



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GEPON UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA FTTH PARA LA
CIUDADELA CONSEJO PROVINCIAL EN LA CIUDAD DE QUITO.

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

Profesor Guía

Msc. Diego Fabián Paredes Páliz

Autor

Marco Vinicio Zurita Rojas

Año

2016

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

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

Diego Fabián Paredes Páliz

Master in Optical Communications and Photonic Technologies

CI: 0603014143

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Marco Vinicio Zurita Rojas

CI: 1716163660

AGRADECIMIENTOS

Quiero en primer lugar agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios universitarios y esta etapa a cumplir, además por darles salud a mis padres para que puedan verme cumplir mi objetivo.

Segundo a mis padres y a mi familia por darme ese constante apoyo desde que empecé esta extensa carrera hasta que terminé, además de su amor y comprensión, sin ellos no sería nada.

A mi coordinador de carrera Msc. Ángel Jaramillo ya que desde que llegue a la universidad me sentí apoyado y seguro de que tome la mejor decisión.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios, a mi familia, a mis abuelitos que están en el cielo Marco, Emma y Eduardo, mi bisabuelita Laura Viteri que falleció en este año, a María José Ayala que me apoyo con todo su cariño y a todas las personas que creyeron en mí desde el principio, que me apoyaron y me dieron los consejos para ser perseverante en esta carrera y en mi vida.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación abarca el diseño de una red de acceso GEPON utilizando la tecnología FTTH para la Ciudadela Consejo Provincial en la ciudad de Quito. En principio se describe los conceptos y características de la fibra óptica, leyes físicas y los componentes necesarios para realizar el diseño de la red de acceso; ventajas y desventajas de la tecnología y la familia XPON y FTTX, características generales usadas en esta red con fibra óptica hasta el hogar.

Además, se estudia a fondo todos los parámetros que componen la red GEPON, estándares y herramientas que operan sobre esta red de acceso previo al diseño de la misma.

Se desarrolla el diseño de la red GEPON con todos los parámetros de factibilidad, dimensionamiento del tráfico, elementos de red, topología física de la red e infraestructura a utilizar, conjuntamente con la recopilación breve de datos para una validación de la factibilidad de una posible implementación por parte del proveedor, esta será experimental con análisis estadísticos con un método deductivo.

En este punto se realiza un análisis de los posibles costos de implementación de la red de acceso tomando en consideración los parámetros y herramientas económicas para el efecto.

Y para finalizar se obtiene las conclusiones y recomendaciones a fin de verificar el cumplimiento de los objetivos presentados en el proyecto de titulación.

ABSTRACT

This draft certification covers the design of a network of GEPON FTTH access technology using the Citadel Provincial Council in the city of Quito. In principle concepts and characteristics of the fiber optic physical laws and the components required for the design of the access network it is described; advantages and disadvantages of technology and FTTX XPON and family, general characteristics used in this network with fiber to the home.

In addition, thoroughly it studied all the parameters that make up the network GEPON, standards and tools that operate on this network design prior access to it.

GEPON network design with all the parameters of feasibility, sizing traffic, network elements, physical topology of the network and infrastructure to be used is developed, together with brief compilation of data for validation of the feasibility of a possible implementation by the supplier, this will be experimental for statistical analysis with a deductive method.

At this point an analysis of the potential costs of implementing the access network taking into account the parameters and economic tools to the effect is made.

And finally the conclusions and recommendations in order to verify compliance with the objectives presented in the draft degree is obtained.

INDICE

Introducción	1
1. Capítulo I. Principios y parámetros fundamentales de la red de acceso GEPON y de la tecnología FTTH	2
1.1. Descripción	2
1.2. Marco teórico	3
1.2.1. Funcionamiento de la Fibra Óptica	3
1.2.2. Construcción de Fibra óptica	11
1.2.3. Parámetros y características de operación	14
1.2.4. Tipos de Fibra Óptica	15
1.2.4.1.Multimodo.....	16
1.2.4.2.Monomodo:.....	20
1.2.4.3.Transmisor y Receptor Óptico	22
1.3. Redes de Acceso con Fibra óptica	24
1.3.1. Redes Activas (Active Optical Network)	24
1.3.2. Redes Pasivas (Passive Optical Network) (PON).....	25
1.3.3. Familia FTT.x.....	26
1.4. Servicios de Telecomunicaciones	30
1.4.1. Voz, datos y video	31
1.4.2. Situación Actual.....	32
1.4.3. Operadores de servicios en el Sector.....	32
2. Capítulo II. Distribución y estructura de la tecnología GEPON.....	34
2.1. Redes de Acceso basadas en Fibra Óptica	34
2.1.1. Redes HFC:.....	34
2.1.2. Redes PON.....	35

2.2. Red de Acceso GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)	38
2.2.1. Redes GEPON	38
2.2.2. Elementos de la Red GEPON	40
2.2.3. Codificación y encapsulación GEPON	47
2.3. Características de las redes de acceso GEPON	48
2.3.1. Descripción	48
2.3.2. Funcionamiento	49
2.3.3. Parámetros a evaluar.-	51
2.3.4. Desempeño.-	52
2.4. Aplicaciones de las redes de acceso GEPON	53
2.4.1. Servicios TRIPLE PLAY	53
2.4.1.1. Concepto	53
2.4.1.2. Acceso a Internet	54
2.4.1.3. Servicio De voz	54
2.4.1.4. Servicio de Tv	55
3. Capítulo III. Estudio y Diseño de la red de acceso	
GEPON con FTTH	56
3.1. Situación Actual tecnología del sector del Condado	56
3.1.1. Ubicación Geográfica del Sector	56
3.1.2. Demanda y necesidad de Servicios	57
3.2. Situación Actual Ciudadela Consejo Provincial	58
3.2.1. Ubicación Geográfica	58
3.2.2. Demanda de Usuarios	59
3.2.3. Dimensionamiento del tráfico de la red	62
3.3. Diseño de la Red de acceso GEPON	63
3.3.1. Parámetros de diseño de la Red.-	63
3.3.1.1. Tecnología y Arquitectura de red	63
3.3.1.2. Topología de la Red	64
3.3.1.3. Sectorización	65

3.3.1.4. Red de Distribución.....	67
3.3.1.5. Tendido de Fibra óptica	68
3.3.2. Dimensionamiento del sangrado de Fibra:	73
3.3.3. Dimensionamiento de la red Pasiva de acceso.	74
3.3.3.1. Diseño red Interna.	75
3.3.3.2. Dimensionamiento y ubicación de equipos pasivos	77
3.3.3.3. Especificaciones técnicas	78
3.3.4. Dimensionamiento y ubicación de equipos activos.....	81
3.3.4.1. Especificaciones técnicas	82
3.3.5. Dimensionamiento y ubicación del Cuarto de equipos	83
3.3.6. Presupuesto de Potencia.....	85
3.3.7. Calculo de la capacidad de red.....	90
4. Capítulo IV. Análisis de costos para realizar el diseño	
de la red.....	92
4.1. Análisis y evaluación del diseño.....	92
4.1.1. Comparación de elementos y materiales de la red pasiva	92
4.1.2. Comparación de equipos activos.....	97
4.2. Presupuesto Referencial del Proyecto	99
4.2.1. Costo de la red pasiva de acceso.....	99
4.2.2. Costo del equipamiento activo	100
4.2.3. Costo del equipamiento Cuarto de equipos	101
4.2.4. Costo de Instalación	101
4.2.5. Costo total y selección de proveedor a convenir	102
5.Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	104
5.1. Conclusiones.....	104
5.2. Recomendaciones	105
Referencias.....	107
Anexos	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la Fibra Óptica.....	4
Figura 2. Efecto de reflexión total.....	6
Figura 3. Grafico Pérdida óptica.....	7
Figura 4. Gráfica de Atenuación vs Longitud de onda.....	9
Figura 5. Ventanas de Operación según la gama de colores.....	11
Figura 6. Tubos de vidrio Fibra óptica	12
Figura 7. Tubos de vidrio fusionados	12
Figura 8. Tubos der vidrio fusionados	13
Figura 9. Tubos de vidrio fusionados	13
Figura 10. Tubos de vidrio fusionados	14
Figura 11. Tipos de Fibra óptica.....	16
Figura 12. Estructura de la fibra Multimodo índice gradual.	18
Figura 13. Gráfico de estructura de la fibra Multimodo índice escalonado.....	18
Figura 14. Partes de fibra Multimodo	20
Figura 15. Partes de la Fibra Monomodo.....	21
Figura 16. Elementos de un enlace de Fibra Óptica.	24
Figura 17. Estructura de red AON.....	25
Figura 18. Arquitectura de una Red PON.....	26
Figura 19. Definición gráfica de Fiber To The X.....	27
Figura 20. Fiber To The Curb.....	28
Figura 21. Fiber To The Building. (Cataño, 2010).....	28
Figura 22. Fiber To The Node.....	29
Figura 23. Fiber To The Home.....	29
Figura 24. División de una red de telecomunicaciones	30
Figura 25. Ranking de ISP en Ecuador.....	33
Figura 26. Diseño y Estructura de la Red HFC.	35
Figura 27. Arquitectura de red PON	39
Figura 28. Tipos de Topología.....	39
Figura 29. Trafico en el canal descendente de Red Pon.....	41
Figura 30. Bloques funcionales de OLT	43

Figura 31. Estructura del OLT	45
Figura 32. Ejemplo de Equipo Optical Network Unit marca.....	46
Figura 33, DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA (ODF).....	47
Figura 34. Proceso Modo broadcast	50
Figura 35. Proceso Modo TDMA	51
Figura 36. Red multiservicio con Triple Play	54
Figura 37. Parroquia El Condado. Tomado de Google Maps.....	56
Figura 38. Cdla. Consejo Provincial. Tomado de Google Maps.....	57
Figura 39. Ubicación geográfica del sector en la Cdla. Consejo Provincial.....	59
Figura 40. Resultados Encuesta Pregunta 1.....	61
Figura 41. Resultados encuesta Pregunta 2	61
Figura 42. Sector Cdla. Consejo Provincial por Bloques para demanda de Usuarios.	62
Figura 43. Topología árbol en la Red de Acceso	65
Figura 44. Sector de Cdla. Consejo Provincial donde se va a realizar el diseño de red dividido en Áreas.	66
Figura 45. Dimensionamiento de la Red en el sector designado al diseño en Consejo Provincial con tendido aéreo de fibra óptica en los postes.....	74
Figura 46. Diagrama genérico diseño de la Red de acceso GEPON.	75
Figura 47. Diseño red de acceso GEPON FTTH en el Consejo provincia I Primer Sector con su simbología. Véase en el ANEXO D.....	77
Figura 48. Detalle de cuarto de equipos en el sector. Véase en el ANEXO E .	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atributos fibra multimodo.....	17
Tabla 2. Características de Voz, video y datos.	31
Tabla 3. Comparaciones de tipos de redes PON.	37
Tabla 4. Cuadro Comparativo de tecnologías de redes de acceso.	49
Tabla 5. Potencia por los diferentes tipos de OLTs.....	52
Tabla 6. Niveles de sensibilidad en ONU.	52
Tabla 7. Valores de ancho de banda de Servicios para tripleplay	58
Tabla 8. Distribución de abonados por área.....	65
Tabla 9. Perdida de Potencia por inserción de los splitters en redes PON	67
Tabla 10. Características de la Fibra G.652 A.....	68
Tabla 11. Características de la Fibra G.652 B.....	69
Tabla 12. Características de la Fibra G.652 C	69
Tabla 13. Características de la Fibra G.652 D	69
Tabla 14. Características de la fibra G.657 categoría A.....	71
Tabla 15. Características de la fibra G.657 categoría B.....	72
Tabla 16. Parámetros del diseño de red de acceso.	75
Tabla 17. Especificaciones de ubicación de los principales Elementos de Red.....	78
Tabla 18. Especificaciones y características de cable ADSS plano	79
Tabla 19. Especificaciones y características de Cable óptico G.652 D DROP 2 Hilos.....	79
Tabla 20. Especificaciones y características de ODF	80
Tabla 21. Especificaciones y características de Splitters 1:4 y 1:8	80
Tabla 22. Especificaciones y características de Mangas de Empalmes de fusión 1er y 2do Nivel.....	81
Tabla 23. Especificaciones Técnicas OLT	82
Tabla 24. Especificaciones Técnicas ONT	83
Tabla 25. Detalles Cuarto de Equipos.....	85
Tabla 26. Perdidas de los diferentes elementos pasivos	86
Tabla 27 Parámetros y valores en el estándar UIT-T G.984.2 <i>ClassB+</i>	87
Tabla 28. Distancia Equipos de la OLT a la ONU.	88

Tabla 29. Especificaciones y características de cable ADSS plano	93
Tabla 30. Especificaciones y características de Cable óptico G.652 D DROP 2 Hilos	94
Tabla 31. Especificaciones y características de ODF	95
Tabla 32. Especificaciones y características de Splitters 1:4 y 1:8	96
Tabla 33. Especificaciones y características de Mangas de Empalmes de fusión 1er y 2do Nivel	97
Tabla 34. Comparación de proveedores de OLT	98
Tabla 35. Comparación de proveedores de ONT	99
Tabla 36. Tabla Comparativa de costos red pasiva de acceso	100
Tabla 37. Tabla comparativa Costos equipamiento activo	101
Tabla 38. Tabla comparativa equipamiento Cuarto de equipos	101
Tabla 39. Tabla comparativa de Costo de instalación	102
Tabla 40. Tabla comparativa Costo total y selección de proveedor a convenir	102

INTRODUCCIÓN

En el actual proyecto se realiza el diseño de una red de acceso GEPON utilizando la tecnología FTTH para la ciudadela consejo provincial en la ciudad de Quito, diseño que puede ser utilizado por un proveedor de servicio de internet el mismo para proponer el servicio a los habitantes de este sector. El medio de transmisión a usarse en este tema de titulación es la fibra óptica, actualmente el medio más importante en las redes de telecomunicaciones, el cual permite la transmisión de los bits a la velocidad de la luz y que los datos viajen de manera rápida, eficiente y eficaz. A lo largo de todo el proyecto se realiza el estudio de cada tema, los principios y parámetros fundamentales de fibra óptica, tipos y estudio de redes de acceso con este medio de transmisión, estudio del sector y diseño de la red, como también el análisis de costos.

1. Capítulo I. Principios y parámetros fundamentales de la red de acceso GEPON y de la tecnología FTTH

1.1. Descripción

La necesidad principal de diseñar la red en el sector el Condado ciudadela Consejo provincial es mejorar el medio de transmisión al que se tiene actualmente como medio principal el cual es Cobre con tecnología ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica), y que se tenga acceso a la información de una manera rápida y eficiente a fin de que supere todas las expectativas de los abonados.

