



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniero en telecomunicaciones con mención en gestión  
empresarial

**TÍTULO:**

Estudio y diseño de una red FTTB GPON de fibra óptica para  
servicio de voz, video y datos para el edificio de la Facultad de  
Especialidades Empresariales de la U.C.S.G.

**AUTOR:**

Lorenti Gomezcoello, Richard David

**TUTOR**

ING. LUIS VICENTE VALLEJO SAMANIEGO, M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador**

**2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA:  
Ingeniero en telecomunicaciones con mención en gestión  
empresarial**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Richard David, Lorenti Gomezcoello, como requerimiento parcial para la obtención del Título de ingeniería de telecomunicaciones con mención en gestión empresarial.

### **TUTOR**

---

ING. LUIS VICENTE VALLEJO SAMANIEGO, M.Sc.

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ

**Guayaquil, Agosto de 2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA:**

**Ingeniero en telecomunicaciones con mención en gestión  
empresarial**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Richard David Lorenti Gomezcoello**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: Estudio y diseño de una red FTTB GPON de fibra óptica para servicio de voz, video y datos para el edificio de la facultad de especialidades empresariales de la U.C.S.G., previa a la obtención del Título de ingeniero en telecomunicaciones en gestión empresarial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, Agosto de 2014**

**EL AUTOR**

---

Lorenti Gomezcoello, Richard David



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**  
Ingeniero en telecomunicaciones con mención en gestión  
empresarial

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Richard David Lorenti Gomezcoello**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Estudio y diseño de una red FTTB GPON de fibra óptica para servicio de voz, video y datos para el edificio de la facultad de especialidades empresariales de la U.C.S.G., cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, Agosto de 2014**

**EL AUTOR:**

---

Lorenti Gomezcoello, Richard David



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**

**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniero en telecomunicaciones con mención en gestión  
empresarial

**CALIFICACIÓN**

## **Dedicatoria**

Se los dedico a mis padres y en especial a mi tía la Dra. Sandra Gomezcoello por su constante apoyo dándome ánimos para seguir adelante en este arduo camino, en ellos observe ejemplos de progreso y esfuerzo, gracias a todos ustedes, hoy puedo ver realizado mi sueño, ya que siempre estuvieron apoyándome en el desarrollo de mi vida universitaria, el orgullo y el amor que sienten por mí fue lo que me empujo terminar mis estudios. El presente trabajo se los dedico a ustedes por que admiro su fortaleza y de lo que han forjado en mí. A mi hermana quien con su apoyo moral y reflejándome como un ejemplo hacia a ella me impulso a la culminación de mi trabajo.

Gracias por avivar en mí las ganas de superación y de triunfar en la vida. No poseo suficientes palabras para reconocerles su apoyo, consejos e infinito amor en las situaciones difíciles durante mi carrera universitaria. A ellos dedico este trabajo fruto de sacrificio y entrega constante.

Richard Lorenti

## **Agradecimiento**

Mi sincera gratitud a Dios, a mi familia, a mi tía la Dra. Sandra Gomezcoello por el apoyo constante en el inicio de mi carrera universitaria y a cuantas personas han hecho posible la realización del presente proyecto de titulación y en especial mi agradecimiento al Ing. Luis Vallejo tutor del presente estudio, por su valiosa contribución, paciencia y constancia durante el proceso de titulación quien con un generosidad coloco en mi sus amplios conocimientos.

A mis compañeros de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil quienes me guiaron en este proceso y compañeros de trabajo con su conocimiento de campo por su incondicional apoyo. Y a mí respetada Universidad por los conocimientos adquiridos.

Richard Lorenti

## **Índice de contenido**

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

Abstract

### **Capítulo 1: Introducción**

1.1	Justificación.....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	1
1.3	Objetivos .....	1
1.3.1	Objetivo general .....	1
1.3.2	Objetivos específicos .....	2
1.4	Tipo de investigación .....	2
1.5	Hipótesis .....	3
1.6	Metodología.....	3

### **Capítulo 2: Teoría de las comunicaciones ópticas**

2.1	Características de cable de fibra óptica .....	4
2.1.1	Diámetros usuales de la fibra óptica .....	6
2.1.2	Código de colores de la fibra óptica.....	8
2.1.3	Principios de la transmisión óptica .....	9
2.1.3.1	Transmisor óptico.....	10
2.1.3.2	Receptor óptico .....	10
2.1.3.3	Ventajas y desventajas de la fibra óptica .....	11
2.2	Tipos de fibra óptica.....	13
2.2.1	Fibra monomodo .....	13
2.2.2	Fibra multimodo.....	14
2.2.2.1	Fibra multimodo de índice escalonado .....	15



2.2.2.2	Fibra multimodo de índice gradual .....	15
2.3	Parámetros de la fibra óptica .....	17
2.3.1	Atenuación o pérdidas de potencia óptica.....	17
2.3.2	Anchura de banda de la fibra óptica.....	18
2.3.3	Macropliegue.....	19
2.3.4	Micropliegue .....	20
2.3.5	Pérdidas por empalme .....	20
2.3.6	Atenuación por tramo.....	21
2.4	Componente de la fibra óptica.....	23
2.4.1	ODF.....	23
2.4.2	Elemento de unión pigtail .....	24
2.4.3	Conectores.....	24
2.4.4	Adaptadores de fibra óptica .....	25
2.4.5	Empalmes de la fibra óptica.....	26
2.4.5.1	Empalmes por fusión.....	26
2.4.5.2	Empalmes mecánicos .....	27
2.4.6	Protección de los empalmes .....	28
2.4.6.1	Manga o mufa .....	29
2.4.6.2	Cajas de empalme .....	29
2.4.7	Equipos de medida de la fibra óptica .....	30
2.4.7.1	OTDR.....	31
2.4.7.2	Fuentes de luz y medidores de potencia serie OTS y LTX.....	32
2.4.7.3	Identificador de fibra activa .....	32
2.5	Selección de cables de fibra óptica.....	32
2.5.1	Tipos de cables .....	33
2.5.1.1	Cable con mensajero .....	33
2.5.1.2	Cable blindado .....	33
2.5.1.3	Cable de estructura holgada .....	34
2.5.1.4	Cable aéreo auto soportante .....	34
2.5.1.5	Cable submarino.....	34

### **Capítulo 3: Sistemas FTTx**

3.1	Descripción de las diferentes arquitecturas de FTTx .....	35
3.1.1	FTTC.....	35
3.1.1.1	FTTCab.....	36
3.1.2	FTTB.....	36
3.1.3	FTTH.....	37
3.1.4	FTTN.....	38
3.2	Características y aplicaciones del sistema FTTB .....	38
3.2.2	Características .....	38
3.2.2	Aplicaciones.....	39
3.3	Arquitectura de red FTTB .....	40
3.4	Ventajas y desventajas de FTTB .....	41
3.4.1	Ventajas.....	41
3.4.2	Desventajas .....	41

### **Capítulo 4: Tecnología GPON<sup>42</sup>**

4.1	Familia de estándares PON .....	42
4.1.1	Estándar A. APON .....	43
4.1.2	Estándar B. BPON .....	43
4.1.3	Estándar C. EPON.....	43
4.2	Descripción de la tecnología GPON.....	44
4.3	Normativas técnicas UIT G.984.X .....	46
4.3.1	Norma UIT-T G.984.1 .....	46
4.3.2	Norma UIT-T G.984.2 .....	46
4.3.3	Norma UIT-T G.984.3 .....	47
4.3.4	Norma UIT-T G.984.4 .....	47
4.3.5	Norma UIT-T G.984.5 .....	48
4.4	Arquitectura y características técnicas .....	48
4.4.1	Arquitectura GPON.....	48

4.4.2	Características técnicas del GPON.....	49
4.4.2.1	Multiplexación de la Información.....	49
4.4.2.2	Potencia y alcance.....	50
4.4.2.3	Canal descendente.....	51
4.4.2.4	Canal ascendente.....	51
4.4.2.5	Aspectos a contemplar.....	52
4.4.3	Identificación de usuarios.....	52
4.4.4	Configuración remota de las ONT.....	52
4.4.5	Elementos de una red GPON.....	53
4.4.5.1	OLT.....	53
4.4.5.2	ONT.....	53
4.4.5.3	MDU.....	54
4.4.6	Componentes pasivos.....	55
4.4.6.1	Splitters.....	55
4.4.6.2	Filtros WDM.....	56

## **Capítulo 5: Normas para la implementación de una red GPON FTTB**

5.1	Procedimiento de diseño de la red GPON.....	58
5.1.1	El tipo de fibra óptica.....	58
5.1.2	Tendido de la fibra óptica.....	59
5.1.2.1	Tendido canalizado.....	59
5.1.2.2	Tendido aéreo.....	62
5.1.2.3	Tendidos mixtos.....	69
5.1.3	Establecimiento de la ruta a seguir.....	69
5.1.4	Medidas correspondientes para el metraje de fibra a usar.....	69
5.1.5	Fibra óptica red de distribución.....	70
5.1.6	Topología de la red.....	70
5.1.7	Ancho de banda asignado.....	71
5.1.8	Características constructivas del cable a usar.....	71
5.1.9	Calculo de pérdidas en enlace de fibra óptica.....	71

5.1.10 Planimetría del enlace .....	73
-------------------------------------	----

## **Capítulo 6: Situación actual del edificio de la facultad de especialidades empresariales**

6.1 Diagnóstico de la situación actual del edificio .....	74
6.2 Enlace para una red de acceso.....	75

## **Capítulo 7: Diseño de la red óptica GPON para el edificio de la facultad de especialidades empresariales**

7.1 Cálculo del enlace de fibra óptica .....	77
7.2 Diseño del tendido de fibra óptica.....	78
7.3 Diseño de la colocación de la OLT, splitters y ONTs en el edificio .....	82
7.3.1 Ubicación de la OLT .....	82
7.3.2 Ubicación de los splitters y ONTs .....	83
7.4 Selección y especificaciones del equipamiento para el enlace.....	86

## **Capítulo 8: Presupuesto para la implementación**

8.1 Presupuesto de la implementación de la red GPON.....	92
8.2 Presupuesto de la mano de obra .....	93

## **Capítulo 9 : Conclusiones y recomendaciones**

9.1 Conclusiones .....	94
9.2 Recomendaciones .....	95

## **Bibliografía**

## **Índice de figuras**

### **Capítulo 2:**

Figura 2.1: Estructura de cable de fibra óptica.....	1
Figura 2.2: Código de colores de la fibra óptica (TIA/EIA-598).....	8
Figura 2.3: Código de colores de fibra óptica cable siecor.....	9
Figura 2.4: Un enlace dúplex típico en fibra óptica.....	9
Figura 2.5: Conversores de fibra óptica.....	11
Figura 2.6: Propagación de una fibra monomodo.....	13
Figura 2.7: Fibra multimodo.....	14
Figura 2.8: Propagación de una fibra multimodo de índice escalonado.....	15
Figura 2.9: Propagación de una fibra multimodo de índice gradual.....	16
Figura 2.10: La curva de atenuación de una fibra óptica.....	18
Figura 2.11: La dispersión modal.....	19
Figura 2.12: La dispersión cromática.....	19
Figura 2.13: Gráfico de un macropliegue o macrocurvatura.....	20
Figura 2.14: Gráfico de un micropliegue o microcurvatura.....	20
Figura 2.15: Medición con OTDR YOKOGAWA-AQ7275.....	21
Figura 2.16: Medición con OTDR YOKOGAWA-AQ7275.....	22
Figura 2.17: ODF de 4 puertos.....	23
Figura 2.18: Conectores de fibra óptica.....	24
Figura 2.19: Adaptadores de fibra óptica.....	26
Figura 2.20: Fusionadora DVP-730.....	27

Figura 2.21: Manguitos térmicos.....	28
Figura 2.22: Manga tipo bala de 24 hilos.....	29
Figura 2.23: Cajas de empalme ópticos.....	30
Figura 2.24: OTDR Yokogawa- AQ 7275 Optical Port.....	31
Figura 2.25: OTDR EXFO – 100 ACESS OTDR.....	31
Figura 2.26: Cable en figura 8.....	33

### **Capítulo 3:**

Figura 3.1: Estructura básica de la topología FTTC.....	36
Figura 3.2: Estructura básica de la topología FTTB.....	37
Figura 3.3: Estructura básica de la topología FTTH.....	37
Figura 3.4: Elementos básicos de la arquitectura FTTB.....	40

### **Capítulo 4:**

Figura 4.1: Grafico de la topología PON.....	42
Figura 4.2: Arquitectura de red GPON.....	49
Figura 4.3: Multiplexación WDM.....	50
Figura 4.4: Tarjeta controladora OLT.....	53
Figura 4.5: ONT Huawei Echolife H685oa.....	54
Figura 4.6: Splitter tipo ODF una entrada varias salidas.....	56
Figura 4.7: Splitter tipo cassette para mangas.....	56
Figura 4.8: Filtro WDM.....	57

### **Capítulo 5:**

Figura 5.1: Pozo de CNT.....	60
------------------------------	----

Figura 5.2: Etiqueta CLARO medidas 3 mm de espesor 7x12 cm.....	61
Figura 5.3: Herraje tipo A.....	64
Figura 5.4: Herraje tipo B.....	64
Figura 5.5: Preformado.....	65
Figura 5.6: Reserva de fibra óptica.....	67
Figura 5.7: Portareservas de fibra óptica.....	67
Figura 5.8: Odómetro.....	68
Figura 5.9: Etiquetadora Brady BMP21.....	68
Figura 5.10: Enlace punto-multipunto.....	70

## **Capítulo 6:**

Figura 6.1: Facultad de empresariales de la U.C.S.G.....	74
Figura 6.2: Diagrama general de conexión de la fibra óptica.....	76

## **Capítulo 7:**

Figura 7.1: Diagrama esquemático de conexión del enlace punto – multipunto.....	77
Figura 7.2: Ruta del eje para el tendido de FO entre la central Bellavista-Facultad de empresariales.....	79
Figura 7.3: Central Bellavista CNT.....	83
Figura 7.4: Ubicación de la manga.....	84
Figura 7.5: Ubicación de la ONT.....	84
Figura 7.6: Diagrama de la ubicación de los splitter y ONTs en el Edificio.....	85
Figura 7.7: Acometida del cable de fibra óptica.....	86

## **Índice de tablas**

### **Capítulo 2:**

Tabla 2.1: Tamaños de núcleo de la fibra óptica y sus características.....	8
Tabla 2.2: Comparación entre tipos de fibra óptica.....	16
Tabla 2.3: Parámetros de performance típicos de enlaces/sistemas de fibra óptica...17	

### **Capítulo 4:**

Tabla 4.1: Resumen comparativo Familia PON.....	44
Tabla 4.2: Valores típicos en splitters.....	45

### **Capítulo 5:**

Tabla 5.1: Pérdidas por tipo de fibra óptica.....	72
Tabla 5.2: Pérdidas en fusiones.....	72

### **Capítulo 6:**

Tabla 6.1: Cantidad de usuarios en el edificio de la facultad de especialidades empresariales de la U.C.S.G.....	75
--	----

### **Capítulo 7:**

Tabla 7.1: Longitud de la fibra óptica en el enlace.....	80
Tabla 7.2: Distancias entre tramos del eje seleccionado para el recorrido de la fibra óptica y georreferenciación de los pozos.....	81

### **Capítulo 8:**

Tabla 8.1: Implementación del enlace central Bellavista-Facultad de empresariales.....	92
--	----



Tabla 8.2: Instalación del enlace GPON central Bellavista-Facultad de empresariales.....93

## **Resumen**

Actualmente existe una demanda progresiva de conexiones de un ancho de banda alto, tomando en consideración las tecnologías basadas en cobre servicios de voz y datos como XDSL (X Digital Subscriber Line) las cuales poseen muchas carencias que a su vez se puede aplacar con enlaces de fibra óptica como medio de transmisión por excelencia. El presente trabajo de titulación muestra un estudio de campo donde se visualiza la viabilidad o factibilidad de las redes ópticas pasivas con capacidad de gigabit, las arquitecturas, topologías existentes y sus avances, por ende se ha compilado información de diversas fuentes (Libros, tesis y artículos) publicados sobre redes de telecomunicaciones y especialmente redes de acceso.

Se ha elaborado un análisis que prueba que se alcanza una reducción de costos considerable en los tiempos actuales. Esta propuesta establece un bosquejo de suma importancia para el campo de las telecomunicaciones específicamente con la tecnología GPON como una red de nueva generación.

## **Abstract**

Currently there is a growing demand for connections of a high bandwidth, considering copper based technologies for voice and data services as XDSL which have many shortcomings which in turn can be finished with fiber optic links as transmission medium par excellence. The present work shows titling a field study where the viability or feasibility of passive optical networks with gigabit displayed, architectures, existing topologies and their progress thus information is compiled from various sources (books, theses and articles) published on telecommunications networks and especially access networks.

It has developed an analysis that shows that a considerable cost reduction is achieved in the present times. This proposal provides an outline of paramount importance to the field of telecommunications, specifically with GPON technology as a next generation network.

# **CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Justificación**

El proyecto se justifica en razón de que las redes de telecomunicaciones existentes no cubren la creciente demanda de ancho de banda y seguridad de datos (encriptación de la información) en el edificio lo cual implica un mal servicio a los estudiantes.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La necesidad de adopción de sistemas ópticos con la característica de poseer un mejor ancho de banda y calidad en el edificio de la facultad de especialidades empresariales además de accesos a más y mejores servicios usando parte de la infraestructura desplegada otorgando una facilidad de gestión, operación, mantenimiento de la red y eficiencia en costes, nuevas fuentes de ingresos y un futuro sostenible.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Estudio y diseño de una red GPON FTTB de fibra óptica para dar servicios de voz, videos y datos por un medio en común en el edificio de la facultad de especialidades empresariales de la U.C.S.G.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Establecer los principios y topologías de los sistemas de distribución ópticos.
- Determinar las características e implicaciones prácticas de la tecnología GPON con la infraestructura FTTB.
- Elaborar el levantamiento físico de la red en el edificio.
- Realizar el estudio de factibilidad para el enlace entre la central Bellavista CNT y el edificio de empresariales para el diseño del tendido de la red GPON, ubicación de la OLT, Splitters, reservas de fibra óptica a lo largo del enlace y de la ONT mediante la planimetría de la canalización de CNT en la Cdla. Bellavista y planimetría interna de la U.C.S.G otorgada por las autoridades del edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales y el rectorado de la Universidad.
- Diseñar la red GPON en el Edificio incluye materiales y disponibilidad del equipo en el mercado.
- Determinar el presupuesto del proyecto.

### **1.4 Tipo de investigación**

- Método de investigación documental establece relaciones, diferencias, etapas, posturas en el diseño de la investigación.
- Método Cuasi experimental se realiza una factibilidad técnica en el sitio con el fin de determinar su viabilidad y factibilidad para una posible implementación.

## 1.5 Hipótesis

La utilización y adopción de esta red de nueva generación optimizando recursos de tal manera que la evolución a capacidades superiores de anchos de banda sea de fácil migración esto influirá en el crecimiento de usuarios y exigencias en la transferencia de datos a alta velocidad “navegación por internet”.

## 1.6 Metodología

- Estudiar la tecnología GPON.
- Diseñar la topología de la red.
- Analizar la infraestructura de red FTTB basada en los requerimientos técnicos y la topología de red propuesta
- Reportes fotográficos y cálculo del rendimiento del sistema esto implica observar las pérdidas de la Fibra óptica por fusión, conector, splitter, atenuación por km el etc, valores otorgados en la factibilidad en el edificio de la facultad de especialidades empresariales.
- Si el diseño y equipo propuesto satisfacen los requerimientos, se debe efectuar la implementación, de no ser así, reiterar los pasos anteriores hasta lograr lo esperado.

## **PARTE I Marco Teórico**

### **CAPITULO 2 TEORÍA DE LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS**

#### **2.1 Características de cable de fibra óptica**

En estos últimos tiempos, la comunidad del conocimiento ha sufrido una vertiginosa evolución debido por una mayor competencia promulgada por la eliminación de restricciones del mercado de las telecomunicaciones y a la manifestación de nuevos servicios para la satisfacción de los usuarios que requieren más ancho de banda. Como efecto de estos dos elementos se establecen necesidades para poseer mejores redes de comunicaciones capaces de dar un más alto ancho de banda a un costo relativamente bajo, siendo en la actualidad en Ecuador la tecnología XDSL que brinda servicio de voz y datos a través la línea telefónica.

Por otro aspecto, la demanda urgente de la sociedad por tener un mayor ancho de banda ha ocasionado revisar a los operadores sus tácticas, comenzando una pugna por la duplicación de la velocidad de transmisión de sus líneas que parece nunca acabar. ADSL carece en el ancho de banda que puede brindar, una desventaja muy importante frente a otras redes de acceso como la fibra óptica. Además el ancho de banda disminuye drásticamente a medida que el usuario se aleja del punto de acceso.

