>	<p>DISEÑO Fiscalizó:</p>	<p>CONSTRUYO:</p>



MONUMENTO DEL BANANERO

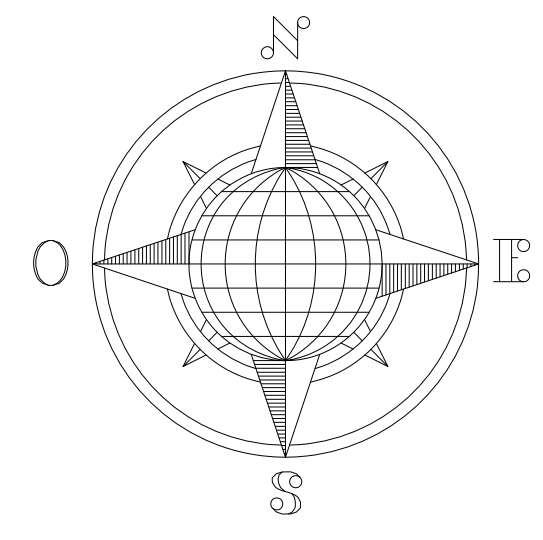


Contiene:
 DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA EPON PARA PROPVEER SERVICIOS CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO DEL CANTON ESMERALDAS.
 POZOS DE REVISION Y CANALIZACION EXISTENTE

Fecha:
 ENERO DEL 2016
Escala:
 1000/100
Dibujo:
 WANJING LIEN
Hoja:
 2 DE 2

GERENCIA NACIONAL TECNICA	Proyecto:	DISEÑO	Fiscalizaci:	Construyci:	CONSTRUCCION
GERENCIA DE INGENIERIA					Fiscalizaci:

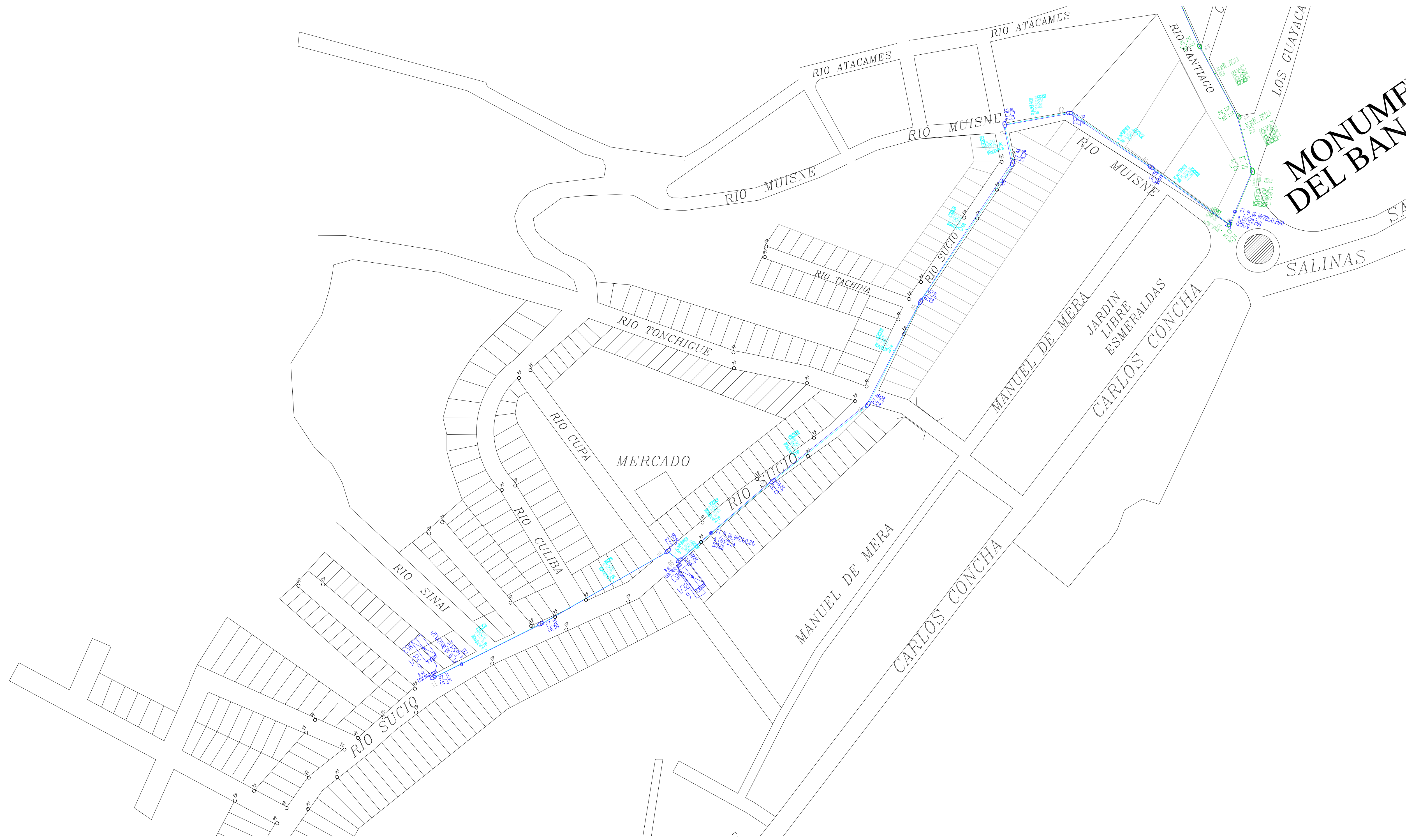
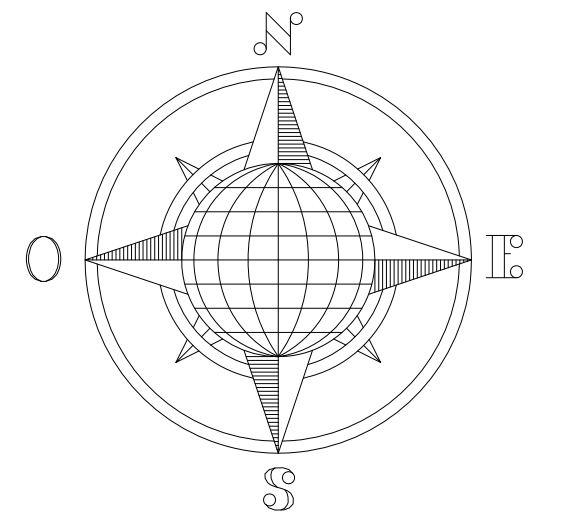
ANEXO 2
PLANOS DEL DESPLIEGUE DE LA RED TRONCAL EN EL SECTOR SAN
MARTIN DE PORRES BAJO




Contiene:
 DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EPON PARA PROPVEER SERVICIOS CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTÍN DE PORRES BAJO DEL CANTÓN ESMERALDAS.
 RED TRONCAL

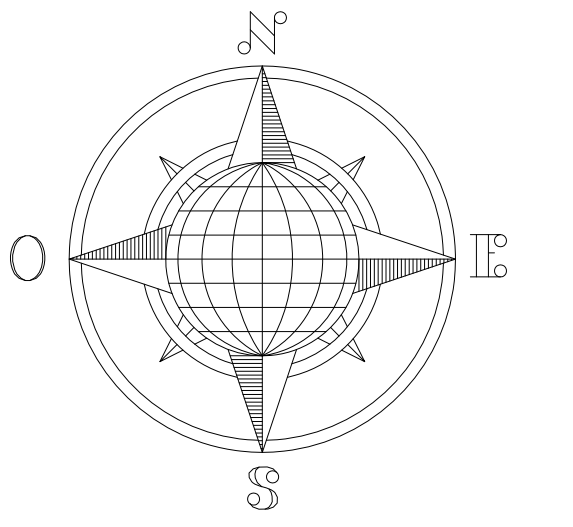
Fecha:
 ENERO DEL 2016
Escala:
 1000:100
Dibujo:
 VANJING LIEN
Hoja:
 1 DE 3

GERENCIA NACIONAL TÉCNICA	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
GERENCIA DE INGENIERIA	Proyecto: FISCALIZÓ:	CONSTRUYÓ: FISCALIZÓ:



	Contiene: DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA IPON PARA PROPVEER SERVICIOS CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO DEL CANTON ESMERALDAS.		Fecha: ENERO DEL 2016
	RED TRONCAL		Escala: 1000:100
GERENCIA NACIONAL TECNICA			Dibujo: WANJING LIEN
GERENCIA DE INGENIERIA			Hoja: 3 DE 3
Proyecto:		DISEÑO Fiscalizá:	CONSTRUCCION Fiscalizá:
		Construyo:	

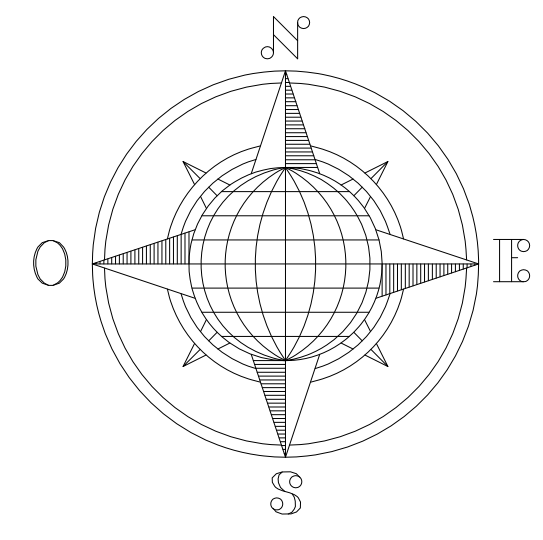
ANEXO 3
PLANOS DEL DESPLIEGUE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EL SECTOR
SAN MARTIN DE PORRES BAJO



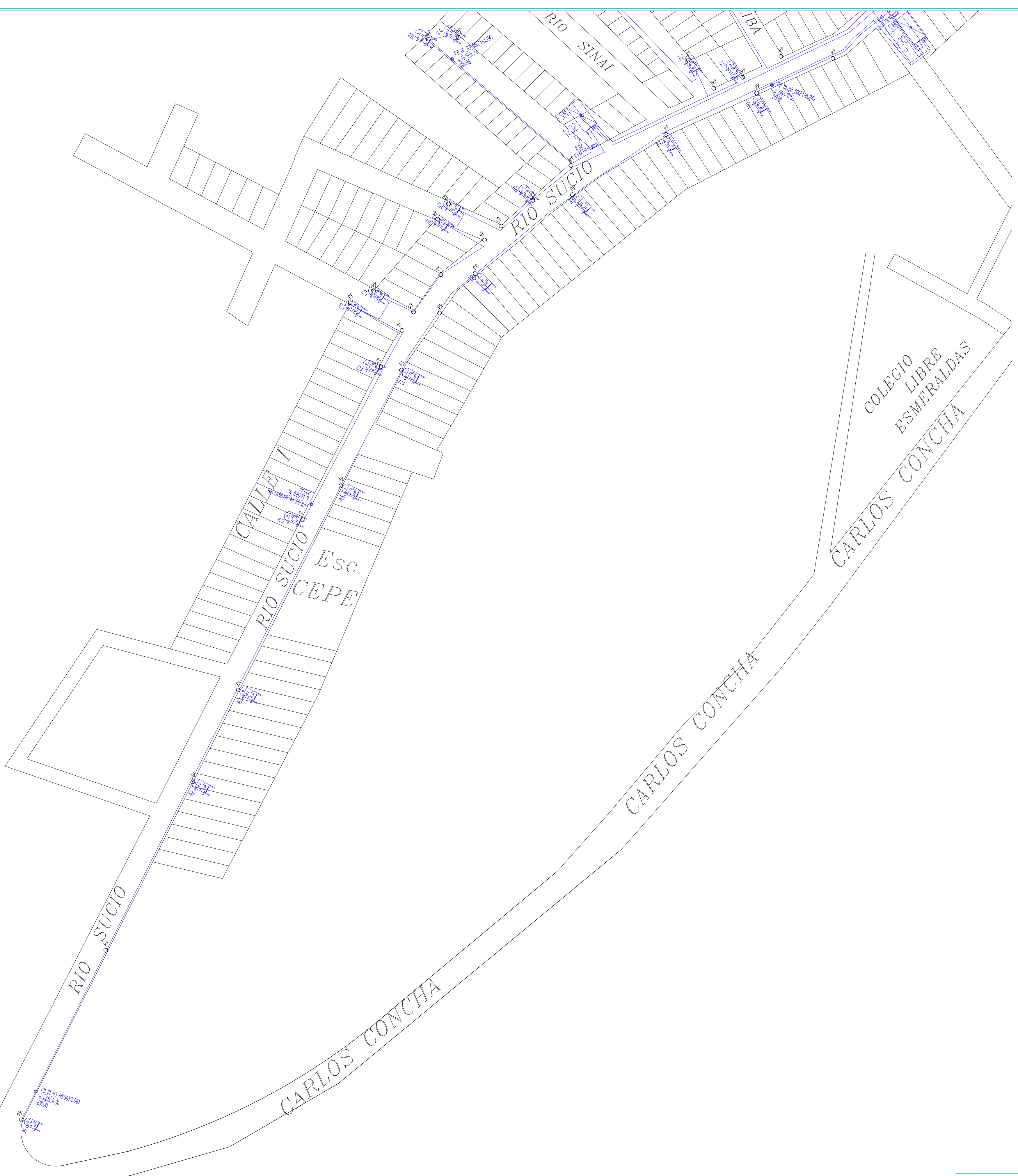
Contiene:
 DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA (PON PARA PROVEER SERVICIOS CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO DEL CANTON ESMERALDAS).
 RED DE DISTRIBUCION


Fecha:
 ENERO DEL 2016
Escala:
 1000/100
Dibujo:
 VANJING LIEN
Hoja:
 1 DE 2

GERENCIA NACIONAL TECNICA	DISEÑO	CONSTRUCCION
GERENCIA DE INGENIERIA	Proyecto: Fiscalizá:	Construyo: Fiscalizo:



NUEVA ENTRADA A
POR ATRAS DEL COLISEO



	Contiene: DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA (PON PARA PROPVEER SERVICIOS CONVERGENTES EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO DEL CANTON ESMERALDAS). RED DE DISTRIBUCION		Fecha: ENERO DEL 2016
	Escola: 1000:100		Dibujo: WANJING LIEN
Hoja: 2 DE 2		CONSTRUCCION Fiscalizo:	
GERENCIA NACIONAL TECNICA GERENCIA DE INGENIERIA	Proyecto:	Diseño Fiscalizo:	Construyo: Fiscalizo:

ANEXO 4
DATASHEET DE OLT MARCA HUAWEI MA5600T

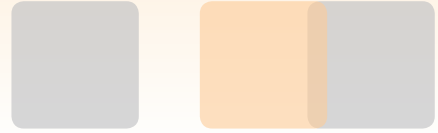
The First Aggregation OLT for Vertical Industry

Huawei SmartAX MA5600T Series Product



HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.





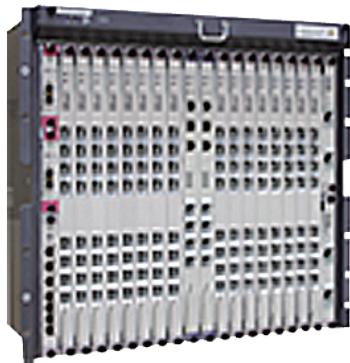
SmartAX MA5600T

As the first aggregation OLT in the industry, The SmartAX MA5600T series product integrate the aggregation and switching functions, provide the high-density GPON and Ethernet P2P access, abundant GE/10GE ports, high precision clock and strong platform capacity, provide the basic voice, high-speed internet, fluent video, steady TDM and the Ethernet private line services, which can improve the network reliability, reduce the investment in network construction, and reduce the O&M costs.

The MA5600T series product includes the large-capacity MA5600T and the medium-capacity MA5603T. The hardware and software of these two models are fully compatible with each other to reduce the costs of spare parts and O&M costs. The difference of MA5600T and MA5603T is that MA5600T provides 16 service slots and MA5603T provides 6 service slots.

Product platform history

- 2006, global first T-bit OLT for commercial deployment, and IEC InfoVision Award for creative in access platform
- 2008, global first “10G PON ready” OLT, enable FTTx seamless evolution
- 2009, global first access and aggregation Integrated OLT, simplify network architecture
- 2010, global first “IPV6 ready” (phase 2 enhanced) access device certificated by IPV6 forum.