Ahora con las redes de acceso, la fibra óptica es muy utilizada con varias tecnologías, en este caso el proyecto estará basado en GEPON (*Gigabit Ethernet Over Passive Optical Network*) IEEE 802.3ah que según el modelo de diseño se lo hará con FTTH (Fibra óptica hasta el hogar), tecnología con varias ventajas comparada con las que actualmente existen en el mercado ecuatoriano, que se implementa con la finalidad de que en este sector esté disponible un diseño de red más actualizado y mejorado para los abonados de la parroquia El Condado, en específico los habitantes de la Ciudadela Consejo Provincial, para el sector comprendido por las calles Francisco De Rumihurco al Sur, calle N al Norte, calle A al Este y calle D al Oeste; y que puedan tener la disponibilidad de que esta red se instale en el sector por el proveedor de servicios de telecomunicaciones que desee este diseño de red de acceso.

Una de las principales ventajas que tiene la fibra óptica hasta el hogar (FTTH) con respecto al par de cobre, es la baja atenuación. En un par de cobre se puede indicar que en un kilómetro de distancia, existe la atenuación de 25 [dB] mientras que el nivel de la fibra óptica es mucho menor con valores de atenuación por Kilómetro alrededor de 0,3 [dB].

Uno de los mayores inconvenientes de xDSL es la distancia que separa al abonado que está conectado al concentrador.

En esta tecnología va a existir más pérdida de señal mientras haya mayor distancia. Esto no pasa con fibra óptica, medio de transmisión que está especialmente diseñado para transferir grandes volúmenes de datos, inmune a las interferencias, lo contrario del cobre ya que en la tecnología ADSL la velocidad obtenida depende de la distancia.

Con la fibra óptica las velocidades alcanzadas son prácticamente ilimitadas, a pesar de que hoy en día, operadores brindan velocidades de 100 [Mbps] de descarga, cinco veces más que con ADSL con mejores características y velocidad de transmisión (ADSL2+).

1.2. Marco teórico.-

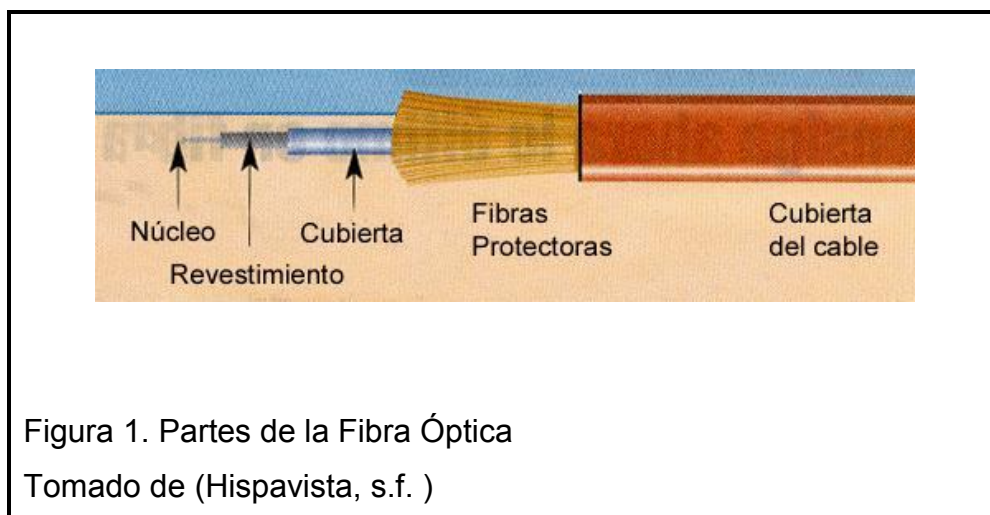
Los parámetros fundamentales de la Fibra óptica que será necesario conocer para el diseño de la red se muestra a continuación de manera más detallada.

1.2.1. Funcionamiento de la Fibra Óptica

El medio de transmisión como la fibra óptica es la base de las redes de telecomunicaciones de alta capacidad y es considerado como el medio de transmisión más utilizado en los sistemas de comunicaciones. Es un filamento de vidrio muy fino y flexible protegido por materiales plásticos que permite transmitir haces de luz mediante reflexiones consecutivas, señales luminosas que se detectan en el destino.

Gracias a este medio es viable el gran adelanto en las telecomunicaciones por su enorme capacidad de transmisión a larga distancia. Las ondas de luz corresponden al propio conjunto que las ondas de radio, se tratan de las ondas electromagnéticas, que permiten todo tipo de transmisión, telefonía, televisión, datos, etc.

La fibra óptica consta del núcleo central de vidrio o plástico con un alto índice de refracción (n_1) y está rodeado con una capa con similares características pero con un índice de refracción menor al del núcleo (n_2). Una envoltura que sella las fibras, protege al núcleo que está cubierta por un revestimiento y fortalecida para salvaguardar a la fibra. (Carrion & Ronquillo, 2012)



A través de conductores de fibra óptica la propagación de luz está establecida en la reflexión que soportan las ondas luminosas al incurrir sobre la zona de separación, los fenómenos que intervienen son Reflexión y Refracción. Cuando un rayo luminoso traspasa dos medios, se ocasiona un cambio de dirección; formándose un parámetro óptico fundamental de cualquier material; este es el índice de refracción que es el efecto de fragmentar la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en el medio que se calcule, agua, vidrio, etc. La fórmula o ecuación que se utiliza para calcular el ángulo de refracción de la luz con las características mencionadas es (UANL, 2011):

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

1.2.1.1. Velocidad de propagación de la luz

La onda electromagnética en un medio dieléctrico, viaja a una velocidad v , característico del material y menor C donde la velocidad de propagación de la luz depende justamente del índice de refracción del material con relación a la siguiente ecuación: (Paredes, 2014)

$$V = \frac{c}{n} \quad \text{Ecuación 2}$$

1.2.1.2. Velocidad propagación en el vacío

En el espacio libre, la onda electromagnética viaja a una velocidad de la luz igual a C , la misma que se relaciona con la frecuencia (f) y la longitud de onda (λ) con la ecuación: (Paredes, 2014)

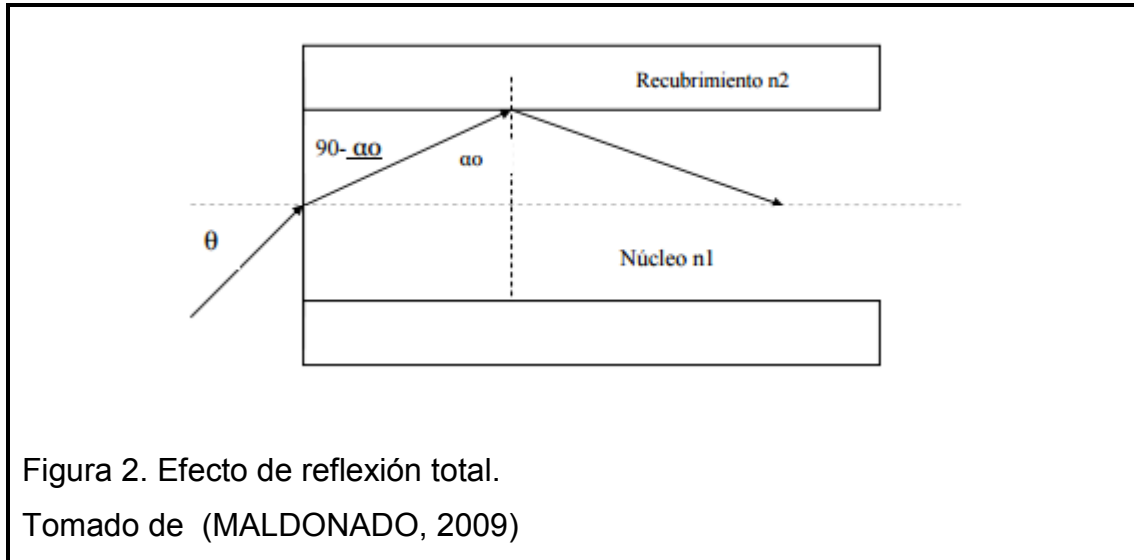
$$C = \lambda * f$$

Ecuación 3

Los valores típicos de n son aproximadamente: 1 para el aire, 1.33 para el agua, 1.5 para el vidrio y 2.42 para el diamante. El principio de refracción de la luz determina el coeficiente de reflexión donde el borde de dos materiales con diferente n , y la refracción de una onda electromagnética, que no es más que las líneas de transmisión con α y $\sin \alpha$, por lo tanto se analiza que uno de los parámetros ópticos fundamentales de cualquier material es el índice de refracción. (Paredes, 2014)

1.2.1.3. Apertura Numérica

También conocido como índice de aceptación de luz, y se lo llama así al seno del ángulo de aceptación, se emplea para detallar la potencia colectora de luz de la fibra y para calcular la eficiencia de acoplo fuente/fibra, en ese momento cuando la energía del exterior ingresa en el núcleo por cualquier punto perpendicular al eje; todos los rayos que incidan con un ángulo inferior a este cumplirán el principio de reflexión total mientras que los incidentes con ángulo mayor que el límite se los llama refractados. (MALDONADO, 2009)



La apertura numérica (AN) cumple la siguiente ecuación en base a los índices de refracción de los materiales n_1 y n_2 :

La Figura 2. Muestra todos los rayos luminosos que incidan con un ángulo menor que $(90^\circ - \alpha_0)$ con respecto al eje de la fibra son conducidos en el núcleo. Considerando la condición del ángulo límite y analizando la expresión

$$\sin \theta = n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Tomado de (MALDONADO, 2009)

La fórmula de la apertura numérica es simplificando la ecuación 5 queda de la siguiente forma:

$$AN = \sin(\theta) = \sqrt{(n_1)^2 - (n_2)^2} \quad \text{Ecuación 5.}$$

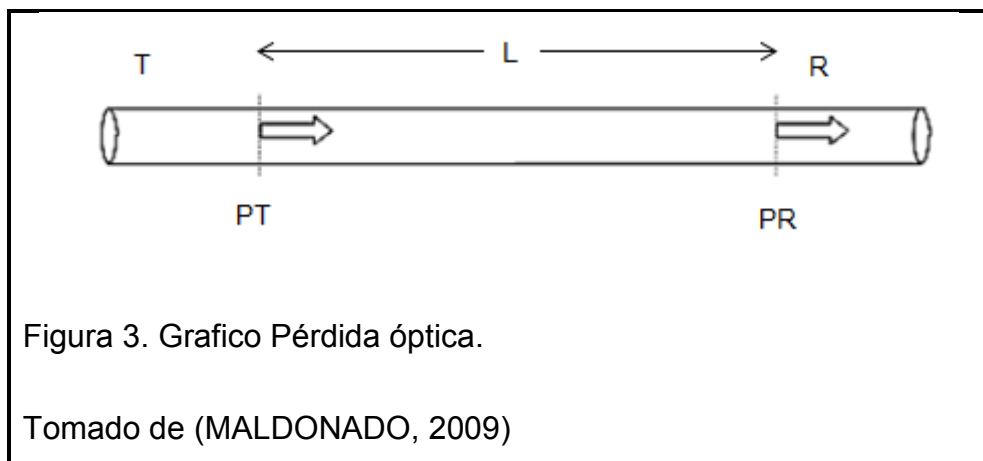
Tomado de (MALDONADO, 2009)

1.2.1.4. Atenuación de Fibra óptica

Es la disminución de potencia de la señal de la fibra óptica, la unidad utilizada para medir la atenuación en este medio de transmisión es el decibel [dB]. Se

expresa en [dB/Km], es decir la pérdida de la luz en un kilómetro. En los enlaces ópticos existen varias pérdidas producidas por varios factores, entre los más importantes se tiene las pérdidas por absorción del material de la fibra que se deben a impurezas y moléculas de agua que quedan en el interior de la fibra y que absorben parte de la luz transformándola en calor, atenuando por tanto la luz a medida que atraviesa la fibra óptica. y las pérdidas por dispersión (esparcimiento);

En el interior de la fibra se produce atenuación en el material, relacionándose con las potencias luminosas a la entrada, también conocida como Potencia transmitida (P_T) y la de salida o potencia de recepción (P_R), calculada para hallar la longitud de onda (λ), tal como se presenta en la ecuación a continuación según el análisis en base a la Figura 3 .La distancia de la Fibra Óptica en el tipo de fibra multimodo puede variar desde los 2[Km] siendo la fibra que presenta más atenuaciones en la señal, hasta 300 [Km] en el tipo de fibra monomodo, siendo la fibra que presenta menos atenuaciones en la señal. (Saltos Montaña, 2011)



Las pérdidas totales en [dB] a la longitud z:

$$10 \log \left[\frac{P_T}{P(z)} \right]$$

Entonces;

$$\alpha_{[dB]} = \frac{10}{z} \cdot \log\left(\frac{P_T}{P(z)}\right) \left[\frac{dB}{Km} \right] \quad \text{Ecuación 7.}$$

Tomado de (PAREDES, 2014)

Si se considera la longitud total de la fibra $z=L$

$$\alpha_{[dB]} = \frac{10}{L} \cdot \log\left(\frac{P_T}{P(z)}\right) \left[\frac{dB}{Km} \right] \quad \text{Ecuación 8.}$$

Tomado de (PAREDES, 2014)

Los factores de porque se ocasionan dichas perdidas es debido a:

Perdidas intrínsecas:

Absorción debido a rayos ultravioletas: Interacción entre fotones y moléculas del núcleo.

Scattering Rayleigh: Producido cuando la luz encuentra partículas extrañas al medio donde el diámetro es menor a la longitud de onda. (Saltos Montaña, 2011)

Perdidas de origen externo:

Absorción debido a impurezas como la metálica aproximadamente con 1 [dB/Km] reducido al mínimo.