Las fibras ópticas se usan en la mayoría de las instalaciones de sistemas de comunicaciones. Prácticamente todos los sistemas telefónicos de larga distancia y metropolitanos la usan, y en la actualidad se está utilizando fibra para conectar a millones de hogares, suministrándoles conexiones de banda ancha. Las razones por

las cuales se utiliza fibra óptica en cada sistema son diferentes, pero todo radica en la longitud de la fibra, de la anchura de banda y de la inmunidad a la interferencia electromagnética. (Rosenberg, 2009, pág. 177)

Entonces, las redes de fibra óptica se usan para llegar a los usuarios con mejores servicios de telecomunicaciones y calidad, la fibra óptica en la actualidad es la más viable con una alternativa técnica, económica y comercial, para enlaces intercentrales, internodales, además para la interconexión de enlaces dedicados como instituciones, edificios financieros e inteligentes, empresas, etc.

En la figura 2.1 se aprecia la estructura del cable de fibra óptica el cual es apropiado para transmitir la información (voz, datos y video) en forma de rayos de luz. El mecanismo para transmitir la luz es a través de la reflexión total interna a través de la longitud del cable. En pocas palabras transporta y conduce la luz con escasas pérdidas de potencia óptica inclusive cuando se encuentra doblada. Conformada por dos círculos centrales.

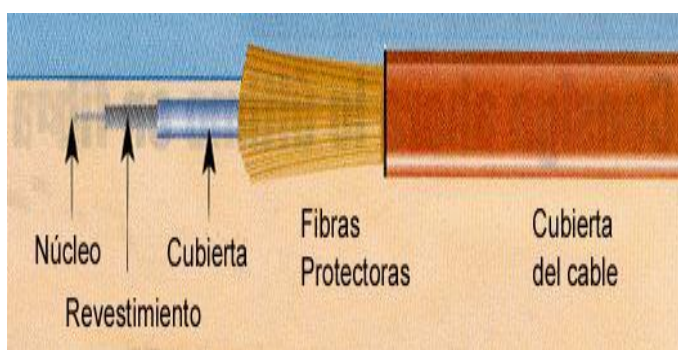


Figura 2.1: Estructura de cable de fibra óptica  
Fuente: (galeon.com, 2005)

- El núcleo, es la parte interna de la fibra óptica elaborada por un componente dieléctrico con la finalidad de ajustar su índice de refracción,



también existen núcleos de plástico o cuarzo fundido esto varía del fabricante de Fibra óptica.

- El revestimiento, envuelve al núcleo, fabricado con materiales similares al núcleo pero con un índice de refracción menor, para inducir una reflexión total interna en el cable. Debido a esto los rayos de luz que entran en la fibra hasta cierto ángulo quedan encerrados en el núcleo de ésta forma son dirigidos por la fibra hasta el receptor.
- La cubierta, habitualmente de plástico que protege a los dos anteriores.

### **2.1.1 Diámetros usuales de la fibra óptica**

La fibra óptica opera en cinco grupos importantes dependiendo de su diámetro del núcleo y revestimiento:

- Núcleo: 8 a 10/125  $\mu\text{m}$

Fibra monomodo con la capacidad de una mayor transmisión de información a la par con una baja atenuación al momento de efectuar un enlace, envía datos a alta velocidad a distancias largas. Por su pequeño diámetro del núcleo, el equipamiento óptico usa conectores especiales los cuales cumplen con la función de una mayor precisión y fuentes láser. El equipamiento es caro con relación a la fibra multimodo y el cable igual.

- Núcleo: 50/125  $\mu\text{m}$

Es muy solicitada en el mercado de las telecomunicaciones, su diminuta AN (Apertura Numérica) y diminuto núcleo ocasionan que la potencia generada por la

fuelle adaptada a la fibra óptica sea la más pequeña entre las fibras multimodo. Por ende es la que posee un mayor ancho de banda potencial entre las multimodo.

- Núcleo: 62,5/125  $\mu\text{m}$

Es muy común en la transmisión multimodo. Posee un menor ancho de banda potencial que la fibra de 50/125, pero se beneficia de una gran característica es más tolerante a las atenuaciones por microcurvaturas frente a otros tipos de núcleo de fibra óptica.

Su apertura numérica y diámetro de núcleo mayor colaboran con un acoplamiento de rayos de luz levemente mayor con respecto a la fibra de 50/125.

- Núcleo: 85/125  $\mu\text{m}$

El núcleo 85/125  $\mu\text{m}$  tiene una excelente disposición para adaptarse a la luz, semejante a la característica del núcleo de 100  $\mu\text{m}$  y utiliza el cubrimiento de diámetro de 125  $\mu\text{m}$ , este es un valor estándar. Otorga el uso de diferentes conectores y empalmes de fibra óptica de 125  $\mu\text{m}$  con este cable.

- Núcleo: 100/140  $\mu\text{m}$

Es fácil de conectar debido al volumen de su núcleo el cual es mayor con respecto a otros. Es idónea para tolerar la sensibilidad del conector y aglomeración de suciedad en las terminaciones del cable, se la usa en transmisiones de baja velocidad como por ejemplo en enlaces de cortas distancias donde se emplea fibra multimodo. Es rara y muy complicada de obtener.

Tabla 2.1: *Tamaños de núcleo de la fibra óptica y sus características*

	Núcleo	AN	Pérdidas	Ancho de banda	Longitud de banda $\mu\text{m}$
I	8 a 10	La más pequeña	La más bajas	El mayor	1.350 o 1.550
II	50	Más pequeña	Más bajas	Más grande	850 o 1.310
III	62,5	Media	Bajas	Medio	850 o 1.310
IV	85	Grande	Altas	Más pequeño	850 o 1.310
V	100	Las más grande	Más altas	El más pequeño	850 o 1.310

Fuente: (Cruz, 2012)

En la tabla 2.1 se aprecia el tamaño de los núcleos de cable de fibra óptica y algunas de las características usadas en la transmisión de las señales de datos.

### 2.1.2 Código de colores de la fibra óptica

Para la identificación de la fibra nos regimos por un código de colores en los hilos contenidos en los buffer por lo general estos colores no varían entre fabricantes.

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Bianco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Figura 2.2: *Código de colores de la fibra óptica (TIA/EIA-598)*

Fuente: (EMTT, 2010)

El cable de fibra óptica se codifica hasta un máximo de 24 posiciones. A partir del hilo 13 al 24 se reitera la secuencia de colores de los doce primeros hilos contenidos en el buffer, en la figura 2.3 se muestra un ejemplo de un cable siecor (Siemens/coming Glasses) que posee dos tubos buffer verde y rojo cada uno con 8 hilos entonces será:

	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA

BUFFER	FIBRA Nº
VERDE	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA
ROJO	9 = VERDE
	10 = ROJO
	11 = AZUL
	12 = AMARILLO
	13 = GRIS
	14 = VIOLETA
	15 = MARRON
	16 = NARANJA

Figura 2.3: Código de colores de fibra óptica cable siecor  
Fuente: (EMTT, 2010)

### 2.1.3 Principios de la transmisión óptica

En la figura 2.4 se muestra el transmisor donde se convierte la señal eléctrica en una señal óptica mediante un transductor electro-óptico, una vez que la luz a recorrido la fibra óptica, se reconvierte en una señal eléctrica al final del trayecto con un transductor opto-eléctrico en el receptor. (Siemens Aktiengesellschaft, 1988, pág. 8)

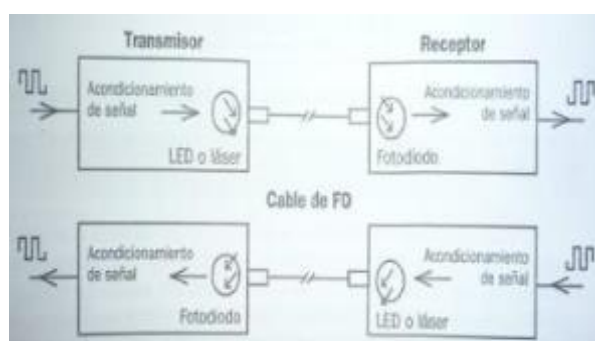


Figura 2.4: Un enlace dúplex típico en fibra óptica  
Fuente: (Rosenberg, 2009, pág. 181)

Cada enlace dúplex consiste de dos enlaces individuales, es decir, dos hilos de fibra que transmiten en direcciones opuestas por un mismo canal, es decir, envían y reciben datos de manera paralela. Existen métodos para operar en forma bidireccional una única fibra, pero es menos rentable que dos enlaces individuales de fibra. (Rosenberg, 2009, pág. 181)

El enlace dúplex se limita por el canal, sistema de transmisión y los protocolos que rigen al equipamiento la facultad que otorga es poseer dos cables separados.

#### **2.1.3.1 Transmisor óptico**

Convierte la señal eléctrica en una señal luminosa, por ende se rige en dos estados posibles: un pulso de luz significa un 1 y la ausencia del mismo en un 0. Por ende la necesidad para la transmisión de un enlace conversores Fastethernet hasta 100 MHz y conversores Gigas a partir de 1 GHz dependiendo del requerimiento en el ancho de banda.

#### **2.1.3.2 Receptor óptico**

Realiza el cambio respectivo las señales luminosas en señales eléctricas nuevamente, la importancia de un receptor óptico se caracteriza por su sensibilidad, que determina la mínima capacidad de operación, la salida de luz de una específica acción en términos de señal/ruido o tasa de errores que da el enlace en la transmisión. En la figura 2.5 se muestra conversores de fibra óptica de los siguientes modelos de izquierda a derecha conversor FirstMile, TP-LINK, Anet- UM150SM-20.



Figura 2.5: *Conversores de fibra óptica*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

### 2.1.3.3 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

#### ➤ Ventajas

- Permite la multiplexación de varias señales en la misma fibra, utilizando diferentes frecuencias portadoras (FDM). De esta manera se incrementa la capacidad de transmisión (altas velocidades). (Maya, 2011, pág. 79)
- Es una de las transmisiones más seguras, puesto que al no radiar energía al exterior resulta muy improbable la detección de la señal que está siendo transmitida. Siendo necesario para ello interferir en el sistema, algo bastante difícil de hacer sin que sea detectado, pues para ello habría de interrumpir el enlace durante un largo periodo de tiempo. (Maya, 2011, pág. 80)
- Por el material de construcción de la fibra es inmune frente a interferencias electromagnéticas por ende también no existen riesgos de incendios por arcos eléctricos en localidades o edificios que estén cableados con fibra óptica a diferencia de las redes de cobre.

- Por medio del equipamiento de medición como el OTDR existe la forma de ubicar fallas frente a cortes de fibra.
- Pocas pérdidas de la señal en el enlace, lo cual implica pocas estaciones repetidoras.
- Debido a su material de construcción es fácil de transportar e instalar.
- Disminuye gastos en instalaciones subterráneas, por su tamaño ya que no requieren de grandes ductos para el paso de la fibra.
- Estabilidad de la señal dentro de la fibra óptica, frente al clima por ende se ofrece al usuario un excelente servicio sin importar la localidad.
- El Dióxido de Silicio, materia prima para la fabricación de F.O, un recurso abundante para la elaboración del mismo.

➤ Desventajas

- Son delicadas.
- Para codificar la señal es necesario utilizar transmisores y receptores en el enlace los cuales son caros frente a otro tipo de equipamiento y tecnología.
- Las fusiones requieren de cierto nivel de capacitación al personal lo cual implica gastos y estos empalmes son difíciles de realizar en el campo en caso de una reparación por un corte en el cable.
- La necesidad de realizar procesos de conversión eléctrica-óptica.
- No posee una memoria óptica frente a sucesos.

- No transmite energía eléctrica limitando su aplicación, es una red pasiva por ende también dificultad la colocación de repetidores intermedios ya que estos requieren electricidad para trabajar.
- Aplicaciones con topologías FTTx.

## 2.2 Tipos de fibra óptica

Se clasifica por los modos de propagación de la fibra los cuales son: monomodo y multimodo. En la fibra multimodo la luz viaja en diferentes trayectorias (denominadas modos) a través del núcleo de la fibra por ende existe Multimodo de índice escalonado e índice graduado.

### 2.2.1 Fibra monomodo

Posee la característica de propagar un modo de luz o modo fundamental. Se debe disminuir el diámetro del núcleo para obtener un modo de propagación. Por lo general se emplea un diodo emisor láser infrarrojo de una gran magnitud. De esta forma el rayo de luz láser se interna al núcleo formando un ángulo de 90 grados. Este procedimiento al final contribuye aumentando la velocidad y la distancia de transmisión de datos. Se usa para enlaces de largas distancias.

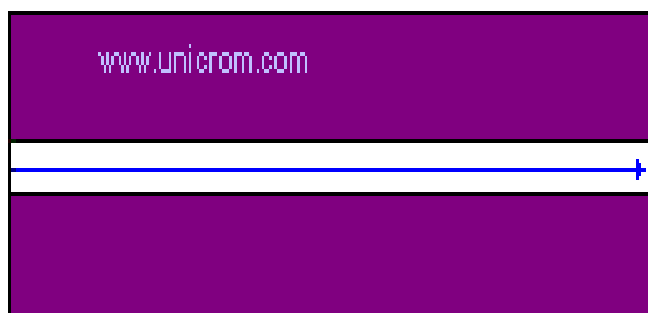


Figura 2.6: *Propagación de una fibra monomodo*  
Fuente: (Miguel Antonio Loor Diaz, 2010)



Esta fibra brinda por medio de la potencia capacidades altas de transmisión de datos. Posee una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. La mayor cantidad de tráfico se logra con la fibra óptica monomodo, pero la desventaja radica que es muy difícil de implantar por su pequeña apertura numérica lo cual contribuye con más trabajo al momento de efectuar una conexión. Tienen el diámetro del núcleo de unos 5 a 8 mm esto es parecido al orden de magnitud de una señal óptica al momento de transmitir. Si el núcleo está elaborado de un material el cual posee un índice de refracción muy diferente al del recubrimiento, se refiere a fibras monomodo de índice escalonado. (Maya, 2011, pág. 81)

### 2.2.2 Fibra multimodo

Posee la característica de propagar más de un modo de luz. Se emplean en aplicaciones de distancias cortas como 10 km. Emplea un LED (diodo emisor láser) de poca potencia. El precio en el mercado es menor comparando con las fibras monomodos. Estas se dividen dependiendo del índice de refracción del núcleo. Existen de índice gradual y de índice escalonado.

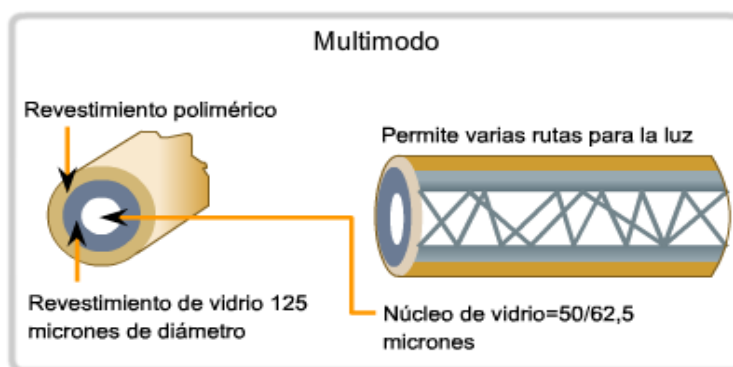


Figura 2.7: Fibra multimodo  
Fuente: (Illescas, 2012)

### 2.2.2.1 Fibra multimodo de índice escalonado

Este tipo de fibra óptica se caracteriza por conducir varios haces de luz contiguamente. Estos se reflejan con distintos ángulos sobre las paredes del núcleo, por lo que transitan en distintas distancias como se ilustra en la figura 2.8 y se desfasan en su viaje en la parte interna de la fibra, este motivo causa que la transmisión de información logre distancias cortas. (Miguel Antonio Loor Diaz, 2010)

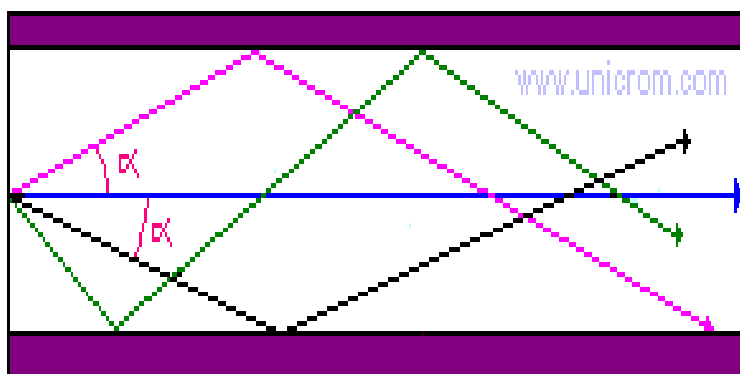


Figura 2.8: *Propagación de una fibra multimodo de índice escalonado*  
Fuente: (Miguel Antonio Loor Diaz, 2010)

Están fabricadas a base de vidrio, como se muestra en la figura los rayos ópticos viajan de tal manera que van golpeando las paredes del núcleo realizando rebotes en su trayectoria alcanzando distintas distancias, por tal motivo tal comportamiento se lo denomina como fibra multimodo de tipo escalonado.

### 2.2.2.2 Fibra Multimodo de índice gradual

El núcleo está compuesto por muchas capas de vidrio de diferentes tipos, elegidos con índices de refracción que producen un perfil de índice que se aproxime a una parábola. Debido a que la luz viaja más rápidamente en un vidrio de índice de

refracción bajo, la luz viajara de manera más rápida a medida que se acerca al exterior del núcleo. Asimismo, la luz que viaja más cerca al centro del núcleo viaja de manera más lenta. Un perfil de índice adecuadamente diseñado compensara las distintas longitudes de las trayectorias de cada modo aumentando la anchura de banda unas cien veces con respecto a la fibra de índice escalonado. (Rosenberg, 2009, pág. 189)

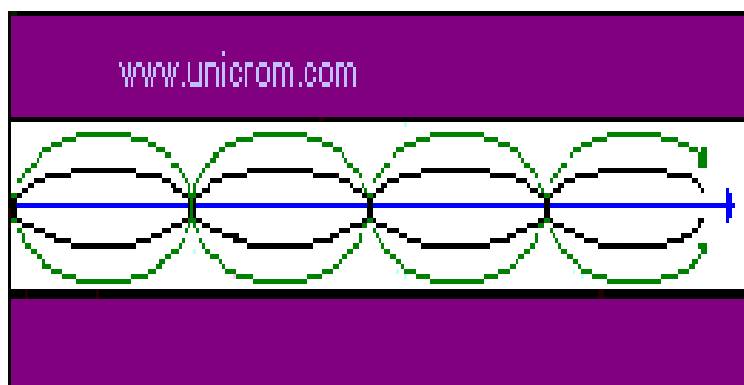


Figura 2.9: Propagación de una fibra multimodo de índice gradual  
Fuente: (Miguel Antonio Looz Díaz, 2010)

A continuación se observa en la tabla 2.2 las características de los tres tipos de fibra óptica:

Tabla 2.2: Comparación entre tipos de fibra óptica

Característica	Monomodo	Multimodo de índice gradual	Multimodo de índice escalonado
Fuente luminosa	Laser	Led o Laser	Led o Laser
Ancho de banda	Extremadamente amplio (350 GHz/km)	Muy amplio (0.2 a 3 GHz/km)	Amplio (hasta 0.2 GHz/km)
Empalme	Difícil	Difícil	Difícil
Aplicación típica	Enlaces de telecomunicaciones	Troncales telefónicas longitud moderada	Enlace entre computadoras
Costo	El más costoso	Costoso	Menos costoso
Diametro del núcleo	2 a 78 $\mu\text{m}$	50 a 125 $\mu\text{m}$	50 a 125 $\mu\text{m}$
Diametro del recubrimiento	15 a 60 $\mu\text{m}$	125 a 440 $\mu\text{m}$	125 a 440 $\mu\text{m}$

Fuente: (Miguel Antonio Looz Díaz, 2010)

➤ Características de transmisión de la fibra óptica

En la tabla 2.3 se ilustra los enlaces de telecomunicaciones que normalmente usan bandas de 1310 nm para distancias cortas y de 1550 nm para distancias largas como por ejemplo en enlaces submarinos e interurbanos. La banda de 1550 nm es muy habitual en la multiplexación por división de longitud de onda, donde varios láseres de distintas longitudes de onda intervienen en una única fibra y amplificadores de fibra que consisten en repetidores ópticos con el fin de otorgar una intensidad de la señal óptima.