MA5600T



MA5603T

Key Features

Large-capacity platform with Access and Aggregation Integration

- Developed based on the iMAP hardware platform and the IAS software platform of Huawei, the MA5600T series product takes on the advanced architecture and design.
- The switching capacity of the backplane is up to 3.2 Tbit/s, and the bidirectional switching capacity of the control board is up to 480 Gbit/s.
- High density GE/10GE interfaces for cascading, up to 36*10GE or 384*GE interfaces, no need for additional investment of aggregation switches
- Each GPBD board supports eight GPON ports, based on the 1:128 split ratio, the single subrack supports up to 8K ONTs. In 2012, Huawei will launch 16-port GPON board which can supports 16K ONTs.
- Sharing the development platform with Huawei's broadband access devices, the MA5600T series product support the Layer 2 and Layer 3 features of the broadband access devices to provide user-oriented and future-oriented functions.
- GE/GPON/NGPON coexisting on the same platform.
- aggregation switches

Any Access

- Large capacity IPTV service provision, 8K multicast users and 4K multicast channels and 2k concurrent multicast channels
- HQoS support 3-level QoS (Different ISP/ service/user) guarantees OLT wholesale
- Traditional E1 service access, Native TDM or CESoP for traditional E1 service of enterprise and mobile base station access
- E-LAN function for local traffic inter-connection, meet the requirements of enterprise and campus network

Powerful integrated GPON access capability

- Supports high bandwidth. The downstream rate is up to 2.488 Gbit/s and the upstream rate is up to 1.244 Gbit/s.
- Supports long distance. The maximum physical transmission distance of the ONT is 60 km. The physical distance between the farthest ONT and the nearest ONT can be up to 20 km.
- Supports high split ratio. The 8-port GPON board supports 1:128 split ratio, which increases the access capacity and saves the optical fiber resources.
- Support high density. The MA5600T series provides the 8-port and 16-port GPON board to increase the system capacity.





Powerful QoS capability

- Supports priority control (based on the port, MAC address, IP address, TCP port ID, or UDP port ID), priority mapping and modification based on the ToS field and 802.1p, and DSCP differentiated services.
- Supports bandwidth control (based on the port, MAC address, IP address, TCP port ID, or UDP port ID) with a control granularity of 64 kbit/s.
- Supports three queue scheduling modes: priority queue (PQ), weighted round robin (WRR), and PQ+WRR.
- Supports HQoS, which assures the multi-service bandwidth for multiple users: The first level assures the user bandwidth, and the second level assures the bandwidth for each service of each user. This ensures that the assured bandwidth is allocated absolutely and the burst bandwidth is allocated fairly.

Comprehensive security features

1. System security measure

- Protection against the DoS (denial of service) attack
- MAC (media access control) address filtering
- Anti-ICMP/IP packet attack
- Source address routing filtering
- Blacklist

2. User security measure

- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) Option 82 to enhance the DHCP security
- Binding between MAC/IP addresses and ports
- Anti-MAC spoofing and anti-IP spoofing
- Authentication based on the serial number (SN) and password of the ONU/ONT
- Triple churning encryption
- Encrypted broadcast transmission in the GPON downstream direction for different users, such as AES (advanced encryption standard) 128-bit encryption

- GPON type B OLT dual homing
- Smart link and monitor link for the network with dual upstream channels

Flexible network topology

As a multi-service access platform, the MA5600T series support multiple access modes and multiple network topologies to meet users' network topology requirements on different environment and services.

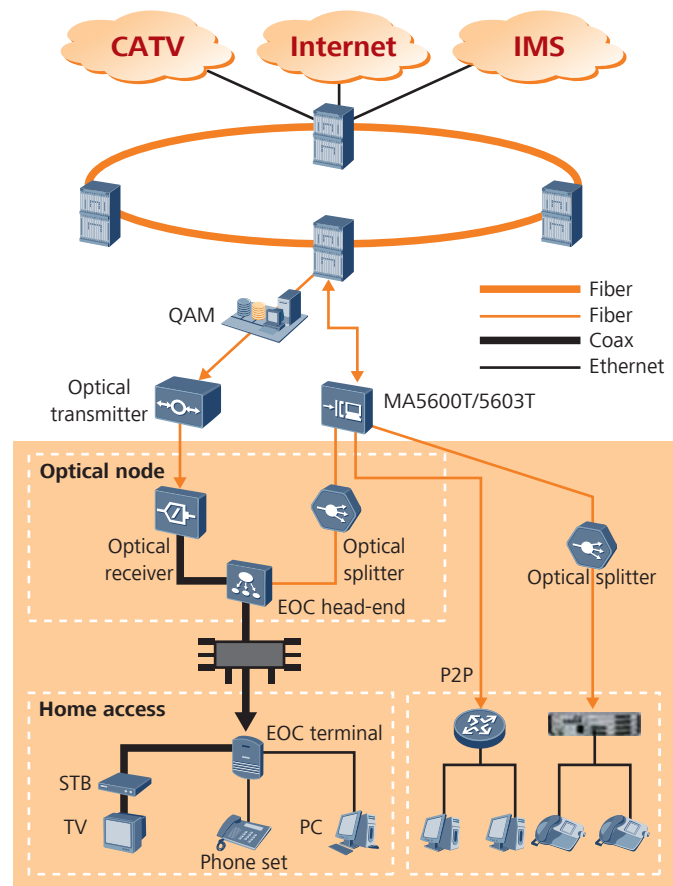


Figure 1 Network topology application for triple play in the broadcast and television industry

Distribution
Management
Centre

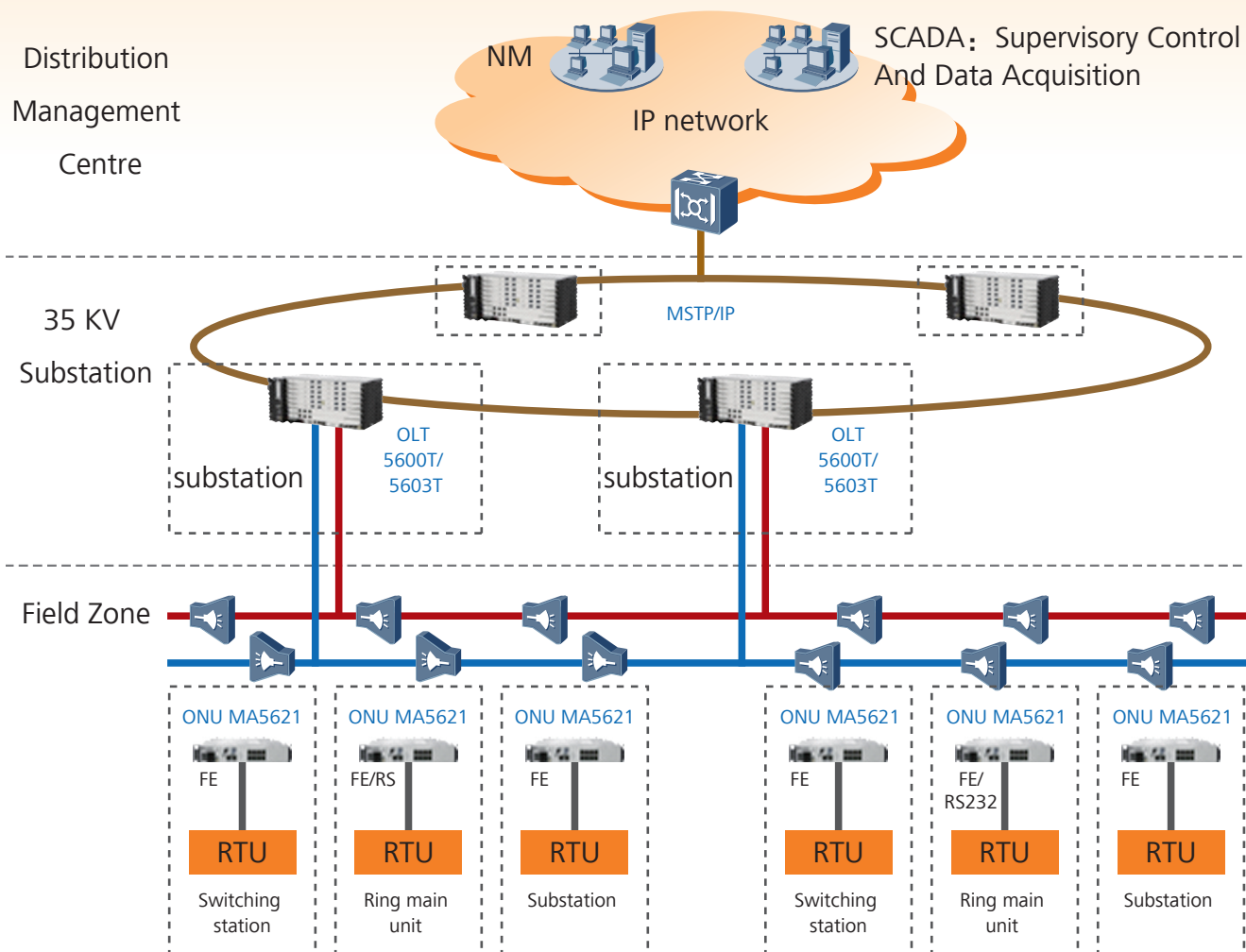


Figure 2 Network topology application for automatic power distribution in the electric power industry

High reliability design

- Adopts 1+1 redundancy backup for the control board and the upstream interface board.
- Provides the lightning-proof and anti-interference functions.
- Supports fault pre-warning on the exhaustive (consumed) units and parts, such as the fan, power supply, and battery.
- The 1+1 (type B) protection for the PON port and the 300 ms level service protection switchover for the backbone optical fiber are supported.
- Supports main control board in-service upgrade .
- Supports high temperature detection to ensure the system safety.
- The functions of querying the board temperature, setting the temperature threshold, and high temperature shutdown are supported.
- Supports hot swappable for all service boards and the control boards.
- Provides soft-start circuit, protective circuit, current-limit protection, and short circuit protection for the input power of the boards in the subrack to protect the boards against lightning strikes and surges.
- Supports GPON type C OLT dual homing.
- Supports smart link and monitor link for the network with dual upstream channels.



Green

- With Huawei self-developed GPON chipsets, the maximum power consumption of the 8-port GPON line card is only 51W
- Unique energy-saving bus, the idle service card can be powered off

Technical Specifications

System performance

- Backplane capacity: 3.2 Tbit/s; switching capacity: 960 Gbit/s; MAC address capacity: 512 K
- Layer 2/Layer 3 line rate forwarding
- Static route/RIP/OSPF/MPLS
- BITS/E1/STM-1/Ethernet clock synchronization mode and IEEE 1588v2 clock synchronization mode

GPON access board

- Adopts the design of 8-port high-density GPON board and 16-port GPON in 2012.
- Supports the SFP pluggable optical module.
- Supports 4 k GEM ports and 1 k T-CONTs.
- Supports a maximum split ratio of 1:128 (class C+ power module is needed).
- Supports the detection and isolation of the ONT that works in the continuous mode.
- Supports the flexible DBA working mode, and the low-delay or high-bandwidth efficiency mode.

Ethernet P2P access board

- Supports 48 FE or GE ports and the SFP pluggable optical module on each board.

- Supports the single-fiber bidirectional optical module.
- Supports the DHCP option 82 relay agent and the PPPoE relay agent.
- Supports Ethernet OAM.
- Supports Ethernet synchronization.

Subrack dimensions (Width x Depth x Height)

- MA5600T subrack: 490 mm x 275.8 mm x 447.2 mm
- MA5603T subrack: 442 mm x 283.2 mm x 263.9 mm

Running environment

- Operating ambient temperature: -25°C to $+55^{\circ}\text{C}$

Power input

- -48 VDC and dual power input ports (supported)
- Operating voltage range: -38.4 V to -72 V



GPON Port



Specifications of the GPON port

Parameter	Specification
Transmission rate	Receive (Rx): 1.25 Gbit/s Transmit (Tx): 2.50 Gbit/s
Connector type	SC/PC
Maximum transmission distance	20 km
Standard compliance	ITU-T G.984.2 CLASS B+
Central wavelength	Transmit (Tx): 1490 nm Receive (Rx): 1310 nm
Transmit optical power	1.5 dBm to 5.0 dBm
Extinction ratio	10 dB
Maximum receive sensitivity	-28 dBm
Overload power	-8 dBm

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2011. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademark Notice

 , HUAWEI, and  are trademarks or registered trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd. Other trademarks, product, service and company names mentioned are the property of their respective owners.

General Disclaimer

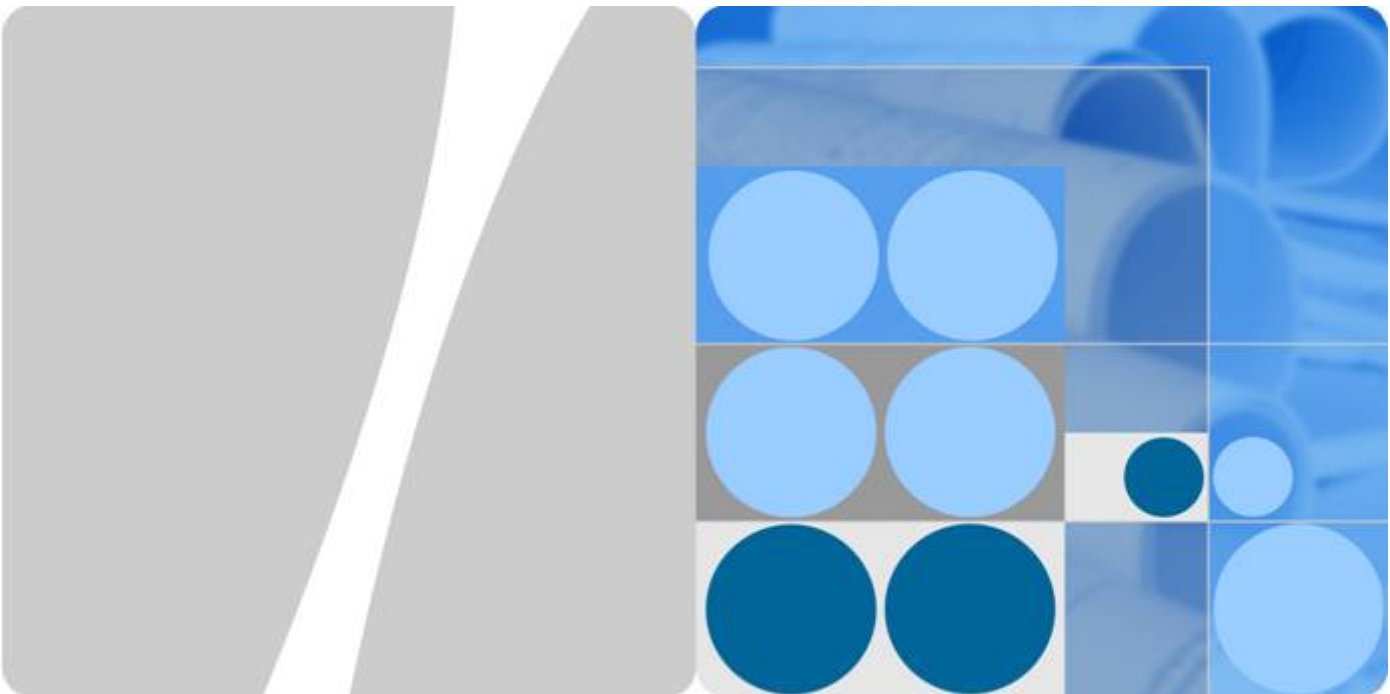
THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT MAY CONTAIN PREDICTIVE STATEMENTS INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, STATEMENTS REGARDING THE FUTURE FINANCIAL AND OPERATING RESULTS, FUTURE PRODUCT PORTFOLIO, NEW TECHNOLOGY, ETC. THERE ARE A NUMBER OF FACTORS THAT COULD CAUSE ACTUAL RESULTS AND DEVELOPMENTS TO DIFFER MATERIALLY FROM THOSE EXPRESSED OR IMPLIED IN THE PREDICTIVE STATEMENTS. THEREFORE, SUCH INFORMATION IS PROVIDED FOR REFERENCE PURPOSE ONLY AND CONSTITUTES NEITHER AN OFFER NOR AN ACCEPTANCE. HUAWEI MAY CHANGE THE INFORMATION AT ANY TIME WITHOUT NOTICE.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Huawei Industrial Base
Bantian Longgang
Shenzhen 518129, P.R. China
Tel: +86-755-28780808
Version No.: M3-142069999-20110722-C-1.0

www.huawei.com

ANEXO 5
DATASHEET DE ONT MARCA HUAWEI HG8245



**EchoLife HG8245 GPON Terminal
V100R003C00&C01**

Product Description

Issue **02**
Date **2011-06-15**

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2011. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions



HUAWEI and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute the warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address: Huawei Industrial Base
Bantian, Longgang
Shenzhen 518129
People's Republic of China

Website: <http://www.huawei.com>

Email: support@huawei.com

1 Introduction

1.1 Product Positioning

The HG8245 GPON terminal (hereafter referred to as the HG8245) is an indoor optical network terminal (ONT) designed for home users and small office and home office (SOHO) users. Its upper shell adopts the natural heat dissipation material, and its optical port adopts the dust-proof design with a rubber plug. The HG8245 is eye-pleasing and energy-efficient. It can be deployed on a workbench or mounted on a wall, meeting users' deployment requirements in different scenarios.