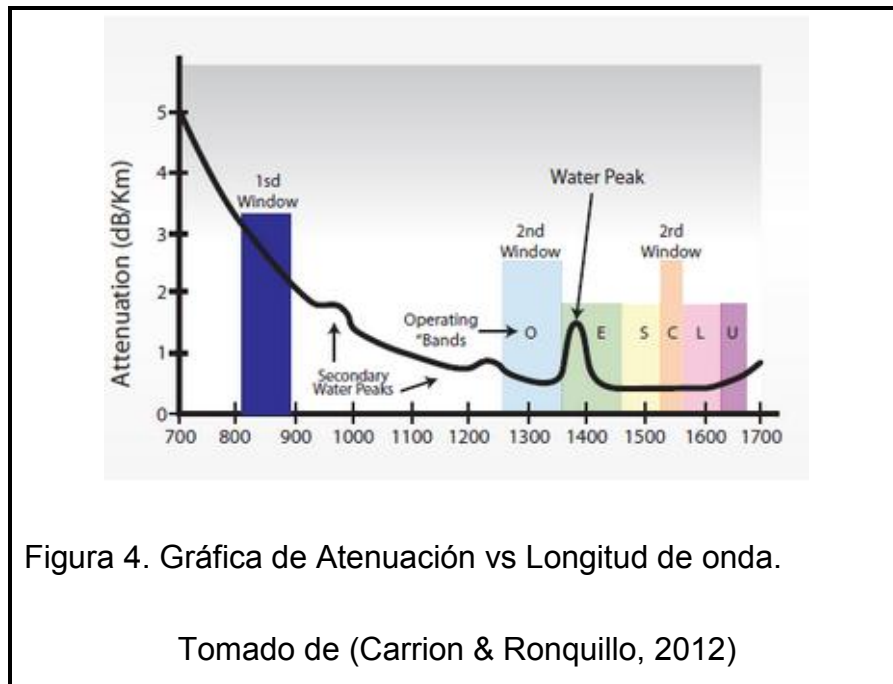
Curvaturas de fibra: Cuando el núcleo y revestimiento deja de ser uniforme geométricamente.

La atenuación mínima a recibir en instalación y tendido para que el enlace no este afectado, es una potencia de -27 [dB] por tendido, ambiente, envejecimiento y agentes climáticos. (Saltos Montaña, 2011)

Atenuación total

La sumatoria de todas las perdidas antes mencionadas producirán la curva ventanas de la atenuación en una fibra donde según eso habrá distintas zonas llamadas ventanas de operación que determinan las longitudes de onda normales para un enlace óptimo y que se detallará más adelante.

En el gráfico mostrado a continuación se resume todo tipo de pérdidas con su respectiva definición visual de forma más global. (Carrion & Ronquillo, 2012)



De la figura 4. Se puede obtener como conclusiones que acorde se aumenta la longitud de onda la atenuación disminuye. (Difusión).

La atenuación es alta en picos de absorción, y que la atenuación se incrementa a longitudes de onda mayores que 1600 [nm] debido a la absorción del silicio. La curva resultante es: Difusión + absorción.

1.2.1.5. Ventanas de Operación

Como se había mencionado anteriormente en la atenuación de fibra óptica un parámetro fundamental en la transmisión son las ventanas de operación o zonas donde se determina las longitudes de onda; óptimas para cumplir con los objetivos del enlace. En las ventanas de operación, se aprecia menos pérdidas en proporciones del espectro lumínico, justamente gracias a este medio de transmisión.

Cada ventana cumple un rol importante para medir la atenuación por kilómetro, cada una de ellas pertenecen al espectro de luminosidad donde se percibirá

una variación importante de atenuación respecto a la longitud de onda, según los distintos factores de pérdidas que se produzcan, y estas ventanas tienen los siguientes valores.

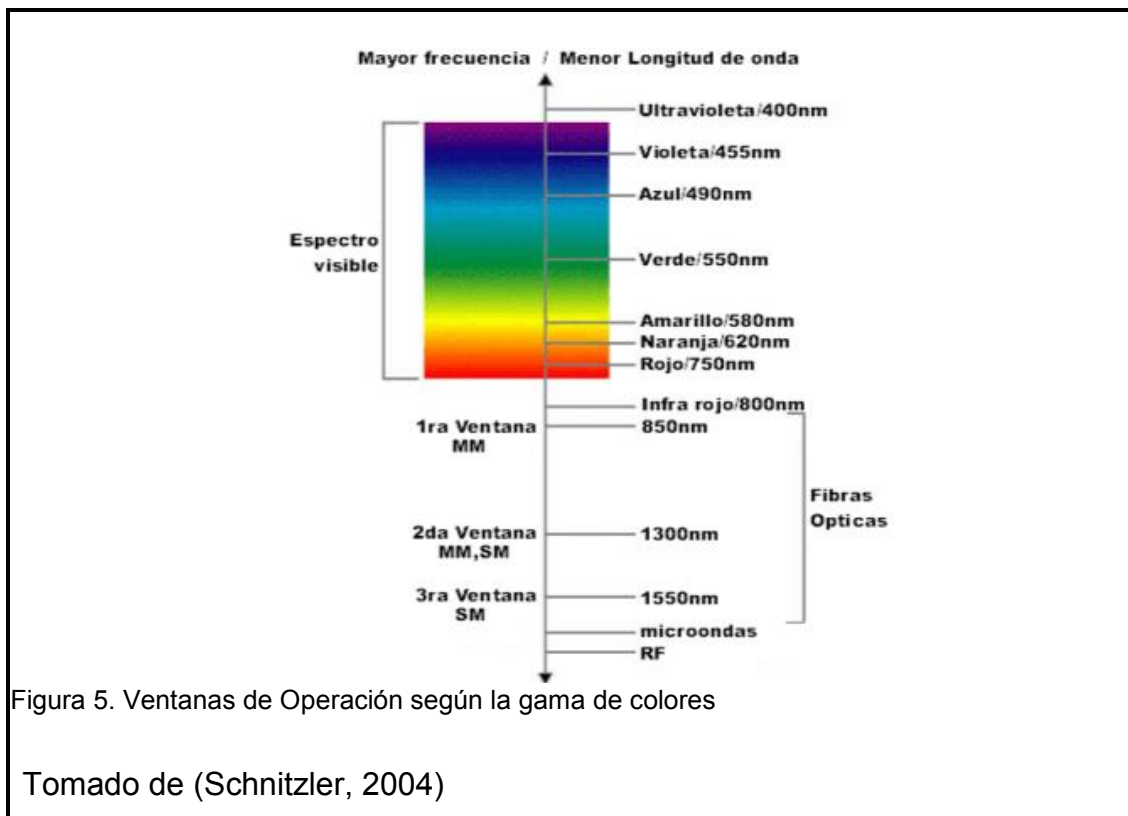
La primera ventana de operación es de 800 [nm] de longitud de onda y se compara con la ventana atmosférica para transmisión óptica a 900 [nm]. A estas ventanas se las conoce como la primera generación. (Carrion & Ronquillo, 2012)

Esta ventana limitaba distancias de transmisión cortas y altas potencias de transmisión, y de ahí se origina la segunda ventana con 1300 [nm] y la tercera ventana alrededor de y 1500 [nm]. Estas corresponden a la segunda generación. (Carrion & Ronquillo, 2012)

La cuarta ventana opera en la banda de 1530 [nm] a 1565 [nm] con estas potencias de transmisión se desarrolló los amplificadores ópticos como son los EDFAs (*Erbium Doped Fiber Amplifier*). (Carrion & Ronquillo, 2012)

Por último una nueva generación de fibra óptica se ha desarrollado que permite el espectro de 1200 [nm] a 1600 [nm], que elimina el conocido “pico de agua” localizado a 1400 [nm] en la curva de atenuación. (Carrion & Ronquillo, 2012)

- 1ra. Ventana : 800 [nm]
- 2da. Ventana: 1300 [nm]
- 3ra. Ventana: 1500 [nm]
- 4ta. Ventana: 1530 [nm] – 1565 [nm] (EDFAs)



Según estos valores las ventanas de operación varían la atenuación y depende de esto la funcionalidad del enlace, obviamente se tomará en consideración que mientras mejor atenuación exista por la generación de estos haces de luz, como lo mostrado en la Fig. 3, el costo aumentará según la capacidad de los equipos productores de los mismos. (TOMASI, 2011, pág. 232).

1.2.2. Construcción de Fibra óptica

La creación de la fibra empieza con grandes tubos de vidrio, que primero se desenvuelven. Para después sumergir en un baño de ácido fluorhídrico que elimina cualquier residuo oleaginoso.



Figura 6. Tubos de vidrio Fibra óptica
Adaptado de (NetFreaks4, s.f)

Luego los tubos se colocan en los extremos de un torno que ajusta los mismos y a medida que estos giran se calientan con una llama de hidrogeno oxigeno hasta 2000 °C que es cuando los dos tubos se funden quedando uno solo.



Figura 7. Tubos de vidrio fusionados

Adaptado de (NetFreaks4, s.f)

Este nuevo tubo ingresa en otro torno, a medida que el tubo gira un quemador lo calienta todo e inyecta una mezcla de gases químicos dentro, estas mezclas contienen formas líquidas de Silicio y Germanio.

El calor funde a este que será la cubierta de la fibra óptica. Cuando hay suficiente hollín fundido este pasa a ser vidrio.

La estructura interna se la funde ya que se mantiene una barra gruesa y grande llamada **preforma** por lo que esta se afina, primero se separa la preforma de la parte del tubo de vidrio, luego se instala en vertical en la máquina de estirado que le dará la forma final.



Figura 8. Tubos der vidrio fusionados

Adaptado de (NetFreaks4, s.f)

El horno de la torre de estirado calienta un extremo de la preforma a 200 °C. El vidrio se ablanda, la gravedad ayuda a irse para abajo automáticamente.



Figura 9. Tubos de vidrio fusionados

Tomado de (NetFreaks4,s.f.)

Después usando un pedazo de vidrio como peso se estira el vidrio blando hasta que sea una fibra de vidrio fina, un monitor especial mide el diámetro preciso del vidrio que es 125 [µm]. La fibra pasa por lámparas ultravioletas que fijan el revestimiento acrílico para protegerla del polvo y otros factores contaminantes, finalmente la fibra se enrolla en una bobina y se puede introducirla en un cable. (NetFreaks4, 2008)



Figura 10. Tubos de vidrio fusionados

Tomado de (NetFreaks4,s.f.)

1.2.3. Parámetros y características de operación

En una red de acceso, el medio de transmisión es demasiado importante al momento de diseñarla, tiene un ancho de banda potencial aproximado a los 25.000 [GHz].

Su tamaño es reducido menor a 1 [mm] y poco peso de fibra, existe aislamiento eléctrica también conocido como aislamiento eléctrico, donde no afectan las corrientes no deseadas, no se producen cortocircuitos y no existen descargas electromagnéticas en el medio, su funcionamiento es muy eficiente en ambientes electromagnéticos hostiles.

Otras de las características de este medio tan importante como la fibra óptica que complementa a los sistemas ópticos es la inmunidad a la interferencia y al Crosstalk (Inmune a las interferencias de radiofrecuencia) y la información tiene

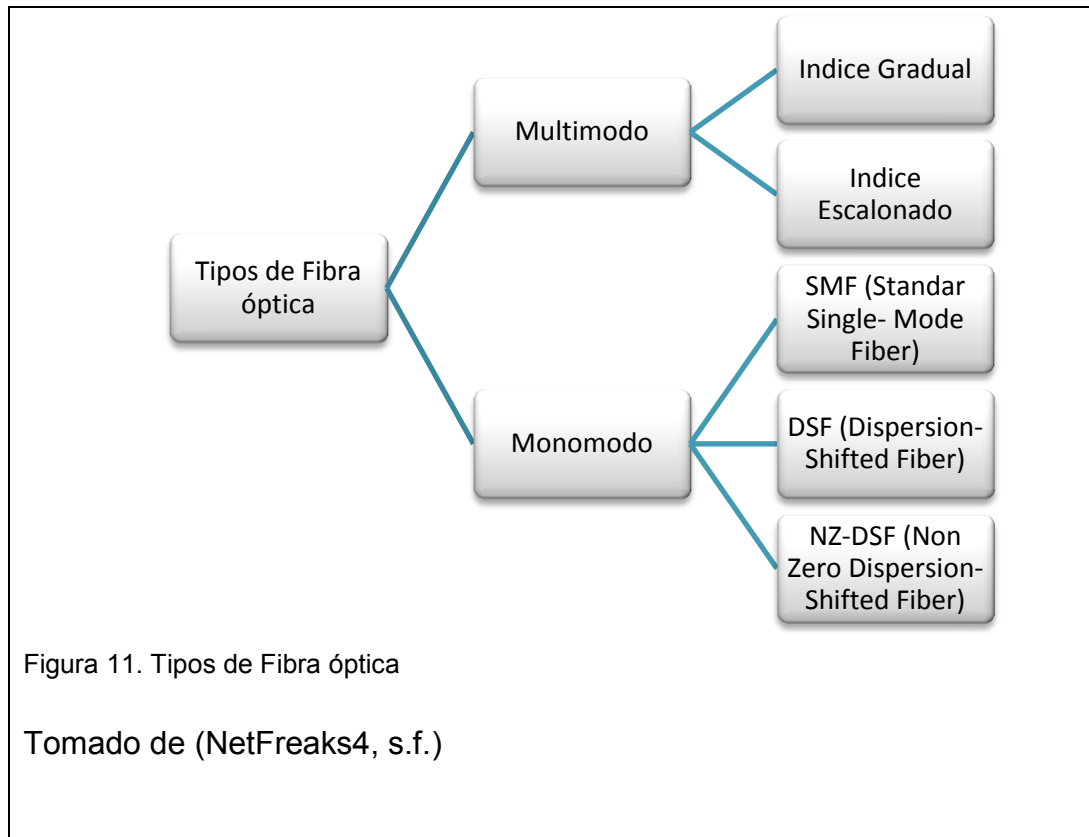
más seguridad que otros medios de transmisión. Sus excelentes descripciones y las características más importantes son:

- Ancho de banda (BW).- Los cables Coaxial y UTP/STP tienen menor BW que la fibra; permite transmitir voz, datos, videos entre otros.
- Distancia.- La señal óptica obtiene atenuación baja y admite efectuar sangrados de fibra sin repetidores.
- Integridad de datos: Al transmitir los datos con fibra óptica existe el proceso que admite que los protocolos de comunicaciones de alto nivel, no requieran instrucciones de corrección de errores haciendo que acelere la transmisión con alta velocidad, este proceso se denomina frecuencia de errores o BER (*Bit Error Rate*)

Los costes de instalación son altos por el procedimiento exclusivo que necesita la fibra, pese a ello en Ecuador actualmente existen proveedores que están implementando este medio de transmisión directamente hasta el hogar para poder ofrecer servicios de telecomunicaciones con calidad empezando por los sectores principales de cada ciudad.

1.2.4. Tipos de Fibra Óptica

Los tipos existentes de fibra son Monomodo y Multimodo, cada una con su respectiva clasificación que será detallada a continuación en el siguiente recuadro:



1.2.4.1. Multimodo

La recomendación UIT-T G.652 puntualiza las características de transmisión de fibras y cables multimodo que más adelante se describe en la Tabla 2.