Tabla 2.3: *Parámetros de performance típicos de enlaces/sistemas de fibra óptica*

Tipo de enlace	Fuente/tipo de fibra	Longitud de onda (nm)	Potencia transmitida (dBm)	Sensibilidad del receptor (dBm)	Margen (dB)
Telecomunicaciones	Laser/SM	1310	+3 a -6	-40 a -45	34 a 48
		1550	0 a -10	-40 a -45	40 a 45
Comunicaciones de datos	LED/MM	850	-10 a -20	-30 a -35	10 a 25
		1300	-10 a -20	-30 a -35	10 a 25
	VCSEL/MM	850	0 a -10	-10 a -15	5 a 10
	Laser/SM	1310	+3 a -6	-40 a -45	34 a 48
CATV (AM)	Laser/SM	1310	+10 a 0	0 a -10	10 a 20

Fuente: (Rosenberg, 2009)

## 2.3 Parámetros de la fibra óptica

### 2.3.1 Atenuación o pérdidas de potencia óptica

La atenuación de la fibra se produce por dos razones la absorción y la dispersión existente por el ambiente donde se ubica el cable de fibra óptica (ver figura 2.10). La absorción es provocada por la impregnación de la luz y su cambio a calor en las moléculas del vidrio.

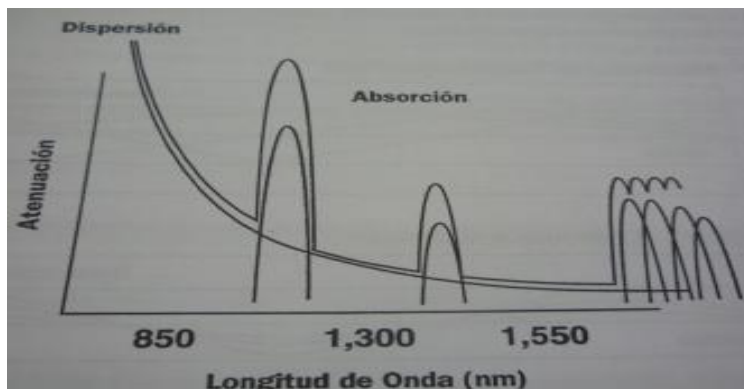


Figura 2.10: La curva de atenuación de una fibra óptica  
 Fuente: (Rosenberg, 2009, pág. 191)

La causa principal de la atenuación es la dispersión. La luz que se dispersa en ángulos por fuera de la AN de la fibra será absorbida por el revestimiento o reflejada hacia la fuente. La dispersión es también una función de la longitud de onda, proporcional a la inversa de la cuarta potencia de la longitud de onda de la luz. Por lo tanto, si se duplica la longitud de onda de la luz, se reducen las pérdidas por dispersión 24 o 16 veces (Rosenberg, 2009, pág. 192).

Como consecuencia, se debe considerar en enlaces de distancias largas usar una longitud de onda alta para obtener una pérdida relativamente baja y una distancia larga entre los repetidores. Juntas, la absorción y la dispersión, causan la curva de atenuación de una fibra óptica de vidrio típica, como se muestra en la figura 2.10.

### 2.3.2 Anchura de banda de la fibra óptica

La transmisión de información de la fibra se encuentra restringida por dos componentes individuales de dispersión: modal y cromático. En la figura 2.11 se muestra la dispersión modal que acontece en fibras multimodo de índice escalonado en las que las trayectorias de los diferentes modos tienen longitudes diferentes y en la

figura 2.12 se muestra la dispersión cromática causada por la luz de distintas longitudes de onda que viaja a diferentes velocidades.

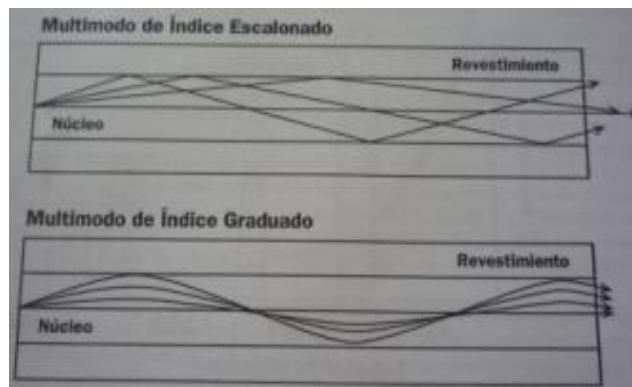


Figura 2.11: La *dispersión modal*  
Fuente: (Rosenberg, 2009, pág. 192)

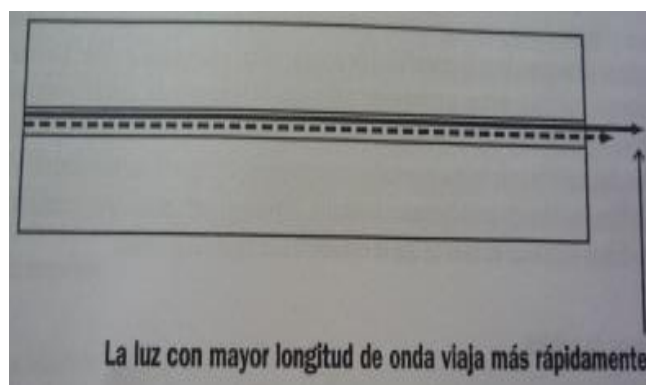


Figura 2.12: La *dispersión cromática*  
Fuente: (Rosenberg, 2009, pág. 192)

### 2.3.3 Macropliegue

El macropliegue también conocido como macrocurvatura es provocado cuando el haz de luz de mayor orden o densidad se escapa del núcleo multimodo y por lo tanto provoca una atenuación en la señal como se muestra en la figura 2.13. El factor primordial de un macropliegue es una curvatura de reducidas dimensiones ocasionada por el doblamiento en el cable de fibra.

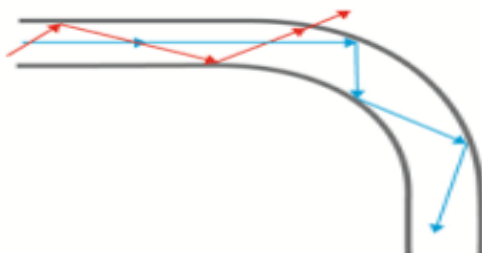


Figura 2.13: *Gráfico de un macropliegue o macrocurvatura*  
Fuente: (Fundamentos de redes , 2011)

### 2.3.4 Micropliegue

El micropliegue o conocido como microcurvatura es provocada por el escape del haz de luz proveniente del núcleo a la capa, por lo general ocurre en el proceso de fabricación del cable. Es un factor causado por el tendido del cable de fibra o por el arrollamiento de la misma.

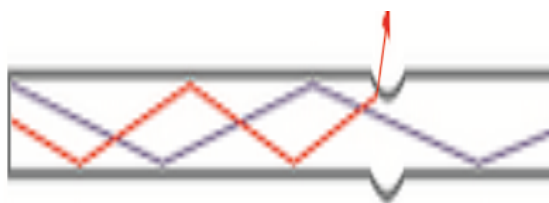


Figura 2.14: *Gráfico de un micropliegue o microcurvatura*  
Fuente: (Fundamentos de redes , 2011)

### 2.3.5 Pérdidas por empalme

Las pérdidas por empalme acontecen cuando se fusiona o se empalman dos hilos de diferentes diámetros en el núcleo o en la práctica cuando el técnico no limpia adecuadamente los hilos a fusionar se debe usar un kit de limpieza para estos tipos de trabajo y la vestimenta adecuada.

### 2.3.6 Atenuación por tramo

La atenuación por tramo acontece por la construcción de cada cable de fibra óptica o por un corte debido a un evento y se representa en dB/Km, es decir, la pérdida por cada kilómetro del enlace total. En la figura 2.15 se muestra un desfase en la medición donde se aprecia una atenuación a lo largo de la Fibra óptica.

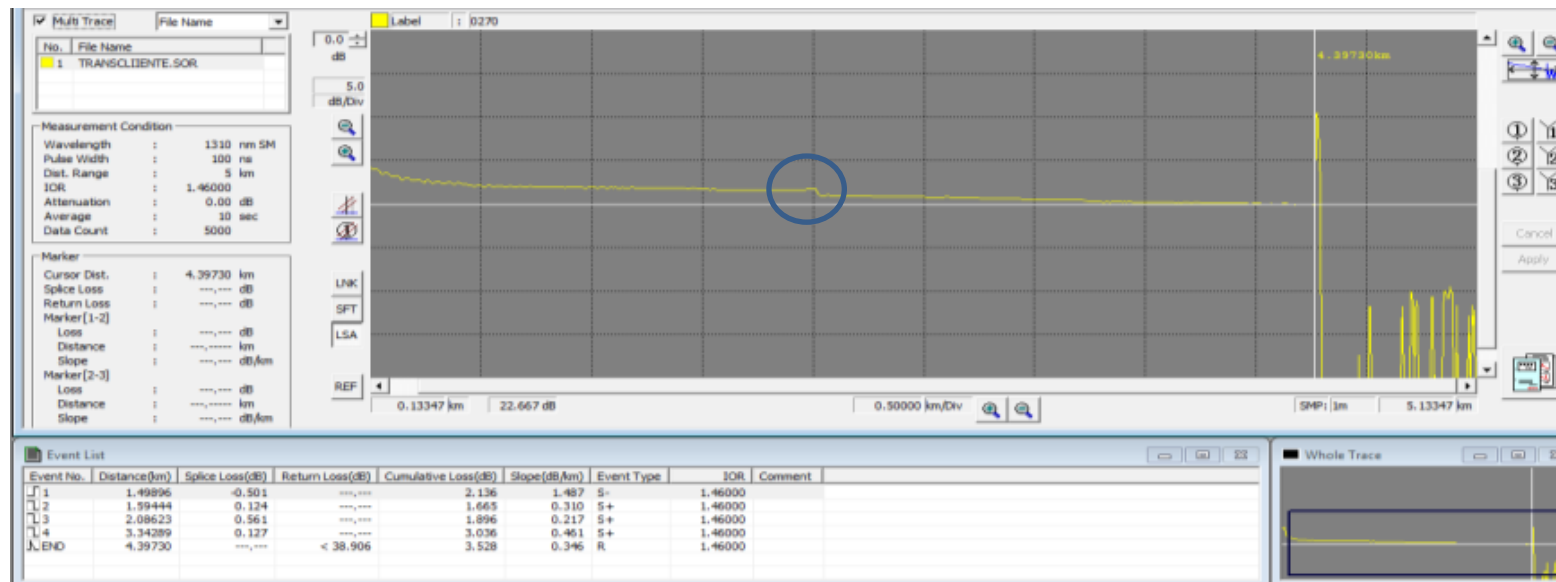


Figura 2.15: Medición con OTDR YOKOGAWA-AQ7275  
Fuente: (Lorenti, 2014)





## 2.4 Componente de la fibra óptica

Los componentes que frecuentemente se usan en los enlaces de fibra óptica son: ODF, pigtails, conectores, adaptadores o acopladores.

### 2.4.1 ODF

El ODF (Optical Distribution Frame) se lo emplea para la culminación del tendido del cableado tanto en la central como en el usuario tiene capacidades de 2 a 144 puertos, dependiendo de la capacidad y el uso que se le vaya a dar.

Debe tener todos los accesorios necesarios de sujeción a rack o pared, con bandejas de empalme independientes que permitan el manejo de cada buffer sin afectar al resto, espacio suficiente para reservas de pigtails y buffers de la fibra del enlace, distancias que permitan respetar el diámetro de curvatura permitido, accesos para la fibra óptica y los patchcords. Debe estar construido con material resistente y tener una etiqueta interna para identificación de empalmes. (CNT, 2012)



Figura 2.17: ODF de 4 puertos  
Fuente: (Lorenti, 2014)

## 2.4.2 Elemento de unión pigtail

Es la conexión entre la fibra proveniente del exterior y el acoplador del ODF. Varían según la terminación estos pueden ser: FC, ST, LC o SC el ultimo es el más común en la mayoría de aplicaciones. El conector del pigtail siempre debe estar protegido contra golpes y suciedad como una medida para optimizar el enlace de fibra óptica.

## 2.4.3 Conectores

Son los encargados de unir el pigtail con los conversores de fibra óptica dándole continuidad a la señal.



Figura 2.18: *Conectores de fibra óptica*  
Fuente: [www.veri.com.bo/site](http://www.veri.com.bo/site)

Los tipos de conectores disponibles en el mercado de las telecomunicaciones varían según su característica y función, los más comunes son:

- FC (Fiber-optic Connector), se emplea en la transmisión de datos.

- FDDI (Fiber Distributed Data Interface), se utiliza para redes ópticas, es decir tendidos de fibra óptica.
- LC (Lucent Technologies Connector), se usa en transmisiones con altas cargas de tráfico.
- SC (Set and Connect) y SC-Dúplex, se emplea para la transmisión de datos, el más común en el mercado.
- ST (Set and Twist) se utiliza en redes de edificios y en sistemas de seguridad, su uso no es muy común.

➤ Tipos de pulido

Las puntas de la fibra óptica o terminaciones necesitan un acabado específico en su forma de conexión. Los acabados más habituales son:

- Plano: Culminan de forma plana perpendicular a su eje.
- UPC: (Ultra PC) Parecido al anterior pero aún mejor.
- APC: (Angled PC) Parecido al UPC pero con el plano de corte levemente inclinado.

#### **2.4.4 Adaptadores de fibra óptica**

Se trata de un cambio mecánico para brindar una continuidad o paso al rayo de luz de una fibra a otro extremo conectorizado. En el mercado existen acopladores o adaptadores SC, ST, LC, FC, MTRJ y MU como se ilustra en la figura 2.19. El acoplador MU no es muy común en las instalaciones de fibra óptica.



Figura 2.19: *Adaptadores de fibra óptica*

Fuente: (Direct Industry El salon online de la industria , 2014)

## 2.4.5 Empalmes de la fibra óptica

Cumplen con la función de unir las fibras brindar continuidad ya que estas no pueden recorrer cientos de kilómetros. Debido al diámetro de la fibra es muy difícil de alinear el núcleo de dos fibras, por tanto se emplea equipamiento sofisticado para este trabajo logrando una mayor eficacia en la fusión del cable.

Las atenuaciones por lo general se ubican en el tramo del usuario, de la central o en la conexión punto a punto es decir fibra a fibra. También existe la posibilidad de una mala fusión por parte del personal técnico, en el alineamiento de los hilos, el diámetro del núcleo o las impurezas de los mismos.

### 2.4.5.1 Empalmes por fusión

Este procedimiento radica en la unión de dos hilos de la fibra óptica fundiendo sus terminaciones mediante una fuente calorífica, la cual está conformada de dos electrodos entre los cuales se produce un arco eléctrico cuando se les emplea

una fuente de alta tensión de 4 k a 5 k voltios con corriente eléctrica controlada. La intensidad calorífica del arco eléctrico necesitara de la corriente para la suministración en la fuente de alta tensión.

Estos empalmes se realizaran mediante un equipo llamado fusionadora. La máquina posee las siguientes características: acercamiento de los hilos de la fibras, alineamiento, fusión, cálculo de atenuaciones por análisis de eventos, emisión de láser para identificación de hilos, potencia de la señal y por último la fusionadora posee un calefactor integrado que permite la colocación del manguito térmico o en el argot técnico tubillo para la protección de la fusión de la fibra ver figura 2.20.



Figura 2.20: *Fusionadora DVP-730*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

#### **2.4.5.2 Empalmes mecánicos**

Los empalmes mecánicos son uniones mediante un soporte mecánico el cual cumple con la función de alinear las capas de las fibras mediante pegamentos evitando la separación de las fibras.

Para usar un empalme mecánico se debe considerar niveles de excentricidad extremadamente bajos o que la parte interna del núcleo se ajuste con el centro del revestimiento, en el caso de no ser así las atenuaciones de inserción que se generarían serían altos, sobre todo en empalmes de fibras monomodo. Es un mecanismo que muy poco se lo usa en el campo técnico. (Conectronica tecnologia y elementos de conexion y conectividad , 2009)

#### **2.4.6 Protección de los empalmes**

La protección de los empalmes radica en el sector donde se realizó la fusión, esta es frágil y vulnerable al ambiente donde se ubique el cable de fibra óptica, por lo general el paso del cable de fibra óptica son en ambientes en la intemperie o en condiciones no óptimas por ende se debe cubrir los hilos con manguitos térmicos o en el argot técnico denominado tubillos los cuales tienen un nervio metálico y estos son colocados en el ODF o una manga de empalme.



Figura 2.21: *Manguitos térmicos*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

### 2.4.6.1 Manga o mufa

Una manga es usada para brindar soporte mecánico a los empalmes de fibra óptica los cuales son colocados en postes y ductos, se lo emplea con el fin de proteger de manera hermética las conexiones en determinados puntos de la red, con la función de dar seguridad, protección y prevención de daños que posiblemente sean provocados por el clima, la humedad o roedores.



Figura 2.22: *Manga tipo bala de 24 hilos*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

### 2.4.6.2 Cajas de empalme

Son empleadas como una medida de protección al empalme y ajuste para empalmes directos o derivados de cables ópticos con un almacenamiento de hasta 72 fibras en tendidos aéreos y subterráneos. Admite la entrada de cables con diámetros entre 10 y 25 mm, brindando un almacenamiento de hasta 72 fibras para el cable principal y de hasta 36 fibras para los cables derivados. Las fibras son depositadas en bandejas especiales, cada una con un almacenamiento máximo de 24 empalmes para



fusión, y debido a su sistema basculante admite una fácil manipulación y protección de los cables de fibra óptica. (Corning incorporated, 2014)



Figura 2.23: *Cajas de empalme ópticos*  
Fuente: (Corning incorporated, 2014)

#### 2.4.7 Equipos de medida de la fibra óptica

Las mediciones y pruebas ópticas son de vital relevancia para verificar el estado del enlace después de una instalación y en un soporte técnico provocado por un corte en el tendido del cable de fibra óptica los parámetros que rigen la operatividad de la red son:

- Atenuaciones en la señal de la red.
- Nivel absoluto del sistema.
- Sensibilidad de recepción dado por los equipos.
- El canal total del enlace dado en Hertz (ancho de banda).

### 2.4.7.1 OTDR

El OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) es empleado para visualizar mediante gráficos el estado de operatividad de la red y realizar las respectivas mediciones de atenuaciones de la señal. La principal característica es la posibilidad de detectar el corte en la fibra mediante eventos también se visualiza conexiones, posibles fallos de instalación o materiales dañados. Estos equipos operan bajo el principio de la medida de retorno de esparcimiento óptico.



Figura 2.24: OTDR Yokogawa- AQ 7275 Optical Port  
Fuente: (Lorenti, 2014)



Figura 2.25: OTDR EXFO – 100 Access OTDR  
Fuente: (Lorenti, 2014)

#### **2.4.7.2 Fuentes de luz y medidores de potencia serie OTS y LTX**

Estos elementos son fundamentales en el equipamiento de todo técnico. Mediante estas herramientas se obtiene la medición de la pérdida total de la línea de transmisión. La fuente de luz proporciona una potencia determinada actuando como emisor desde una punta de la fibra óptica.

El medidor de potencia se ubica en la otra punta recibiendo esta luz. De esta forma, se realizan cálculos por medio de las mediciones obtenidas y se muestra las pérdidas totales de la línea.

#### **2.4.7.3 Identificador de fibra activa**

Es un medio auxiliar fácil de usar en instalaciones y mantenimientos. Es una manera segura de detectar e indicar la dirección de transmisión sin interrumpir el enlace. La dirección de la señal y el tipo de señal (continuo, pulsante o ninguno) se muestra mediante los indicadores luminosos.

### **2.5 Selección de cables de fibra óptica**

La principal función del cable de fibra óptica es proteger a las fibras en el cable durante la instalación y en toda su vida útil. Existen cables de diferentes tipos, según la cantidad y tipo de fibras y el entorno en el que serán instaladas. Se debe elegir cuidadosamente el cable de fibra óptica, dado que la elección afectara la facilidad de instalación, empalmes y terminación y más importante aún los costos. La elección del cable depende por donde este pasara. Si pasa por lugares cerrados la cubierta no debe ser fuerte para proteger las fibras, pero deben cumplir con las

normas o reglamentos contra incendios. Si son espacios abiertos, este dependerá de la instalación del mismo: directamente enterrado, en un conducto, colgado o debajo del agua. (Rosenberg, 2009, pág. 194)

## 2.5.1 Tipos de cables

### 2.5.1.1 Cable con mensajero

El cable con mensajero posee una estructura holgada con un cable de acero también se denomina cable de figura en 8. Generalmente se lo usa en las instalaciones aéreas, su instalación cabe mencionar es mucho más rápida que canalizada. Es un cable de acero con alta tracción con un cable comprendido entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{5}{8}$  de pulgada.