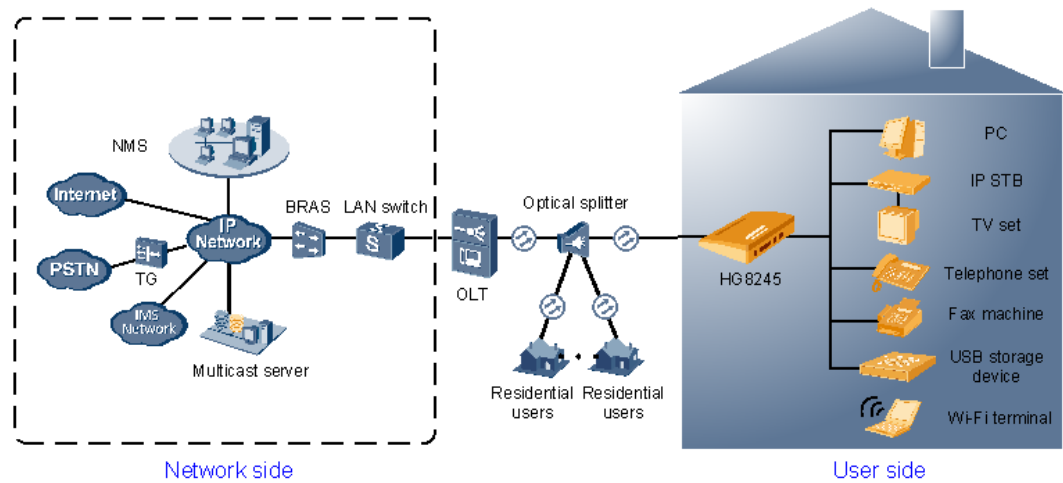
By using the Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) technology, the HG8245 provides a high-speed data channel through a single optical fiber with an upstream rate of 1.244 Gbit/s and a downstream rate of 2.488 Gbit/s. In this way, you can enjoy the high-speed data service, quality voice service, superior video service. Apart from that, you can also enjoy the secure and reliable wireless access service and the convenient home network attached storage and file sharing services.

As an ONT, the HG8245 provides the more convenient and efficient remote management function. It supports the TR-069 and ONT Management and Control Interface (OMCI) protocols and manages all home terminals in a unified manner, implementing remote fault diagnosis, service provisioning, and performance statistics.

1.2 Network Applications

As a network terminal, the HG8245 is deployed at the GPON access layer and connects the home users and SOHO users to the Internet through the optical upstream port. On the local area network (LAN) side, the HG8245 provides abundant hardware ports to meet multiple network requirements of home users and SOHO users.

Figure 1-1 shows the position of the HG8245 in a network.

Figure 1-1 Network topology of the HG8245

- In the upstream direction, the HG8245 is connected to the optical splitter and the network-side OLT through the passive optical network (PON) port, namely the OPTICAL port, to provide the integrated access service.
- In the downstream direction, the HG8245 is connected to various terminals through the abundant LAN-side ports, implementing the triple play service.
 - Four 10/100/1000M Base-T Ethernet ports, which can be connected to terminals such as the PC, STB, and video phone to provide the high-speed data and video services.
 - Two TEL ports, which can be connected to the telephone set or fax machine to provide the superior and cost-effective voice over IP (VoIP), fax over IP (FoIP), and modem over IP (MoIP) services.
 - Two Wi-Fi antenna, which can be connected to a Wi-Fi terminal through wireless connection to provide a secure and reliable high-speed wireless network.
 - One USB port, which can be connected to a USB storage device to provide convenient home network attached storage and file sharing services.

1.3 Product Highlights

1.3.1 Comprehensive Triple Play Service

On the LAN side, the HG8245 provides abundant hardware ports to implement multiple access services, including the home network attached storage, Internet access, voice, and video services, providing users with the comprehensive triple play service.

1.3.2 Secure and Reliable Wi-Fi Access

The HG8245 helps users build a secure and reliable wireless network based on the 802.11 b/g/n Wi-Fi access.

The Wi-Fi access of the HG8245 has the following features:

- Supports four SSIDs. The user can select different wireless networks by setting different SSIDs.

- Compatible with IEEE 802.11b/802.11g, passing the authentication of Wireless Fidelity (Wi-Fi) Alliance and featuring good compatibility with other WLAN devices.
- Supports multiple authentication and encryption modes, providing users with the secure and reliable wireless access.

1.3.3 Convenient Home Network Attached Storage and File Sharing Services

The HG8245 provides one USB port, which can be used to connect to a USB storage device to provide convenient home network attached storage and file sharing services.

The USB storage function of the HG8245 has the following features:

- The USB port supports plug and play (PnP) and hot plugging.
- The USB function can be configured on the local Web page, which facilitates home network attached file sharing.
- The USB port implements the FTP client for home storage, that is, downloading files from the FTP server in a public network to the USB storage device.

1.3.4 Secure and Powerful Gateway Functions

The HG8245 can function as a home gateway, which features the secure and powerful gateway functions.

The gateway features of the HG8245 are as follows:

- Forwarding rate up to 900 Mbit/s, meeting service requirements for a high quality
- Functioning as a DHCP server or a DHCP client, meeting various requirements in different scenarios
- Configuration of anti-DoS attack, MAC address filtering, IP address filtering, URL address filtering, firewall, and ONT ACL, making the HG8245 more secure and reliable when it functions as a gateway

1.3.5 Convenient Automatic Provisioning, Maintenance, and Management of the Remote Service

The HG8245 applies the TR-069 and OMCI management, manages terminal services without additional IP networks, which facilitates automatic provisioning, maintenance, and management of the remote service.

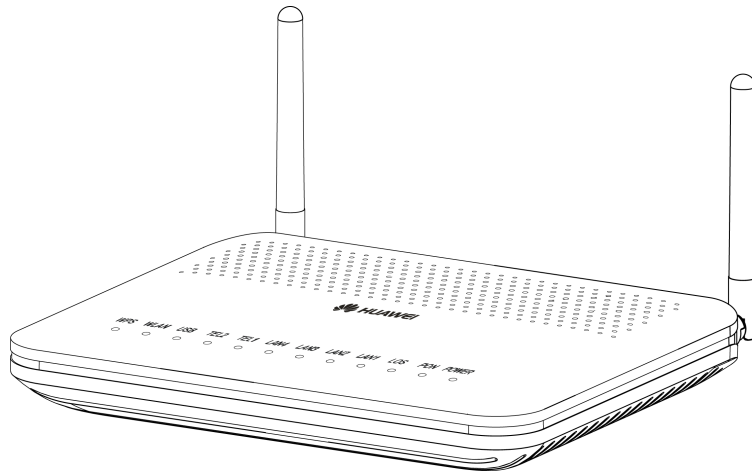
The remote service management of the HG8245 has the following features:

- Supports configuring the global profile and issuing the XML configuration file on the NMS. To provision ONT services in batches and adjust the network, only a few changes are required.
- Supports user-defined upgrade policies configured through the NMS. The device is automatically upgraded after being powered on and no manual operation is required.
- Supports remote performance management of the HG8245 through the NMS. By collecting the performance data, the network performance exception can be monitored in real time.
- Supports remote fault locating of the HG8245 through the NMS. Through alarm reporting and remote loopback diagnosis, the fault can be located remotely, which decreases the maintenance cost.

1.4 Hardware Features

1.4.1 Appearance

Figure 1-2 Appearance of the HG8245



1.4.2 Port/Button

Ports and Buttons on the Rear Panel

Figure 1-3 Ports and buttons on the rear panel of the HG8245

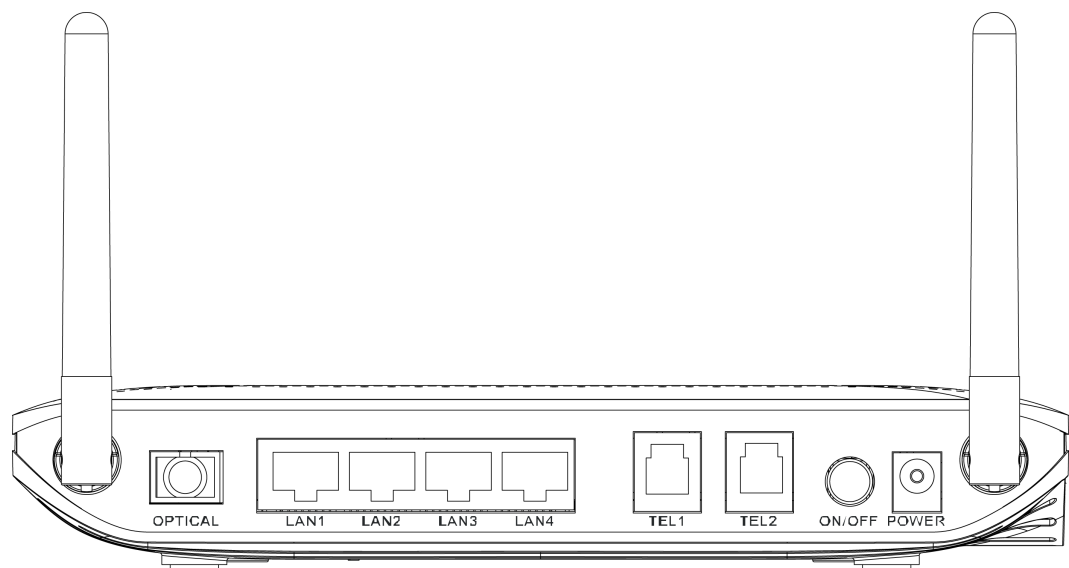


Table 1-1 Description of ports and buttons on the rear panel of the HG8245

Port/Button	Function
OPTICAL	Indicates an optical port. The optical port is equipped with a rubber plug and is connected to an optical fiber for upstream transmission. The type of the optical connector connected to the OPTICAL port is SC/APC.
LAN1–LAN4	Indicate auto-sensing 10/100/1000M Base-T Ethernet ports (RJ-45), used to connect to PCs or IP set-top boxes (STBs).
TEL1–TEL2	Indicate VoIP telephone ports (RJ-11), used to connect to the ports of telephone sets.
ON/OFF	Indicates the power button. It is used to power on or power off the device.
POWER	Indicates the power port, used to connect to the power adapter or backup battery unit.

Ports and Buttons on the Side Cover

Figure 1-4 Ports and buttons on the side cover of the HG8245

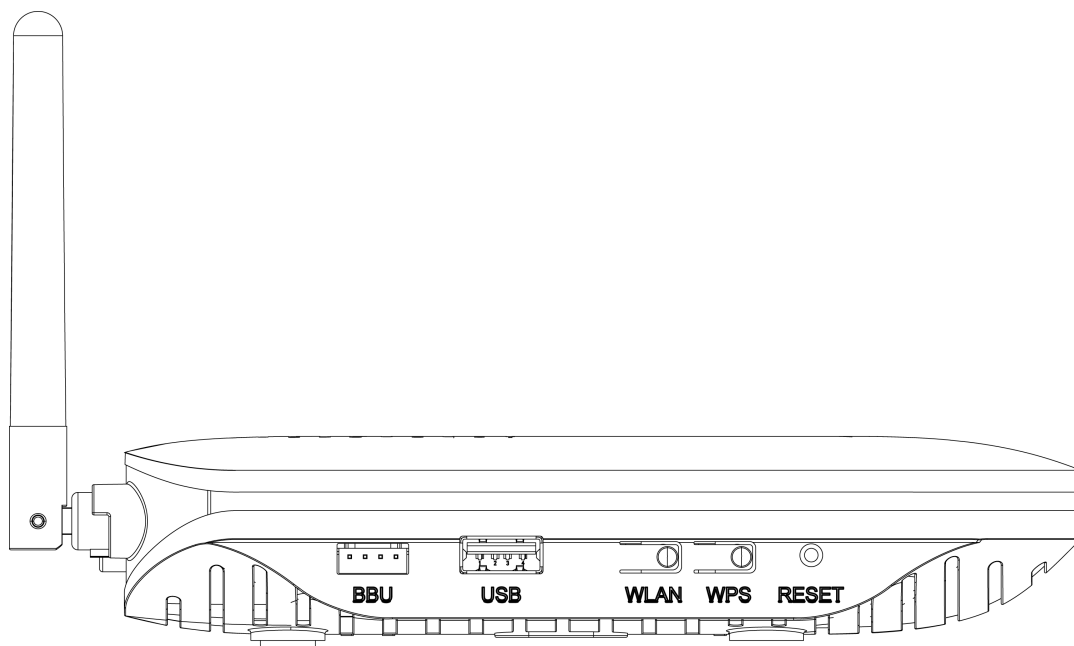


Table 1-2 Description of ports and buttons on the side cover of the HG8245

Port/Button	Function
BBU	Indicates an external backup battery monitoring port, used to connect to the backup battery unit for battery monitoring.
USB	Indicate USB host ports, used to connect to USB storage devices.
WLAN	Indicates the WLAN button, used to enable or disable the WLAN function.
WPS	Indicates the WLAN data encryption switch.
RESET	Indicates the reset button. Press the button for a short time to reset the device; press the button for a long time (longer than 10s) to restore the device to the default settings and reset the device.

1.4.3 LEDs

Figure 1-5 LEDs on the HG8245

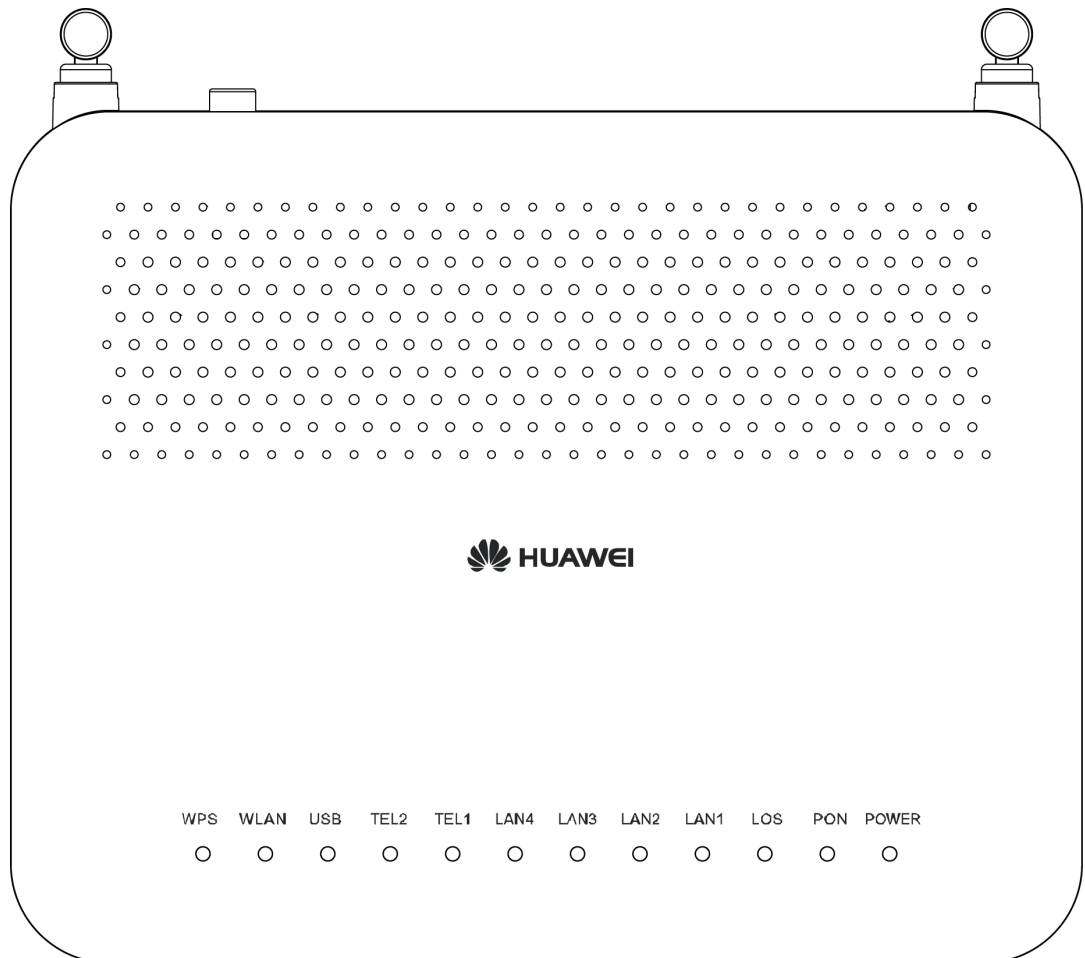


Table 1-3 Indications of the LEDs on the HG8245

LED	Description	Status	Description
POWER	Power supply LED	Green: always on	The device is powered on.
		Orange: always on	The backup battery is supplying power.
		Off	The power supply is cut off.
PON	Authentication LED	See Table 1-4 .	
LOS	Connection LED	See Table 1-4 .	
LAN1–LAN4	Ethernet port LED	Always on	The Ethernet connection is in the normal state.
		Blinks	Data is being transmitted on the Ethernet port.
		Off	The Ethernet connection is not set up.
TEL1–TEL2	Voice telephone port LED	Always on	The connection to the voice server is set up.
		Blinks quickly (twice per second)	The connection to the voice server is set up and the telephone is in the off-hook or ringing state.
		Blinks slowly (once two seconds)	The ONT is registering with the voice server.
		Off	The connection to the voice server is not set up.
USB	USB port LED	Always on	The USB port is connected and is working in the host mode, but no data is transmitted.
		Blinks quickly (twice per second)	Data is being transmitted on the USB port.
		Off	The system is not powered on or the USB port is not connected.
WLAN	WLAN LED	Always on	The WLAN function is enabled.
		Blinks	Data is being transmitted on the WLAN port.
		Off	The WLAN function is disabled.