Puede ser utilizada en la región de 850 [nm], o en la región de 1300 [nm], o en ambas regiones de longitudes de onda simultáneamente. (UIT-T C. d., 2004)

Tabla 1. Atributos fibra multimodo

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro del núcleo	Valor nominal	50 [μm]
	Tolerancia	$\pm 6 \% \pm 3$ [μm]
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 [μm]
	Tolerancia	$\pm 2,4 \pm 3$ [μm]
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	6 %
No circularidad del núcleo	Máximo	2,0 %
No circularidad del revestimiento	Máximo	2 %
Coefficiente de dispersión cromática	Longitud de onda [nm]	
	850	≤ 120 [ps/(nm*km)]
	1300	≤ 6 [ps/(nm*km)]
Atributos del cable		
Coefficiente de atenuación	Longitud de onda [nm]	
	Máximo a 850	4 [dB/km]
	Máximo a 1300	2 [dB/km]

Tomado de (UIT-T C. d.,s.f.)

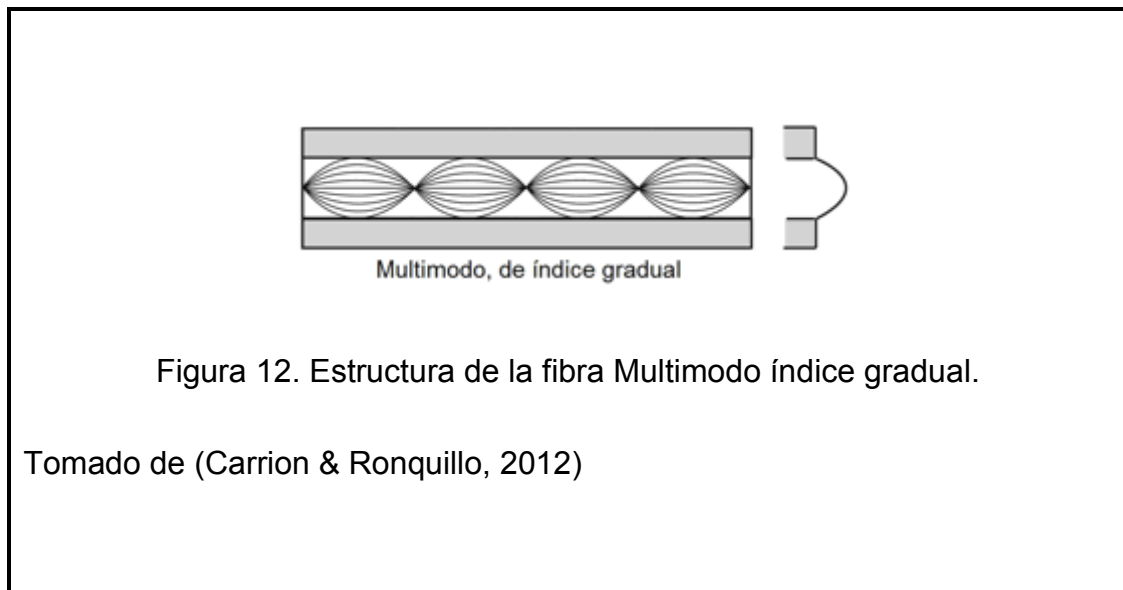
Los rayos de luz viajan en muchas direcciones en el núcleo de este tipo de fibra, cada uno de los cuales sigue una ruta distinta, es por eso que el ancho de banda es menor a la fibra Monomodo, lo que se usa en redes de área local (LAN). Son optadas para enlaces de distancias pequeñas, tiene un alcance de hasta 10 [Km], tienen un coste inferior por las fuentes de luz en comparación a la fibra de tipo monomodo. (Carrion & Ronquillo, 2012).

Índice gradual:

Existen diferenciaciones en la estructura del vidrio del núcleo para compensar las longitudes de las trayectorias de los tipos de fibra; brindan un ancho de banda mayor que la fibra de índice escalonado.

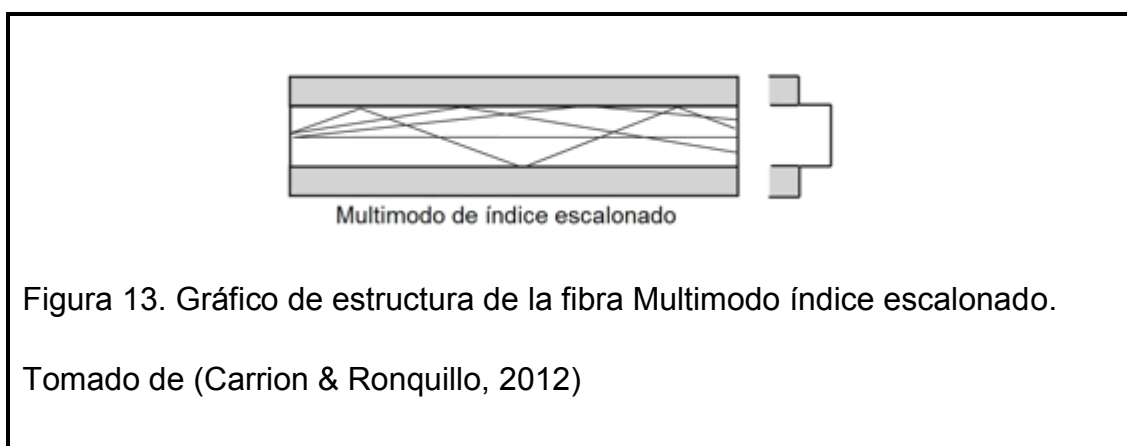
El índice de refracción va disminuyendo progresivamente a partir del centro del núcleo hacia el límite del revestimiento esto reduce la dispersión con los modos de propagación.

Se utiliza esencialmente para redes en planta interna, de fibra hasta el hogar, y de otros sistemas de seguridad, (Carrion & Ronquillo, 2012)



Salto de índice o Índice escalonado:

El núcleo posee un índice uniforme originando grandes cambios en el índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento. Tiene una alta atenuación, las producidas en vidrio alrededor de 30 [dB/km] y las elaboradas en plástico 100 [dB/km].



Con estudios a fondo por parte del sitio web Apuntes de Networking que coincide con (Carrion & Ronquillo, 2012) indica que:

“En diferentes estándares ISO las fibras multimodos tienen diferentes tipos de clasificaciones. El estándar ISO/IEC 11801 clasifica las fibras multimodo en:

- OM1. Fibra multimodo con núcleo de vidrio y 62,5 micrones de diámetro. Ancho de banda de 200 [MHz] y atenuación de 3,5 [dB] en longitud de onda de 850 [nm].
- OM2. Fibra multimodo con núcleo de vidrio y 50 micrones de diámetro. Ancho de banda de 500 [MHz] y atenuación de 3,5 [dB] en longitud de onda de 850 [nm].
- OM3. Fibra multimodo optimizada con núcleo de vidrio y 50 micrones de diámetro. Ancho de banda de 1500 [MHz] y atenuación de 3,5[dB] en longitud de onda de 850 [nm].
- OM4. Estándar utilizado por TIA (*Telecommunications Industry Association*) pero sin adoptar aún por ISO(*International Organization for Standardization*).

Fibra multimodo optimizada de núcleo de vidrio que permite transportar 10 Gigabit Ethernet hasta 550 metros.” (Networking, s.f.)

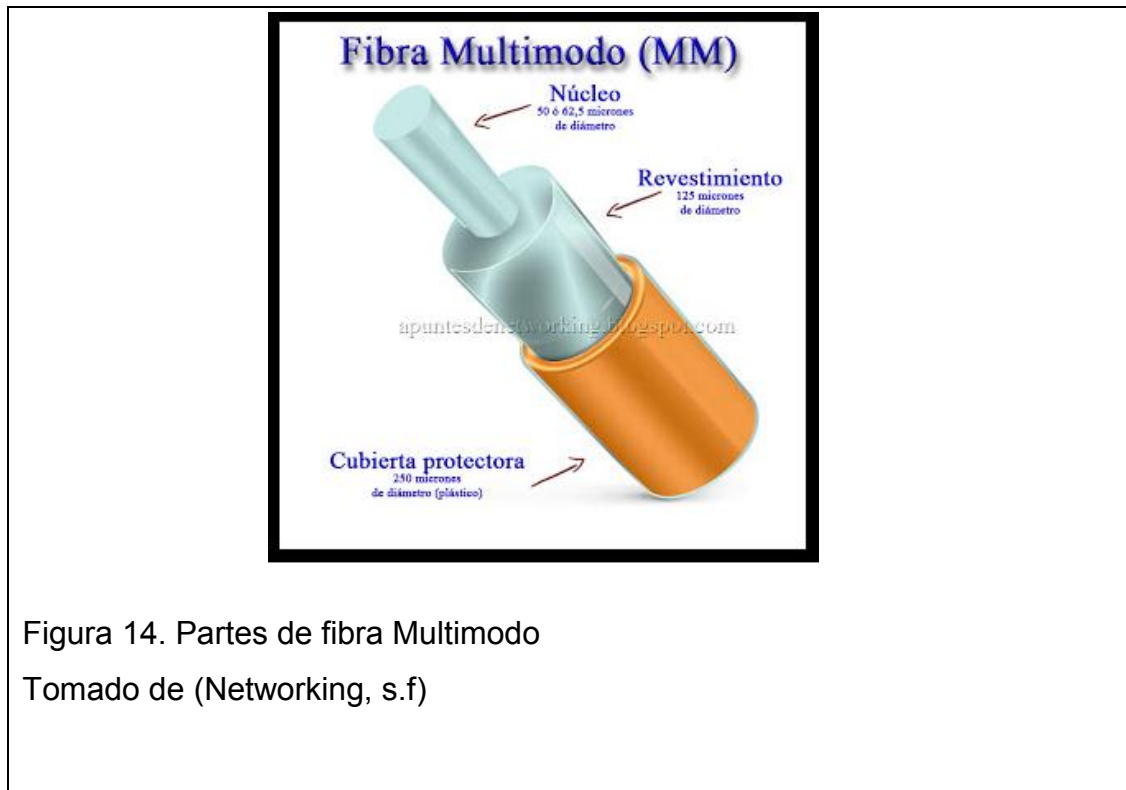


Figura 14. Partes de fibra Multimodo
Tomado de (Networking, s.f)

1.2.4.2. Monomodo:

Actualmente está en vigencia la Recomendación UIT-T G.652 en el año 2009, que existen 4 versiones, que es trascendental la selección de cual recomendación de tipo de fibra Monomodo se va a trabajar. En el capítulo 3 en tendidos de fibra óptica se toma en cuenta cada recomendación con el fin de escoger el mejor estándar y con mayor detalle en cuanto a especificaciones técnicas, al igual que la recomendación UIT-T G. 657 en versiones A y B.

Este tipo de fibra óptica Monomodo se utiliza generalmente en enlaces ópticos de distancias largas. A diferencia con el otro tipo de fibra, la fibra Monomodo sólo se irradian los rayos que se encuentren paralelos al eje, con un ancho de banda de hasta 50 [GHz] consiguiendo el rendimiento máximo. Los diámetros de núcleo y revestimiento para estas fibras son de 9/125 [μm]. (Carrion & Ronquillo, 2012)

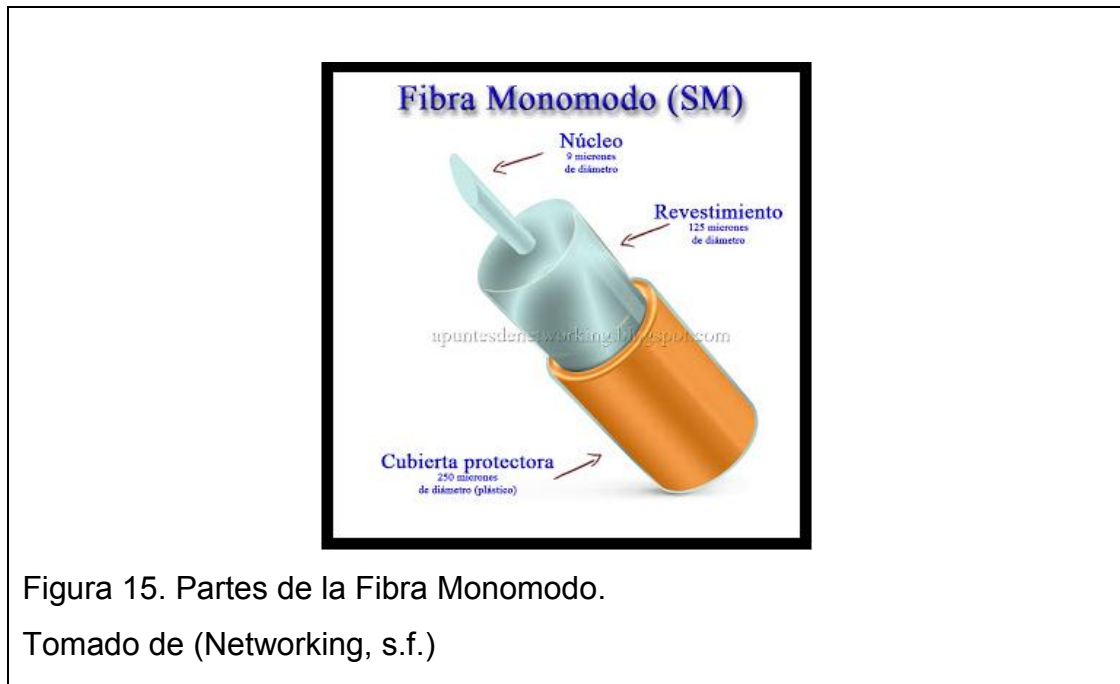


Figura 15. Partes de la Fibra Monomodo.

Tomado de (Networking, s.f.)

La fibra Monomodo adquiere una cubierta de 125 micrones de diámetro y un núcleo de 8 micrones. Para la fibra óptica Monomodo la fuente de luz utilizada es el láser que es formado por un diodo semiconductor.

Un enlace óptico con este tipo de fibra tiene una distancia máxima de 20[Km], dispone de un núcleo mucho más pequeño, por lo que la luz viaja en un sólo modo; se utiliza para telefonía y para TV por cable (CATV) con fuentes de luz láser ya que tiene poca pérdida y un ancho de banda prácticamente infinito.

La fibra Monomodo se clasifica en:

1.2.4.2.1. Monomodo estándar (SSMF- *Standar Single - Mode Fiber*)

- 0,2 [dB/km] de atenuación aproximadamente.
- La onda de dispersión tiene una longitud nula usando la segunda ventana a 1310 [nm].
- Mayor Amplitud Espectral.