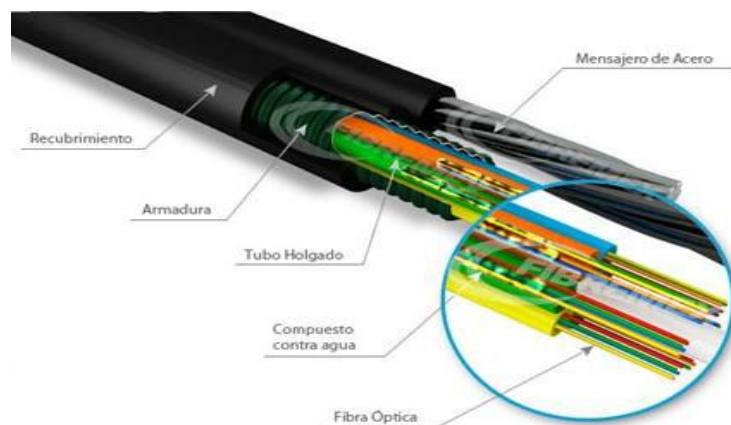


Figura 2.26: Cable en figura 8  
Fuente: (Illescas, 2012)

### 2.5.1.2 Cable blindado

El cable blindado tiene la característica de poseer una armadura metálica la cual se ubica debajo del revestimiento. Otorga al cable de fibra óptica resistencia a fuerzas externas ejercidas en él y especificaciones técnicas de protección frente a

roedores. Se usa en tendidos canalizados o en instalaciones industriales donde el ambiente es conflictivo. (Illescas, 2012)

### **2.5.1.3 Cable de estructura holgada**

El cable de estructura holgada está formado de una serie de tubos de fibra que se ubican alrededor de un miembro central de refuerzo, y rodeado de la cubierta. Cada tubo o buffer lleva hilos en él. Los tubos están llenos de un gel el cual no permiten el ingreso del agua en la fibra. Como es un cable holgado protege la fibra de tensiones externas, con vano generalmente se usan preformados en cada poste. El centro del cable contiene un elemento de refuerzo, que puede ser acero, kevlar o un material similar. Este miembro proporciona al cable refuerzo y soporte durante las operaciones de tendido en el enlace de fibra óptica, así como en las posiciones de instalación permanente. (Illescas, 2012)

### **2.5.1.4 Cable aéreo auto soportante**

Se emplea en tendidos aéreos. No necesitan soportes o tensores para sostener la fibra. Para colocar el cable en el poste se debe usar abrazaderas especiales. El cable de fibra óptica se coloca bajo tensión mecánica longitudinalmente en la trayectoria.

### **2.5.1.5 Cable submarino**

Estructura holgada fabricado para estar sumergido en el agua a bajas temperaturas. Las telecomunicaciones entre continentes se conectan mediante cables submarinos transoceánicos.

## **CAPITULO 3**

### **SISTEMAS FTTx**

#### **3.1 Descripción de las diferentes arquitecturas de FTTx**

El sistema FTTx comúnmente conocido como Fiber to the x, donde x toma la denominación de diferentes destinos. Los más importantes son:

- FTTC (Fiber to the Curb), Fibra hasta el bordillo.
- FTTB (Fiber to the Building), Fibra hasta el edificio.
- FTTH (Fiber to the Home), Fibra hasta el hogar.
- FTTN (Fiber to the Node), Fibra hasta el nodo (también llamada fibra hasta el vecindario).

##### **3.1.1 FTTC**

La topología FTTC es la fibra hasta la acera, generalmente culmina hasta un armario ubicado en la calle donde se distribuirá al usuario por medio de la red de cobre existente o cable coaxial dependiendo del caso, por ende se considera una red híbrida. Posee una desventaja el costo de implementación, la inversión es alta con equipamiento de multiplexación e interfaces de red.

El sistema FTTC posee la ventaja de usar un menor metraje de fibra por enlace con respecto a otros sistemas como FTTH. Es capaz de brindar servicios con gran ancho de banda. (Huawei technologies Co.)

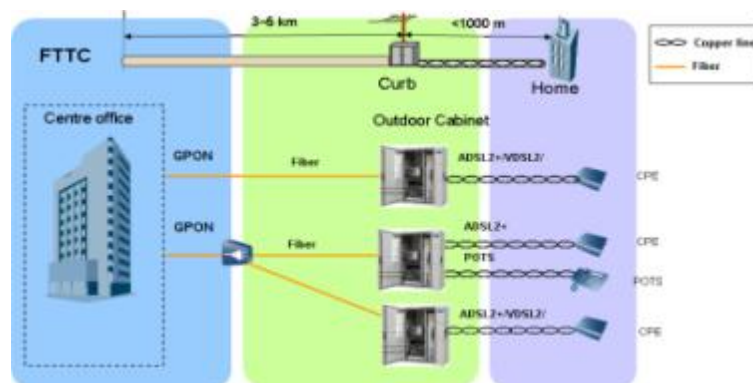


Figura 3.1: Estructura básica de la topología FTTC

Fuente: (Huawei technologies Co.)

### 3.1.1.1 FTTCab

El sistema FTTCab es la fibra hasta el gabinete, es similar a FTTC, pero desarrollara una mayor capacidad de clientes. De la misma forma que sus antecesoras, tiene la ventaja de brindar al cliente servicios que necesiten un mayor ancho de banda.

### 3.1.2 FTTB

El sistema FTTB se caracteriza porque la acometida, es decir la fibra llega a la entrada del edificio sea comercial o residencial. Partiendo desde este punto la red interna en el edificio es a través de cableado estructurado. La OLT se encuentra en la Central, los splitters son colocados en el cuarto de equipos de cada piso del edificio, de acuerdo al número de puntos de red. Finalmente se llega con fibra hasta el cuarto de equipos del edificio donde se solicita llegar con el servicio, aquí se coloca la ONT y luego se distribuye la red interna mediante cobre o redes inalámbricas en el predio

del usuario. La capacidad del ancho de banda que brinda este sistema por usuario es de 50 a 100 Mbps. (Huawei technologies Co.)

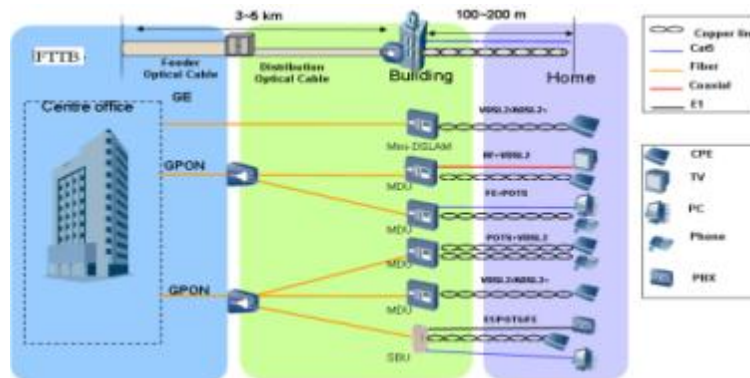


Figura 3.2: Estructura básica de la topología FTTB  
Fuente: (Huawei technologies Co.)

### 3.1.3 FTTH

El sistema FTTH es la fibra que culmina en la casa u oficina del usuario. El cliente no comparte recursos con otros usuarios. La implementación de este sistema es el más costoso frente a otros. Una ventaja importante que posee es la gran capacidad que ofrece en el enlace es una red pasiva por consiguiente no usa elementos activos como: amplificadores, regeneradores, etc.

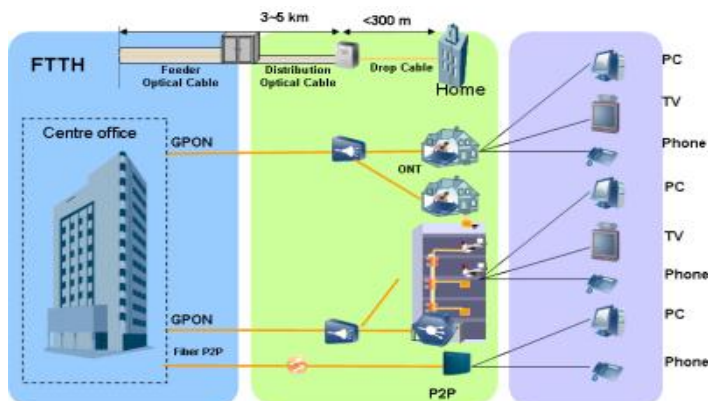


Figura 3.3: Estructura básica de la topología FTTH  
Fuente: (Huawei technologies Co.)



### **3.1.4 FTTN**

El sistema FTTN es la fibra hasta el vecindario, muy similar a FTTC, la cual llega hasta punto terminal como un vecindario para desde allí llegar a los usuarios por medio de cobre abaratando costos en implementación.

## **3.2 Características y aplicaciones del sistema FTTB**

### **3.2.2 Características**

El sistema FTTB al ser un sistema nuevo, compuesto de fibra y equipos ópticos, es un sistema que requiere de una inversión inicial considerable, con lo cual los diseñadores de una red deben buscar caminos para migrar hacia nuevas tecnologías y poder aprovechar todo el ancho de banda que la fibra óptica puede ofrecer, de manera que se garantice a futuro, el uso de la inversión en infraestructura, evitando cualquier cuello de congestión del servicio con el incremento de la demanda.

Tienen la capacidad de entregar el servicio hasta el usuario final a través del tendido de cobre disponible en el edificio, generalmente para aquellos de categoría 5 o superior, la categoría del cable varía dependiendo de la demanda del cliente con respecto a la tasa de transmisión que necesita para el funcionamiento del equipamiento existente en el predio. La red GPON como tal no pretende culminar hasta cada usuario, sino hasta una ubicación central o estratégica en las instalaciones del edificio o conjunto de edificios como por ejemplo al sótano o un cuarto de telecomunicaciones. (Gonzalez Velasco Jorge Antonio, 2009)

### 3.2.2 Aplicaciones

La topología FTTB al ser una red de nueva generación posee características que otras redes de accesos no brindan y las cuales carecen de ancho de banda para los usuarios finales. A continuación se enumeran las siguientes aplicaciones:

➤ FTTB en MDU:

- De banda ancha asimétricos tenemos los conformados por servicios de video por demanda, descarga de ficheros, difusión digital entre otros.
- De banda ancha simétricos se especifica aplicaciones referentes a correo electrónico, juegos en línea, educación a distancia, difusión de contenidos, intercambio de ficheros entre otros.
- Servicio telefónico ordinario o POTS (plain old telephone service) y RDSI (red digital de servicios integrados). Como tal la red de acceso otorga medios para acceder a servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización idónea.

➤ FTTB en compañías:

- De banda ancha simétricos tenemos como servicios email, softwares de grupos, intercambio de ficheros, difusión de contenidos entre otros.
- POTS y RDSI. Como tal la red de acceso otorga medios para acceder a servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización idónea.
- Línea privada. Como tal la red de acceso otorga medios para acceder a servicios de línea privada con diferentes tasas de transmisión.

### 3.3 Arquitectura de red FTTB

Este tipo de arquitectura es nueva en la actualidad por ende se está iniciando en su implementación logrando buenos resultados, a diferencia de la topología FTTH y otras topologías similares su costo es más económico porque en este caso se llega con el cable de fibra óptica hasta el hogar o residencia donde se ubica el usuario, razón por la cual los costos se incrementan. (Gonzalez Velasco Jorge Antonio, 2009)

En esta arquitectura se ubican 4 elementos principales los cuales son:

- Cabecera.
- OLT (Terminal de línea óptica).
- Fibra Óptica.
- ONT (Terminal de red óptico).



Figura 3.4: Elementos básicos de la arquitectura FTTB  
Fuente: (Gonzalez Velasco Jorge Antonio, 2009)

### **3.4 Ventajas y desventajas de FTTB**

#### **3.4.1 Ventajas**

- Permite la reutilización de la red de cobre existente.
- La implementación de la red es menos costosa frente a otras.
- Aumenta la capilaridad de un único puerto GPON (16.384 usuarios frente a 128) (Martinez, 2013).
- La instalación es más simple al no necesitar un ingreso al usuario.
- Los costos son asequibles. Es más económico un router xDSL que una ONT.

#### **3.4.2 Desventajas**

- Necesita una constante supervisión en el tráfico de la información.
- La infraestructura no permite la creciente demanda de ancho de banda.

## CAPÍTULO 4 TECNOLOGÍA GPON

### 4.1 Familia de estándares PON

GPON (Gigabit Passive Optical Network) se origina por la evolución de las redes predecesoras las cuales se fundamentaron en la tecnología PON (Passive Optical Network). PON es una red de fibra óptica la cual está implementada con elementos pasivos en el enlace, es decir, no necesita alimentación AC, al repartir la información a través de la red como se ilustra en la figura 4.1.

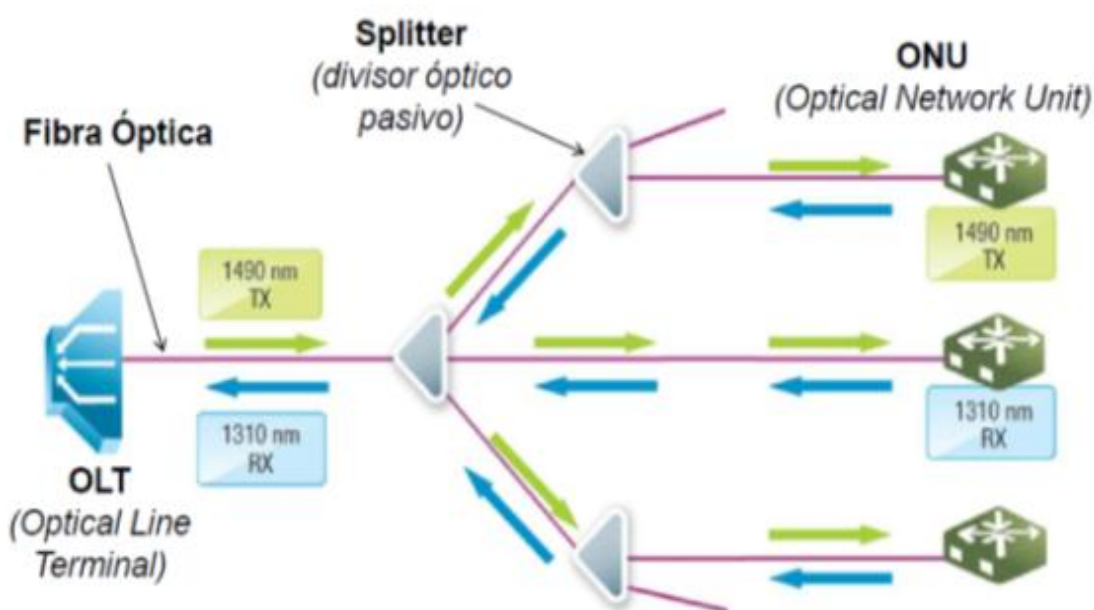


Figura 4.1: Gráfico de la topología PON  
Fuente: (Espol, 2013)

Se consideran dos posibles soluciones tecnológicas: las redes PON y AON (Active Optical Network) las primeras redes generan un bajo consumo de potencia y las segundas para el equipamiento requieren energía AC para su funcionamiento, la distribución de la señal por tal motivo son más costosas.

En el mercado de las telecomunicaciones existen distintas clases de redes unidas al concepto xPON como por ejemplo: APON, BPON, EPON y en un futuro no muy lejano: GPON. Las cuales se describirán a continuación:

#### **4.1.1 Estándar A. APON**

A. APON (Asynchronous Transfer Mode Over PON) se define en la norma ITU-T G.983.1 en 1998. APON se centra en su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa de transmisión máxima de 155 Mbps que se distribuye entre las ONTs conectadas en el usuario. En canal descendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento. Su problema inicial radica en la restricción de los 155 Mbps que posteriormente se incrementó hasta los 622 Mbps. (Illescas, 2012)

#### **4.1.2 Estándar B. BPON**

B. BPON (Broadband PON) se fundamenta en el desarrollo de las redes APON pero con la característica de brindar soporte a otros estándares de banda ancha. Se centra también en la norma ITU-T G.983.3 definida en el 2001. Aumenta su tasa de transmisión simétrica a 622 Mbps. Como debilidad frente a otros estándares es el costo alto que posee y las carencias técnicas.

#### **4.1.3 Estándar C. EPON**

C. EPON (Ethernet PON) este tipo de red se caracteriza porque transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM. Se mejora el tráfico

IP, la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos. (Illescas, 2012)

En la tabla 4.1 se aprecia el resumen de las principales características de las tecnologías PON.

Tabla 4.1: *Resumen comparativo familia PON*

<b>Tecnología</b>	<b>Estándares</b>	<b>Tipo de trama</b>	<b>Divisiones por fibra</b>	<b>Velocidad de subida</b>	<b>Velocidad de bajada</b>
Ethernet FTTH	IEEE 802.3	Ethernet	1	10 Gbps	10 Gbps
BPON	ITU-T G.983.x	ATM	32	155 Mbps	622 Mbps
EPON	IEEE 802.3ah	Ethernet	32	1.2 Gbps	1.2 Gbps
GPON	ITU-T G.984.x	ATM GFP	32 64	622 Mbps 622 Mbps	1.2 Gbps 2.5 Gbps

Fuente: (Cevallos Rojas Ramiro Alejandro, 2010)

## 4.2 Descripción de la tecnología GPON

Las redes PON con capacidad de Gigabit se definieron en el 2004 y son establecidas en las norma ITU-T G.984. Esta tecnología como tal brinda soporte y convergencia a varios servicios conocidos en la actualidad como voz video y datos, debido a la capacidad de ancho de banda que ofrece la tecnología GPON. Existen dos tipos de velocidades de transmisión: 1.2 Gbps subida / 2.4 Gbps bajada y 2.4

Gbps subida / 2.4 Gbps bajada, siendo más popular la primera de ambas. Actualmente en la derivación de los splitters en la tecnología GPON existen de 1:64 y 1:128, estos no son muy usados por ciertas empresas de telecomunicaciones. (Cevallos R. Ramiro, 2010)

Las atenuaciones de los splitter varían dependiendo del número de salidas. Para el cálculo del rendimiento del enlace se debe tener en cuenta la pérdida por conector del splitter de 0.2 dB. En la tabla 4.2 se observa ejemplos de valores típicos de pérdidas de inserción en splitters.

Tabla 4.2: *Valores típicos en splitters*

Splitter	Pérdida de inserción
1x2	3,7 dB
1x3	5,10 dB
1x4	7,25 dB
1x8	10,38 dB
1x16	14,10 dB
1x32	17,45 dB

Fuente: (Cevallos R. Ramiro, 2010)

En el enlace GPON todo es con fibra. Su tasa de transmisión en sus respectivos canales ascendente como descendente es muy superior a ADSL y Cable Modem que son redes de acceso muy limitadas en capacidad, se trata de Gpbs con respecto a Mbps.

Otro punto que resalta frente a otras redes como cobre son las distancias superiores en los tendidos de cable. Este nuevo estándar surgió con el fin de establecer nuevas exigencias a la red:



- Brinda convergencia y soporte de varios servicios: voz, ethernet (10/100 BaseT) y ATM.
- Distancias de 20 km e incluso se puede extender hasta los 60 km
- Brinda un soporte de varios bitrate con un único protocolo, incorpora velocidades simétricas de 622 Mbit/s, 1.25 Gbit/s, y asimétricas de 2.5 Gbit/s en el canal descendente y 1.25 Gbit/s en el ascendente.
- Encriptación de protocolos en el enlace descendente debido a la naturaleza multicast de PON.
- Cantidad máxima de clientes que se pueden derivar de una fibra es 64 aunque el sistema puede brindar derivaciones de hasta 128.

### **4.3 Normativas técnicas UIT G.984.X**

Estas normas técnicas otorgan a los usuarios mejores costos, competitividad y diversidad de fabricantes. Se dará una breve descripción de las normas UIT – T en la serie G: (Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales).

#### **4.3.1 Norma UIT-T G.984.1**

Esta norma muestra las características generales de una red GPON, el funcionamiento y constitución, con la finalidad de la convergencia del equipamiento, así como mostrar la topología utilizada.

#### **4.3.2 Norma UIT-T G.984.2**

Esta norma se resume en una serie de especificaciones para la administración de la capa dependiente de los medios físicos PMD (Physical Media Dependent),

aglomera valores nominales de 1244.160Mbit/s y 2488.320Mbit/s en sentido descendente y 155.52Mbit/s, 622.08Mbit/s, 1244.160Mbit/s y 2488.320Mbit/s en sentido ascendente y con respecto a estas velocidades descritas contribuye con el entendimiento de la señal tanto simétrico como asimétrico. La norma engloba servicios de voz, distributivos y de datos con tasas de transmisión en Gbps. (Viera Paez, 2013)

#### **4.3.3 Norma UIT-T G.984.3**

Los parámetros dados en esta recomendación sirven para aclarar la interoperabilidad entre la capa de convergencia y la PMD, en base al uso de herramientas como el AES y la trama FEC utilizada en la comunicación entre la OLT y varias ONU en sentido descendente. Se define que está directamente referenciada a los aspectos de la fibra óptica, describiendo algunas de las redes con acceso flexible para este medio y las características de las redes PON. (Viera Paez, 2013)

#### **4.3.4 Norma UIT-T G.984.4**

Esta normativa se centra en OMCI (ONT Management and Control Interface) interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica ONT, trabaja en MBI (Management Information Base) base de información de gestión autónomo del protocolo de comunicación entre los equipos ópticos OLT y ONT.