LED	Description	Status	Description
WPS	WPS LED	Always on	The WPS function is enabled.
		Blinks	A Wi-Fi terminal is accessing the system.
		Off	The WPS function is disabled.

Table 1-4 Indications of the PON and LOS LEDs

No.	LED Status		Description
	PON	LOS	
1	Off	Off	The ONT is disabled by the OLT.
2	Blinks quickly (twice per second)	Off	The ONT is attempting to set up a connection to the OLT.
3	Always on	Off	The connection between the ONT and the OLT is set up.
4	Off	Blinks slowly (once two seconds)	The Rx optical power of the ONT is lower than the optical receiver sensitivity.
5	Blinks quickly (twice per second)	Blinks quickly (twice per second)	The OLT detects that the device is a rogue ONT.

2 Product Functions and Features

2.1 GPON Features

- Compliance with ITU-T G.984 GPON Recommendations
- Class B+ optical power budget
- A maximum upstream rate of 1.244 Gbit/s and downstream rate of 2.488 Gbit/s at the GPON physical layer
- GEM encapsulation mode
- 8 T-CONTs with up to 32 GEM ports
- GEM port to T-CONT mapping
- Multiple traffic mapping modes:
 - Mapping from VLAN to GEM port
 - Mapping from PRI to GEM port
 - Mapping from Ethernet port to GEM port
 - Mapping from VLAN+PRI to GEM port
 - Mapping from Ethernet port+VLAN to GEM port
 - Mapping from Ethernet port+PRI to GEM port
 - Mapping from Ethernet port+VLAN+PRI to GEM port
 - Mapping from IPToS to GEM port
- Dynamic Bandwidth Assignment (DBA)
- Forward error correction (FEC) function in the upstream and downstream directions
- Embedded OAM, physical layer OAM (PLOAM), and OMCI
- 128-bit advanced encryption standard (AES) in the downstream direction
- Authentication modes of SN, password, and SN+password
- Deactivation/Activation and re-register of the ONT
- Loopback test based on the GEM port

2.2 Ethernet Features

- Compliance with the IEEE 802.3ab standards
- Auto-negotiation of rate and duplex mode
- Setting to 10/100/1000 Mbit/s manually
- Setting to half duplex or full duplex mode manually
- MDI/MDI-X adaptation
- Upstream and downstream rate limit based on the Ethernet port with a granularity of 64 kbit/s
- PAUSE traffic control (IEEE 802.3 Annex 31B)
- Ethernet frame of up to 2000 bytes

2.3 Multicast Features

- IGMP V2&V3 Snooping
- IGMP proxy
- Bridge WAN multicast
- Up to 255 multicast groups
- VLAN transforming of the upstream multicast protocol packet
- Separate GEM ports for the downstream multicast service streams and the IGMP signaling packets
- Transformation, transparent transmission, and removal of the downstream multicast VLAN
- Filtering downstream multicast packets
- Multicast filtering and forwarding based on MAC address
- Authentication based on the GEM port
- Fast leave

2.4 Voice Features

- 19 preset ringing tones and 16 user-defined ringing tones
- Presetting the signal tone parameter according to country
- Configuring and issuing user-defined signal tones
- Session Initiation Protocol (SIP)
- H.248
- G.711A/u, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding
- Static and dynamic jitter buffer
- Dual-tone multi-frequency (DTMF) detection
- Local echo cancellation (EC)
- Receiving and sending DTMF 和 FAX based on RFC 2833

- RTP/RTCP (RFC 3550)
- Highest ringing current voltage provided by POTS ports: 60 V AC

2.5 WLAN Features

- Compliance with IEEE 802.11n, compatible with IEEE 802.11b/802.11g
- 4 service set identifiers (SSIDs) for differentiating networks
- 13 working channels
- Automatic and manual channel selection
- 64-bit and 128-bit WEP encryption
- TKIP, AES, and AES+TKIP encryption modes
- Negotiating the encryption algorithm and key according to the WPS standard
- Open system, shared key, WPA, WPA2, WPA-PSK, WPA2-PSK, and WPS authentication modes
- Power-conservation working mode of the interconnected STA
- Adjustable transmit power, with a maximum transmit power (including the antenna gain) of the overall system up to 85-100 mW

2.6 USB Features

- Compliance with USB 1.1/USB 2.0
- PnP and hot plugging of the USB storage device
- USB storage device of the USB hub or mass storage type
- Read and write operations in the FAT32/FAT/NTFS file system
- Automatic mounting/dismounting of the USB storage device
- Supports USB fast backup and USB recovery of the configuration file

2.7 OMCI Features

- OMCI configuration management (including the GEM port, T-CONT, CAR, and VLAN configurations)
- OMCI query management (including the device information and Ethernet port status)
- Issuing the XML configuration file through OMCI
- OMCI alarming and alarm synchronization
- OMCI performance statistics

2.8 Gateway Features

- Static route and default route
- Any port any service and automatic configuration of policy routing

- DHCP server and option 60 supported by the DHCP server
- DHCP client and options 6, 15, 42, 50, 60, and 120 supported by the DHCP client
- ARP, DDNS, NAT/NAPT, UPnP, ALG, Portal, and QoS
- Virtual server
- Port trigger and DMZ

2.9 Security Features

- Anti-DoS
- MAC address filtering
- IP address filtering
- URL address filtering
- Access control rule (ACL) configuration of the ONT

2.10 Device Maintenance

- Local service configuration, query, and software upgrade on the Web page
- Automatic remote service provisioning, device management, and software upgrade through OMCI
- Automatic remote service provisioning, device management, and software upgrade through TR-069
- Query of the information about the ONT optical transceiver
- Type B protection
- Reporting the Dying_Gasp alarm when the ONT is powered off
- System energy conservation
- Dual system protection of the software (normal system and mini system)

3 Technical Specifications

3.1 Optical Port Specifications

GPON Port Specifications

Table 3-1 GPON port specifications

Parameter	Specifications
Transmission rate	Rx: 2.488 Gbit/s Tx: 1.244 Gbit/s
Port mode	Single mode
Connector	SC/APC
Maximum reach	20 km
Standard compliance	ITU-T G.984.2 CLASS B+
Center wavelength	Tx: 1310 nm Rx: 1490 nm
Tx optical power	0.5 dBm to 5.0 dBm
Extinction ratio	> 10 dB
Maximum receiver sensitivity	-27 dBm
Maximum overload optical power	-8 dBm

3.2 Power Specifications

- Power adapter input: 100–240 V AC, 50–60 Hz

- System power supply: 11–14 VDC, 2A
- Maximum power consumption: 16 W

3.3 Working Environment

- Operating temperature: 0°C – 40°C
- Environment humidity: 5% – 95% (non-condensing)

3.4 Dimensions and Weight

- Dimensions (Length x Width x Height): 195 mm x 174 mm x 34 mm
- Weight (including power adapter): about 550 g

ANEXO 6
DATASHEET DE SPLITTERS CON RELACIÓN DE DIVISIÓN 1:32 MARCA
TYCO ELECTRONICS

Optical LAN Solutions

Plug-and-Play Splitters



TE's Mini Plug-and-Play Splitter Modules support centralized splitting architectures. The modules are available in a wide range of split ratios. The rugged packaging is built for high performance, while the true plug-and-play design reduces installation time.

FEATURES & BENEFITS:

- Bend-optimized fiber and ruggedized extreme temperature cabling
- Operating temperature range -55° to +85° C
- Wavelength range of 1260-1635 nm
- Easy to insert and remove without affecting adjacent splitters
- UL 1863 Listed

SPECIFICATIONS

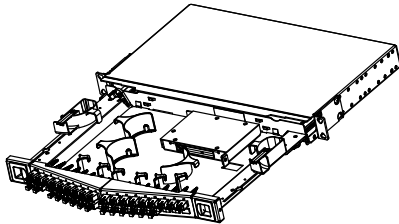
Splitter module output fibers:	Single mode, reduced bend radius fiber, terminated with SC/APC connectors
Test bandpass:	1260-1360nm, 1480-1500nm, 1550-1560nm
Overall bandpass:	1260-1625
Return loss at bandpass:	>55dB
Maximum insertion loss at test bandpass	
1x8:	10.9dB
1x16:	14.1dB
1x32:	17.3dB
2x16:	14.7dB
2x32:	18.0dB

ORDERING INFORMATION

Description	Part Number	
Optical Splitter Module Angled SC Pigtailed, Used with iFDH, FSB, Splitter drawer, and Splitter Panels	1 x 32 splitter	OLS-MPP13266
	1 x 16 splitter	OLS-MPP11666
	1 x 8 splitter	OLS-MPP10866
	2 x 16 splitter	OLS-MPP11666
	2 x 32 WDM Splitter	OLS-MPP11666
	2 x 32 splitter	OLS-MPP12A66

Optical LAN Solutions

FMT Splitter Module



TE's FMT Splitter Module is configured for fiber distribution racks in a wide variety of applications. It is a self contained 36 port 1RU chassis with front-access adapter ports that help easy configuration and reconfiguration of rack mount setups.

FEATURES

- A non-modular, high-density self-contained unit
- Flexible applications — fitting in any 19" or 23" rack unit
- Designed to fit in 1 RU (1.75")
- Features angle right/angle left adapter panels for strain relief
- Both standard power and WDM splitter capabilities offered

ORDERING INFORMATION

Description	Part Number	
1RU FMT Rack Mount Splitter	1 x 32 splitter	OPS-FMTSP-AJJ01
	2 x 32 splitter	OPS-FMTSP-GJJ01

DATA SHEET

Contact us:

Greensboro, NC
USA 27409-8420
Tel: 1-800-553-0938
Fax: 1-717-986-7406

www.te.com/EnterpriseNetworks



TE Connectivity, TE connectivity (logo), Tyco Electronics, and TE (logo) are trademarks of the TE Connectivity Ltd. family of companies and its licensors.

While TE Connectivity has made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information in this document, TE Connectivity does not guarantee that it is error-free, nor does TE Connectivity make any other representation, warranty or guarantee that the information is accurate, correct, reliable or current. TE Connectivity reserves the right to make any adjustments to the information contained herein at any time without notice. TE Connectivity expressly disclaims all implied warranties regarding the information contained herein, including, but not limited to, any implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. The dimensions in this document are for reference purposes only and are subject to change without notice. Specifications are subject to change without notice. Consult TE Connectivity for the latest dimensions and design specifications.

Tyco Electronics Corporation, a TE Connectivity Ltd. Company. All Rights Reserved.

316002AE 2/13 Original © 2012

ANEXO 7
DATASHEET DE CONECTORES SC/APC MARCA TYCO ELECTRONICS



LightCrimp Plus Express

Fast field installable connector

EnLighten
FTTH Solutions

 **Tyco Electronics**
Our commitment. Your advantage.

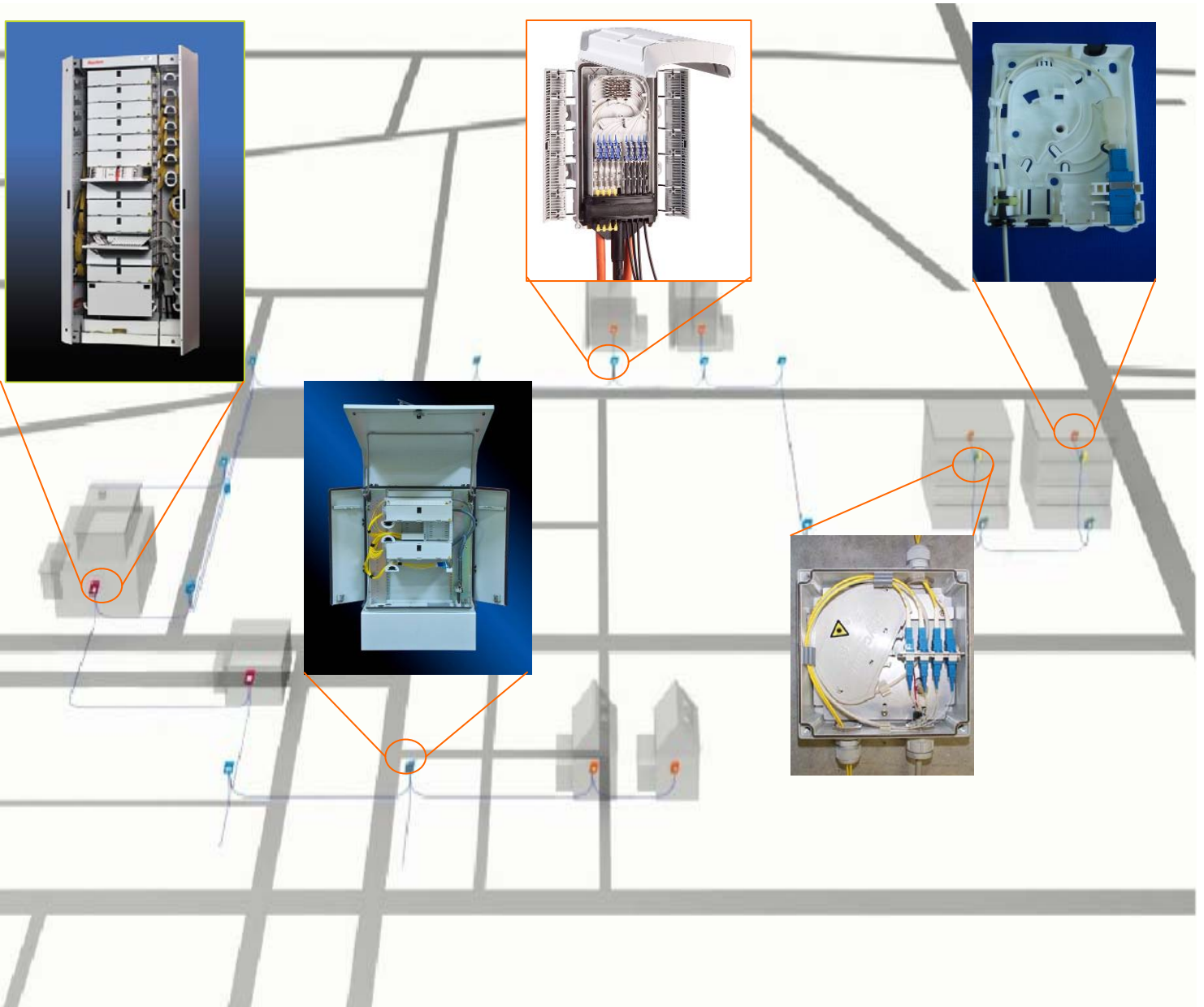
Description

LightCrimp Plus Express, SC/PC and SC/APC field installable connectors are ideal for FTTX applications.

The connector kits incorporate SC connectors with factory-polished fiber stubs and tooling to enable fast and reliable on-site termination.

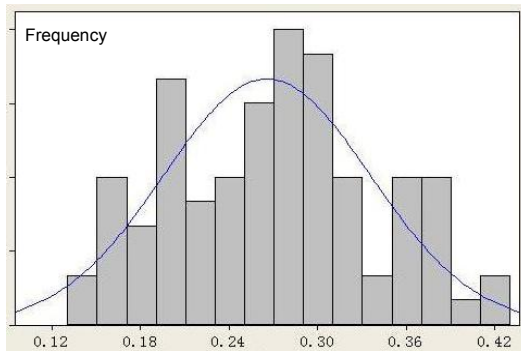
Features

- ◆ Simple, fast and reliable installation
- ◆ No special tooling required
- ◆ No epoxy, no polishing
- ◆ Mates with standard SC adaptors
- ◆ Suitable for use with commonly used cables:
 - round 3mm OD cable.
 - 2*3 mm "Figure 8" drop cable.