1.2.4.2.2. Fibra óptica de dispersión desplazada (*DSF - Dispersion-Shifted Fiber*)

- Pérdidas superiores de 0,25 [dB/km] a 1550 [nm].

- Se logra transportar la longitud de onda de dispersión de 1300 [nm] a la ventana de mínimas pérdidas de 1550 [nm].

1.2.4.2.3. Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (*NZ-DSF - Non Zero Dispersion- Shifted Fiber*)

- Resuelve problemas de no linealidades de dispersión transportada.
- Dispersión cromática reducida.
- Utilizada en sistemas de gestión de dispersión.

1.2.4.3. Transmisor y Receptor Óptico

En un Sistema óptico existe un emisor y un receptor como en cualquier otro Sistema de transmisión de datos, los cuales tienen un origen y destino que comprenden de distintos elementos para su correcto funcionamiento. El transmisor como principal función realiza la conversión electro-óptico; su diseño es complejo y tiene varias etapas. Es el equipo que obtiene la información donde la señal eléctrica la transforma en una secuencia de bits generalmente en una señal óptica con el fin de facilitar la recepción. Este proceso se denomina codificación.

El transmisor está formado por un láser continuo CW (*Continuous Wave*) que opera en una longitud de onda en tercera ventana $\lambda=1.55$ [um] seguido por un modulador externo. El modulador es controlada por la secuencia eléctrica de pulsos de bits que se desea transmitir; un estado de baja pérdida óptica corresponde al bit 1, y un bit 0 a un estado de alta pérdida (bloquea la luz).

Cuanto mejor es el grado de extinción (Contraste entre la potencia del bit 1 y 0) menor será la relación señal-ruido requerida para obtener un nivel de desempeño determinado.

El circuito Driver convierte la señal de voltaje en una señal de corriente electrónica, debido a que las fuentes son excitadas por corriente. El principal elemento del enlace óptico son las fuentes de luz con dos tipos LED y LASER.

En cuanto al Receptor se puede indicar que es el encargado en recibir la secuencia de bits ópticos y transformarla a una secuencia de bits eléctricos, a este proceso se lo conoce como fotodetección, recupera la sincronización y toma la decisión sobre el valor del bit recibido; si la potencia recibida en el intervalo de tiempo supera al valor de umbral el detector decidirá 1, caso contrario decidirá 0. (Grosz, 2003)

Los sistemas de comunicaciones modernos de alta capacidad trabajan con tasas de error inferiores a una detección errona cada 10^{16} bits transmitidos (un solo error cada diez mil billones de bits).

El convertidor sirve como interconexión eléctrica, puede ser un diodo laser por ejemplo ILD (*Injection Laser Node*) o a la vez un diodo emisor de luz LED (*Light-Emitting Diode*), la cantidad de luz pronunciada por un diodo es proporcional a la cantidad de la corriente de excitación respectivamente. (TOMASI, 2011)

La función principal del acoplador es ajustar la luz que emite la fuente e introducida al cable de Fibra óptica. Su función es sacar tanta luz de cable de fibra como sea posible y ponerlo en el detector de luz. (TOMASI, 2011)

A continuación se presenta los elementos básicos de un enlace de Fibra óptica donde se visualiza cada fase de la transmisión de datos mediante la señal de entrada ingresando al transmisor y a través del empalme de Fibra óptica llega al splitter, la señal ingresa a un repetidor consecuentemente al amplificador óptico y por último la recepción óptica en el receptor para que como resultado se obtenga una señal de salida eléctrica.

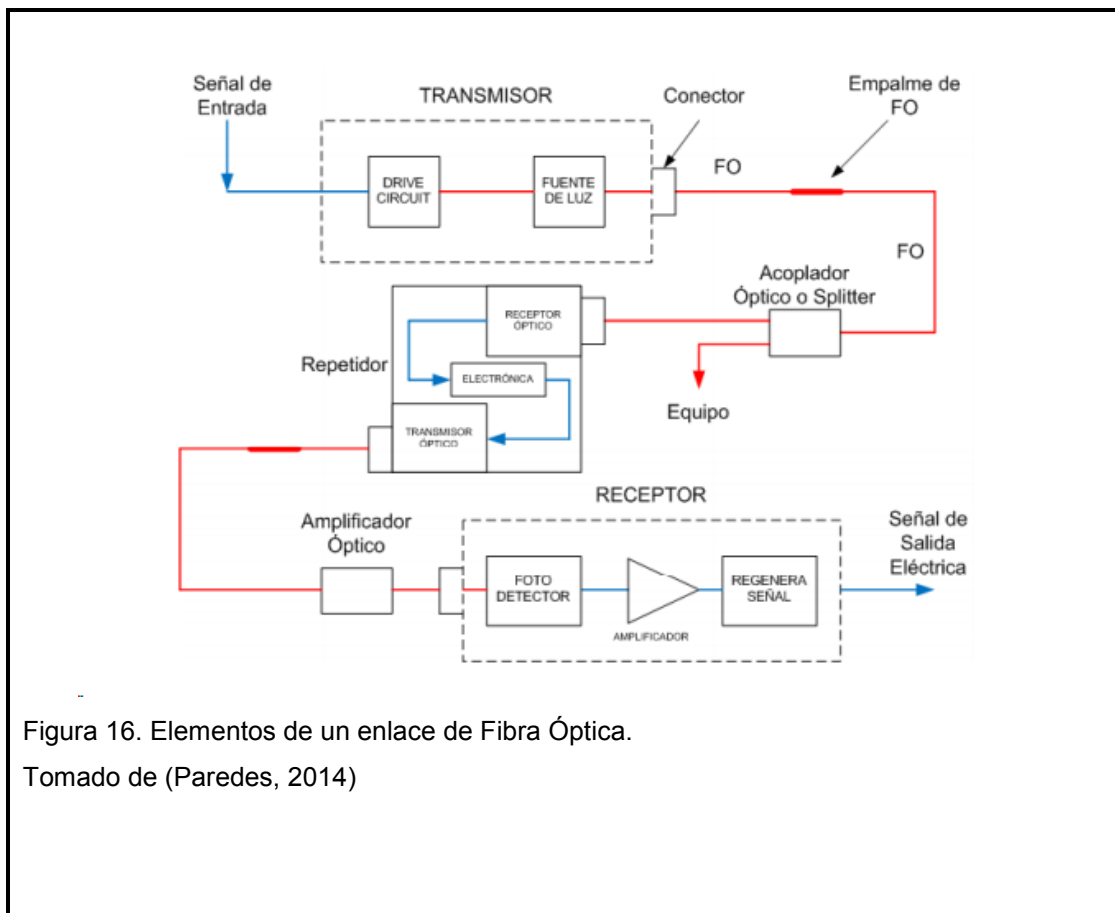


Figura 16. Elementos de un enlace de Fibra Óptica.

Tomado de (Paredes, 2014)

1.3. Redes de Acceso con Fibra óptica

Existen dos tipos de redes de acceso en la actualidad; activas y pasivas, estas últimas tienen distintos tipos de redes ópticas con punto de conexión entre la central de conmutación y la Terminal de usuario, en esta sección del trabajo de titulación se presenta un resumen de los conceptos de este tipo de redes.

1.3.1. Redes Activas (*Active Optical Network*)

Establecidas en el estándar IEEE 802.ah. Este tipo de redes proporcionan un simétrico ancho de banda con velocidades superiores a 1[Gbps]; utilizando dos longitudes de onda sobre una única fibra, multiplexadas y diferenciadas sobre cada cable. Se tiene dos slots de transmisión, un slot se maneja a modo de canal de recepción y otra para el canal de transmisión. Permite una transmisión de datos Full-Dúplex con un ancho de banda dedicado al abonado a través de una conexión punto a punto.

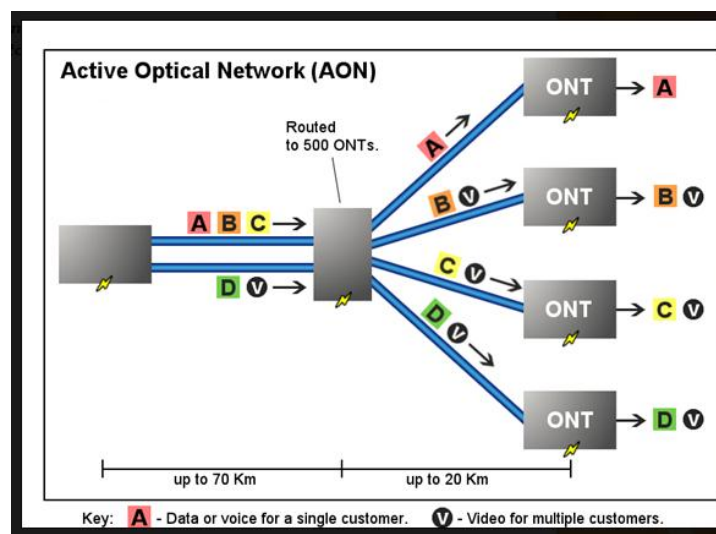


Figura 17. Estructura de red AON

Tomado de (Matiz, s.f.)

1.3.2. Redes Pasivas (*Passive Optical Network*) (PON)

Una red PON es una red óptica pasiva punto-multipunto (con un coste menor al punto a punto) entre un router central denominado OLT (*optical line Terminal*) y los equipos en campo ONT (*optical Network Terminal*). Con ancho de banda multiplexado en los puntos de acceso de red de los abonados (Matiz, s.f.)

Elimina todos los elementos activos existentes entre el servidor y el cliente, introduciendo componentes ópticos pasivos, para guiar el tráfico por la red, el elemento más importante es el divisor óptico o splitter. El manejo de estas redes comprime ampliamente los costes y son manejados en las redes FTTH. (Matiz, s.f.)

En el estándar IEEE 802.3 las redes pasivas EPON (*Ethernet PON*). Tiene una velocidad de 1.25 [Gbps] que básicamente transmite tramas Ethernet. Las redes PON acceden a consumidores situados a 20 [Km] de distancia a partir del nodo, distancia que supera a las tecnologías DSL con un trayecto máximo de 5[Km] desde la central. En el capítulo dos se detalla a profundidad este tema.

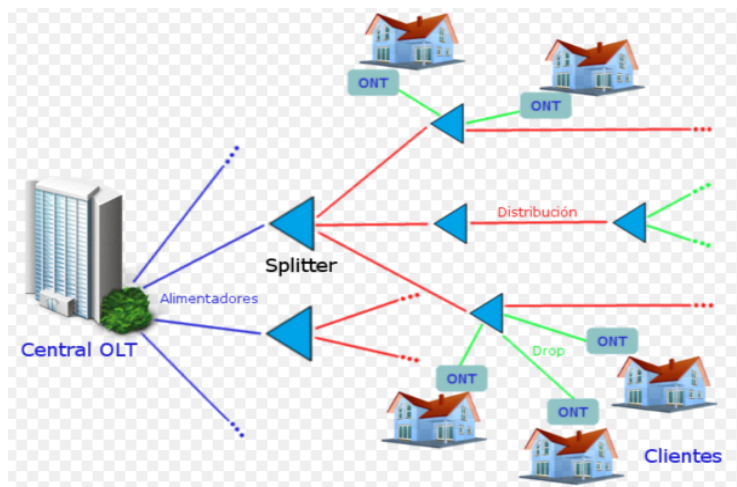


Figura 18. Arquitectura de una Red PON

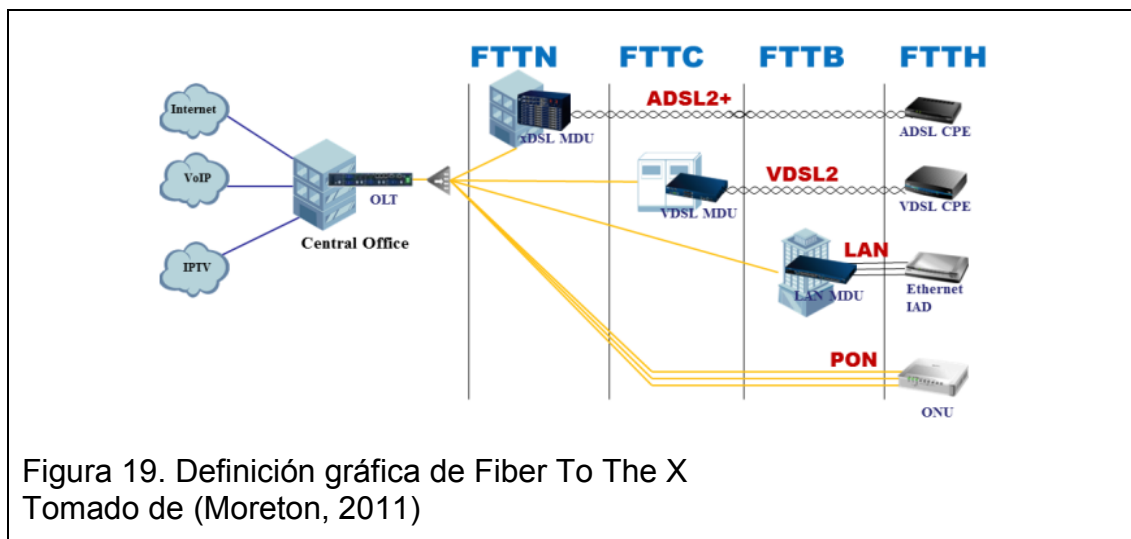
Tomado de (Moreton, 2011)

1.3.3. Familia FTT.x

A pesar de que la fibra óptica brinda grandes soluciones, tiene un obstáculo que intercepta en la evolución de los servicios ópticos al sector residencial y las pequeñas empresas, que es el elevado coste de la conexión de cada abonado al nodo central.

Tal cantidad de interconexiones de tipo punto a punto necesita mayor cantidad de componentes activos, cable de fibra óptica y al mismo tiempo aumentaría el coste del propio despliegue.

La arquitectura FTTx ofrece una solución interesante para este tipo de problemas. Las redes PON, manejan un enlace a varios usuarios al mismo tiempo, sin la necesidad de utilizar elementos activos, es decir, componentes que aumentan (regeneran) la señal. (Marchukov, 2011)



Se pueden distinguir distintos tipos de redes de la familia de FTTx que depende de la distancia entre el tramo de fibra y el abonado final, a continuación se muestra a detalle cada tipo de redes de la familia de manera textual.

1.3.3.1. FTTC (*Fiber To The Curb*)

Fibra hasta la acera.- Esta red de acceso maneja velocidades menores a 100Mbps. En este tipo de red la señal óptica transmitida por el proveedor de servicios se despliega fibra hasta armarios y desde ese punto se usa la red de cobre hasta el abonado.