Se concluye que esta norma ofrece la administración de los diferentes servicios y sus tramas, según sus relaciones y atributos dentro del complejo sistema de encriptación. (Viera Paez, 2013)

### **4.3.5 Norma UIT-T G.984.5**

Esta normativa propone el rango de bandas y longitudes de onda que se prolonguen por determinado tiempo, otorgar señales que posean servicios nuevos para los usuarios usando WDM, con el fin de optimizar en el caso de nuevas redes ópticas pasivas, concerniente al empleo aconsejable de las ODN. (Viera Paez, 2013)

## **4.4 Arquitectura y características técnicas**

### **4.4.1 Arquitectura GPON**

La tecnología GPON consta de un OLT en la central y ONT en el predio del usuario. La OLT consta de una serie de tarjetas o puertos de línea GPON, cada uno con la cualidad de soportar hasta 64 ONTs.

Para la respectiva conexión entre la OLT y ONT, se necesita un patchcord de fibra óptica para trasladar una longitud de onda downstream. Se usan splitters para dividir el rayo de luz, el tráfico de bajada que propaga la OLT puede ser repartido. Esto es una enlace punto a multipunto o denominada topología en árbol.

En el tráfico de bajada se efectúa un broadcast óptico, Las ONTs tienen la cualidad de almacenar e identificar la información asignada por el operador, debido a AES (Advanced Encryption Standard) técnica de seguridad. En el tráfico de subida los protocolos basados en TDMA (Time Division Multiple Access) garantizan el transporte de información sin pérdidas de paquetes por colisiones desde la ONT hacia la OLT ubicada en la central. (Millan Tejedor, 2007 )

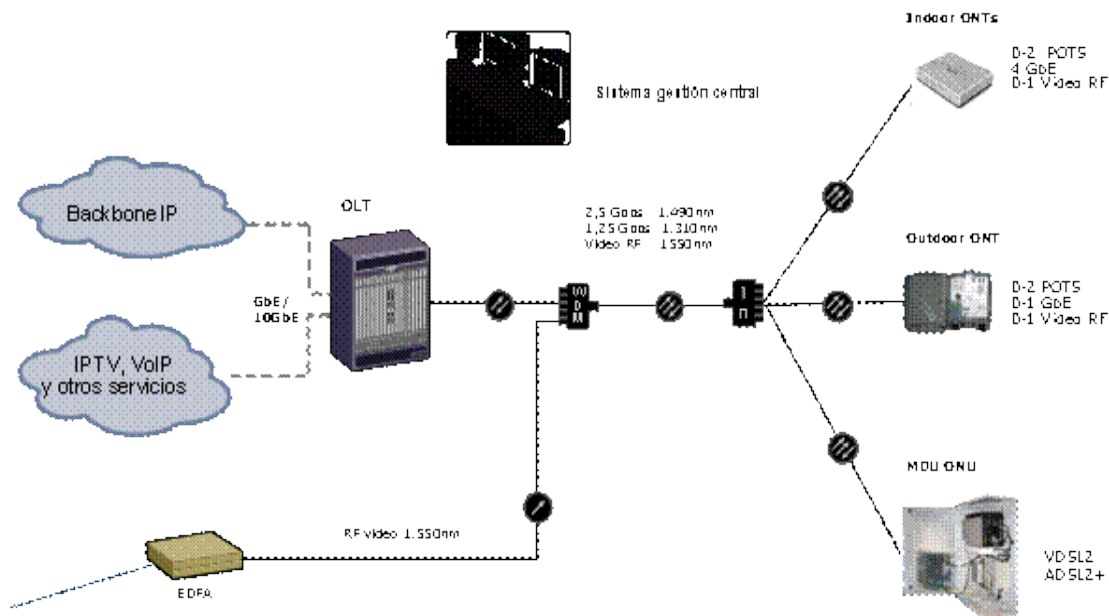


Figura 4.2: *Arquitectura de red GPON*  
Fuente: (Millan Tejedor, 2007 )

Una de las particularidad clave de PON es la capacidad de sobresuscripción. Ofrece a los usuarios una mayor cantidad de tráfico cuando este lo requiera o cuando la red no se encuentre exigida por otros usuarios. Este procedimiento es nombrado DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) posee la característica de ubicar dinámicamente el ancho de banda del PON punto a multipunto. En enlaces GPON, se otorga dos valores para  $\lambda$  longitud de onda en el transporte de datos, para el tráfico de bajada 1.490 nm y subida 1.310 nm.

## 4.4.2 Características técnicas del GPON

### 4.4.2.1 Multiplexación de la Información

La información en la fibra óptica se transporta tanto en el sentido descendente como el ascendente. Por ende se usa WDM. Realiza la multiplexación

de diversas longitudes de onda dando  $n$  canales con  $\lambda$  variados, incluso conceder sentidos diferentes.

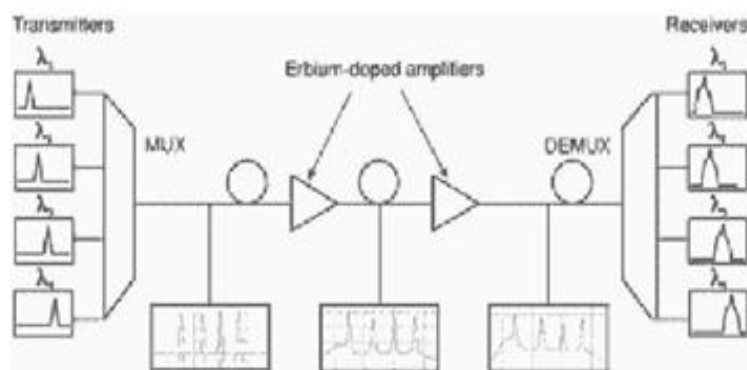


Figura 4.3: Multiplexación WDM  
Fuente: (Espol, 2013)

#### 4.4.2.2 Potencia y alcance

El alcance es el resultado por la atenuación máxima capaz de sostener sin malograr el servicio. La atenuación máxima está dada por la potencia máxima garantizada por la OLT menos la potencia mínima de la ONT. El estándar GPON define distintos tipos de láseres (en dBm):

OLT:

Tipo  $\rightarrow$  Potencia Media Mínima.

A  $\rightarrow$  -4

B+  $\rightarrow$  +1

C  $\rightarrow$  +5

Tipo  $\rightarrow$  Sensibilidad mínima del Receptor

A → - 25

B+ → - 27

C → - 26

Los fabricantes ofrecen que la atenuación máxima para el correcto funcionamiento del servicio es 28 dB. Las pérdidas por splitters más la suma de los conectores es de unos 20 dB. Sobran 8 dB para las pérdidas a lo largo del cable de fibra. Cada km posee 0.4 dB, por lo que el alcance máximo del enlace sería de unos 20 km.

#### **4.4.2.3 Canal descendente**

El canal descendente se origina desde el OLT hacia la ONT ubicada en el usuario en topología punto-multipunto donde la OLT emite una serie de contenidos que pasan por los splitters culminando en la ONT ubicada en el cuarto de equipos o de telecomunicaciones, cuya finalidad es filtrar los contenidos y dirigir los destinados al usuario. Se usa TDM (Multiplexación en el tiempo) para transmitir la información en distintos tiempos.

#### **4.4.2.4 Canal ascendente**

El canal ascendente se basa en la red punto a punto donde las ONTs envían paquetes de información a la OLT, estas se ubican en la central. Por tal razón se requiere la utilización de la TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) para que cada ONT emita la información en distintos tiempos, supervisados por la OLT.

#### **4.4.2.5 Aspectos a contemplar**

Con el fin de evitar interferencias en el envío de paquetes entre el canal descendente y ascendente se usan dos longitudes de onda superpuestas diferentes usando técnicas WDM. Se debe considerar implementar el uso de filtros ópticos para dividirlos después.

#### **4.4.3 Identificación de usuarios**

Se requiere un mecanismo llamado número de serie de ONT, el cual debe ser configurado en el equipamiento del enlace GPON como la OLT y ONT. La OLT posee una lista con las series de ONT de los usuarios y puertos donde se conectan. La serie se conforma por 8 bytes (64 bits). Los primeros 4 bytes identifican al fabricante y los restantes a la ONT.

#### **4.4.4 Configuración remota de las ONT**

En la configuración remota de las ONT acontecen dificultades las cuales deben ser solventadas para brindar un soporte del equipamiento óptimo en el cliente, se desarrolló el protocolo OMCI (ONT Management and Control Interface) sus siglas en inglés. Soporte remotamente de las ONTs. Para cada usuario se gestiona un canal individual entre OLT y ONT optimizando la gestión, rendimiento, monitorización de alarmas, fallos y prestaciones. El protocolo OMCI es la base para brindar la interoperabilidad entre fabricantes sin escenarios conflictivos. (Millan Tejedor, 2007 )

## 4.4.5 Elementos de una red GPON

### 4.4.5.1 OLT

OLT (Optical Line Termination) sus siglas en inglés, requiere alimentación AC para su funcionamiento está ubicado en la central telefónica. Desde la OLT parten los hilos de fibra hacia los ONTs (cada OLT puede brindar servicio a varios miles de usuarios). El tráfico provocado por las ONTs son enrutados hacia la red de agregación. Brinda funciones de router para cumplir con los servicios que requieren los clientes finales.

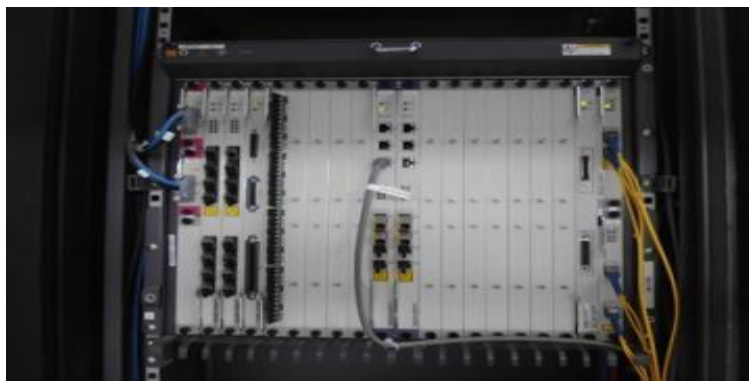


Figura 4.4: Tarjeta controladora OLT  
Fuente: (Lorenti, 2014)

### 4.4.5.2 ONT

ONT (Optical Network Termination) sus siglas en inglés, situado en el predio del cliente y da interfaces de usuario las cuales han evolucionado partiendo de fast ethernet al gigabit ethernet simultáneamente con la tasa de transmisión ofrecida al cliente. En la actualidad no hay interoperabilidad entre los equipos GPON, por ende estos requieren especificaciones del mismo fabricante. Los fabricantes trabajan



actualmente para conseguir la interoperabilidad, lo que dará oportunidad a expandir el mercado de las telecomunicaciones y disminuir los costos.



Figura 4.5: *ONT Huawei Echolife H685oa*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

En el mercado hay variedades de ONTs dependiendo del requerimiento, sus funciones y las interfaces que muestren al usuario:

- Interfaces fast ethernet y gigabit ethernet.
- Interfaces RJ11, se usan para la telefonía.
- Interfaces E1 o STM-1, para entregar servicios específicos de compañías.

#### **4.4.5.3 MDU**

La MDU (Multi Dwelling Unit) sus siglas en inglés, entregan el servicio a varios usuarios considerando parte de la infraestructura de las instalaciones del usuario. En la actualidad hay varios modelos de MDU en el mercado de los cuales dos resaltan del resto por su viabilidad y factibilidad para su implementación en una red de acceso:

➤ MDU XDSL:

Culmina la fibra proveniente de la central hasta un punto. Se usa tecnología xDSL para dar servicios a los usuarios mediante la red de cobre interna existente. Una característica primordial que posee a diferencia de la ONT que aprovecha el cableado estructurado en el edificio. La desventaja las limitaciones de las redes de cobre.

➤ MDU con interfaces fast ethernet:

Gran suministro de puertos ethernet posee la ventaja de ofrecer servicio a un edificio o empresa mediante el RJ45.

#### **4.4.6 Componentes pasivos**

Dentro del equipamiento en el tendido de fibra óptica se tiene los splitters (y filtros WDM).

##### **4.4.6.1 Splitters**

Los splitters constan de uno o dos hilos de entradas y varios de salida. Fabricados para introducir pérdidas de inserción repartidos equitativamente en cada hilo de salida. Su aspecto físico habitualmente es de casetes ubicados en las mangas aunque existe tipo ODF. Las puntas de la fibra pueden culminar con conectores, los conectores varían de modelo dependiendo de la solicitud del cliente. Cada adaptador posee pérdida de inserción (P.I.) y pérdida de retorno (PR) de cada una de sus ramas o hilos.



Figura 4.6: Splitter tipo ODF una entrada varias salidas  
Fuente: (Espol, 2013)



Figura 4.7: Splitter tipo cassette para mangas  
Fuente: (Lorenti, 2014)

#### 4.4.6.2 Filtro WDM

El filtro WDM es un elemento pasivo es decir no requiere energía AC para su funcionamiento, es usado en redes FTTx para mezclar y separar distintas longitudes de onda en un mismo hilo de fibra óptica, estas fibras pueden monomodo y multimodo. Su uso es primordial en las redes PON que facilitan la operación de video overlay. En la central, el filtro WDM mezcla la señal de vídeo (1550nm) con la de datos (1490/1310nm) originarias de los equipos de transmisión y en el predio del

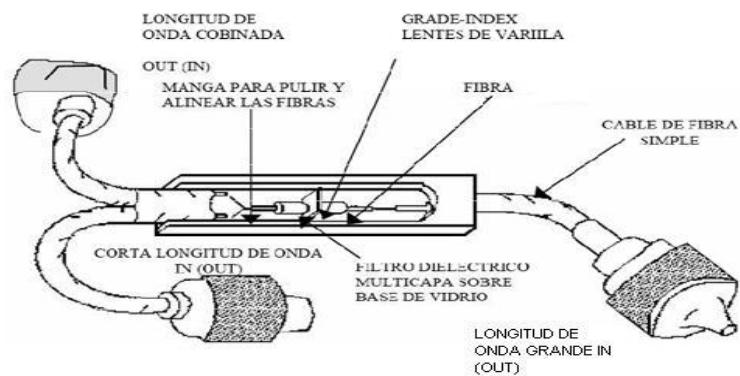


Figura 4.8: *Filtro WDM*  
Fuente: (Illescas, 2012)

Estos filtros se emplean en los paneles de distribución para prolongar la capacidad de comunicación existente en el tendido de fibra óptica. La pérdida de inserción está en un aproximado de 3dB.

## **CAPÍTULO 5**

### **NORMAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE RED GPON FTTB**

#### **5.1 Procedimiento de diseño de la red GPON**

Se realiza un site survey el cual es un estudio de campo para dar una serie de observaciones y características principales para el diseño de la red GPON, tomando en consideración los siguientes puntos:

- El tipo de fibra.
- Tendido de la fibra (aéreo, canalizado o mixto).
- Establecimiento de la ruta a seguir.
- Medidas correspondientes para el metraje de fibra a usar.
- Topología Física de la Red.
- Ancho de Banda asignado.
- Características constructivas del cable a usar.
- Equipamiento necesario para establecer el enlace.

##### **5.1.1 El tipo de fibra óptica**

El tipo de fibra óptica se basa en las especificaciones y estándares técnicos de fabricación, se considera y evalúa la distancia de los enlace, la capacidad de transmisión y futuros beneficios entonces se determina los requerimientos y se tiene: Fibra monomodo y multimodo con respecto a la última milla, es decir, el cable que llega a las instalaciones del usuario con su respectivo equipamiento (ODF, ONT el etc.).

## 5.1.2 Tendido de la fibra óptica

### 5.1.2.1 Tendido canalizado

La fibra óptica monomodo G652D posee un tejido metálico para cubrir y proteger la fibra de roedores y resistencia mecánica, cumple con los estándares TIA/EIA 598-C, IEC 60794 posee una temperatura operativa de  $-20^{\circ}\text{C} - + 70^{\circ}\text{C}$ , fuerza de tensión y carga 0.3/1 KN. Esto requiere el uso de ducterías, excavación, relleno, compactación y toda actividad necesaria para la instalación de ductos especiales para las redes de telecomunicaciones. (CNT, 2012)

➤ Instalación de cable de fibra óptica en canalización existente

Se deben efectuar los siguientes pasos:

- Dependiendo del entorno del lugar se deberá establecer todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad del personal técnico, transeúntes y parque automotriz que transiten por el sitio de trabajo.
- Normas y reglamentos internos que posee cada operadora telefónica con el único motivo de evitar accidentes de trabajo, que perjudiquen las instalaciones y al personal técnico que efectúe trabajos.

➤ Ingreso a las cámaras

Antes de ingresar a la cámara se deberá adoptar las siguientes medidas:

- Comprobar la presencia de cuerpos extraños en la cámara
- Estabilidad en la infraestructura de la cámara (roturas, fisuras, desnivel de la losa).

- Dimensiones y acondicionamiento de las cámaras.
- Requerimiento de iluminación y ventilación.
- Visualizar si en las cercanías de las cámaras hay gasolineras o fábricas que produzcan emanaciones tóxicas o explosivas, que pueden ser riesgosas para el personal y para los trabajos.
- Colocar la señalización como conos y usar vestimenta reflectiva dependiendo del horario para evitar accidentes.
- Plantear la factibilidad del uso de cámaras (se debe comprobar que en la ruta existente exista ductos libres, semiocupados y ocupados).
- Realizar el levantamiento de canalización caída (en el caso que este amerite).



Figura 5.1: *Pozo de CNT*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

➤ Finalización del tendido

- Identificación del enlace correspondiente por medio de etiquetas o placas.
- Colocar los cables dentro de los herrajes de pozo.

- Instalar manguera corrugada en los cables dentro del pozo como una medida de protección e identificación del cableado.

➤ Identificador del enlace

El diseño y el contenido de la etiqueta varía según la operadora telefónica y sus medidas, aunque por lo general es un prototipo estándar que rige en el diseño de las placas identificadoras del cableado de fibra óptica. La etiqueta debe tener dos perforaciones como se muestra en la figura para la sujeción del mismo en el cable. El identificador deberá contener la siguiente información:

- Logo de la operadora telefónica o nombre.
- Nombre del enlace de última milla.
- Número de contacto para llamar en casos de emergencia.

En la figura 5.2 se visualiza un identificador para el cable de fibra óptica.



Figura 5.2: Etiqueta CLARO medidas 3 mm de espesor 7x12 cm  
Fuente: (Lorenti, 2014)



### 5.1.2.2 Tendido aéreo

La fibra óptica monomodo G655 es ideal en vanos de 50 a 100 metros en zonas electromagnéticas o lluviosas y de descargas eléctricas, posee una chaqueta sencilla de MDPE redonda, fuerte a rayos UV, tiene una armadura de aramidas en forma helicoidal, una fuerza de tensión hasta 1 KN, el cable aéreo se rige en los estándares IEC 60793-2-50 B4, TIA/EIA 492-EA00, Telcordia GR-20, EIA/TIA 455. Se usan dos tipos de cables en las instalaciones Figura 8 (cable con mensajero) y ADSS (All Dielectric Self-Supported). (CNT, 2012)

#### ➤ Métodos de instalación

Hay varias maneras de realizar un tendido aéreo de acuerdo a diferentes factores como son:

- Método de enrollado retractable fijo.
- Método de enrollado móvil.
- Método de tendido manual.

En cualquiera de los dos primeros métodos se instalará un cable guía que se usara como rienda o mensajero. Por tal motivo será necesario asegurarse que todos los cables para el soporte de poste en las esquinas y los extremos terminales se instalen y tensionen antes del tendido del cable. Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica, seguridad de equipo, etc.). Con el método manual se necesitara personal con conocimiento técnico y la preparación adecuada para estos tipos de trabajo, se debe adoptar maniobras de instalación con todas las seguridades que la situación amerite.

➤ Criterios de diseño para redes aéreas de fibra óptica en Planta Externa

Se debe considerar las características constructivas del cable ADSS. Dentro de las principales variables sobresalen:

- Longitud Máxima de vano
- Catenaria Inicial de Instalación
- Catenaria bajo condiciones climáticas prevalecientes.

Una vez definido el tipo de cable, se determinan los herrajes de acuerdo a las características del trayecto. Los herrajes de paso y terminal se establecerán de acuerdo al diámetro del cable y al vano del cable que se va a soportar. Si los vanos son cortos, el agarre no será tan fuerte y se requerirá utilizar preformados 3/0, dos por cada herraje terminal (Tipo A), en cambio si los vanos son extensos, será necesaria la utilización de varillas de retención más grandes así como preformados de mayor numeración (4/0 ó 5/0). Su colocación deberá ser la adecuada para amortiguar efectivamente la vibración eólica en el rango de las frecuencias que pueda producir daño a los cables ADSS y herrajes. (CNT, 2012)

➤ Herraje tipo A

Se usa para el cable ADSS (sin mensajero), también conocido como herraje terminal por lo general se usa en el inicio y fin del tendido, en los cambios de dirección del cableado, en intervalos superiores o iguales a 90 metros y se coloca pasando dos herrajes B contiguos. Conformado de la siguiente manera:

- Herraje básico terminal para poste, incluye componentes de sujeción.