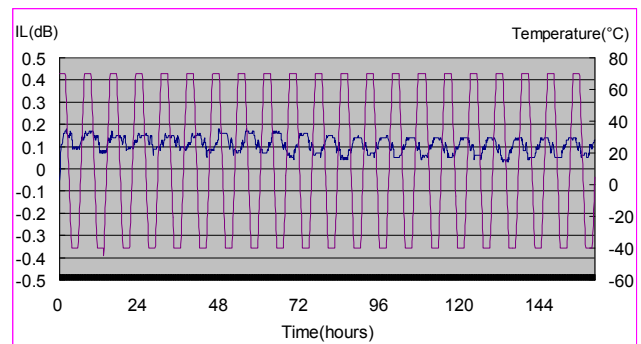


Specifications:

Connector length (ferrule tip to boot):	56mm
Typical insertion loss*:	0.3dB
Δ I.L. during Temp cycling*:	0.2dB
Max. return loss*	-40dB for SC/PC -55dB for "digital SC/APC"***
Δ R.L. during Temp cycling*:	5dB
Storage Temperature:	-40 to 75°C
Operating temperature:	-10 to 60°C
Mating durability:	500 times
Cable retention:	10N for 2*3mm figure 8 drop cable 20N for 3mm OD cable



Insertion loss*
(1550nm, 1000pcs)



Typical insertion loss variation*
(-40°C/+70°C, 1550nm)

* Measurements for installations with identical standard ITU-T single mode fiber.

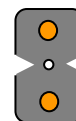
** "Digital SC/APC" connectors have standard SC/APC factory-polished 8-degree fiber stub/ferrule end faces for full inter-mateability of the terminated connector-assembly with other SC/APC connectors. When installing the connector on a fiber, the internal connector-fiber-interface to the fiber to be connectorised is a cleaved at 90-degree index-matched. This allows convenient use of standard cleavers (which generate 90-degree fiber cleaves) when preparing the fiber to be connectorized. Typical RL achieved is -60dB (-55dB max).

Compatible cable types:

Contact Tyco Electronics for assistance with compatibility of other cable types.



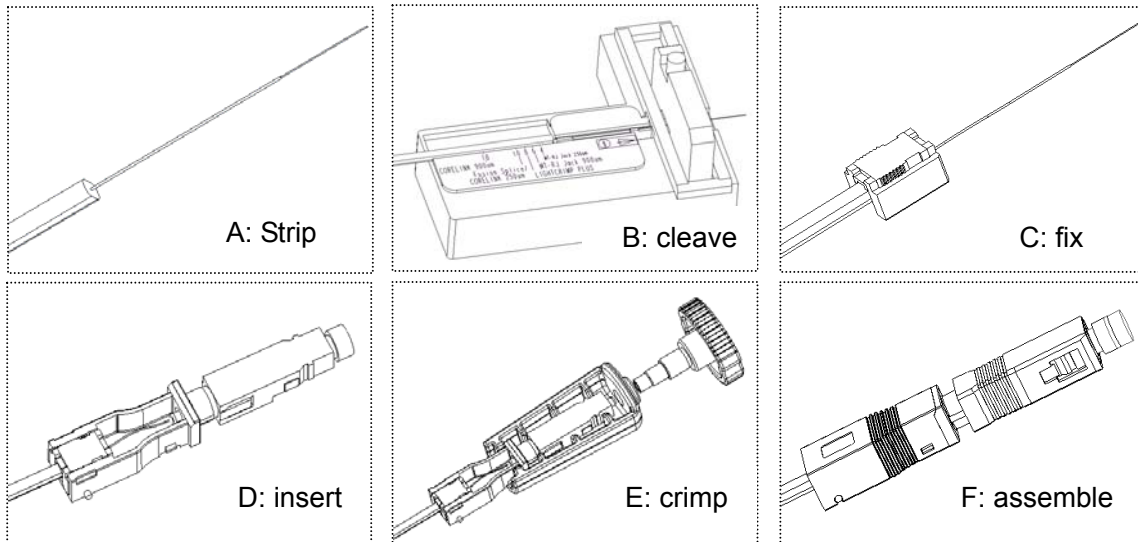
3mm OD cable



2*3mm figure 8 cable

Fast installation

Note: Fiber cleaver (recommended Tyco Electronics Part is PN 1871696-1) and stripper are not included in the connector kit. Most standard fiber cleavers which provide a 10mm cleave length are suitable for use with the connector.



Ordering information

LCPE - XX - XX - X

Connector type _____

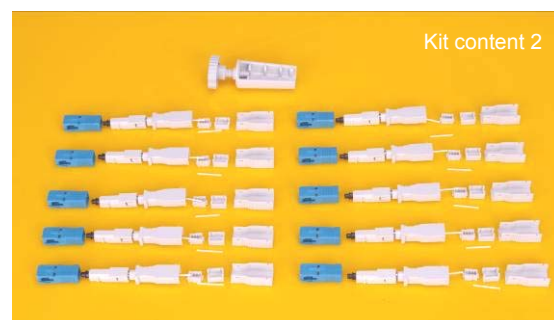
- S1** SC/PC
- S2** Digital SC/APC

Cable type _____

- A8** single mode, 2*3mm figure 8 drop cable
- A3** single mode, 3mm round cable with Kevlar

Kit content

- 1** Single connector kit
- 2** Package of 10 connectors



Tyco Electronics, TE logo & LightCrimp are trademarks.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, Tyco Electronics makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. Tyco Electronics' obligations shall only be as set forth in Tyco Electronics' Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will Tyco Electronics be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of Tyco Electronics products should make their own evaluation to determine the suitability of each such product for the specific application.

Raychem Shanghai Cable Accessories Ltd.
 287 Qinjiang Road, Shanghai, China
 Tel: 86-21-61067000 Fax: 86-21-64852522
www.tycoelectronics.com
www.telecomosp.com

TC-2067/SIP/ACS/2-12/09

ANEXO 8
RECOMENDACIÓN ITU-T G.984.1 GIGABIT CAPABLE - PASSIVE
OPTICAL NETWORKS (GPON): GENERAL CHARACTERISTICS



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.984.2

(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y
redes locales

**Redes ópticas pasivas con capacidad
de gigabits: Especificación de la capa
dependiente de los medios físicos**

Recomendación UIT-T G.984.2

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.984.2

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

Resumen

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de anchura de banda de los servicios para empresas y particulares, y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido ascendente. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD). La capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para los sistemas GPON se describen en otra Recomendación UIT-T.

El sistema descrito constituye una evolución con respecto al de la Rec. UIT-T G.983.1. En esta Recomendación se mantienen los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1, en la medida de lo posible, a fin de lograr la máxima compatibilidad con los sistemas e infraestructura de fibra óptica existentes.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.2 fue aprobada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 16 de marzo de 2003.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones.....	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Arquitectura de la red de acceso óptico	3
6 Servicios	4
7 Interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio	4
8 Requisitos de la red óptica.....	4
8.1 Estructura de la red óptica dividida en capas	4
8.2 Requisitos de la capa dependiente del medio físico para la GPON	4
8.3 Interacción entre la capa PMD de la GPON y la capa TC	24
Apéndice I – Asignación del tiempo de tara de la capa física (informativo).....	27
Apéndice II – Descripción del mecanismo de nivelación de potencia y ejemplos.....	29
II.1 Introducción.....	29
II.2 Niveles de la ONU.....	29
II.3 Umbrales en la OLT	29
II.4 Detección de potencia.....	31

Recomendación UIT-T G.984.2

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

1 Alcance

Esta Recomendación tiene por objeto describir las redes de acceso flexible que utilizan la tecnología de fibra óptica. Se centra principalmente en los servicios de soporte de red con requisitos de anchura de banda que van desde los servicios vocales hasta los servicios de datos con velocidades de gigabits por segundo. Además, se incluyen servicios distributivos.

En esta Recomendación se describen las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN, *optical access network*) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio.

La OAN contemplada en esta Recomendación debe permitir que el operador de red ofrezca versiones mejoradas con la suficiente flexibilidad para satisfacer las necesidades futuras de sus clientes, en particular en la zona de la red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*). La ODN considerada se fundamenta en la opción de árbol y rama punto a multipunto.

Esta Recomendación se centra en las cuestiones propias de la fibra, ya que las cuestiones relativas al cobre en los sistemas híbridos se describen en otros documentos tales como las Recomendaciones sobre la línea de abonado digital x (xDSL, *digital subscriber line x*) (serie G.99x).

Esta Recomendación se centra además en las adiciones y modificaciones de las Recomendaciones anteriores de la serie G.983.x, que describen una arquitectura basada en el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) por una red óptica pasiva. La finalidad de estas adiciones y modificaciones es soportar velocidades de datos más altas, especialmente para el transporte de servicios de datos.

En esta Recomendación se proponen los requisitos y especificaciones de la capa física para la capa PMD de una red óptica pasiva con capacidad de gigabits (GPON, *gigabit-capable passive optical network*). Las especificaciones de la capa TC y del protocolo de determinación de distancia se describen en otra Recomendación UIT-T.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*.
- [2] Recomendación UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona*.
- [3] Recomendación UIT-T G.982 (1996), *Redes de acceso óptico para el soporte de servicios que funcionan con velocidades binarias de hasta la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) o velocidades binarias equivalentes*.

- [4] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*.
- [5] Recomendación UIT-T G.983.3 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante atribución de longitud de onda*.
- [6] Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Características generales*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se utilizan a menudo términos definidos en las Recomendaciones UIT-T G.983.1 y G.983.3. Para mayor facilidad, se incluyen en esta cláusula las principales definiciones relativas a la capa PMD de las GPON.

3.1 red de acceso óptico (OAN, *optical access network*): Conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

3.2 red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*): Aquella que proporciona el medio de transmisión óptico desde la OLT hasta los usuarios, y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.

3.3 terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*): Aquella que proporciona la interfaz en el lado red de la OAN y está conectada a una o varias ODN.

3.4 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*): ONU utilizada para FTTH y que incluye la función de puerto de usuario.

3.5 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*): Aquella que proporciona (directamente o a distancia) la interfaz en el lado usuario de la OAN y está conectada a la ODN.

3.6 acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *time division multiple access*): Técnica de transmisión en la que se multiplexan muchos intervalos de tiempo en una misma parte útil.

3.7 multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*): Multiplexación bidireccional que emplea diferentes longitudes de onda para las señales ascendentes y descendentes.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

APD	Fotodiodo de avalancha (<i>avalanche photodiode</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
CID	Dígitos idénticos consecutivos (<i>consecutive identical digit</i>)
DFB	Láser con realimentación distribuida (<i>distributed feedback laser</i>)
DSL	Línea de abonado digital (<i>digital subscriber line</i>)
E/O	Eléctrico/óptico (<i>electrical/optical</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
FTTH	Fibra a la vivienda (<i>fibre to the home</i>)
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de gigabits (<i>gigabit-capable passive optical network</i>)

MLM	Modo multilongitudinal (<i>multi-longitudinal mode</i>)
MPN	Ruido de partición de modo (<i>mode partition noise</i>)
NRZ	Sin retorno a cero (<i>non return to zero</i>)
O/E	Óptico/eléctrico (<i>optical/electrical</i>)
OAN	Red de acceso óptico (<i>optical access network</i>)
ODF	Repartidor óptico (<i>optical distribution frame</i>)
ODN	Red de distribución óptica (<i>optical distribution network</i>)
OLT	Terminación de línea óptica (<i>optical line termination</i>)
ONT	Terminación de red óptica (<i>optical network termination</i>)
ONU	Unidad de red óptica (<i>optical network unit</i>)
ORL	Pérdida de retorno óptica (<i>optical return loss</i>)
PIN	Fotodiodo sin ganancia por avalancha interna (<i>photodiode without internal avalanche gain</i>)
PON	Red óptica pasiva (<i>passive optical network</i>)
PRBS	Secuencia pseudoaleatoria de bits (<i>pseudo-random bit sequence</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SLM	Modo monolongitudinal (<i>single-longitudinal mode</i>)
SNI	Interfaz de nodo de servicio (<i>service node interface</i>)
SOA	Amplificador óptico de semiconductores (<i>semiconductor optical amplifier</i>)
TC	Convergencia de transmisión (<i>transmission convergence</i>)
TDM	Multiplexación por división en el tiempo (<i>time division multiplexing</i>)
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access</i>)
UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user network interface</i>)
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Arquitectura de la red de acceso óptico

Véase la Rec. UIT-T G.983.1. Para mayor facilidad, se reproduce a continuación la figura 5/G.983.1.

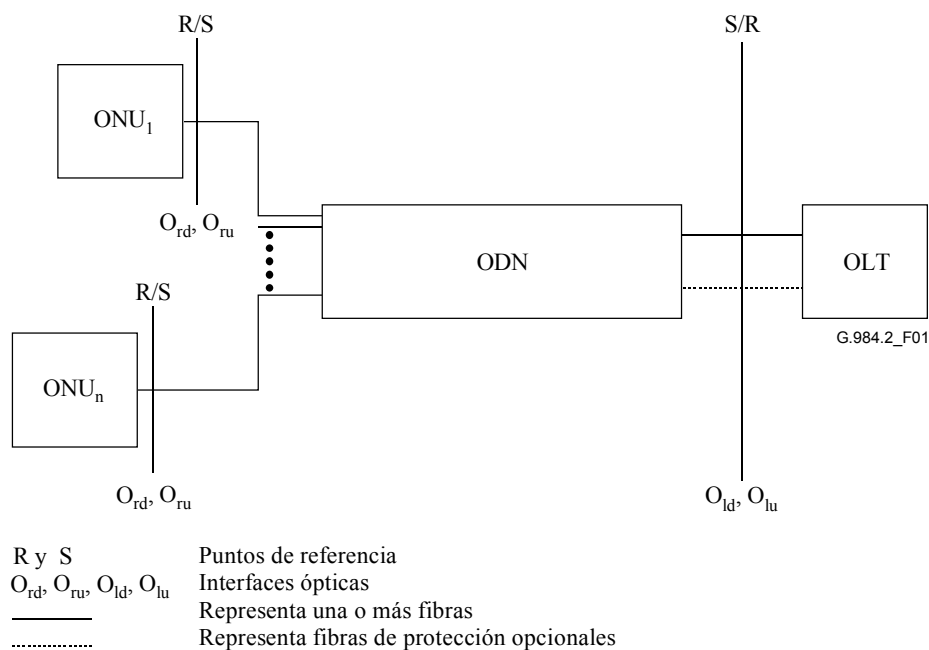


Figura 1/G.984.2 – Configuración física genérica de la red de distribución óptica (reproducción de la figura 5/G.983.1)

Los dos sentidos de transmisión óptica en la ODN se definen del siguiente modo:

- sentido descendente: el de las señales transmitidas de la OLT a la(s) ONU,
- sentido ascendente: el de las señales transmitidas de la(s) ONU a la OLT.

La transmisión en sentido descendente y la transmisión en sentido ascendente pueden tener lugar en la misma fibra y en los mismos componentes (funcionamiento dúplex/dúplex), o en fibras y componentes distintos (funcionamiento símplex).

6 Servicios

Véase la Rec. UIT-T G.984.1.

7 Interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio

Véase la Rec. UIT-T G.984.1.

8 Requisitos de la red óptica

8.1 Estructura de la red óptica dividida en capas

Véanse las Recomendaciones UIT-T G.983.1 y G.983.3.

8.2 Requisitos de la capa dependiente del medio físico para la GPON

8.2.1 Velocidad binaria nominal de la señal digital

La velocidad en la línea de transmisión debe ser múltiplo de 8 kHz. El sistema normalizado deseado tendrá las siguientes velocidades nominales de línea (sentido descendente/sentido ascendente):

- 1244,16 Mbit/s/155,52 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s/622,08 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s/1244,16 Mbit/s,

- 2488,32 Mbit/s/155,52 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/622,08 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/1244,16 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/2488,32 Mbit/s.