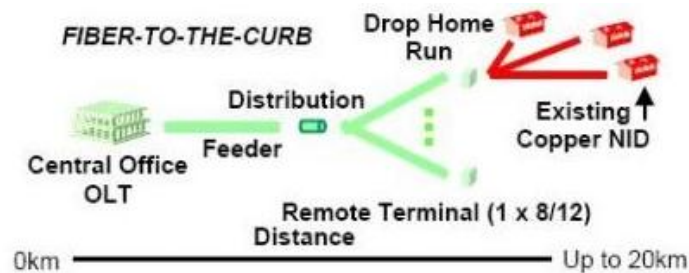


Figura 20. Fiber To The Curb.

Tomado de (Cataño, 2010)

1.3.3.2. FTTB (*Fiber-To-The-Building*)

Fibra hasta el edificio.- En este tipo de red la señal óptica transmitida por el proveedor de servicios se despliega fibra hasta un nodo o armario que se encuentra dentro del edificio y en ese punto se usa la red de cobre que administra con cableado estructurado.

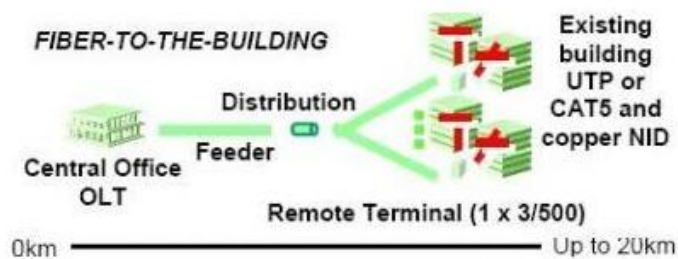


Figura 21. Fiber To The Building. (Cataño, 2010)

Tomado de (Cataño, 2010)

1.3.3.3. FTTN (*Fiber To The Node*)

Fibra hasta el Nodo.- Este tipo de red de acceso tiene la característica de transmitir la información a través de la tendida de fibra hasta los nodos locales y con medio de transmisión hasta el punto principal con par de cobre.

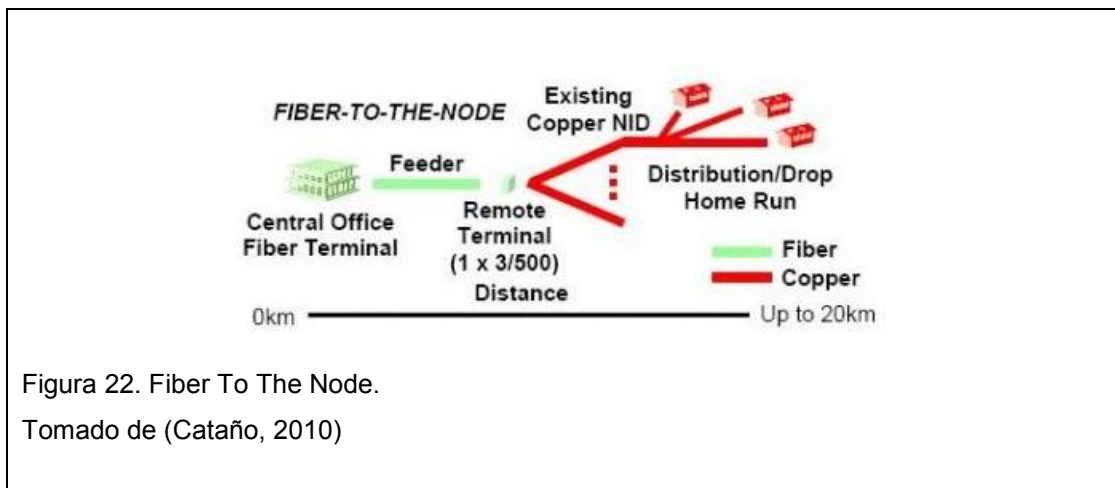


Figura 22. Fiber To The Node.

Tomado de (Cataño, 2010)

1.3.3.4. FTTH (Fiber To The Home)

Fibra hasta el Hogar.- Esta red de acceso es la más importante dentro de toda esta familia FTTx, ya que la información transita por la fibra óptica llegando hasta el usuario final, una red desde el nodo hasta el abonado completamente con el mejor medio de transmisión en la actualidad, para así poder tener internet de alta velocidad, a través del proveedor del servicio de internet.

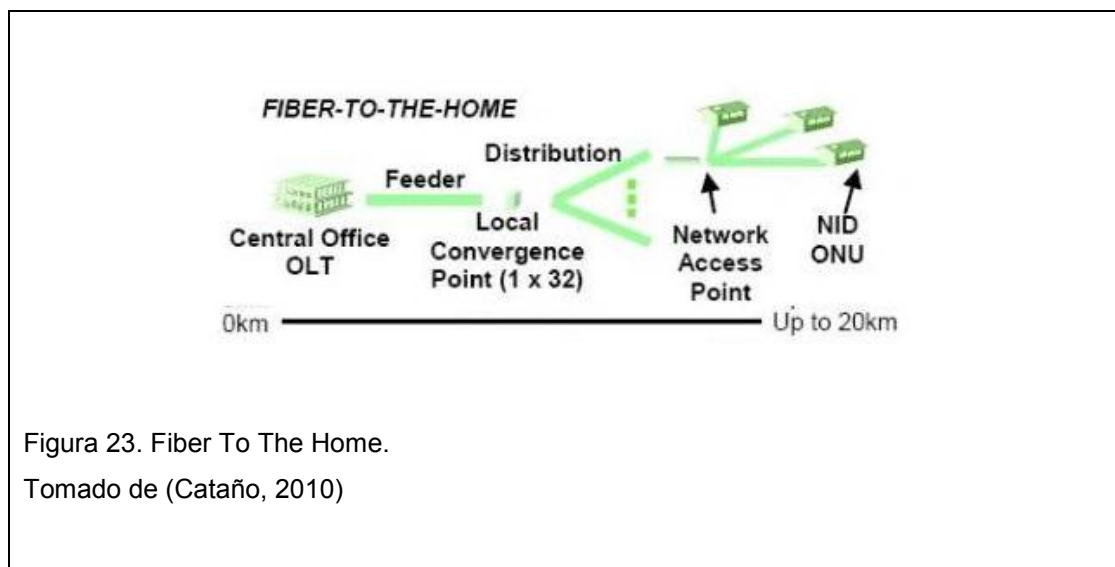


Figura 23. Fiber To The Home.

Tomado de (Cataño, 2010)

La red FTTH ha ido creciendo mucho en los últimos años debido a su gran demanda de ancho de banda, esto proporciona que los abonados puedan tener el servicio de internet a altas velocidades, teniendo en cuenta que toda la red de acceso desde el nodo hasta el equipo final es de fibra óptica.

Además de que esta red de acceso permite a los usuarios descargar y subir archivos de todo tipo a la misma velocidad siendo una ventaja muy importante en comparación de otras tecnologías, en FTTH la velocidad es simétrica, y esto se dió debido a una técnica que se encarga de multiplexar varias señales a través de portadoras ópticas que impiden la interferencia de las mismas, debido a que se tiene diferentes longitudes de onda. Adicional a esto, cabe mencionar que las altas velocidades que presentan este tipo de tecnología se conforman gracias a los conversores ópticos podría ser su principal limitante, a pesar de que estudios lo comprueban que se puede alcanzar velocidades de hasta 100[Mbps] al abonado simétricamente en las mejores condiciones. (Marchukov, 2011)

1.4. Servicios de Telecomunicaciones

Los sistemas de transmisión y recepción mediante equipos terminales permiten transmitir señales entre puntos definidos mediante un medio de transmisión y que a la vez define también lo que es una red de acceso. Los abonados disfrutan de varios servicios mediante algún proveedor central mediante un conjunto de elementos que permite que los usuarios se conecten a la red que pueden ofrecer voz, datos y video o imágenes de alta calidad en la que una fusión de tecnologías que hacen posible lograr una alta capacidad de conmutación y ancho de banda.

Las redes de telecomunicaciones son separadas en tres grandes grupos sean redes públicas o privadas, la estructura de la red de telecomunicaciones esta con redes de acceso, de conmutación y de transporte.

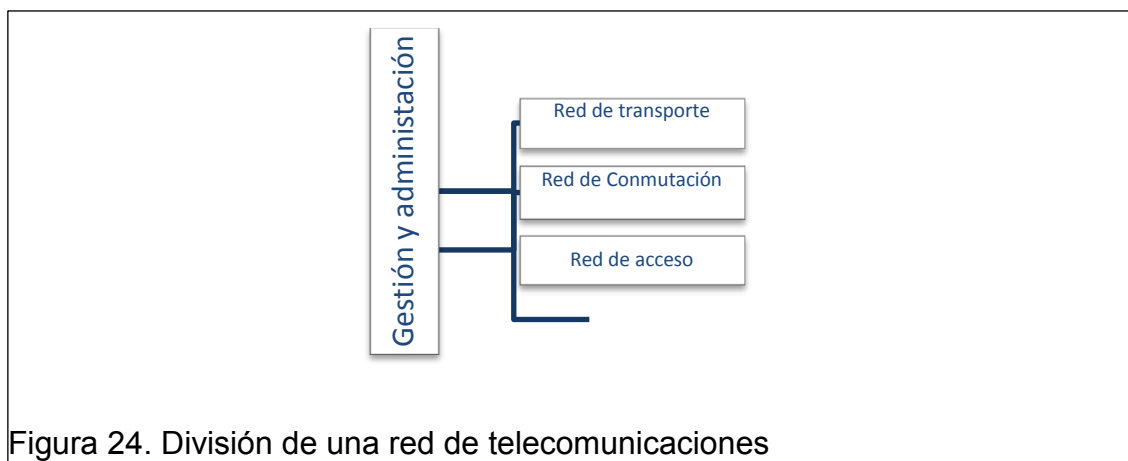


Figura 24. División de una red de telecomunicaciones

A continuación se va a identificar los servicios que permite esta red de acceso que corresponde a datos, voz y video, la situación actual y los operadores de servicios de telecomunicaciones en el sector donde se hará el respectivo diseño de la red de acceso con FTTH. (Saltos Montaña, 2011)

1.4.1. Voz, datos y video

Los servicios mencionados son hoy en día los más utilizados a nivel mundial con grandes capacidades de ancho de banda, y con tecnologías realmente actualizadas y capaces de que los abonados puede utilizarlas de mejor forma estos servicios, actualmente los proveedores de servicio tratan de brindar a los abonados servicios de calidad a través de una sola red de acceso, la cual tenga disponibilidad de servicios de telefonía, internet, y televisión (voz, datos y video) como lo tiene actualmente varios proveedores de servicios de telecomunicaciones a nivel mundial.

A continuación se va a describir las características más importantes de los tres servicios disponibles en las redes PON que puede ser utilizado en la red de acceso GEPON. (Cataño, 2010)

Tabla 2. Características de Voz, video y datos.

SERVICIO	CARACTERISTICAS
VOZ	Circuitos intercambiados o voz sobre IP (VoIP) Únicas o múltiples líneas de teléfono. (Matiz, 2011)
DATOS	Internet de alta velocidad Datos Heredados para los abonados. Líneas privadas. Marco de transmisión. Conexiones ATM. Juegos Interactivos. Sistemas de Monitorización y seguridad. Servicios futuros. (Matiz, 2011)
VIDEO	Emisión digital y analógica Protocolo de TV por video o internet (IPTV) Televisión en alta definición Video bajo demanda(VOD) TV interactiva / Pay Per View (PPV) Conferencia en tiempo real de video/teléfono (Matiz, 2011)

1.4.2. Situación Actual

Actualmente en el sector en donde se gestionara el diseño de la red de acceso según las investigaciones previas en el avance del anteproyecto, se verificó que existen varios tipos de tecnologías con diferentes medios de transmisión sobre todo para proveer el servicio de internet que es lo que se está enfocando actualmente, se verifica que hay bastantes abonados con una red HFC y XDSL, pero una red de acceso Gepon con FTTH actualmente en el sector no hay mayor disponibilidad, por lo que una vez desarrollado el desglose de los servicios a proporcionar se tiene claro que bastantes abonados desearían una red de acceso con estas características, sobre todo con fibra óptica hasta el hogar (FTTH), cabe aclarar que en ciertas partes del sector existe fibra óptica pero desde el componente óptico hasta el nodo, y del nodo al equipo final es otro medio de transmisión sobre todo con cobre y ahí se compone el resto de la red, es así como está actualmente el sector en cuanto a disponibilidad del servicio de internet y medios de transmisión.

En un artículo realizado en internet (cibergeek, s.f) en las últimas semanas se comentó mucho acerca de “*Net Neutrality*”, (Neutralidad de la Red), proponiendo que los datos que circulan por la red sean tratados con la misma prioridad, sin importar a que empresa pertenezcan, al pasar sus datos por las redes de algunos ISP estos se veían afectados por el “*Bandwidth throttling*” afectando directamente a Netflix con este tema, que básicamente termina limitando la velocidad de los datos a través de la Red.

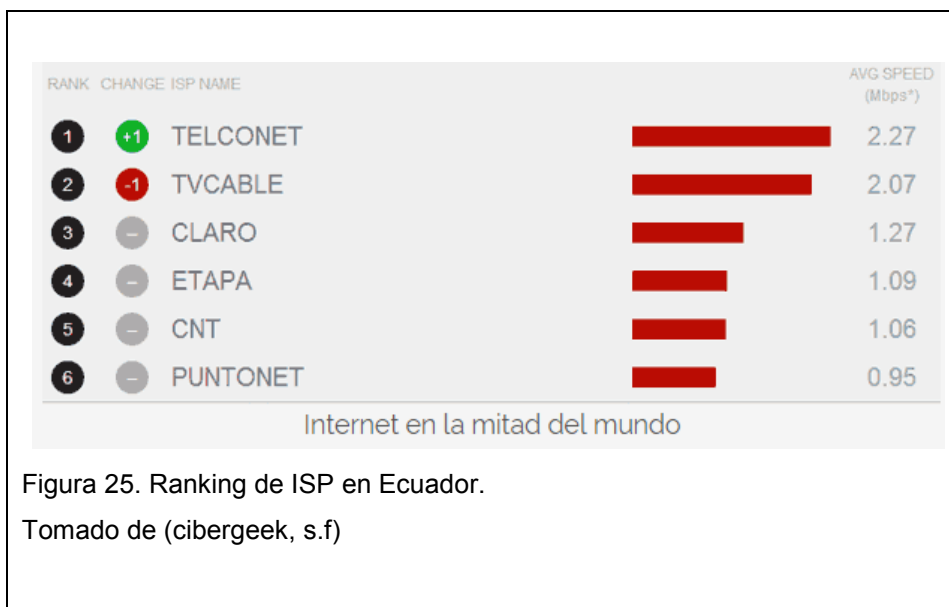
1.4.3. Operadores de servicios en el Sector.