- Varillas de extensión.

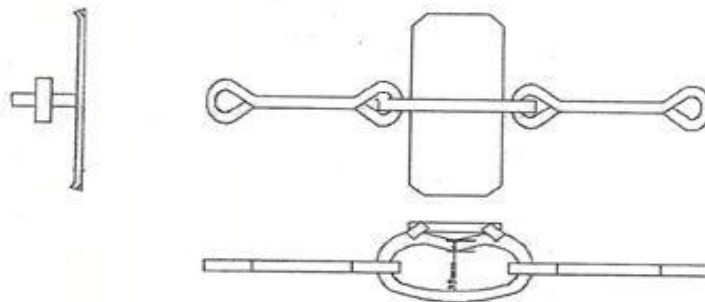


Figura 5.3: *Herraje tipo A*  
Fuente: (CNT, 2012)

➤ **Herraje tipo B**

Radica en dos tapas de aluminio que forman parte de un cilindro que posee un núcleo blando de caucho que faculta la retención suave de la fibra óptica. Las características técnicas o especificaciones deben regirse con el cable óptico a ser instalado. Está compuesto por un herraje de forma cónica tipo B o de paso (1 unidad), cinta acerada de medidas 1200x1800x500mm) (2 unidades), grapa para cinta de 3/4" (2 unidades). Es el elemento de fijación del cable. (CNT, 2012)



Figura 5.4: *Herraje tipo B*  
Fuente: (CNT, 2012)

➤ **Preformado**

Proporciona el agarre del cable de una forma segura y envolvente sobre su chaqueta realizando curvaturas ligeras sobre el cable. Para vanos superiores a 90 metros se usan los protectores de cable que son componentes similares a los preformados pero que poseen una menor longitud, que enrollan a la fibra, para sobre ellos envolver el preformado y con esto otorgar un mejor agarre, todo esto conforma el kit del preformado.

RETENCIONES O AMARRES PARA CABLES DE FIBRA ÓPTICA ADSS

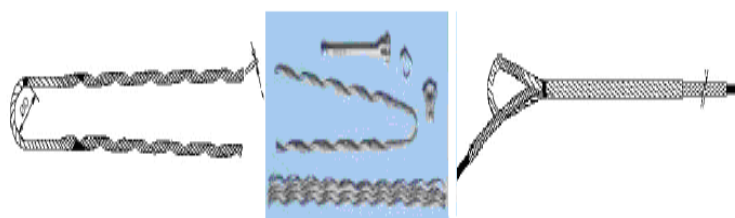


Figura 5.5: *Preformado*  
Fuente: (CNT, 2012)

➤ **Consideraciones de tendido en áreas urbanas**

La ruta establecida para el enlace se dará a través de la posteria perteneciente a CNT y en caso que lo amerite de la EEPG (Empresa Eléctrica Publica del Guayas) gestionando permisos correspondientes para el uso de los postes, al poseer tales accesos se procederá con la instalación del cable de fibra óptica tipo ADSS o figura 8. En caso de que no exista posteria en la ruta asignada se deberá realizar el hincado de postes y tomar en cuenta las características y especificaciones constructivas del cable (vano permitido).

Los empalmes de fibra óptica se realizarán cada 4.000 o 5.000 metros dependiendo del metraje de fibra en el carrete y serán sujetos en los postes con los herrajes y accesorios respectivos, el trabajo debe ser ejecutado por personal técnico apto donde se guarde la estética de lo realizado.

- Se usarán etiquetas para el tendido aéreo, una por cada poste.
- En intervalos urbanos se debe optar el método manual.
- En intervalos interurbanos, se deberá usar grúas o brazos hidráulicos a fin de realizar el cableado con mayor rentabilidad y garantía. Si existe inconvenientes para efectuar los trabajos, se usará el método manual.

➤ Numeración de postes

Tienen la finalidad de realizar una tabulación o conteo de los postes usados en la ruta. Para la numeración de cada uno de los postes se considera un conteo ascendente desde la central hacia el cliente.

➤ Reservas de cable de fibra óptica

Se toma en consideración el 5% del enlace total. Este valor se repartirá en todo el enlace en rollos de 30 metros a una distancia de 500 metros entre cada reserva de fibra óptica. Se debe incluir reservas en cambios de dirección de la ruta o cuando se realice derivaciones en el enlace. En los postes donde se coloque una manga o cajas de empalme se debe dejar un rollo de fibra óptica como reserva para futuros trabajos, se debe considerar el congestionamiento de cables existentes en el poste. (CNT, 2012)

Para trabajos canalizados se debe dejar reserva de cable para trabajos de fusión de la fibra fuera del pozo son 15 metros de cable por cada punta del empalme. Una vez realizado el trabajo se sitúa la manga en la loza del pozo. De igual forma se estima 30 metros de cable por cada 500 metros de tendido de fibra.



Figura 5.6: *Reserva de fibra óptica*  
Fuente: (CNT, 2012)

#### ➤ Portareserva

Brinda la sujeción y organización de la fibra en la central o cámaras. Se usa un portareserva por central y cámaras cada 500 metros de cable, se necesita respetar los radios mínimos de curvatura para evitar atenuaciones y la estética al finalizar la instalación.



Figura 5.7: *Portareservas de fibra óptica*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

➤ Odómetro

El odómetro es usado para realizar el metraje del tendido total de fibra óptica para el enlace.



Figura 5.8: *Odómetro*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

➤ Etiquetadora

La etiquetadora es una herramienta muy útil para la identificación del cableado realizado en el enlace, específicamente en la central y en el cliente.



Figura 5.9: *Etiquetadora Brady BMP21*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

### **5.1.2.3 Tendidos mixtos**

Abarca tendidos aéreos y canalizados con mangas o empalmes en todo el enlace su finalidad respaldar la operación del cableado conforme a su característica funcional. Se usara un solo tipo de cable posiblemente del mismo fabricante siempre que el diseño garantice el no realizar una manga intermedia. En el caso de estudio, se combinara estas dos características, con el fin de acaparar toda la exigencia de ancho de banda que requieran los clientes. (CNT, 2012)

- Longitud de la bobina de acuerdo al tipo de cable

Se usan generalmente en proyectos de fibra óptica tanto en tendidos aéreos y canalizados, estas son envueltas en carretes de acuerdo a lo decretado en el catálogo de materiales homologados. Las bobinas pueden tener metrajes de 4000 metros o 5000 metros.

### **5.1.3 Establecimiento de la ruta a seguir**

Se realizara el levantamiento de información de la infraestructura existente para el diseño de una ruta, es la mejor opción a seguir, posee una combinación de un sistema de canalización reservado exclusivamente para el paso de la fibra óptica y posteria para el ingreso del cable de fibra.

### **5.1.4 Medidas correspondientes para el metraje de fibra a usar**

Estas medidas se calcularan en base a los planos proporcionados por la CNT – Central Bellavista (Zona 2) y los proporcionados por las autoridades de la U.C.S.G



y la facultad de especialidades empresariales. Las medidas correspondientes a la fibra óptica determinarían el metraje de fibra óptica de la red de distribución y acceso.

### 5.1.5 Fibra óptica red de distribución

Enlace Central Bellavista – Edificio de la facultad de Especialidades Empresariales:

- La red de distribución del presente diseño, se estableció en base a los puntos de red ubicados en cada piso del Edificio.
- El enlace ocupa una fibra óptica de 1 buffer de 4 hilos de fibra óptica monomodo de los cuales, 1 hilos está activo, se tiene un total de 3 hilos de reserva para futuros usuarios o como backups.

### 5.1.6 Topología de la red

Es un enlace punto – multipunto como ilustra en la figura 5.10, la central Bellavista va a ser el punto de origen en el recorrido de la fibra hacia el edificio, esto comprende una gran cantidad de puntos de red (usuarios).

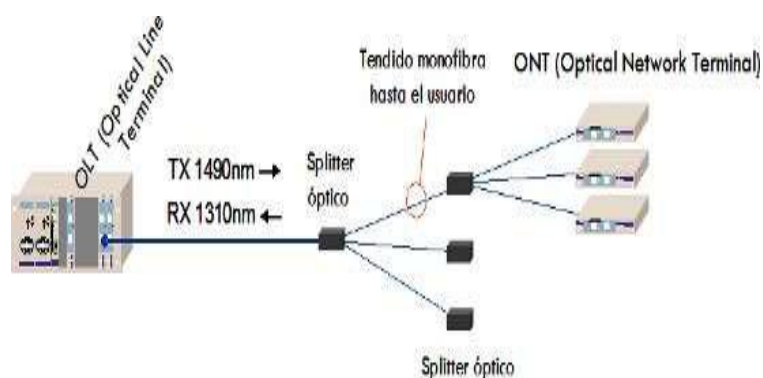


Figura 5.10: Enlace punto-multipunto  
Fuente: (CNT, 2012)

### **5.1.7 Ancho de banda asignado**

Se distribuye en los clientes finales un valor de 1 Gbps entre los usuarios conectados. Bajo normativa de CNT – EP, establece un ancho de banda de 32Mbps, de manera que se pueda cubrir la demanda de servicios tanto como de voz y datos, proyectándose la transmisión de TV por suscripción por este mismo canal de acceso.

### **5.1.8 Características constructivas del cable a usar**

Las características constructivas del cable deben sobresalir por la resistencia contra el fuego para enlaces dentro de edificios, la normativa define las siguientes especificaciones: Fibra óptica G652D, número de fibras acorde a la cantidad de clientes por piso en el edificio, con relación a esto, se podría instalar fibras de: 12, 24, 48 hilos. Para cable droop o de acometida final de usuario, tiene las siguientes especificaciones: Fibra Óptica G657A, siendo de 2 hilos, para acceso final hasta la ONT o modem bajo normativa de CNT – EP. (CNT, 2012)

### **5.1.9 Cálculo de pérdidas en enlace de fibra óptica**

Para el cálculo de pérdidas para el rendimiento total existente en el tendido de fibra óptica se debe realizar el dimensionamiento de la red el cual implica todo equipamiento necesario para levantar el enlace GPON como OLT, Splitters y ONT.

Se debe tomar en cuenta las siguientes tablas para el cálculo del enlace y los respectivos valores de atenuaciones generados por el equipamiento antes mencionado. (Villacreses Leon, 2012)

Tabla 5.1: Pérdidas por tipo de fibra óptica

Tipo de fibra óptica	Longitud de onda (nm)	Atenuación máxima
50/125 $\mu\text{m}$ Multimode	850	3.5 dB/km
	1300	1.5 dB/km
62.5/125 $\mu\text{m}$ Multimode	850	3.5 dB/km
	1300	1.5 dB/km
Singlemode inside plant cable	1310	1.0 dB/km
	1550	1.0 dB/km
Singlemode outside plant cable	1310	0.5 dB/km
	1550	0.5 dB/km

Fuente: (Villacreses Leon, 2012)

En la tabla 5.2 se ilustra las pérdidas por empalme o fusión:

Tabla 5.2: Pérdidas en fusiones

	Multimodo		Monomodo	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Fusión	0.05	0.3	0.05	0.3
Mecánico	0.10	0.3	0.10	0.3

Fuente: (Villacreses Leon, 2012)

Fórmulas:

- (1) Rendimiento del sistema = Link Loss Budget – Total de atenuaciones
- (2) Link Loss Budget = Potencia del transmisor – sensibilidad de recepción
- (3) Atenuaciones = mantenimiento + fusiones + pérdidas por km + conectores + splitters

Nota:

- La potencia de transmisión y la sensibilidad de recepción son valores otorgados por el equipamiento (OLT y ONT).

- El mantenimiento es el margen de operaciones en el sistema este valor varia para LEDs 2dB y láseres 3dB agregandole 2 fusiones por 0.3 (Villacreses Leon, 2012).
- La pérdida de la potencia por cada km viene dado por la longitud total del enlace multiplicado por la pérdida por km del cable de fibra óptica (varia por fabricante).
- La atenuación del splitter varia dependiendo de las derivaciones del mismo.

En el campo estos valores varían al momento de efectuar un trabajo, un enlace ideal es el aproximado a 0 db pero en la práctica es viable hasta una atenuación de 28 dB.

#### **5.1.10 Planimetría del enlace**

La planimetría del enlace se basa en el plano del enlace y planos de redes y canalización. El plano del enlace toma como referencia desde la central, donde se ubica la OLT hacia la ONT en el predio del cliente y los planos de redes y canalización detallan las medidas y tipos de cables ubicados en el enlace. Todos los planos del presente proyecto se adjuntarán en las aportaciones. Cabe mencionar la georreferenciación de los elementos del enlace y resúmenes de valores de atenuación del enlace. Tomar en consideración la reglamentación y marco legal del sector de las telecomunicaciones.

## PARTE II Aportaciones

### CAPÍTULO 6 SITUACION ACTUAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES

#### 6.1 Diagnóstico de la situación actual del edificio

Se realizara un enlace de fibra óptica GPON, para el edificio de la facultad de especialidades Empresariales ubicado en el predio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil la cual no posee una red de acceso que brinde servicio de voz, video y datos a altas velocidades, en la actualidad cuenta con una red de cobre. La canalización existente en los alrededores de la U.C.S.G es de propiedad de CNT la cual otorga servicio de voz y datos en la zona Bellavista por medio de la línea telefónica, para este caso se usara la infraestructura desplegada de CNT ducteria y posteria de la EEPG para realizar un enlace desde la central Bellavista hacia el edificio de empresariales.



Figura 6.1: *Facultad de empresariales de la U.C.S.G*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

Esta red tiene la finalidad de satisfacer todas las necesidades de ancho de banda en las instalaciones del edificio y plantear facilidades de un incremento de usuarios en un futuro, ya que la red posee las características para cumplir con estas expectativas. Se va a usar una fibra óptica monomodo de 4 hilos. En la tabla 6.1 se aprecia el dimensionamiento de los usuarios o puntos de red del edificio por piso.

Tabla 6.1: *Cantidad de usuarios en el edificio de la facultad de especialidades empresariales de la U.C.S.G*

Edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la U.C.S.G		
Piso	Ambiente por piso	Puntos de Red (usuario)
Planta Baja	Area de monitoreo y Sala de lectura	57
1	Aulas de clases	14
2	Aulas de clases, Asociación de estudiantes, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	30
3	Aulas de clases, Aulas informáticas, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	76
4	Aulas de clases, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	14
5	Aulas de clases, Aulas de profesores, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	26
6	Aulas de clases, Bar, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	14
7	Aulas de clases, Instituto de ciencias empresariales, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	25
8	Aulas de clases, Auditorio, Aulas de profesores, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	35
9	Aulas de clases, Aulas de profesores, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	30
10	Aulas de clases, Asesoría pedagógica y Soporte técnico	20
total =		<b>341</b>

Fuente: (Lorenti, 2014)

## 6.2 Enlace para una red de acceso

En la figura 6.2 se consideran para el metraje total de la fibra óptica, una fibra monomodo de 4 hilos, las reservas desde la central Bellavista ubicada en la ciudadela del mismo nombre hacia La Facultad de empresariales en la Avenida Carlos Julio Arosemena Tola Km 1.5, se toma en cuenta la fibra generada en la instalación de la

red interna del edificio y la acometida de la central Bellavista, para la colocación de los equipos ONTs Huawei Echolife H6850oa GPON terminal y switch Catalyst se considera la capacidad de 48 y 24 puertos dependiendo de la demanda de usuarios por piso se instalaran estos equipos ver tabla 6.1.

La capacidad que requiere el edificio en su totalidad incluyendo el servicio de internet, que es el que necesita mayor ancho de banda no presenta inconvenientes porque se trata de la tecnología GPON abarca capacidades superiores a 1 GHz por lo que es importante su implementación. CNT como propietario de la infraestructura desplegada para el tendido de la fibra óptica y de la central Bellavista garantiza la entrega del servicio óptimo a la facultad de especialidades de empresariales de la U.CS.G.

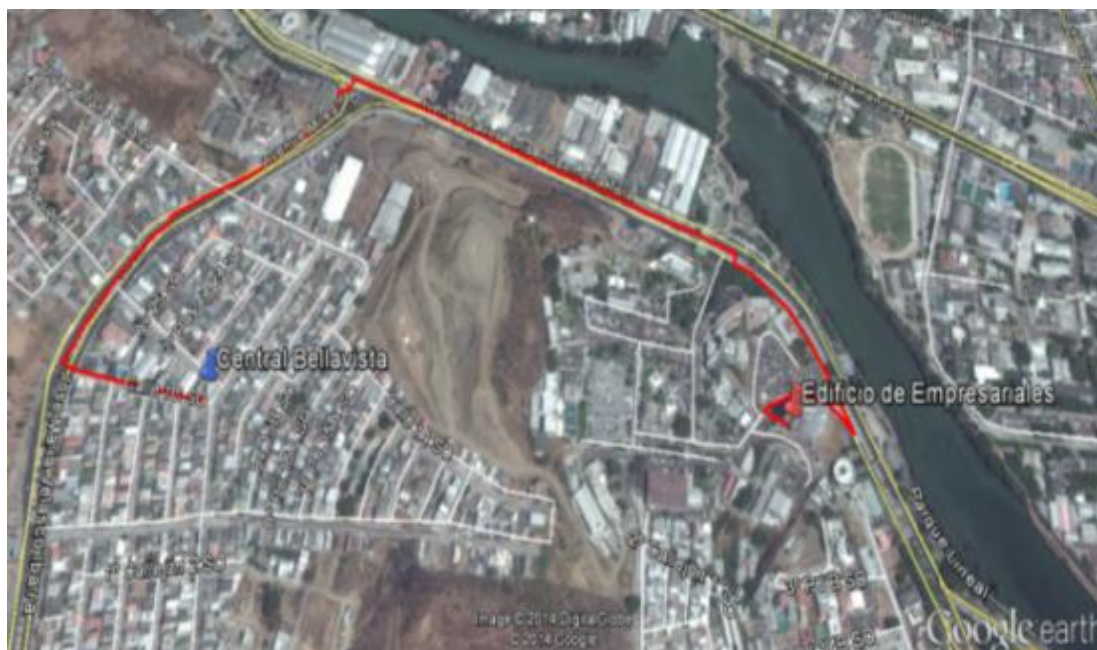


Figura 6.2: Diagrama general de conexión de la fibra óptica  
Fuente: (Lorenti, 2014)

## CAPÍTULO 7

### DISEÑO DE LA RED ÓPTICA GPON PARA EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES

#### 7.1 Cálculo del enlace de fibra óptica

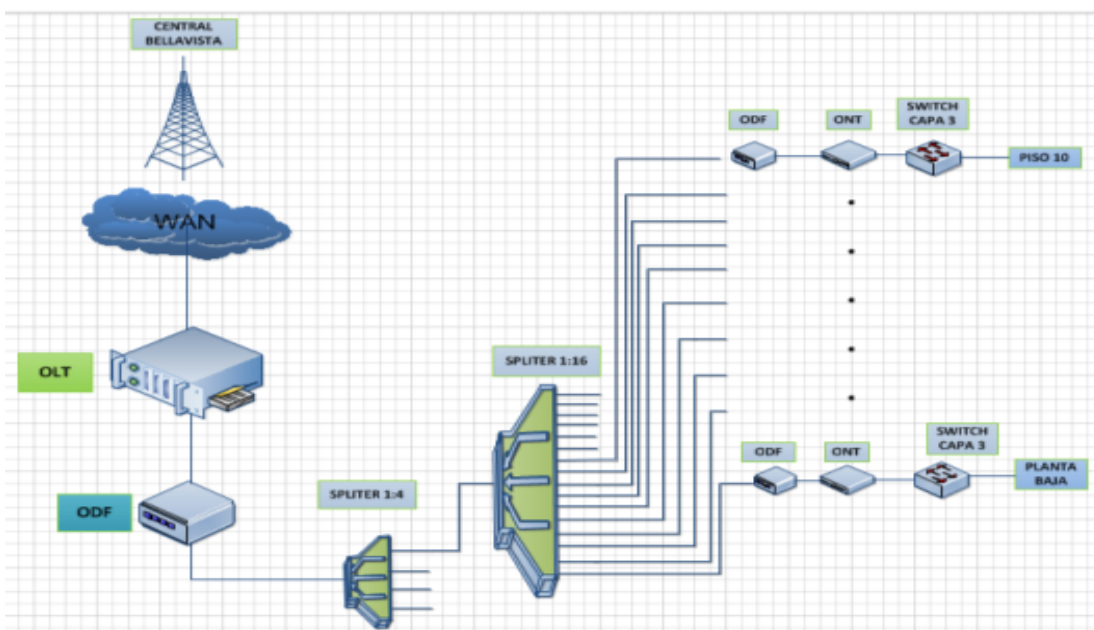


Figura 7.1: Diagrama esquemático de conexión del enlace punto – multipunto  
Fuente: (Lorenti, 2014)

#### ➤ Datos:

- Enlace de 3 km con una pérdida de potencia de 0.5 dB/km por kilómetro
- 26 fusiones x 0.03 dB (pérdida por fusión) = 7.8 dB
- Margen de operaciones de 3 dB x 0.3 = 0.9 dB = 3.9 dB
- 12 conectores x 0.75 dB = 9 dB
- Splitter de 1 a 4 = 7,25 dB
- Splitter de 1 a 16 = 14,10 dB
- Potencia de transmisión Tx = 0.5 dBm dada por la OLT



- Sensibilidad de recepción Rx = -28 dBm dada por la ONT

➤ Fórmulas:

(1) Rendimiento del sistema = Link Loss Budget – Total de atenuaciones

(2) Link Loss Budget = Potencia del transmisor – sensibilidad de recepción

(3) Atenuaciones = mantenimiento + fusiones + pérdidas por km + conectores + splitters

➤ Rendimiento del sistema:

$$= 0.5 - (-28) - 3.9 \text{ dB} - (26 \times 0.3 + 3 \times 0.5 + 12 \times 0.75 + 7.25 + 14.10)$$

$$= 28.5 - 3.9 - 39.6$$

$$= -15 \text{ dB}$$

Se concluye que este enlace es punto – multipunto por sus derivaciones mediante elementos pasivos denominados splitters y es factible por su atenuación total máxima que se ubica dentro del margen de hasta -28 dB. En la práctica se puede usar un GPON-Extender para amplificar la señal y reducir el grado de pérdidas.