Los parámetros que se han de definir se categorizan por sentido descendente o ascendente y por velocidad binaria nominal como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1/G.984.2 – Relación entre categorías de parámetros y cuadros

Sentido de transmisión	Velocidad binaria nominal	Cuadro
Sentido descendente	1244,16 Mbit/s	Cuadro 2b (sentido descendente, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Cuadro 2c (sentido descendente, 2488 Mbit/s)
Sentido ascendente	155,52 Mbit/s	Cuadro 2d (sentido ascendente, 155 Mbit/s)
	622,08 Mbit/s	Cuadro 2e (sentido ascendente, 622 Mbit/s)
	1244,16 Mbit/s	Cuadro 2f-1 (sentido ascendente, 1244 Mbit/s) Cuadro 2f-2 (sentido ascendente, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Cuadro 2g-1 (sentido ascendente, 2488 Mbit/s) Cuadro 2g-2 (sentido ascendente, 2488 Mbit/s)

A continuación se especifican todos los parámetros que deben ajustarse al cuadro 2a (ODN) y a los cuadros 2b a 2g-2. En esta Recomendación, estos cuadros suelen denominarse cuadro 2. Hay un tipo independiente de ONU para cada combinación de velocidad binaria ascendente, velocidad binaria descendente y clase de pérdida en el trayecto óptico (clases A, B y C definidas en la Rec. UIT-T G.982).

Los valores de los parámetros especificados corresponden al caso más desfavorable en condiciones normales de funcionamiento (es decir, rangos de temperatura y humedad), incluidos los efectos del envejecimiento. Los parámetros se han especificado con relación a un objetivo de diseño de la sección óptica con una tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) mejor que 1×10^{-10} para el caso extremo de condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico.

Esta Recomendación, en particular los valores de los cuadros 2b a 2g-2, es aplicable a los casos sin banda de mejora, descrita en la Rec. UIT-T G.983.3. En el caso de las GPON con aplicaciones de banda de mejora, es necesario definir un nuevo conjunto de parámetros, incluidos los requisitos de aislamiento entre las distintas bandas de longitudes de onda. Esto se puede describir en otra Recomendación, que tenga la misma relación con ésta que la que tiene la Rec. UIT-T G.983.3 con la Rec. UIT-T G.983.1. No obstante, la longitud de onda óptica especificada en esta Recomendación para el sentido descendente es conforme con la Rec. UIT-T G.983.3, a fin de lograr la integración paulatina de la banda de mejora para el futuro.

8.2.2 Medio físico y método de transmisión

8.2.2.1 Medio de transmisión

Esta Recomendación se basa en la fibra descrita en la Rec. UIT-T G.652.

8.2.2.2 Sentido de transmisión

La señal se transmite en ambos sentidos, ascendente y descendente por el medio de transmisión.

8.2.2.3 Método de transmisión

La transmisión bidireccional utiliza o bien la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*) en una sola fibra, o bien la transmisión unidireccional en dos fibras (véase 8.2.5).

8.2.3 Velocidad binaria

Esta cláusula trata de los requisitos de velocidad binaria de la GPON.

8.2.3.1 En sentido descendente

La velocidad binaria nominal de la señal OLT a ONU es 1244,16 ó 2488,32 Mbit/s. Cuando la OLT y la central de extremo están en su estado de funcionamiento normal, esta velocidad puede medirse mediante un reloj Stratum-1 (precisión 1×10^{-11}). Cuando la central de extremo está en modo de funcionamiento libre, la velocidad de la señal descendente puede medirse mediante un reloj Stratum-3 (precisión $4,6 \times 10^{-6}$). Cuando la OLT se encuentra en modo de funcionamiento libre, la precisión de la señal descendente es la de un reloj Stratum-4 (precisión $3,2 \times 10^{-5}$).

8.2.3.2 En sentido ascendente

La velocidad binaria nominal de la señal ONU a OLT es 155,52, 622,08, 1244,16 ó 2488,32 Mbit/s. Cuando se encuentra en uno de sus estados de funcionamiento y se le autoriza, la ONU deberá transmitir su señal con una precisión igual a la de la señal descendente recibida. La ONU no deberá transmitir ninguna señal cuando no se encuentre en ninguno de sus estados de funcionamiento ni cuando carezca de autorización.

8.2.4 Código de línea

Tanto en sentido ascendente como descendente: codificación sin retorno a cero (NRZ, *non return to zero*).

No se ha definido método de aleatorización en la capa PMD.

El convenio utilizado para el nivel lógico óptico es el siguiente:

- nivel alto de emisión de luz para el UNO binario;
- nivel bajo de emisión de luz para el CERO binario.

8.2.5 Longitud de onda de trabajo

8.2.5.1 En sentido descendente

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de una sola fibra será 1480-1500 nm.

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de dos fibras será 1260-1360 nm.

8.2.5.2 En sentido ascendente

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido ascendente será 1260-1360 nm.

8.2.6 Transmisor en O_{ld} y O_{ru}

A continuación se especifican los parámetros que se ajustarán al cuadro 2.

8.2.6.1 Tipo de fuente

Véase 8.2.6.1/G.983.1.

8.2.6.2 Características espectrales

Véase 8.2.6.2/G.983.1.

8.2.6.3 Potencia media inyectada

La potencia media inyectada en O_{ld} y O_{ru} es la potencia media de una secuencia pseudoaleatoria de datos inyectada en la fibra por el transmisor. Se presenta como intervalo para optimizar el costo en cierta medida y prevenir cualquier eventualidad en condiciones normales de funcionamiento, de degradación de los conectores del transmisor, tolerancias de las mediciones y efectos del envejecimiento.

En el estado operativo, el valor más bajo es la potencia mínima que se suministrará y el más alto es la potencia que no se debe rebasar bajo ninguna circunstancia.

NOTA – Para la medición de la potencia inyectada en la interfaz óptica O_{ru} se debe tener en cuenta el carácter racheado del tráfico ascendente transmitido por las ONU.

8.2.6.3.1 Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor

En sentido ascendente, el transmisor de la ONU no debe inyectar potencia en la fibra en los intervalos que no hayan sido asignados a dicha ONU. No obstante, se permite un nivel de potencia óptica menor o igual que la potencia inyectada sin entrada al transmisor, especificada en los cuadros 2d a 2g-1. La ONU también deberá cumplir este requisito durante el tiempo de guarda de los intervalos que le hayan sido asignados, exceptuando los últimos bits de activación del transmisor que pueden utilizarse para la prepolarización del láser, y los bits de desactivación del transmisor inmediatamente a continuación de la célula asignada, durante la cual la salida cae a cero. El máximo nivel de potencia inyectado permitido durante la prepolarización del láser es el nivel cero correspondiente a la relación de extinción especificada en los cuadros 2d a 2g-1.

En la serie de cuadros 2d a 2g-1 se presenta la especificación del número máximo de bits de activación y desactivación del transmisor, para cada velocidad binaria en sentido ascendente.

8.2.6.4 Mínima relación de extinción

El convenio adoptado para los niveles lógicos ópticos es el siguiente:

- nivel alto de emisión de luz para el "1" lógico;
- nivel bajo de emisión de luz para el "0" lógico.

La relación de extinción (EX) se define del siguiente modo:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

siendo A el nivel medio de potencia óptica en el centro del "1" lógico y B el nivel medio de potencia óptica en el centro del "0" lógico.

La relación de extinción para la señal en modo ráfaga en sentido ascendente se aplica desde el primer bit del preámbulo hasta el último bit de la señal de ráfaga inclusive. Esto no es aplicable a procedimientos finales relacionados con el establecimiento de la potencia óptica.

8.2.6.5 Reflectancia máxima del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor

Véase 8.2.6.5/G.983.1.

8.2.6.6 Plantilla del diagrama en ojo del transmisor

Véase 8.2.6.6/G.983.1.

8.2.6.6.1 Transmisor OLT

Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo se muestran en la figura 2.

8.2.6.6.2 Transmisor ONU

Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo se muestran en la figura 3.

La plantilla del diagrama en ojo para la señal en modo ráfaga en sentido ascendente se aplica desde el primer bit del preámbulo hasta el último bit de la señal de ráfaga inclusive. Esto no es aplicable a los procedimientos finales relativos al establecimiento de la potencia óptica.

8.2.6.7 Tolerancia a la potencia óptica reflejada

Debe satisfacerse la calidad de funcionamiento especificada para el transmisor cuando se alcanza, en el punto S, el nivel de reflexión óptica especificado en el cuadro 2.

8.2.7 Trayecto óptico entre O_{ld}/O_{ru} y O_{rd}/O_{lu}

8.2.7.1 Intervalo de atenuación

Véase 8.2.7.1/G.983.1.

8.2.7.2 Pérdida de retorno óptica mínima de la planta de cable en el punto R/S, incluidos los conectores

Véase 8.2.7.2/G.983.1.

8.2.7.3 Reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R

Véase 8.2.7.3/G.983.1.

8.2.7.4 Dispersión

Véase 8.2.7.4/G.983.1.

8.2.8 Receptor en O_{rd} y O_{lu}

A continuación se especifican todos los parámetros que deberán ajustarse al cuadro 2.

8.2.8.1 Sensibilidad mínima

Véase 8.2.8.1/G.983.1.

8.2.8.2 Sobrecarga mínima

Véase 8.2.8.2/G.983.1.

8.2.8.3 Máxima penalización del trayecto óptico

El receptor deberá tolerar una penalización del trayecto óptico que no rebase 1 dB considerando la degradación total debida a las reflexiones, la interferencia entre símbolos, el ruido de partición de modo y la fluctuación del láser. En sentido ascendente, los tipos de láser especificados en el cuadro 2 producen menos de 1 dB de penalización de trayecto óptico sobre la ODN. Como se indica en la nota 5 de los cuadros 2e y 2f-1, se puede aceptar un aumento de penalización del trayecto óptico ascendente debida a la dispersión a velocidades binarias de 622 Mbit/s o superiores, siempre que todo aumento de penalización en el trayecto óptico por encima de 1 dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o un aumento de la sensibilidad mínima del receptor.

8.2.8.4 Máximo alcance lógico

El máximo alcance lógico se define como la longitud máxima que se puede alcanzar en un sistema de transmisión determinado independientemente del presupuesto óptico. Se mide en km y no está limitado por los parámetros de dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*) sino más bien por cuestiones relacionadas con la capa TC y la implementación.

8.2.8.5 Máximo alcance lógico diferencial

El alcance lógico diferencial es la máxima diferencia de alcance lógico entre todas las ONU. Se mide en km y no está limitado por los parámetros PMD sino por la capa TC y las cuestiones de implementación.

8.2.8.6 Máxima reflectancia del equipo receptor, medida a la longitud de onda del receptor

Véase 8.2.8.4/G.983.1.

8.2.8.7 Pérdida de trayecto óptico diferencial

Véase 8.2.8.5/G.983.1.

8.2.8.8 Capacidad de extracción del reloj

Véase 8.2.8.6/G.983.1.

8.2.8.9 Característica de fluctuación de fase

Esta cláusula trata de los requisitos de fluctuación de fase de las interfaces ópticas en la GPON.

8.2.8.9.1 Transferencia de la fluctuación de fase

La especificación de la transferencia de la fluctuación de fase se aplica solamente a la ONU.

La función de transferencia de la fluctuación de fase se define del siguiente modo:

$$\text{transf. de fluct. de fase} = 20 \log_{10} \left[\frac{\text{fluct. UI señal ascendente}}{\text{fluct. UI señal descendente}} \times \frac{\text{velocidad binaria descendente}}{\text{velocidad binaria ascendente}} \right]$$

La función de transferencia de fluctuación de fase de una ONU deberá estar por debajo de la curva de la figura 4, cuando se aplica una fluctuación de fase sinusoidal no superior al nivel de la plantilla de la figura 5, con los parámetros especificados en dicha figura para cada velocidad binaria.

8.2.8.9.2 Tolerancia de la fluctuación de fase

Véase 8.2.8.7.2/G.983.1.

8.2.8.9.3 Generación de la fluctuación de fase

La especificación de la generación de la fluctuación de fase se aplica solamente a la ONU.

Una ONU no deberá generar una fluctuación de fase cresta a cresta superior a 0,2 UI a velocidades binarias de 155,52 ó 622,08 Mbit/s ni superior a 0,33 UI cresta a cresta a 1244,16 Mbit/s, cuando no haya aplicada ninguna fluctuación de fase a la entrada descendente y la medición se efectúe en una anchura de banda especificada en los cuadros 2d a 2g-1. La máxima fluctuación de fase cresta a cresta permitida a 2488,32 Mbit/s y el intervalo de frecuencias de medición correspondientes quedan pendientes de estudio.

8.2.8.10 Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos (CID, *consecutive identical digit*)

La OLT y la ONU tendrán inmunidad a CID como se especifica en los cuadros 2b a 2g.

8.2.8.11 Tolerancia a la potencia reflejada

Véase 8.2.8.9/G.983.1.

8.2.8.12 Calidad de transmisión y característica de error

Véase 8.2.8.10/G.983.1.

Cuadro 2a/G.984.2 – Parámetros de la capa dependiente del medio físico de la ODN

Elementos	Unidad	Especificación
Tipo de fibra (Nota 1)	–	Rec. UIT-T G.652
Gama de atenuación (Rec. UIT-T G.982)	dB	Clase A: 5-20 Clase B: 10-25 Clase C: 15-30
Pérdida del trayecto óptico diferencial	dB	15
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1 (véase la nota 5 en los cuadros 2e y 2f-1)
Máximo alcance lógico	km	60 (Nota 2)
Máximo alcance lógico diferencial	km	20
Máxima distancia de fibra entre los puntos S/R y R/S	km	20 (10 como opción)
Mínima relación de división soportada	–	Restringida por la pérdida de trayecto PON con divisores pasivos (divisores de 16, 32 ó 64 vías)
Transmisión bidireccional	–	WDM de 1 fibra o 2 fibras
Longitud de onda de mantenimiento	nm	Por definir
<p>NOTA 1 – La utilización de tipos de fibra diferentes para ampliar el alcance (> 20 km) en el futuro, queda pendiente de estudio, a la espera de una nueva especificación de la PMD.</p> <p>NOTA 2 – Ésta es la máxima distancia gestionada por las capas superiores del sistema (MAC, TC, determinación de distancia), considerando la futura especificación de la PMD.</p>		

Cuadro 2b/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s en sentido descendente

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{ld})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ pseudoaleatorizado			NRZ pseudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O _{lu} y O _{ld} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–4	+1	+5	–4	+1	+5
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+1	+6	+9	+1	+6	+9

**Cuadro 2b/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s
en sentido descendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{ld})							
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que -15			mayor que -15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de -20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Receptor ONU (interfaz óptica O_{rd})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-25	-25	-26	-25	-25	-25
Sobrecarga mínima	dBm	-4	-4	-4 (Nota 4)	-4	-4	-4
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 4 – Aunque sólo se requiere una sobrecarga de -6 dBm para soportar la ODN de clase C, en esta Recomendación se ha elegido un valor de sobrecarga de -4 dBm para uniformidad del receptor ONU en todas las clases de ODN.</p>							

**Cuadro 2c/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido descendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{ld})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O _{lu} y O _{ld} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	0	+5	+3 (Nota 4)	0	+5	+3 (Nota 4)
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+4	+9	+7 (Nota 4)	+4	+9	+7 (Nota 4)
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Receptor ONU (interfaz óptica O_{rd})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que –20			menor que –20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	–21	–21	–28 (Nota 4)	–21	–21	–28 (Nota 4)
Sobrecarga mínima	dBm	–1	–1	–8 (Nota 4)	–1	–1	–8 (Nota 4)
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		

**Cuadro 2c/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido descendente**

<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre los puntos de -20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 4 – Estos valores suponen la utilización de un láser de alta potencia con realimentación distribuida (DFB, <i>distributed feedback</i>) para el transmisor OLT y de un receptor basado en APD para la ONU. Teniendo en cuenta los desarrollos futuros de la tecnología SOA, una implementación alternativa futura podría utilizar un láser DFB + SOA, o un diodo láser de alta potencia, para el transmisor OLT, lo que permitiría utilizar un receptor basado en PIN para la ONU. En ese caso los valores supuestos serían (condicionado a la reglamentación y medidas para la seguridad visual):</p> <p>Potencia media inyectada MÁX del transmisor OLT: +12 dBm</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor OLT: +8 dBm</p> <p>Sensibilidad mínima del receptor ONU: -23 dBm</p> <p>Sobrecarga mínima del receptor ONU: -3 dBm</p>
--

**Cuadro 2d/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 155 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	155,52			155,52		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que -6			menor que -6		
Mínima ORL de la ODN en O_{ru} y O_{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-6	-4	-2	-6	-4	-2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	-0	+2	+4	-1	+1	+3
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima -10			menor que la sensibilidad mínima -10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	2			2		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	2			2		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		

**Cuadro 2d/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 155 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que -15			mayor que -15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura cuadrática media	nm	5,8			5,8		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de -20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 0,5 kHz y 1,3 MHz	UI p-p	0,2			0,2		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-27	-30	-33	-27	-30	-33
Sobrecarga mínima	dBm	-5	-8	-11	-6	-9	-12
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.</p>							