Existen operadores de varios servicios de telecomunicaciones en el sector, sin tomar en cuenta proveedores de servicio de voz y televisión, los proveedores de servicio de internet como se mencionaba anteriormente tienen redes de acceso de distintos medios de transmisión.

Actualmente por conocimiento se tiene proveedores como CNT, TVCABLE, Telconet-Netlife, entre los más importantes dentro de este sector.

Después de todos los problemas que tuvo Netflix, se decidió, hace algún tiempo, comenzar a publicar estadísticas sobre los ISP, como para ejercer presión y mostrarle a sus usuarios como variaba el servicio en los distintos proveedores, y estos mismos datos, están disponibles desde enero también para algunos ISP de América Latina.

Según el ranking en Ecuador acerca del internet en la mitad del mundo, La situación en cuanto a velocidad es bastante similar a la nuestra, aunque se ve que tiene varios proveedores con bajas velocidades. Igualmente, estas comparaciones no incluyen la cantidad de usuarios que tiene cada servicio, como para poder compararlo desde otro ángulo, más significativo. (cibergeek, s.f)



2. Capitulo II. Distribución y estructura de la tecnología GEAPON.

2.1. Redes de Acceso basadas en Fibra Óptica

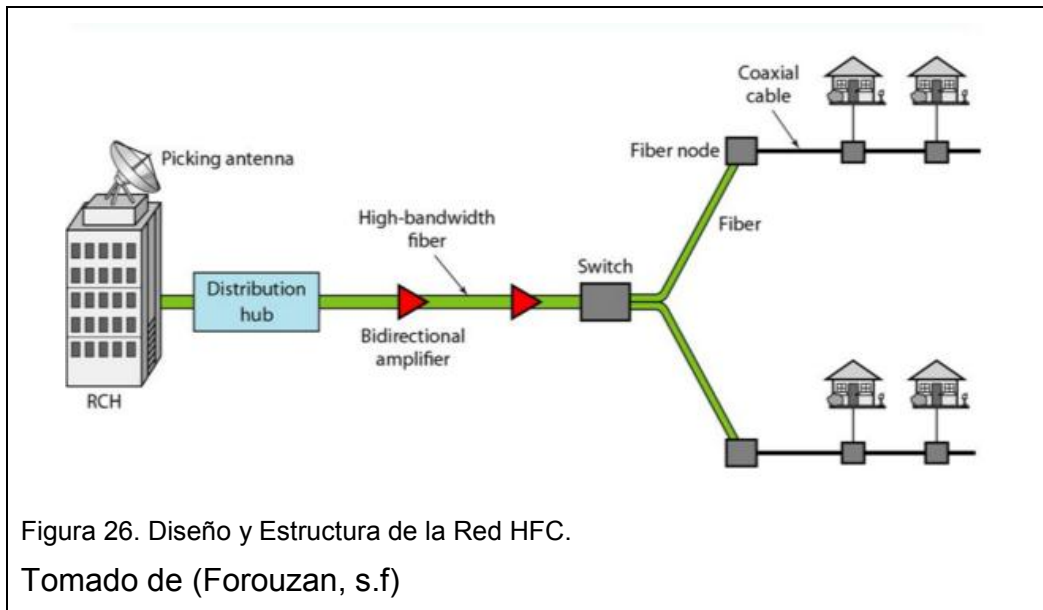
Contamos con diferentes tipos de redes de acceso que permiten que los proveedores de servicio implementen según la capacidad que tenga dicha red, este capítulo se enfoca específicamente las que se basan en fibra óptica, que poco a poco en nuestro país se va expandiendo cada vez más. Si bien es cierto en se realiza el diseño de la red de acceso con fibra óptica directa hasta el hogar (FTTH), hay algunas redes de acceso que se implementa fibra óptica en cierta parte de la red, pero a la vez existen otros medios de transmisión que se combinan con este medio.

Las redes de acceso con fibra óptica alcanzan velocidades de transmisión superiores a las del cobre. Y se podrían clasificar en dos tipos de redes. Redes HFC y Redes Pon.

2.1.1. Redes HFC:

La red HFC (*Hybrid Fibre Coaxial*) es una red híbrida de fibra y cable coaxial, que ajusta ambos medios, permite todo tipo de servicio de telecomunicaciones, es decir voz, datos y video. Algunos proveedores usan esta red para brindar a todos los abonados interesados en tener los tres servicios principales ya mencionados para así poder obtener todo esto con el mismo proveedor más conocido como triple play.

Actualmente esta es la red que más se ha diseñado en el país donde realizan upgrades (rediseño y adaptación) de redes CATV convencionales en funcionamiento o a su vez diseñando una nueva red. Se puede fragmentar la topología en dos partes. La primera conecta al abonado por medio de cable coaxial a un nodo zonal y consecutivamente interconectar los nodos zonales con fibra óptica; tal como se muestra en la Figura 24. Esta tecnología se implementa a través de operadores de CATV, la red obtiene beneficios y reducir el impacto de las condiciones esenciales a cada una mediante el uso de estas tecnologías.



2.1.2. Redes PON

Como se mencionó en el Capítulo I. Estas redes apartan todos los componentes activos existentes entre el cliente y el servidor y en lugar de ellos se adjunta elementos pasivos ópticos para guiar el tráfico de la red. Tienen una estructura simple formada por tres principales elementos que son:

- OLT (*Optical Line Terminal*)
- SPLITTER OPTICO (Divisor óptico)
- MODULO ONU (*Optical Network Unit*)

En una breve y sencilla explicación, básicamente estos elementos pasivos ópticos tienen distinta funcionalidad para el correcto desarrollo de esta red, El comportamiento básico es de la siguiente forma:

El OLT (*Optical Line Terminal*) se encuentra ubicado en el nodo principal del distribuidor de servicios de telecomunicaciones, transporta datos desde el nodo central al splitter, en ese momento salen múltiples cables de Fibra, capaces de la transmisión de tráfico de hasta 64 abonados, los cuales corresponden a un puerto PON de aquel OLT, este cableado pasa por diferentes etapas de ramificación o splitter.

Las señales ópticas no producen interferencia entre el canal DownLink y UpLink usando diferentes longitudes de banda basadas en técnicas de WDM que son transmitidos por los OLT's. Este elemento recibe cables de fibra óptica de ambos lados y sencillamente divide la señal de la fibra.

Las redes PON implican un problema a nivel de distancia entre el OLT y el abonado, quien necesita menos potencia para no afectar su fotodiodo, caso contrario pasa con usuarios que tengan mayor longitud necesitará mayor potencia.

Por último el elemento óptico ONU (*Optical Network Unit*), es el que recibe la información que viene desde el splitter, y depende de la tecnología a implementar la fibra óptica, en este caso al ser una red de acceso FTTH, este cableado será directamente hasta el hogar, que será el lugar donde se situará el ONU que también es el encargado de filtrar los contenidos y remitir información que el abonado necesite.

Dentro de la norma existen varios protocolos OMCI (*ONU Management and Control Interface*) que sirve para que se pueda realizar la configuración remotamente a través de un canal de gestión del OLT y la ONU, incluyendo rendimiento, gestión y monitoreo de alarmas donde también existen diferentes tipos de mecanismo de transmisión de la información.

Las redes PON se pueden clasificar de acuerdo a los protocolos que fuesen desarrollados y dependiendo de su estándar. A continuación se muestra una descripción concreta y simple para poder verificar en resumen las diferencias entre la clasificación de las redes PON mencionando las características más esenciales de cada tipo de red.

Tabla 3. Comparaciones de tipos de redes PON.

TIPO DE RED PON	ESTANDAR	CARACTERISTICAS PRINCIPALES
APON (<i>ATM Passive Optical Network</i>)	ITU –T.G.893	<ul style="list-style-type: none"> • Su transmisión es en ATM (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>). • Tasa Máxima de 155 [Gps], repartida sobre ONU. • Alcanza velocidades de 622 [Mbps]
BPON(<i>Broadband Passive Optical Network</i>)	ITU –T.G.893	<ul style="list-style-type: none"> • Se basa en la red APON • Brinda soportes a otros estándares de banda ancha
EPON (<i>Ethernet Passive Optical Network</i>)	IEEE 802.3ah	<ul style="list-style-type: none"> • Se basa en tráfico Ethernet • Fue realizada específicamente para aprovechar el EFM (<i>Ethernet in the First Mile</i>) • Trabaja con velocidades hasta de 1.25 [Gbps] • Se reducen los costos ya que no utiliza elementos ATM(<i>Asynchronous Transfer Mode</i>). y SDH (jerarquía digital síncrona)
GEPON (<i>Gigabit Ethernet Passive Optical Network</i>)	IEEE 802.3ah	<ul style="list-style-type: none"> • Se basa en la arquitectura BPON. • Desarrollado sobre ATM • Tiene cobertura de hasta 20[Km]. • Servicio global multiservicio como voz, entre otros. • Soporta velocidades hasta 2.5 [Gbps] • Transporta tráfico de datos encapsulados en tramas Ethernet • Protocolo de comunicaciones Punto a Multipunto en Gigabit Ethernet

Adaptado de (Carrion & Ronquillo, 2012)

De esta forma se puede diferenciar que cada red ha ido evolucionando según los protocolos, estándares, topologías entre otros, siendo así la introducción a la evaluación de la red GEPON en este caso que se trabajará con este tipo de red para realizar el respectivo diseño con la tecnología FTTH(Fibra óptica directo hasta el hogar.) Más adelante se detallara a fondo los respectivos elementos necesarios que componen las redes GEPON para evaluar el desempeño el estudio y el diseño respectivo, así como el análisis de costos.

2.2. Red de Acceso GEPON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*)

2.2.1. Redes GEPON

La red GEPON como previamente se había mencionado es una red de acceso diseñada para la trasportación del tráfico de datos encapsulados en tramas Ethernet tal cual se definió con el estándar IEEE 802.3 ah (Estándar Ethernet en la última milla, donde existen protocolos especificados que precisa a los abonados en las redes de acceso donde se encuentra descripciones de los medios de comunicación, medidas de control, acceso, capas de gestión y físicas.) siendo así una gran opción para el mejoramiento en cuanto a lo económico para obtener alta velocidad.

Se basa en la tecnología punto a multipunto en Gigabit Ethernet, adicional que es capaz de compartir con varios abonados residenciales en un mismo nodo a través de divisores ópticos pasivos, terminal de líneas (OLT), y los equipos únicos de red óptica como los ONU's que se encuentran ubicados en el domicilio del usuario; para optimizar costo y obviamente un mejor servicio por el simple hecho de la fibra óptica como medio de transmisión.(IEEE Standard 802.03 ah ,s.f)

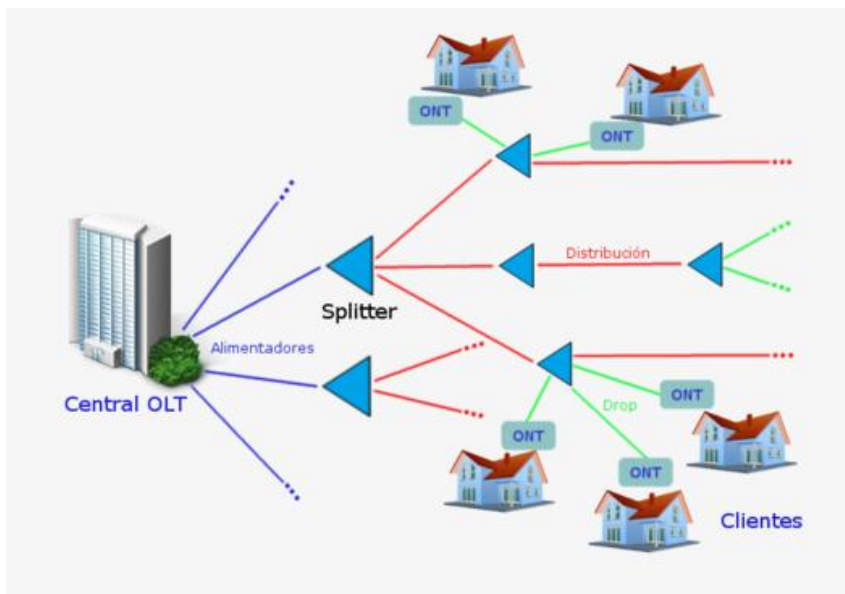


Figura 27. Arquitectura de red PON
Tomado de (Telecomunicaciones, s.f)

Existen distintos tipos de topologías para el acceso a red, incluyendo topologías en anillo, árbol y bus óptico lineal. Todas las topologías manejan fibra óptica Monomodo. Todas las ramificaciones se obtienen relacionando divisores ópticos 1 a N, trabajando con longitudes de onda en transmisión a 1310 [nm].