## 7.2 Diseño del tendido de fibra óptica

Para el diseño del tendido de fibra óptica se efectuó un survey o estudio de campo donde se visualizó la factibilidad del enlace y el recorrido de la fibra óptica desde la central Bellavista hacia el edificio abarca un tendido mixto, tanto canalizado por ductería de propiedad de la CNT y aéreo usando posteria de la EEPG (Empresa Publica del Guayas). Se debe realizar el uso de las recamaras de CNT en la Cdla.

Bellavista para el paso de la fibra y el alquiler de los postes según la EEPG el costo de alquiler del poste por año es de \$10.00.

Cabe mencionar que se debe tramitar permisos con la Comisión de tránsito del Ecuador CTE al momento de efectuar los trabajos en las calles donde se pasara el cable de fibra, el costo de implementación y mano de obra por tendido canalizado es más elevado que una instalación aérea, este enlace es un tendido mixto se trabajara con los dos costos. Como se manifestó anteriormente, el tipo de fibra óptica será una fibra monomodo G652D de 4 hilos, se debe tomar en cuenta la longitud de vano, que indica la distancia entre los postes que se va a colgar la fibra óptica. La longitud de vano para esta red de acceso es de aproximadamente 40 m.

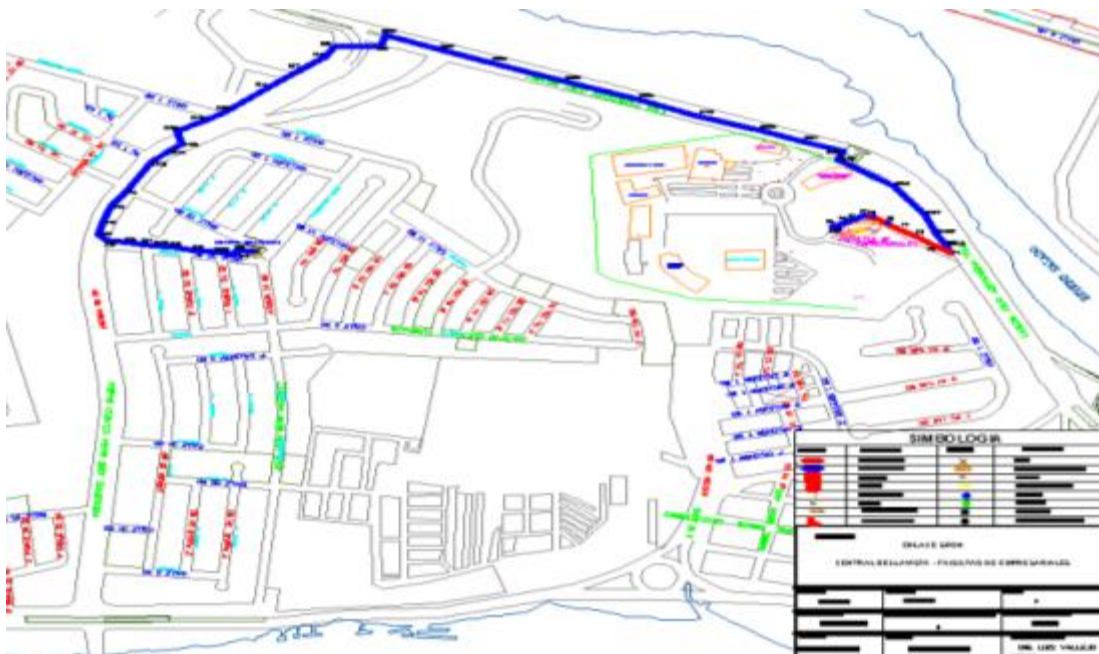


Figura 7.2: Ruta del eje para el tendido de FO entre la central Bellavista-Facultad de empresariales  
Fuente: (Lorenti, 2014)

Para la red de acceso correspondiente al edificio se origina desde la central Bellavista por ductos ubicada en la Cdla. Del mismo el nombre hacia la calle José

Maria Velasco Ibarra y gira hacia la Av. Carlos Julio Arosemena dirigiéndose por esta hacia la U.C.S.G específicamente por la salida de los vehículos donde se ubica el poste de la EEPG con su respectiva bajante para su posterior recorrido aéreo. La longitud total del tendido de fibra óptica desde la central hacia la facultad es de 300 m se considera la acometida tanto en la central como en el edificio y las reservas del cable, en la ruta como se ilustra en la figura 7.2. En la tabla 7.1 se aprecia el metraje del cable para la red de acceso sin considerar las reservas en la ruta.

Tabla 7.1: *Longitud de la fibra óptica en el enlace*

<b>Longitud de la Fibra Óptica (m)</b>	
Longitud de fibra óptica Aérea	260
Longitud de fibra óptica Canalizada	1756
Longitud de fibra óptica hacia la OLT	150
Longitud de fibra óptica hacia la ONT	350
Longitud total	2,516

Fuente: (Lorenti, 2014)

Debemos considerar antes de culminar en la manga ubicada en la planta baja de la facultad el uso respectivo del odómetro como se muestra en la fig. 5.8 y la disponibilidad de espacio en cada uno de las recamaras de CNT para el paso de la fibra. Se debe tener sumo cuidado al alojar las reservas en los pozos sin maltratar los cables existentes también tener en consideración que estos pozos pueden estar llenos de agua debido a las lluvias, antes de entrar es necesario vaciar el pozo.

En la tabla 7.2 se puede apreciar en detalle de las distancias entre tramos del eje seleccionado para el recorrido de la fibra óptica y la georreferenciación desde la central Bellavista hasta el edificio, en un trayecto que contempla 38 pozos de CNT, 7 postes de la EEPG y 4 pozos de datos de la U.C.S.G, las medidas que se indican

como tramos son tomadas de centro de tapa a centro de tapa de cada pozo. La distancia total de la canalización considerada en este trayecto es de 3000 metros, sin las reservas que se consideren de conformidad a lo que establecen las normas técnicas de construcción de redes de fibra óptica y acometidas tanto en la central como en la facultad de empresariales.

Tabla 7.2: Distancias entre tramos del eje seleccionado para el recorrido de la fibra óptica y georreferenciación de los pozos

<b>Enlace GPON Ultima Milla Fibra Óptica</b>					
<b>Proyecto</b>					
<b>Enlace Central Bellavista - Edificio de Empresariales</b>					
Números de pozos de CNT		<b>38</b>			
Números de postes		<b>7</b>			
Números de pozos de la Universidad		<b>4</b>			
#	Pozo/Poste	Coordenadas	Tramo	Distancia (m)	Observaciones
1 (B00)	Pozo	2°10'56.50"S; 79°54'37.70"O	B00 - B01	14	Ingreso (Reserva)
2 (B01)	Pozo	2°10'56.86"S; 79°54'37.71"O	B01 - BM02	21.1	Cable de 4 hilos de FO
3 (BM02)	Pozo	2°10'56.80"S; 79°54'38.40"O	BM02 - B02	20.3	Cable de 4 hilos de FO
4 (B02)	Pozo	2°10'56.68"S; 79°54'39.42"O	B02 - B03	31.5	Cable de 4 hilos de FO
5 (B03)	Pozo	2°10'56.51"S; 79°54'40.52"O	B03 - BM02	40.2	Cable de 4 hilos de FO
6 (BM02)	Pozo	2°10'56.36"S; 79°54'41.84"O	BM02 - B04	10.2	Cable de 4 hilos de FO
7 (B04)	Pozo	2°10'56.25"S; 79°54'42.24"O	B04 - B06	23.0	Cable de 4 hilos de FO
8 (B06)	Pozo	2°10'56.19"S; 79°54'42.85"O	B06 - B05	34.2	Cable de 4 hilos de FO
9 (B05)	Pozo	2°10'56.06"S; 79°54'43.81"O	B05 - B6A	16.8	Cable de 4 hilos de FO
10 (B6A)	Pozo	2°10'55.86"S; 79°54'44.50"O	B6A - B7A	40.0	Cable de 4 hilos de FO
11 (B7A)	Pozo	2°10'54.74"S; 79°54'44.23"O	B7A - B8A	31.5	Cable de 4 hilos de FO
12 (B8A)	Pozo	2°10'53.64"S; 79°54'43.67"O	B8A - B9A	32.5	Cable de 4 hilos de FO
13 (B9A)	Pozo	79°54'43.67"O; 79°54'43.14"O	B9A - B10A	65.0	Cable de 4 hilos de FO
14 (B10A)	Pozo	2°10'50.64"S; 79°54'41.89"O	B10A - B11A	23.6	Cable de 4 hilos de FO
15 (B11A)	Pozo	2°10'50.12"S; 79°54'41.07"O	B11A - B12A	23.3	Cable de 4 hilos de FO
16 (B12A)	Pozo	2°10'49.74"S; 79°54'40.51"O	B12A - B12B	19.0	Cable de 4 hilos de FO
17 (B12B)	Pozo	2°10'48.92"S; 79°54'40.26"O	B12B - B14B	77.2	Cable de 4 hilos de FO
18 (B14B)	Pozo	2°10'47.99"S; 79°54'38.59"O	B14B - B15A	19.0	Cable de 4 hilos de FO
19 (B15A)	Pozo	2°10'47.72"S; 79°54'38.21"O	B15A - B16	62.6	Cable de 4 hilos de FO
20 (B16)	Pozo	2°10'47.14"S; 79°54'37.12"O	B16 - B17	62.3	Cable de 4 hilos de FO
21 (B17)	Pozo	2°10'45.52"S; 79°54'34.63"O	B17 - B18	62.3	Cable de 4 hilos de FO

22 (B18)	Pozo	2°10'44.52"S; 79°54'33.49"O	B18 - B19	30.0	Cable de 4 hilos de FO
23 (B19)	Pozo	2°10'43.23"S; 79°54'33.03"O	B19 - B20	34.2	Cable de 4 hilos de FO
24 (B20)	Pozo	2°10'42.61"S; 79°54'32.38"O	B20 - B598	16.6	Cable de 4 hilos de FO
25 (B598)	Pozo	2°10'42.31"S; 79°54'32.36"O	B598 - B597	93.6	Cable de 4 hilos de FO
26 (B597)	Pozo	2°10'43.41"S; 79°54'29.52"O	B597 - B596	93.0	Cable de 4 hilos de FO
27 (B596)	Pozo	2°10'44.24"S; 79°54'27.31"O	B596 - B595	92.1	Cable de 4 hilos de FO
28 (B595)	Pozo	2°10'45.18"S; 79°54'24.98"O	B595 - B594	88.3	Cable de 4 hilos de FO
29 (B594)	Pozo	2°10'46.02"S; 79°54'22.91"O	B594 - B593	88.4	Cable de 4 hilos de FO
30 (B593)	Pozo	2°10'47.86"S; 79°54'18.21"O	B593 - B592	89.7	Cable de 4 hilos de FO
31 (B592)	Pozo	2°10'48.79"S; 79°54'15.31"O	B592 - B591	88.0	Cable de 4 hilos de FO
32 (B591)	Pozo	2°10'49.69"S; 79°54'13.23"O	B591 - B590	34.9	Cable de 4 hilos de FO
33 (B590)	Pozo	2°10'49.91"S; 79°54'11.96"O	B590 - B589	22.7	Cable de 4 hilos de FO
34 (B589)	Pozo	2°10'50.48"S; 79°54'11.97"O	B589 - B588	57.6	Cable de 4 hilos de FO
35 (B588)	Pozo	2°10'51.87"S; 79°54'9.72"O	B588 - B587	34.7	Cable de 4 hilos de FO
36 (B587)	Pozo	2°10'53.07"S; 79°54'8.68"O	B587 - BM587	47.8	Cable de 4 hilos de FO
37 (BM587)	Pozo	2°10'54.66"S; 79°54'7.66"O	BM587 - B586A	24.3	Cable de 4 hilos de FO
38 (B586A)	Pozo	2°10'56.15"S; 79°54'6.98"O			
39 (s/n (sin código))	Poste	2°10'57.43"S; 79°54'6.24"O	B586A - s/n	20.0	Cable de 4 hilos de FO
40 (s/n)	Poste	2°10'56.76"S; 79°54'6.84"O	s/n - s/n	40.0	Cable de 4 hilos de FO
41 (s/n)	Poste	2°10'56.14"S; 79°54'7.52"O	s/n - s/n	40.0	Cable de 4 hilos de FO
42 (s/n)	Poste	2°10'55.83"S; 79°54'8.43"O	s/n - s/n	40.0	Cable de 4 hilos de FO
43 (s/n)	Poste	2°10'55.83"S; 79°54'9.09"O	s/n - s/n	40.0	Cable de 4 hilos de FO
44 (s/n)	Poste	2°10'55.94"S; 79°54'9.63"O	s/n - s/n	40.0	Cable de 4 hilos de FO
45 (s/n)	Poste	2°10'56.22"S; 79°54'10.09"O	s/n - s/n	40.0	Cable de 4 hilos de FO
46 (datos1)	Pozo	2°10'56.49"S; 79°54'10.49"O	s/n - datos1	10.0	Cable de 4 hilos de FO
47 (datos2)	Pozo	2°10'57.00"S; 79°54'11.12"O	datos1 - datos2	20.0	Cable de 4 hilos de FO
48 (datos3)	Pozo	2°10'57.03"S; 79°54'10.36"O	datos2 - datos3	30.0	Cable de 4 hilos de FO
49 (datos4)	Pozo	2°10'57.10"S; 79°54'9.60"O	datos3 - datos4	30.0	ingreso (reserva)
TOTAL CABLE DE 4 HILOS				2,016	
				No se toma en consideración las reservas en la ruta y las acometidas	

Fuente: (Lorenti, 2014)

### 7.3 Diseño de la colocación de la OLT, splitters y ONTs en el edificio

#### 7.3.1 Ubicación de la OLT

La OLT se ubica en la central Bellavista de CNT tiene tecnología Gigabit Ethernet diseñado para redes ópticas pasivas. Se sabe que cada puerto de la OLT

tiene la capacidad de soportar hasta 64 usuarios con una infraestructura monofibra. Funciona como interfaz entre la red de acceso y otras redes. Maneja WDM con el fin que la transmisión de datos sea por un solo hilo de fibra óptica, en downstream usa la ventana de 1490 nm, en upstream 1310 nm y de ser indispensable puede usar la ventana de 1550 nm para difusión de video. La OLT alimentará los dos splitters ubicados en el edificio.



Figura 7.3: *Central Bellavista CNT*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

### 7.3.2 Ubicación de los splitters y ONTs

#### ➤ Splitters

Son la división de la red, se usara 2 niveles de splitter para la señal 1 a 4 y 1 a 16 tipo cassettes para mangas, la manga se ubicara en la planta baja del edificio de allí se distribuirá el cableado a cada piso mediante una fibra de 4 hilos, en cada piso existe un cuarto de equipos con su respectivo rack y alimentación AC para la instalación de los equipos de última milla y switch Catalyst con el fin de brindar el

servicio requerido por el cliente. Para toda la red se trabaja con 1 hilo de fibra del cable principal, obteniendo los 341 puntos de red.

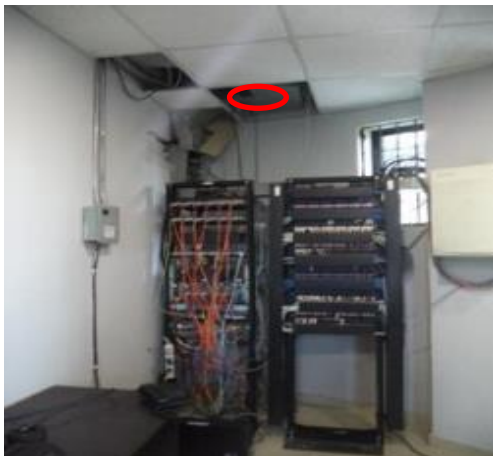


Figura 7.4: *Ubicación de la manga o mufa*  
Fuente: (Lorenti, 2014)

#### ➤ ONTs

La ONT con tecnología Gigabit Ethernet PON es el último equipo en la red, se colocara una ONT en cada piso del edificio con un total de 10 ONTs ubicados en la facultad de empresariales.



Figura 7.5: *Ubicación de la ONT*  
Fuente: (Lorenti, 2014)



Figura 7.6: Diagrama de la ubicación de los splitter y ONTs en el edificio  
Fuente: (Lorenti, 2014)

En la figura 7.6 se aprecia el diagrama de la ubicación de los elementos pasivos y activos del enlace GPON de fibra óptica. En la figura 7.7 se observa la acometida del cable de FO donde llega al rack de datos ubicado en la planta baja en el área de monitoreo y desde allí se reparte en forma vertical a cada cuarto de



equipos. En cada piso se coloca un ODF, ONT y dependiendo de la cantidad de puntos de red se coloca uno a dos switch Catalyst de 24 o 48 puertos.

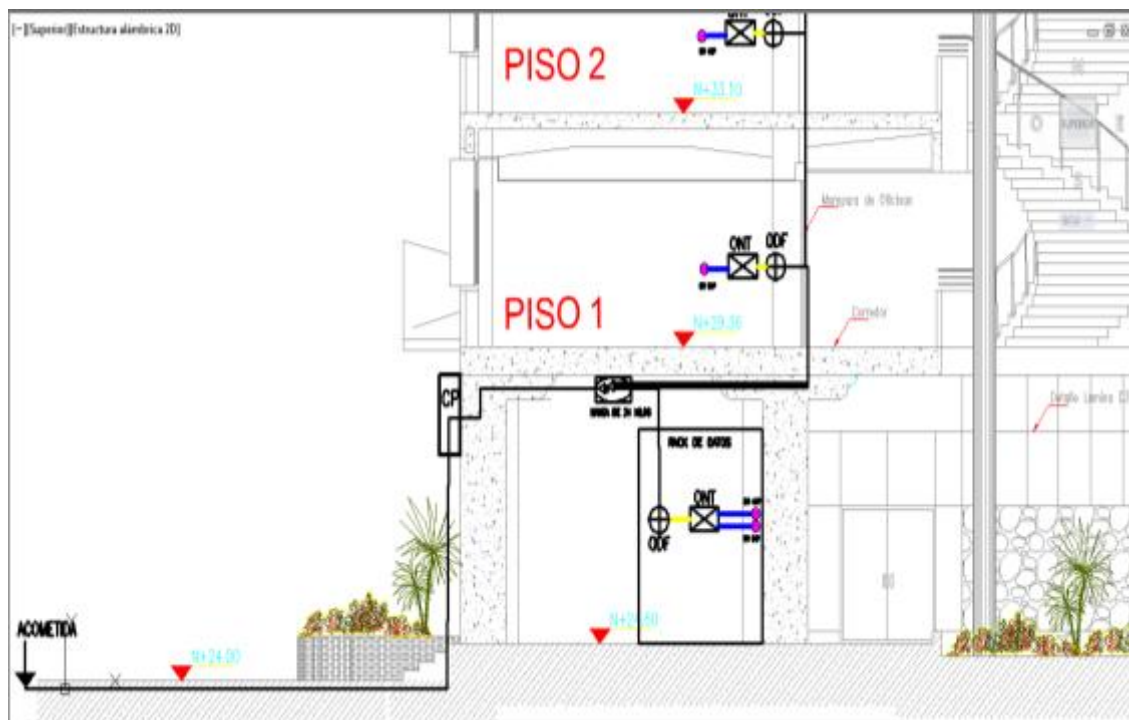


Figura 7.7: Acometida del cable de fibra óptica  
Fuente: (Lorenti, 2014)

#### 7.4 Selección y especificaciones del equipamiento para el enlace

- Fiber-lan indoor/outdoor 04 F monomodo G-652D
  - Sólido a presiones externas ejercidas sobre él, por su cable de acero.
  - Su infraestructura dilatada y fuerte produce que los hilos no se contraigan y el gel en la fibra evita la corrosión de la misma por el agua.
  - El revestimiento de polietileno es fuerte frente al entorno o ambiente donde este instalada la fibra.
  - Existen en fibras monomodo y multimodo.