**Cuadro 2e/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 622 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	622,08			622,08		
Longitud de onda de trabajo (Nota 5)	nm	MLM tipo 1 o SLM: 1260~1360 MLM tipo 2: 1280~1350 MLM tipo 3: 1288~1338			MLM tipo 1 o SLM: 1260~1360 MLM tipo 2: 1280~1350 MLM tipo 3: 1288~1338		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–6	–1	–1	–6	–1	–1
Potencia media inyectada MÁX	dBm	–1	+4	+4	–1	+4	+4
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	8			8		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	8			8		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz (Nota 5)	nm	MLM tipo 1: 1,4 MLM tipo 2: 2,1 MLM tipo 3: 2,7			MLM tipo 1: 1,4 MLM tipo 2: 2,1 MLM tipo 3: 2,7		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 2,0 kHz y 5,0 MHz	UI p-p	0,2			0,2		

**Cuadro 2e/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica
a 622 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-27	-27	-32	-27	-27	-32
Sobrecarga mínima	dBm	-6	-6	-11	-6	-6	-11
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión de modo lateral.</p> <p>NOTA 5 – Los tipos de transmisor que cumplen con especificaciones de anchura espectral más estrecha pueden utilizar intervalos de longitud de onda central mayores. Los tipos de láser especificados producen una penalización en el trayecto óptico menor que 1 dB en la ODN. Se pueden utilizar láseres con otros parámetros ópticos siempre que: 1) el intervalo de longitudes de onda no rebase 1260~1360 nm, y 2) cualquier aumento de penalización en el trayecto óptico mayor que 1 dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o con un aumento de la sensibilidad mínima del receptor.</p>							

**Cuadro 2f-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–3 (Nota 5)	–2	+2	–3 (Nota 5)	–2	+2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+2 (Nota 5)	+3	+7	+2 (Nota 5)	+3	+7
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	(Nota 5)			(Nota 5)		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 4,0 kHz y 10,0 MHz	UI p-p	0,33			0,33		

**Cuadro 2f-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{ru})							
Máxima reflectancia de equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-24 (Nota 6)	-28	-29	-24 (Nota 6)	-28	-29
Sobrecarga mínima	dBm	-3 (Nota 6)	-7	-8	-3 (Nota 6)	-7	-8
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O_{ru} y O_{rd} y O_{lu} y O_{ld}" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 5 – Aunque los tipos de láser MLM no permiten soportar toda la distancia de fibra de la ODN indicada en el cuadro 2a, se pueden utilizar si la máxima distancia de fibra de la ODN entre puntos R/S y S/R se restringe a 10 km. Se pueden utilizar los tipos de láser MLM del cuadro 2e para soportar esta distancia de fibra restringida a 1244,16 Mbit/s. Estos tipos de láser han de cumplir las condiciones indicadas en la nota 5 del cuadro 2e.</p> <p>NOTA 6 – Estos valores suponen la utilización de un receptor basado en PIN en la OLT para la clase A. En función de la cantidad de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU, con menos potencia emitida acoplada a la fibra. En este caso los valores para la clase A serían:</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: -7 dBm</p> <p>Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: -2 dBm</p> <p>Sensibilidad mínima del receptor OLT: -28 dBm</p> <p>Sobrecarga mínima del receptor OLT: -7 dBm</p>							

Cuadro 2f-2/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s en sentido ascendente, utilizando un mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU

Elementos		Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})								
Clase de ODN			A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-2 (Nota 2)	-2	+2	-2 (Nota 2)	-2	+2	
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+3 (Nota 2)	+3	+7	+3 (Nota 2)	+3	+7	
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})								
Clase de ODN			A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-23 (Nota 2)	-28	-29	-23 (Nota 2)	-28	-29	
Sobrecarga mínima	dBm	-8 (Nota 2)	-13	-14	-8 (Nota 2)	-13	-14	
<p>NOTA 1 – En este cuadro se indican únicamente los parámetros del cuadro 2f-1 que se modifican por la aplicación del mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU, concretamente las potencias inyectadas del transmisor ONU y la sensibilidad y sobrecarga del receptor OLT. Los demás parámetros y notas son idénticos a los del cuadro 2f-1.</p> <p>NOTA 2 – Estos valores suponen la utilización en la OLT de un receptor basado en PIN para la clase A. En función del número de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU con una potencia emitida acoplada a la fibra inferior. En este caso los valores para la clase A serían:</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: -7 dBm</p> <p>Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: -2 dBm</p> <p>Sensibilidad mínima del receptor OLT: -28 dBm</p> <p>Sobrecarga mínima del receptor OLT: -10 dBm</p> <p>La repercusión de la nivelación de potencia es menor, debido a la limitación de la potencia mínima de emisión para garantizar el diagrama en ojo.</p>								

**Cuadro 2g-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido ascendente**

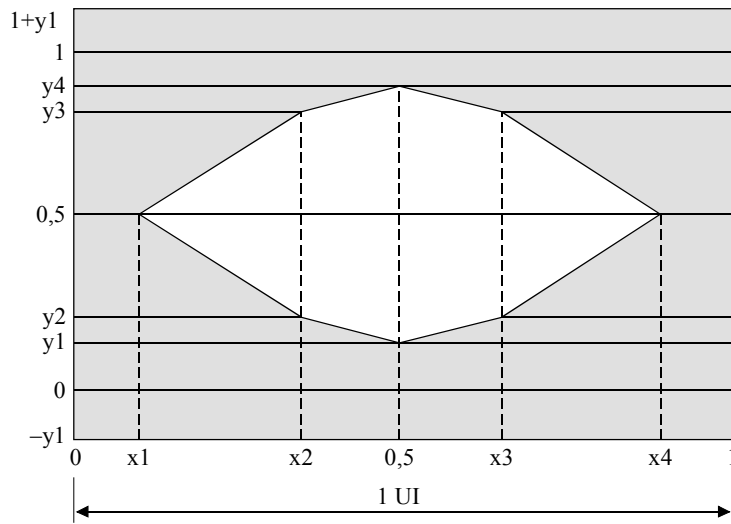
Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	FFS			FFS		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd}	dB	FFS			FFS		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia media inyectada MÁX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	FFS			FFS		
Máxima activación del Tx (Nota 2)	bits	32			32		
Máxima desactivación del Tx (Nota 2)	bits	32			32		
Relación de extinción	dB	FFS			FFS		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	FFS			FFS		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	FFS			FFS		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB	nm	FFS			FFS		
Si el láser es SLM– Mínima relación de supresión de modo lateral	dB	FFS			FFS		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase (el intervalo de frecuencias de medición se encuentra en estudio)	UI p-p	FFS			FFS		

**Cuadro 2g-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido ascendente**

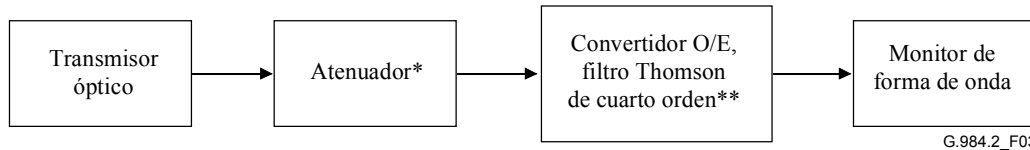
Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	FFS			FFS		
Tasa de errores en los bits	–	FFS			FFS		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Sobrecarga mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	FFS			FFS		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	FFS			FFS		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	FFS			FFS		
NOTA 1 – FFS = "en estudio" (<i>for further study</i>)							
NOTA 2 – Definida en 8.2.6.3.1.							

**Cuadro 2g-2/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s
en sentido ascendente, utilizando el mecanismo de nivelación
de potencia en el transmisor ONU**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia media inyectada MÁX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Receptor OLT (interfaz óptica O_{lu})							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Sobrecarga mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
NOTA – En este cuadro se indican únicamente los parámetros del cuadro 2g-1 que se modifican por aplicación del mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU, concretamente las potencias inyectadas del transmisor ONU y la sensibilidad y sobrecarga del receptor OLT. Los demás parámetros y notas son idénticos a los del cuadro 2g-1.							



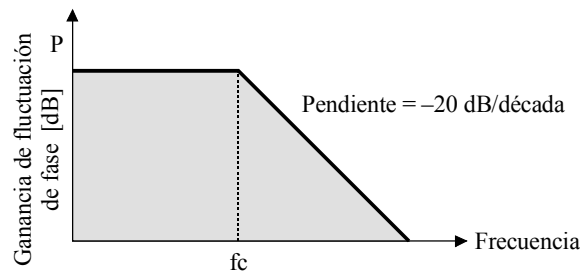
	155,52 Mbit/s	622,08 Mbit/s	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
x1/x4	0,10/0,90	0,20/0,80	0,22/0,78	En estudio
x2/x3	0,35/0,65	0,40/0,60	0,40/0,60	En estudio
y1/y4	0,13/0,87	0,15/0,85	0,17/0,83	En estudio
y2/y3	0,20/0,80	0,20/0,80	0,20/0,80	En estudio



* El atenuador se utiliza si es necesario

** Frecuencia de corte del filtro (frecuencia de atenuación de 3 dB) es 0,75 veces la velocidad binaria nominal de salida

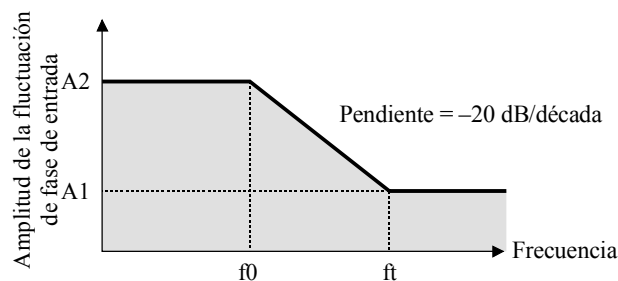
Figura 3/G.984.2 – Plantilla del diagrama en ojo de la señal de transmisión en sentido descendente



Velocidad binaria en el sentido descendente (Mbit/s)	fc [kHz]	P [dB]
1244,16	1000	0,1
2488,32	2000	0,1

G.984.2_F04

Figura 4/G.984.2 – Transferencia de fluctuación de fase de la ONU



Velocidad binaria en el sentido descendente (Mbit/s)	ft [kHz]	f0 [kHz]	A1 [UIp-p]	A2 [UIp-p]
1244,16	500	50	0,075	0,75
2488,32	1000	100	0,075	0,75

G.984.2_F05

Figura 5/G.984.2 – Plantilla de tolerancia de la fluctuación de fase de la ONU

8.3 Interacción entre la capa PMD de la GPON y la capa TC

Como se indicó anteriormente, en esta Recomendación se describen las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio. Sin embargo, algunas de las funcionalidades de la GPON pertenecen a las dos capas, PMD y TC, o tienen repercusión sobre ambas. En los siguientes apartados se describen esas funcionalidades y se explica la relación entre la capa PMD de la GPON y la capa TC. Esta última se especifica en otra Recomendación UIT-T.

8.3.1 Corrección de errores en recepción

Los sistemas que utilizan la corrección de errores en recepción (FEC, *forward error correction*) podrán soportar las gamas de atenuación para la ODN que se indican en el cuadro 2a con transmisores y receptores de inferior calidad de funcionamiento que los indicados en los cuadros 2b a 2g-2.

La ganancia óptica efectiva G de los sistemas que utilizan FEC se define como la diferencia de potencia óptica a la entrada del receptor, con y sin FEC, para una BER = 1×10^{-10} .

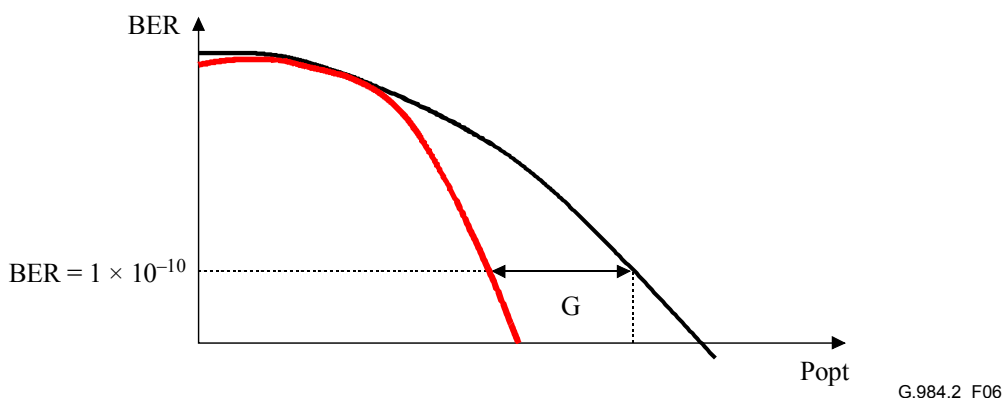


Figura 6/G.984.2 – Ganancia óptica efectiva G alcanzada con FEC

Los sistemas que emplean FEC con una ganancia óptica efectiva G , expresada en dB, pueden utilizar cualquiera de las dos variantes de calidad de funcionamiento siguientes de los cuadros 2 (pero no ambas, para facilitar el interfuncionamiento):

- i) las potencias mínima y máxima del transmisor pueden reducirse en G , o
- ii) la sensibilidad mínima del receptor puede disminuirse en G .

Alternativamente, manteniendo la misma calidad de funcionamiento de los transmisores y receptores indicada en los cuadros 2b a 2g-2, se puede utilizar la ganancia G de codificación óptica efectiva para lograr un alcance físico mayor o una relación de división más alta cuando se emplea un láser MLM en la ONU. En este caso se usa FEC para reducir la penalización debida al ruido de partición de modo (MPN, *mode partition noise*).

La FEC se implementa en la capa TC, por lo cual no se describe en esta Recomendación.

La ganancia de FEC no altera la especificación de la sobrecarga del receptor.

8.3.2 Mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU

Los requisitos del receptor OLT implican la utilización de implementaciones basadas en el fotodiodo de avalancha (APD, *avalanche photodiode*) a velocidades binarias de 1244,16 Mbit/s o superiores. Los receptores deben tener una gran sensibilidad y un gran margen dinámico para la recepción en modo ráfaga a velocidades binarias altas. Esto condiciona el factor de multiplicación M del receptor basado en APD de una manera complicada, particularmente para la GPON cuando soporta la banda de mejora cuyos requisitos son más estrictos debido a las pérdidas y a las variaciones de éstas en los componentes WDM adicionales.

Para flexibilizar el margen dinámico del receptor OLT, hay que reducir el nivel de potencia de transmisión de las ONU con bajas pérdidas ODN a fin de evitar la sobrecarga del receptor OLT. Por esta razón, se ha de implementar un mecanismo de nivelación de potencia apropiado.

El mecanismo de nivelación de potencia necesita funcionalidades que pertenecen a la capa TC, como la capacidad de la ONU para aumentar/disminuir la potencia transmitida mediante mensajes que envía la OLT en sentido descendente. En esta Recomendación no se describen estas funcionalidades, ni la capacidad para llevar a cabo la nivelación de potencia durante la etapa de inicialización o durante el funcionamiento.

Más adelante se presentan los requisitos de la capa PMD para la utilización de un mecanismo de nivelación de potencia apropiado para los sistemas GPON. Los antecedentes de los requisitos se describen en el apéndice II.

- a) Hay tres modos de potencia de salida de la ONU. La PMD se puede controlar localmente para que funcione en cualquier modo. En función de la instrucción de control, la PMD

llevará a cabo las acciones necesarias para que la potencia de salida esté dentro del intervalo especificado a continuación:

Modo 0: Normal (potencia media inyectada MÍN/MÁX como se indica en los cuadros 2f-2 y 2g-2)

Modo 1: Baja 1 = Normal -3 dB

Modo 2: Baja 2 = Normal -6 dB

- b) La OLT mide la potencia óptica media, P , de cada ráfaga de la ONU. La OLT compara esta medición con uno o dos umbrales (umbral bajo, TL, y umbral alto, TH), y emite una de las tres indicaciones siguientes:

$P > TH$: indicación de potencia_alta (power_high)

$P < TL$: indicación de potencia_baja (power_low)

$TL < P < TH$: indicación de potencia_correcta (power_ok)

NOTA – TL siempre es necesario (funcionamiento con umbral único), mientras que TH es un requisito opcional (funcionamiento con umbral doble).

El intervalo de incertidumbre en la comparación de umbrales debe ser de 4 dB como máximo.

- c) Si se tienen en cuenta los valores de potencia óptica correspondientes a la sensibilidad mínima P_{ms} del receptor de la OLT y la sobrecarga mínima P_{mo} indicadas en los cuadros 2f-2 y 2g-2, los valores de TH y TL deben satisfacer las siguientes condiciones:

Funcionamiento con umbral doble:

$$R1: P_{mo} > TH > (P_{mo} - 4 \text{ dB})$$

$$R2: (P_{ms} + 5 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB})$$

$$R3: TH - TL > 8 \text{ dB}.$$

Funcionamiento con umbral único:

$$R2: (P_{ms} + 7 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB}).$$

- d) El receptor de la OLT debe ser capaz de medir la potencia de ráfaga (aunque no pueda leer los datos con fiabilidad) con una sensibilidad de -5 dB (véanse los cuadros 2f-2 y 2g-2).

Las ventajas del mecanismo de nivelación de potencia son:

- La disminución del requisito de margen dinámico del receptor OLT, ya que una ONU con una pérdida de ODN baja se configura con una potencia de transmisión baja.
- El aumento de la vida útil del láser y la disminución del consumo de potencia cuando la ONU funciona en modo de baja potencia.

El mecanismo de nivelación de potencia permite suavizar los requisitos del receptor OLT, como se indica en los cuadros 2f-2 y 2g-2.

8.3.3 Tara de la capa física en sentido ascendente

La estructura de la trama GPON se describe en otra Recomendación UIT-T dedicada a la especificación de la capa TC. No obstante, se antepondrá a las ráfagas en sentido ascendente una tara de capa física apropiada, para acomodar varios procesos físicos en la GPON. En el cuadro 3 se muestra la longitud de la tara de la capa física para todas las velocidades binarias en sentido ascendente que se especifican en esta Recomendación.

**Cuadro 3/G.984.2 – Tara de la capa física
en sentido ascendente en la GPON**

Velocidad binaria en sentido ascendente	Bytes de tara
155,52 Mbit/s	4
622,08 Mbit/s	8
1244,16 Mbit/s	12
2488,32 Mbit/s	24

Además, en el apéndice I se presenta información sobre los procesos físicos que se han de llevar a cabo en tiempo de tara de la capa física (T_{plo} , *physical layer overhead time*), y algunas directrices para la utilización óptima del mismo.

Apéndice I

Asignación del tiempo de tara de la capa física (informativo)

El tiempo de tara de la capa física (T_{plo}) se utiliza para acomodar cinco procesos físicos de la PON. Éstos son: tiempo de activación/desactivación del láser, tolerancia de deriva de la temporización, recuperación de nivel, recuperación de reloj e inicio de la delimitación de ráfaga. La división exacta del tiempo de tara de la capa física entre todas estas funciones se determina en parte mediante inecuaciones de restricción y en parte por opciones de la implementación. En este apéndice se examinan las restricciones que debe observar la OLT, y se sugieren valores discrecionales.

Como se muestra en el cuadro I.2, se proponen valores específicos de T_{on} , T_{off} y T_{plo} para las distintas velocidades de datos. T_{plo} puede dividirse en tres secciones en función del patrón de datos ONT deseado. Para mayor sencillez, estos tiempos pueden denominarse tiempo de guarda (T_g , *guard time*), tiempo de preámbulo (T_p , *preamble time*) y tiempo delimitador (T_d , *delimiter time*). Durante T_g , la ONT no transmitirá más potencia que el nivel cero nominal. Durante T_p , la ONT transmitirá un patrón de preámbulo que proporciona la máxima densidad de transición para las funciones de recuperación rápida de nivel y de reloj. Finalmente, durante T_d , la ONT transmitirá un patrón de datos especial con propiedades de autocorrelación óptimas que permitirán que la OLT encuentre el principio de la ráfaga.

La incertidumbre de temporización total cresta a cresta (T_u , *timing uncertainty*) es un parámetro adicional de la lógica de control de la PON. Esta incertidumbre surge de las variaciones del tiempo de vuelo provocadas por las variaciones de la fibra y de los componentes con la temperatura y otros factores ambientales.

Las inecuaciones de restricción que debe observar la OLT son por consiguiente:

$$T_g > T_{on} + T_u, \text{ y}$$

$$T_g > T_{off} + T_u$$

T_d debe proporcionar suficientes bits de datos para que la función delimitadora sea robusta ante los errores en los bits. La resistencia del delimitador a los errores depende de la implementación exacta del dispositivo de correlación del patrón, pero una relación aproximada sencilla entre el número de bits en el delimitador (N) y el número de bits erróneos tolerados (E) es:

$$E = \text{int}(N/4) - 1 \tag{I-1}$$

La ecuación I-1 ha sido verificada empíricamente mediante la búsqueda numérica de todos los delimitadores con tamaño entre 8 y 20 bits. Esta búsqueda se llevó a cabo suponiendo que el preámbulo se ajustaba a un patrón repetitivo '1010' y que el delimitador tenía un número igual de ceros y de unos. La distancia de Hamming, D, del mejor delimitador de todos los patrones desplazados de sí mismos y del preámbulo es $D = \text{int}(N/2) - 1$; que arroja la tolerancia a errores mostrada.

Para una determinada tasa de errores en los bits (BER), la probabilidad de una ráfaga con errores graves (Pseb) viene dada por:

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{E+1} \right) BER^{E+1} \quad (I-2)$$

Sustituyendo la ecuación I-1 en la ecuación I-2, la Pseb resultante viene dada por:

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{\text{int}(N/4)} \right) BER^{\text{int}(N/4)} \quad (I-3)$$

Si BER es igual a $1E-4$, la Pseb resultante para diversas longitudes N del delimitador, se recoge en el cuadro I.1. Puede observarse en este cuadro que, para suprimir este tipo de error, la longitud del delimitador debe ser de 16 bits como mínimo.

Cuadro I.1/G.984.2 – Probabilidad de una ráfaga con errores graves en función de la longitud del delimitador

N	Pseb
8	2,8E-07
12	2,2E-10
16	1,8E-13
20	1,5E-16
24	1,3E-19

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el cuadro I.2 recoge las asignaciones recomendadas para la tara de la capa física. Este cuadro presenta también, como referencia, los valores normativos de los tiempos de activación y desactivación del transmisor ONT, y el tiempo total de tara de la capa física.

Cuadro I.2/G.984.2 – Asignaciones sugeridas de tiempo de tara en modo ráfaga para las funciones OLT

Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbit/s)	Activación del transmisor (bits)	Desactivación del transmisor (bits)	Tiempo total (bits)	Tiempo de guarda (bits)	Tiempo de preámbulo (bits)	Tiempo del delimitador (bits)
155,52	2	2	32	6	10	16
622,08	8	8	64	16	28	20
1244,16	16	16	96	32	44	20
2488,32	32	32	192	64	108	20
Notas	Máximo	Máximo	Obligatorio	Mínimo	Sugerido	Sugerido

Apéndice II

Descripción del mecanismo de nivelación de potencia y ejemplos

II.1 Introducción

En este apéndice se ilustran las distintas consideraciones que se han de tener en cuenta a fin de realizar un mecanismo de nivelación de potencia estable y eficiente. Estas consideraciones conducen a los requisitos de 8.3.2.

II.2 Niveles de la ONU

La potencia del transmisor de la ONU (potencia media inyectada MÍN y MÁX) se describe en los cuadros 2f-2 y 2g-2. Estos valores corresponden al modo 0. Los correspondientes a los modos 1 y 2 son respectivamente 3 dB y 6 dB inferiores. Por ejemplo, una ONU clase B a 1244 Mbit/s con capacidad de nivelación de potencia se ajustará a los siguientes intervalos de potencia de salida:

Modo 0: $MÍN = -2 \text{ dBm} \leq \text{potencia media inyectada} \leq MÁX = +3 \text{ dBm}$

Modo 1: $MÍN = -5 \text{ dBm} \leq \text{potencia media inyectada} \leq MÁX = 0 \text{ dBm}$

Modo 2: $MÍN = -8 \text{ dBm} \leq \text{potencia media inyectada} \leq MÁX = -3 \text{ dBm}$

La OLT controla el mecanismo de nivelación de potencia y determina los cambios de nivel necesarios. Cuando la ONU recibe una orden de cambio de modo, puede adaptar su potencia de emisión al intervalo correspondiente al nuevo modo y reanudar la transmisión de datos en sentido ascendente. Obsérvese que siempre que se respeten los intervalos, el cambio efectivo de potencia de la ONU de un modo a otro no tiene que ser necesariamente igual al paso de 3 dB o de 6 dB.

Ejemplo 1

- Una ONU en el modo 1 emite a -1 dBm .
- Esta ONU recibe un mensaje para pasar al modo 0 (aumentar su valor en $+3 \text{ dB}$).
- La nueva potencia efectiva emitida es ahora de $+1 \text{ dBm}$ que, aunque no es exactamente 3 dB mayor, está dentro del intervalo del modo 0.

Ejemplo 2

- Una ONU en modo 2 emite a -4 dBm .
- La ONU recibe un mensaje para pasar al modo 1 (aumenta su valor en $+3 \text{ dB}$).
- La nueva potencia efectiva emitida es -5 dBm que, aunque menor que la potencia anterior, está dentro del intervalo del modo 1.
- La OLT medirá una potencia más baja que la esperada. Por consiguiente, el algoritmo de la OLT enviará otra instrucción para aumentar en 3 dB (paso al modo 0).
- La ONU pasará a emitir en el intervalo del modo 0, cuyo mínimo es -2 dBm .

II.3 Umbrales en la OLT

El receptor OLT mide el nivel de potencia entrante a una ONU determinada y lo compara con los umbrales. Esta medición comporta una determinada incertidumbre, debido a la imprecisión específica de la implementación (fuentes de alimentación, linealidad del receptor en alta potencia, variaciones de la tensión de alimentación, efectos de la temperatura sobre las etapas eléctricas del amplificador, etc.). Esto provoca incertidumbre del valor de umbral efectivo cuando se compara con su valor teórico. Deberán tenerse en cuenta estas incertidumbres para garantizar un mecanismo de nivelación de potencia completo y estable. Se requiere que el intervalo de incertidumbre del umbral sea como máximo de 4 dB en todo el intervalo de funcionamiento.

Teniendo en cuenta los valores de la potencia óptica correspondiente a la sensibilidad mínima P_{ms} del receptor OLT y la sobrecarga mínima P_{mo} que figuran en los cuadros 2f-2 y 2g-2, el intervalo de potencias admisibles en el receptor OLT para un funcionamiento correcto será por lo tanto de $(P_{ms} + 1 \text{ dB})$ a P_{mo} . Obsérvese que P_{ms} incluye una penalización de 1 dB (véase 8.2.8.3) que no debe considerarse para la potencia óptica mínima. El mecanismo de nivelación de potencia debe garantizar una potencia correcta en el receptor OLT. Hay dos tipos de mecanismos: el de umbral único y el de umbral doble.

II.3.1 Tipo 1: Comparación con dos umbrales (TL, TH)

En este caso el mecanismo de nivelación de potencia actúa comparando la potencia media recibida en la OLT (P) con dos umbrales distintos (TL y TH). Cuando $P < TL$, la potencia en la OLT se considera demasiado baja por lo que la ONU debe pasar al modo más alto. Cuando $P > TH$, la potencia en la OLT se considera demasiado alta por lo que la ONU debe pasar a un modo más bajo. Cuando $TH > P > TL$, la potencia en la OLT se considera adecuada y la ONU puede permanecer en su modo actual.

- 1) El valor efectivo de TH debe garantizar que:
 - Se detecte cualquier nivel de potencia por encima de la sobrecarga del receptor OLT: $P_{mo} > TH$.
 - Si una ONU pasa a un modo inferior debido a que $P > TH$, el receptor OLT no pueda estar por debajo de la sensibilidad:

$$TH > P_{mo} - ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}}))$$
 O lo que es lo mismo: $TH > P_{mo} - 6 \text{ dB}$.
- 2) El valor efectivo de TL debe garantizar que:
 - Se detecte cualquier nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor OLT: $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$.
 - Si una ONU pasa a un modo superior debido a que $P < TL$, el receptor OLT no entre en sobrecarga:

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}})) > TL$$
 O lo que es lo mismo: $P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$.
- 3) La combinación de valores efectivos de TL y TH debe garantizar que:
 - El mecanismo sea estable (no haya basculación repetitiva entre los distintos modos). Si una ONU cambia de modo debido a que $P < TL$ o $P > TH$, el nuevo nivel de potencia en el receptor OLT no pueda cruzar el umbral opuesto. Esto equivale a definir una separación mínima entre TH y TL.

$$TH - TL > 3 \text{ dB} + (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}})$$
 Lo que equivale a: $TH - TL > 8 \text{ dB}$.

Este último requisito combinado restringe los requisitos individuales de TH y TL, ya que deben estar separados 8 dB como mínimo. Teniendo en cuenta el requisito del margen de incertidumbre máximo de 4 dB, lo más apropiado para el primero y segundo requisitos (máxima separación entre TH y TL) es:

$$R1 : P_{mo} > TH > P_{mo} - 4 \text{ dB}$$

$$R2 : P_{ms} + 5 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$$

Como R1 y R2 sólo garantizan una separación de 6 dB, también debe cumplirse el tercer requisito:

$$R3 : TH - TL > 8 \text{ dB}$$

R1, R2 y R3 juntos permitirán una variación de TH y TL superior a 4 dB en todo el rango de funcionamiento de la OLT (temperatura, ...) pero se requiere que en todo momento TH y TL estén separados 8 dB como mínimo.

Si la precisión de la medición de potencia de una OLT es mayor que 4 dB, se puede elegir cualquier combinación de TH y TL siempre que se respeten R1, R2 y R3.

II.3.2 Caso 2: Comparación con un umbral (TL)

El mecanismo de nivelación de potencia se implementa iniciando todas las ONU en el modo 2 (durante su inicialización) y comparando la potencia media recibida en la OLT (P) con un umbral (TL). Cuando $P < TL$, la potencia en OLT se considera demasiado baja y la ONU debe pasar a un modo más alto. Cuando $P > TL$ la potencia en la OLT se considera apropiada y la ONU puede permanecer en el modo actual.

El valor efectivo de TL debe garantizar que:

- Se detecte cualquier nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor OLT:
 $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$.
- Si una ONU pasa a un modo más alto debido a que $P > TL$, el receptor OLT no pueda estar dentro de los límites de sobrecarga:

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx M\AA X}} - P_{ONU \text{ Tx M\I N}})) > TL.$$

$$\text{O lo que es lo mismo: } P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL.$$

Por consiguiente, el requisito para el nivel efectivo TL es:

$$R2 : P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}.$$

Con una gama de incertidumbre de 4 dB, esto ofrece una opción para la configuración de TL:

Ejemplo 1 para la clase B a 1244 Mbit/s: $-23 \text{ dBm} > TL > -27 \text{ dBm}$.

Ejemplo 2 para la clase B a 1244 Mbit/s: $-21 \text{ dBm} > TL > -25 \text{ dBm}$.

II.4 Detección de potencia

Para inicializar nuevas ONU, la OLT abre periódicamente ventanas de determinación de distancia durante las cuales las nuevas ONU pueden enviar ráfagas en sentido ascendente. La OLT debe ser capaz de detectar la presencia de cualquier nueva ONU. Esto implica que cuando las nuevas ONU se inician en modo 2, la OLT debe ser capaz de detectar (aunque no es necesario que lea los datos) una potencia óptica tan débil como $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) - 6 \text{ dB} = P_{ms} - 5 \text{ dB}$.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

ANEXO 9
CERTIFICADO DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE
TELECOMUNICACIONES



Oficio No. GATH-JRBL-744-2015

Quito, 19 NOV 2015

Ingeniero
Angel Jaramillo
**DIRECTOR ACADÉMICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
REDES DE INFORMACIÓN**
UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS
Presente

De mi consideración:

En atención a su oficio S/N de 22 de septiembre de 2015, mediante el cual solicita se facilite el acceso a la información, a fin de que la señorita Wanjing Solange Lien Benítez, alumna de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Información, desarrolle el Proyecto de Tesis denominado "DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA PROVEER SERVICIOS TRIPLE PLAY EN EL SECTOR SAN MARTIN DE PORRES BAJO EN EL CANTÓN ESMERALDAS A TRAVÉS DE LA RED CNT EP", indico que su petición ha sido concedida, por cuanto es de interés de la CNT EP, para lo cual la alumna previamente, suscribió un Convenio de Confidencialidad con el objeto de salvaguardar la información sensible o reservada de la empresa.

Atentamente,


Francisco Delgado Cordero
GERENTE DE ADMINISTRACIÓN DE TALENTO HUMANO
CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP



www.cnt.gob.ec

Av. Amazonas N36-49 y Corea, Edificio Vivaldi

TELEFONÍA

INTERNET Y DATOS

MÓVIL

TV