- Abarata presupuestos de implementación e instalación de la FO.
- Su estructura compacta, elástica y fuerte otorga un acabado y manipulación de forma óptima.
- Permite ser compaginable con los peladores existentes en el mercado de las telecomunicaciones.

➤ Huawei OLT MA 5600 T

- Se ubica en la central Bellavista de CNT posee 16 slots conformado por 4 puertos GPON con la capacidad de 64 clientes, resiste 4096 ONT.
- Tiene varios puertos con diferentes roles: P. de administración: 1 Outband Ethernet 10Base-Tx/100Base-Tx, puerto de consola y puertos de subida E1, 10GE opt.
- Soporte de Vlan, Multicast, ARP, QoS, Mac Address, control del flujo, Seguridad y Administración.
- Velocidades de bajada y subida de datos de 2.4 Gbit/s y 1.2 Gbit/s.
- Abarca distancias físicas de 20 Km y lógico de 60 Km.

➤ HUAWEI ONT Echo Life HG 865 OA

- Estándar ITU-T G.984.
- Posee servicios triple play (Voz, banda ancha y televisión).
- Múltiples interfaces.
- Tasas de transmisiones: bajada 2.488 Gbit/s, subida máxima de 1.244 Gbit/s.

- Interfaces Externos: WAN: Puerto GPON, LAN: 3 Puertos Ethernet 10/100 Base-T, 1GE: 1000 Base-T todos con conectores RJ-45, Dos puertos de VoIP con conectores RJ-11. y radiofrecuencia: señal de Video.
- Características extras: Accesos remotos.

➤ Switch catalyst 2960

- Facilidad de operación, configuración y administración.
- Enlace ascendente 2X1GE.
- Configuraciones de puertos Ethernet de 24 y 48 salidas.
- Gestión de redes con IPv6 y calidad de servicio superiores.
- Norma IEEE 802.3af PoE trabaja hasta 15,4 W por punto de red para hasta 48 salidas.
- Fomenta la reserva de energía mediante la tecnología Cisco.
- Brinda seguridad en hardware por un tiempo ilimitado.
- Otorga dos puertos de salida una fast ethernet hasta 100 Mbit/s y gigabit ethernet de 1 Gbit/s con relación al costo y rentabilidad.
- Abarca todos los requerimientos de una red.
- Trabaja con POE (power over ethernet) alimentación eléctrica a través de ethernet, agiliza las instalaciones.
- Modernización del IOS sin costos extras.

➤ Manga de empalme de 24 hilos

- Instalación aérea tanto en pared como en postes.

- Permite hasta 8 a 10 fibras.
  - Permite splitters de diferentes niveles y acopladores LC y SC.
  - Cerrado de la manga mecánico o termocontractil.
  - Nivel de protección IP 68.
  - El cuerpo es elaborado de Plástico de polímero modificado.
  - El sellado es elaborado de caucho de silicona vulcanizado.
  - Disponible para cables de varios diámetros 10 a 22 mm.
- Splitter 1x4 y 1x16
- Tipo PLC o FBT.
  - Diseño mini tubo, mini caja o modulo con placa LGX.
  - Utilizable con fibra monomodo G652D, G657A, G657B.
  - Disponibles sin conectorizar para fusión directa o pre-conectorizado con SC/APC o SC/UPC.
  - Aptos con cables de 0.9-3.0mm y 1-2 m de largo.
- ODF de 2 y 4 puertos SC
- Tipo gaveta deslizable o mini caja.
  - Disponibles para rack de telecomunicaciones de 19" o 21".
  - La capacidad varía según el diseño del mismo abarca hasta 144 fibras.
  - Disponibles con módulos LGX con varios acopladores SM y MM, simplex y dúplex.
  - Elaborado de acero bañado en frio calibre 12 AWG y con tapa metálica o en transparente acrílico.

- Nivel de protección IP 65.
  - Disponible en varios colores.
- Patchcord monomodo simplex
- Posee conectores SC, ST, LC a FC, etc., con varios metrajes de 1, 2, 3, 5 y 10 mts.
  - Elaborados bajo la normativa IEEE 802.3u, IEC 60794, TIA/EIA -568.B.3 y GR-326.
  - Posee una gran capacidad de almacenamiento debido a su ancho de banda y por su elaboración en fibra monomodo de 9/125um.
  - Posee componentes para su protección por la manipulación ruda del cable.
  - Los componentes mecánicos colaboran con una ágil instalación ahorrando tiempo, y evitando problemas de desconexión.
  - Las terminaciones de los conectores son PC, UPC o APC dependiendo del requerimiento del enlace.
- Pigtailes monomodo
- Alta calidad.
  - Varias terminaciones en ST, LC, FC, SC, el etc.
- Adaptadores SC monomodo
- Elaborado bajo las normativas Telcordia, IEC y ANSI/TIA/EIA.
  - Posibilita la continuidad de la fuente de luz.
  - Elaborado por ABS plástico muy resistente al golpe.

- Permite una lineación exacta entre dos fibras y baja atenuación en inserción.
- Instalación de simple encaje o atornillado.
- Diseño compacto simplex o dúplex.
- Precisión anti-rotación y cuerpo resistente a la corrosión.

➤ Patchcord de red

- Estandar TIA/EIA-568-B.
- Ancho de banda 100 MHz.
- Velocidad de transmisión de 100 Mbit/seg.
- Distancia máxima que soporta en una instalación es 100 mts.
- Está diseñado para señales de alta integridad.

➤ Accesorios

1. Bandeja metálica para rack de 19" (88x483x373 mm) con sus respectivas vinchas.
2. Funda de Amarras, cinta velcro y aislante para la sujeción del cable de FO.
3. Portareserva ubicado en la central Bellavista y las respectivas etiquetas para la identificación del cable.
4. Manguera corrugada para el patchcord monomodo SC a LC, como una medida de protección del mismo.
5. Herrajes tipo B para fibra óptica en 8 con sus tensores plásticos.

## CAPÍTULO 8 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

### 8.1 Presupuesto de la implementación de la red GPON

Tabla 8.1: *Implementación del enlace central Bellavista-Facultad de empresariales*

<b>Implementación del enlace GPON</b>					
<b>Central:</b>	Central Bellavista - Facultad de Empresariales				
<b>Zona:</b>	2				
<b>Provision de Productos</b>					
<b>Artículo</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>valor total</b>	<b>Tiempo de entrega</b>
26770022	Fiber-lan Indoor/outdoor 04 F SM G-652D	3000	0,88	2640	A confirmar
	HUAWEI ONT Echo Life HG 865 OA	11	217,3	2390,3	A confirmar
	Switch catalyst 2960 de 24 puertos	4	300	1200	A confirmar
	Switch catalyst 2960 de 48 puertos	9	400	3600	A confirmar
	Manga de empalme de 24 h	1	75,9	75,9	A confirmar
	Splitter optico 1x4	1	250	250	A confirmar
	Splitter optico 1x16	1	1050	1050	A confirmar
2	ODF de 4 puertos SC	1	19	19	A confirmar
2	ODF de 2 puertos SC	11	213	2343	A confirmar
PCFO-SCSCSM-	Pigtail sc monomodo 2 mts	26	16	416	A confirmar
247-101-1N	Acopladores simplex sc monomodo	26	3	78	A confirmar
TUBILLO-FUSIO	Manguitos termicos	40	0,7	28	A confirmar
LP-CE001BLB	Cable UTP Cat 5e tipo BM antiplama	22	0,35	7,7	A confirmar
CAP-828-GY	Botas protectoras color gris	22	0,17	3,74	A confirmar
RJ-45 LANPRO	Conectores RJ-45 lanpro baño de oro	22	0,22	4,84	A confirmar
PCFO-SCSCSM-	Patchcord SC-SC sm 3m simplex	11	9	99	A confirmar
PCFO-LCSCSM-	Patchcord LC a SC sm 10m simplex	1	23,5	23,5	A confirmar
I-1101	Bandeja estándar 19" (88x483x373mm)	11	17,09	187,99	A confirmar
I-1165	tuerca y tornillo para rack (funda de 20 U)	40	5,9	236	A confirmar
P-0310	Amarras de 30 cm blancas (funda de 1 U)	1	4,28	4,28	A confirmar
GMP-1020	Cinta aislante 3/4" 20 yardas	1	0,56	0,56	A confirmar
NEW-8212502	Velcro 3/4" X 4.5 M color negro	1	12	12	A confirmar
	Portareservas	1	150	150	A confirmar
	Etiquetas	49	2,5	122,5	A confirmar
MANGUERA 3/4	Manguera anillada plastica de 3/4"	10	0,65	6,5	A confirmar
ABRAZADERA -P	Abrazadera p. poste sujeccion	7	7,5	52,5	A confirmar
PINZA-AT	Pinza de anclaje tensor 4-22	14	4,5	63	A confirmar
Base imposible	15064,31				
Importe IVA (12%)	1807,72	<b>Total</b>		16872,03	

Fuente: (Lorenti, 2014)

En la tabla 8.1 se muestra los materiales a emplear para el tendido de fibra óptica esta información corresponden a los valores unitarios de la empresa

ECUATELSA S.A con un presupuesto para el enlace GPON de fibra óptica de \$ 16,872.03 dólares.

## 8.2 Presupuesto de la mano de obra

Tabla 8.2: *Instalación del enlace GPON central Bellavista-Facultad de empresariales*

<b>Instalación del enlace GPON</b>				
<b>Central:</b>	Central Bellavista - Facultad de Empresariales			
<b>Zona:</b>	2			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>valor total</b>
1	Instalación de FO canalizada	1756	0,5	\$ 878
2	Instalación de FO Aérea	260	0,4	\$ 104
3	Herrajes tipo B	7	0,3	\$ 2,1
4	Tensores plásticos	14	0,35	\$ 4,9
5	Etiquetas	49	0,1	\$ 4,9
6	Portareserva	1	40	\$ 40
7	Fusiones del técnico	26	10	\$ 260
8	Montaje del ODF	12	20	\$ 240
9	Montaje de la manga de 24 h	1	15	\$ 15
10	Instalación de la manguera c.	10	0,5	\$ 5
		Total		\$ 1553,9

Fuente: (Lorenti, 2014)

En la tabla 8.2 se muestra la mano de obra a emplear para el tendido de fibra óptica esta información corresponden a los valores unitarios de la empresa FIBER PLUS con un presupuesto para el enlace GPON de fibra óptica de \$ 1553,9 dólares.



## **CAPÍTULO 9**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **9.1 Conclusiones**

1. El constante avance de la sociedad ha dado origen a nuevas redes de generación con alternativas óptimas como FTTB y GPON para proporcionar a los usuarios mejores servicios que necesiten mayores capacidades de tráfico brindando todas las facilidades de acceso a la red.
2. El sistema FTTB brinda todo el despliegue de la tecnología GPON, por este motivo es una opción viable en redes internas rescatando parte de la infraestructura ya existente en el edificio como el cableado estructurado minimizando costos de mantenimiento e implementación de fibra óptica.
3. Económicamente la instalación de un enlace de fibra óptica GPON genera más gastos de implementación que una red de cobre pero su beneficio es extremadamente alto.
4. Se realizó el diseño de esta red para el edificio de la facultad de especialidades empresariales, tomando en consideración la geografía y las implicaciones técnicas fundamentales para la elaboración del diseño en cuestión.
5. El presupuesto del enlace GPON, luego de hacer los respectivos cálculos, es casi \$18,426.00 lo que significa que su instalación no es costosa concerniente a una red GPON que el enlace en su totalidad es de fibra óptica, y el equipamiento va a devaluar con el tiempo.

6. Finalmente, Considerando el lugar, estándar, arquitectura y topología seleccionada y las características en general del diseño, se resume que nuestra Red GPON es dúctil, escalable, viable y con un ancho de banda admisible para dar servicio de voz, datos y video a la facultad de especialidades empresariales.

## **9.2 Recomendaciones**

1. Se recomienda la implementación del diseño en mención en razón de los beneficios que posee la nueva tecnología GPON, que al disponer de altas tasas de transmisión se puede lograr más servicios y aplicaciones acorde a las exigencias modernas.
2. Con el propósito de mejorar las conexiones desde los splitters hasta los puntos de red se considera los cables droop de fibra óptica en el caso que existan falencias en el cableado estructurado.
3. Para el proyecto solo se ha considerado dos niveles de splitting por ende se sugiere evitar un nivel más de splitting ya que este produciría aumento de pérdidas.
4. Es importante considerar la disponibilidad del servicio de mantenimiento de la red con el propósito mantener las condiciones operativas de los elementos del sistema y los cuidados respectivos en caso de mantenimiento e instalación.
5. Se aconseja cursos de capacitación al personal técnico y acoplamiento de las instituciones a las nuevas normativas, se necesita un mayor sacrificio ya que es una red de nueva generación.

## Bibliografía

- Black Box Network Services* . (2014). Obtenido de Black Box Network Services : <http://www.blackbox.com/Store/Detail.aspx/8-Port-Optical-Splitter-for-AVX-DVI-FO-MINI-Extender-Kit/AVX%C4%82DVI%C4%82FO%C4%82SP8>
- Cevallos R. Ramiro, M. E. (2010). Estudio y Diseño de una red de Última Milla GPON para el Sector del Nuevo Aeropuerto UIO. Quito, Pichincha, Ecuador.
- CNT. (1 de febrero de 2012). Normas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica. Guayaquil, Guayas, Ecuador .
- Conectronica tecnología y elementos de conexión y conectividad* . (28 de Septiembre de 2009). Obtenido de Conectronica tecnología y elementos de conexión y conectividad: <http://www.conectronica.com/FTTx-y-FTTh/Empalmes-de-fibra-%C3%B3ptica-seg%C3%BAAn-la-nueva-normativa-de-ICT%E2%80%99s.html>
- Corning incorporated. (1 de Enero de 2014). *Optical communications* . Obtenido de Optical communications : <http://www.corning.com/opcomm/csa/es/bargoa-product-line/optical-network/optical-splice-closure.aspx>
- Cruz, I. O. (3 de Octubre de 2012). *Los cables de Fibra* . Obtenido de Los cables de Fibra : [www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO3.pdf](http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO3.pdf)
- Direct Industry El salón online de la industria* . (1 de Enero de 2014). Obtenido de Direct Industry El salón online de la industria : <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/adaptador-fibra-optica-82404.html>
- earth, G. (2014). Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- EMTT. (15 de junio de 2010). *Códigos de colores en fibra* . Obtenido de Códigos de colores en fibra : <http://marismas-emtt.blogspot.com/2010/06/codigo-de-colores-en-fibras-opticas.html>
- Espol, V. I. (2013). TECNOLOGÍAS DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

- Fundamentos de redes . (20 de Marzo de 2011). Obtenido de Fundamentos de redes : <http://redespe2011.blogspot.com/2011/04/curvaturas-en-fibra-optica.html>
- galeon.com. (2005). Obtenido de galeon.com: [www.modul.galeon.com](http://www.modul.galeon.com)
- Gonzalez Velasco Jorge Antonio, V. B. (24 de Diciembre de 2009). *Diseño de una Red de acceso que utiliza tecnología FTTB con VDSL 2 en el sector " La mariscal" de UIO*. Obtenido de Diseño de una Red de acceso que utiliza tecnología FTTB con VDSL 2 en el sector " La mariscal" de UIO: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1181/7/CD-2632.pdf>
- Huawei technologies Co., L. (s.f.). FTTx ODN service product technical proposal. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Illescas, E. (1 de Noviembre de 2012). Estudio y diseño de una red GPON que provea servicio de voz, video y datos para el sector de Carolina . Quito , Pichincha, Ecuador . Obtenido de <http://186.42.96.211:8080/jspui/bitstream/123456789/154/1/TESIS%20GPO N.pdf>:
- Lorenti, R. (14 de Julio de 2014). Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Martinez, T. (13 de Marzo de 2013). *Telequismo el blog de las telecomunicaciones* . Obtenido de Telequismo el blog de las telecomunicaciones : <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html>
- Maya, J. M. (2011). *Telecomunicaciones: Tecnologías, redes y servicios*. Bogota : de la U "conocimiento a sus alcance".
- Miguel Antonio Loor Diaz, R. A. (1 de Octubre de 2010). *Diseño de red optica pasiva de acceso para una urbanizacion ubicada en la via samborondon* . Obtenido de Diseño de red optica pasiva de acceso para una urbanizacion ubicada en la via samborondon: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24231/1/D-90414.pdf>
- Millan Tejedor, R. J. (2007 ). *Consultoria estrategica en tecnologias de la informacion y la comunicacion* . Obtenido de Consultoria estrategica en tecnologias de la informacion y la comunicacion : <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- Rosenberg, J. H. (2009). *Cableado de Redes para Voz, Video y Datos: Planificacion, Diseño y construccion*. Buenos Aires : Cengage Learning .

Siemens Aktiengesellschaft, B. y. (1988). *Telecomunicacion digital: Equipo de linea para sistemas de transmision por fibras opticas* . Barcelona : Gran Via de les Corts Catalanes, 594.

*Tecnologia y arquitectura de las redes opticas GPON*. (s.f.). Obtenido de Tecnologia y arquitectura de las redes opticas GPON: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/31/8/Capitulo2.pdf>

Tutorial de comunicaciones opticas . (20 de Enero de 2006). Obtenido de Tutorial de comunicaciones opticas : [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_1.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm)

Viera Paez, A. S. (1 de Noviembre de 2013). Red de distribucion optica ODN, para la actualizacion de la red de acceso, el sectores miraflores. Ambato, Riobamba, Ecuador.

Villacreses Leon, P. (4 de Septiembre de 2012). Curso preparacion certificacion RCDD. Guayaquil , Guayas, Ecuador : Bicsi.

[www.veri.com.bo/site](http://www.veri.com.bo/site). (20 de Mayo de 2012). Obtenido de [www.veri.com.bo/site](http://www.veri.com.bo/site): [www.veri.com.bo/site](http://www.veri.com.bo/site)

## GLOSARIO

**ADSL:** (Asymmetric Digital Subscriber Line) servicio de datos a través de la línea telefónica.

**ADSS:** (All Dielectric Self-Supported) cable de fibra óptica aérea.

**AN:** (Apertura Numérica) caracteriza el rango de ángulos para los cuales el sistema acepta luz. Recíprocamente.

**Buffer:** Componente para encapsular una o más hilos de fibra.

**CNT:** (Corporación Nacional de Telecomunicaciones).

**EEPG:** (Empresa Eléctrica Pública del Guayas).

**FC:** (Fiber-optic Connector) Conector de fibra óptica.

**FDDI:** (Fiber Distributed Data Interface) Transmisión de datos en redes de computadoras de área extendida o local.

**FDM:** (Frequency Division Multiple Access) Multiplexación por división de frecuencia se usa tanto en comunicaciones digitales como analógicas.

**Fotodiodo:** Semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja.

**FTTB:** (Fiber to the Building) Fibra hasta el edificio.

**FTTC:** (Fiber to the Curb) Fibra hasta la acera.

**FTTCab:** (Fiber to the Cabinet) Fibra hasta el gabinete.

**FTTH:** (Fiber to the Home) Fibra hasta la casa.

**FTTN:** (Fiber to the Neighborhood) Fibra hasta el vecindario.

**FTTx:** Fibra hasta algún lugar.

**LC:** (Lucent Technologies Connector) conector óptico de 4ta generación, mejora en tamaño, resistencia y facilidad de uso.

**LD:** (Láser Diode) Diodo láser.

**LED:** (Light-emitting Diode) Diodo electroluminiscente.

**GPON:** (Gigabit Passive Optical Network).

**MDU:** (Multi Dwelling Unit) Unidad principal de distribución, son pequeños armarios de fibra óptica.

**NGN:** (Next Generation Network) Redes de nueva generación.

**ODF:** (Optical Distribution Frame) Distribuidor de Fibra Óptica.

**OLT:** (Optical Line Terminal) Terminal de Línea Óptica que se encuentra en el nodo central.

**ONT:** (Optical Network Terminal) Terminal de Red Óptico “usuario”.

**OTDR:** (Optical Time Domain Reflectometer) instrumento optico-electronico usado para conectorizar una fibra óptica.

**QoS:** (Quality of Service) Calidad de servicio.

**SC:** (Set and Connect) Conector de inserción directo.

**ST:** (Set and Twist) Parecido al SC, pero necesita un giro del conector, para su inserción.

**WDM:** (Wavelength Division Multiplexing) Multiplexación por división de longitud de onda.

**XDSL:** (X Digital Subscriber Line) tecnología de acceso a internet de banda ancha por par de cobre.