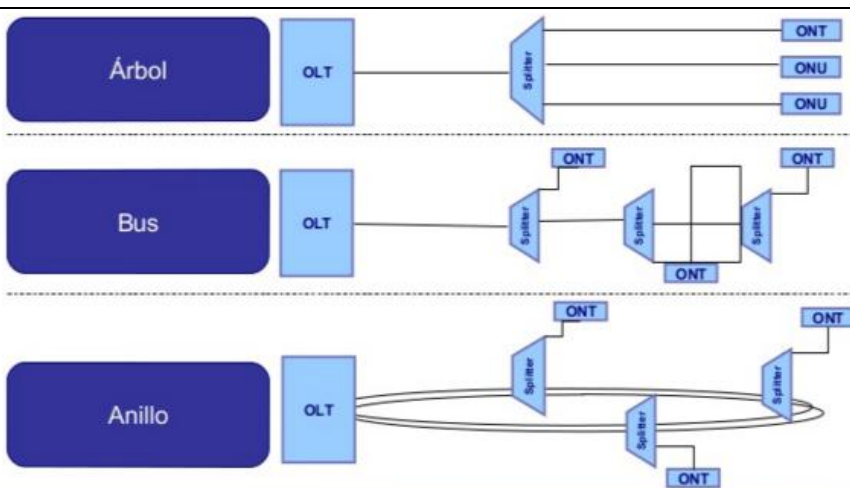


Figura 28. Tipos de Topología.
Tomado de (IEEE Standard, s.f)

La multiplexación en tiempo consiente que en diferentes intervalos transitorios definidos por el controlador de cabecera OLT, los equipos ONU logren exportar su trama en canal ascendente. El equipo de cabecera OLT también debe aplicar TDM para remitir en slots distintos la información del canal descendente que corresponderán recibir los equipos de usuario (ONU). (Saltos Montaña, 2011)

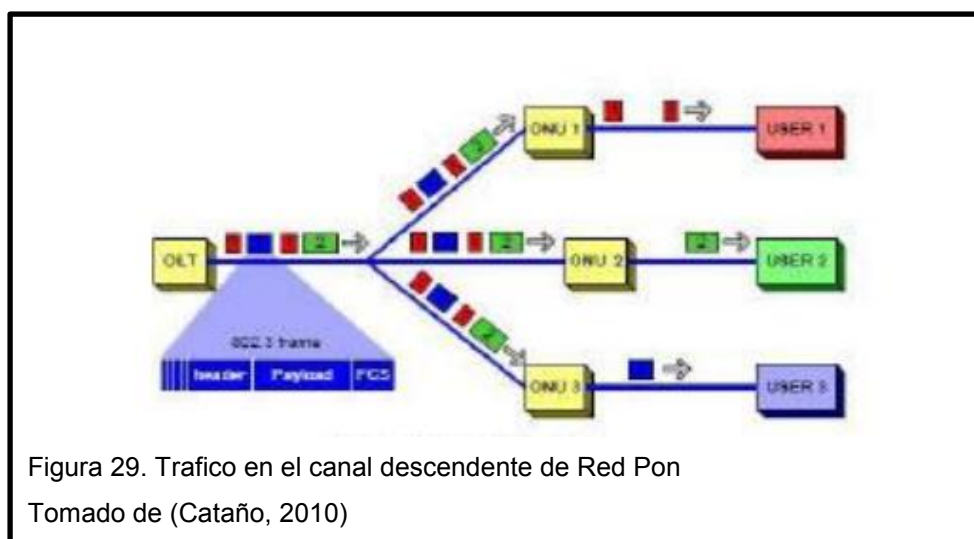
2.2.2. Elementos de la Red GEPON

2.2.2.1. Divisores Ópticos o Splitters.-

Este elemento es muy importante para la composición de la red, es un componente pasivo que divide la señal óptica de una fibra en varias (obteniendo la relación 1-n) y a su vez combina las señales Ópticas a partir de múltiples fibras en una sola (relación n-1), permitiendo la conexión punto a multipunto.

Son parte de la conexión de los otros elementos restantes, OLT y la ONU. En el canal ascendente múltiples ONUs transmiten a un único OLT siendo una red punto a punto. Para optimizar las transmisiones tanto ascendentes como descendentes se utiliza sobre la fibra Monomodo la técnica WDM. De las ONUs recibe notificaciones para unificarlos y enviarlos por el enlace al OLT. (ITU-T, s.f)

Mientras que en el canal descendente el equipo OLT opera la generalidad del ancho de banda que se comparte a los abonados mediante multiplexación TDM a las ONUs siendo una red punto multipunto, adicionalmente es el responsable de recibir tramas del puerto del OLT y enviarlas a todos los puertos de salida conectados a las ONUs del sistema. (ITU-T, s.f)



Estos divisores ópticos pasivos tienen como función obtener el paquete expuesto por el OLT, duplicarlo y tramitarlo a las ONUs del sistema, indistintamente de la Mac Adress de destino, con el principio de difusión broadcast de las redes de acceso Gepon en su configuración punto a multipunto. (Carrion & Ronquillo, 2012)

Después la función del módulo asociado al combinador óptico es tomar los paquetes emitidos por las ONUs y remitirlos por un canal único hacia el OLT. (ITU-T, s.f)

Los splitters por su división de la potencia de entrada en algunas salidas, agregan perdidas que se expresan en [dB], y existen diferentes tipos que son:

Perdida de exceso (*Excess Loss*): Perdida de potencia de todo el sistema, comprendida desde su entrada hasta su salida.

Perdida de inserción (*Insertion Loss*): Es la pérdida de potencia total, resultado de las imperfecciones del proceso de fabricación. Es la suma de la perdida de exceso y el rango de splitteo.

Perdida de retorno (*Return Loss*): Rango de potencia reflejada en un puerto, la perdida típica de reflexión es de 50/55 [db].

OLT (*Optical Line Terminal*)

El elemento activo óptico principal de la red GEPON es la OLT que facilitan el acceso con la tecnología FTTH para que los abonados que estén en edificios tengan la capacidad de hacer uso a esta línea terminal óptica.

Es el nodo principal de la red, está enlazada a la red conmutada, mediante interfaces estandarizadas para lograr la comunicación con el resto de los servicios de red. En la parte de la distribución se muestra las interfaces de acceso óptico acorde a los estándares de GEPON, en requisitos de potencia, velocidad de transmisión, entre otros factores. (Abreu, Castagna, Cristiani, & Zunino, 2010)

La información es transmitida bidireccionalmente sobre una sola fibra, el OLT ejerce de puente con las demás redes, accediendo el tráfico de datos, coinciden que las funciones de autenticación y filtrado de direcciones MAC están dentro de las características más importantes en el OLT. Se realiza el cifrado y descifrado de las funciones de la trama de datos de usuario en el intervalo PON. Se utiliza el ancho de banda eficiente a través de la asignación del DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*) que permite la capacidad de sobreescripción.

El reconocimiento de la función de comunicación entre el OLT y ONU, siendo un enlace lógico del bucle de retorno (*Loop-back*).

Conteo de errores con tramas de prueba y funciones que acceden la medición del retardo del tiempo en ida y vuelta, rendimiento y calidad.

El OLT consta de tres partes, cada una de estas es encargada de gestionar un tráfico determinado: Función de interfaz de puerto de servicio, función de conexión cruzada, Interfaz de red de distribución óptica (*ODN, Optical Distribution Network*).

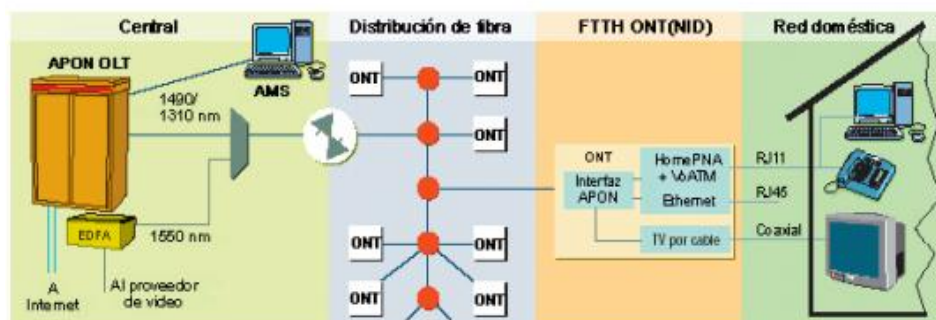


Figura 30. Bloques funcionales de OLT
Tomado de (Gossing, 2000)

P OLT (Provider OLT).-

Con una breve descripción se indica las dos funciones más esenciales de este bloque:

Responsable de acumular tramas de datos y voz y se envían a la red PON, originarios de las redes PSTN e Internet, que convierte en señales que estarán intercambiadas por difusión a los diferentes abonados manejando una longitud de onda de 1490 [nm]. (ITU-T, ITU-T Rec. G.987.3 (01/2014) 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification, 2014)

Atrae todas las tramas de datos y voz originarias de las ONU's, agrupándolas en una sola vía de salida, en función de la información recibida, el tráfico de voz dirige a la PSTN y el tráfico de datos a de Internet, utilizando una longitud de onda de 1310 [nm]. (ITU-T, ITU-T Rec. G.987.3 (01/2014) 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification, 2014)

El P OLT además de agrupar la información y dividirla en función de su naturaleza voz y datos, se encarga también de multiplexar con la misma fibra a los canales descendentes y ascendentes.

M OLT (Multiplexer OLT).-

Permite la multiplexación y demultiplexación WDM(Multiplexación por división de onda) entre las señales procedentes del P OLT y V OLT.

Al utilizar distintas longitudes de onda para cada servicio se consigue evitar interferencias entre los contenidos del canal ascendente y descendente. Se emplea técnicas WDM basadas en el uso de filtros ópticos. (Carrion & Ronquillo, 2012)

Los OLT no emiten la misma potencia a todas las ONUs, sino que lo hacen dependiendo de la distancia a la que se encuentren de la central. Esto es posible gracias a los equipos de dimensiones que posee el OLT, que son capaces de deducir la distancia existente entre el abonado final y la central. Gracias a este mecanismo se consigue que a cada usuario le llegue la potencia necesaria de manera que las ráfagas de luz tendrán una menor potencia cuando se dirijan hacia los abonados cercanos a la central, mientras que para los abonados que se encuentren más lejos se les asignará una potencia mayor. (Carrion & Ronquillo, 2012)

V OLT (Video OLT).-

Se encarga solamente en trasladar las tramas de video bajo demanda (VoD) procedentes de la red de video difusión, hasta las ONUs. Así convierte las tramas de video en señales que serán distribuidas a todos los abonados, en una longitud de onda de 1550 [nm]. (Carrion & Ronquillo, 2012).

Después de la descripción realizada, se puede apreciar los tres tipos de OLT's en la siguiente figura.

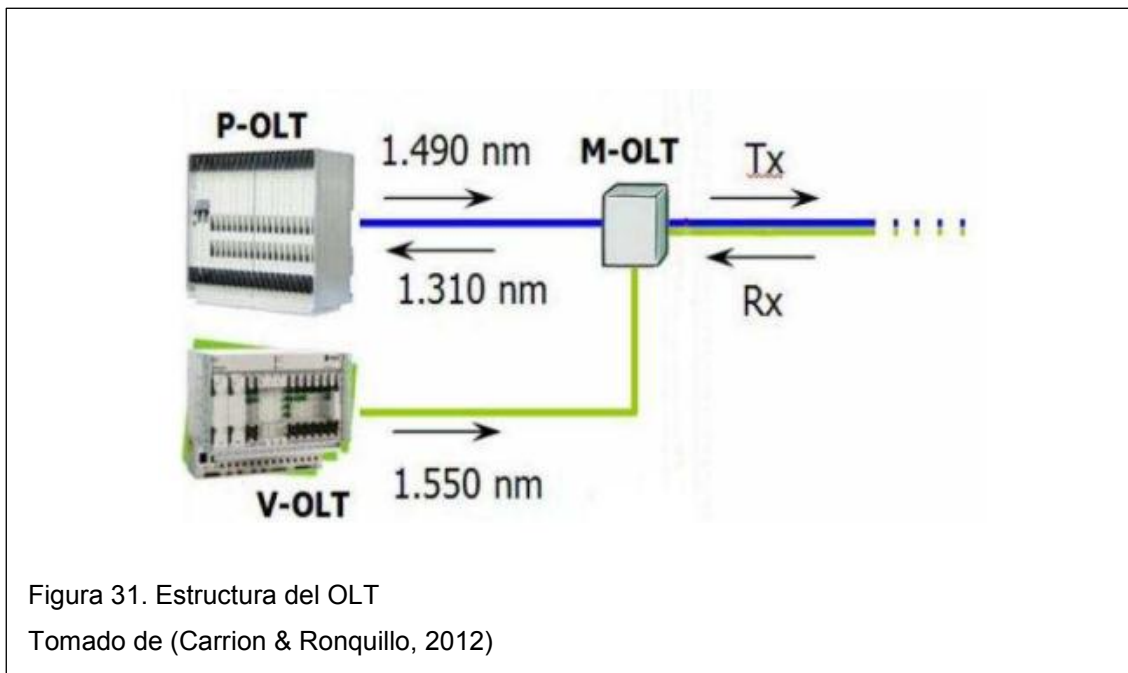


Figura 31. Estructura del OLT
Tomado de (Carrion & Ronquillo, 2012)

ONU (*Optical Network Unit*)

Es el equipo que se instala en el domicilio del abonado para poder captar la información que viene originándose desde el OLT, a su vez al poder ingresar este equipo en el domicilio podrá obtener el servicio con la tecnología FTTH, es decir que la fibra que viene tendida desde el OLT, irá hasta la propiedad del usuario final insertándolo en la unidad óptica de red. Se lo conoce también como ONT (*Optical Network Terminal*).

Realiza también el proceso inverso, encapsula la información del usuario y envía a la cabecera del OLT para re direccionar a la respectiva red. Este equipo tiene puertos de distintos servicios, es decir si el proveedor de telecomunicaciones tendría una red multiservicios donde abarque voz, video y datos, puede hacer uso del ONU para dar los tres servicios, existen puertos Ethernet para datos, puertos E1s o Pots para servicio de voz, y puertos RF analógicos para video.

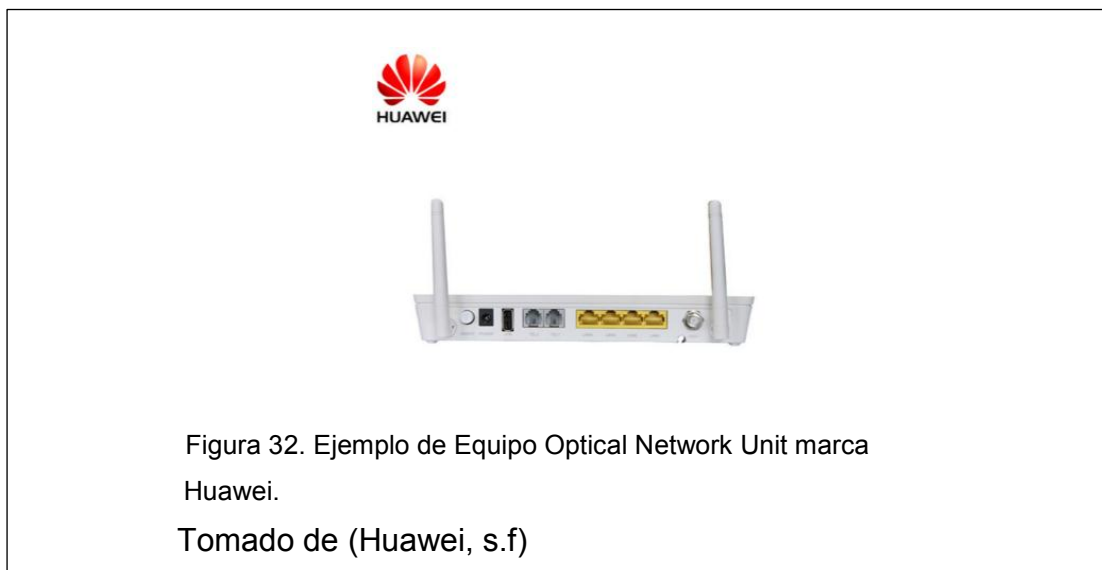
Al ser una red de acceso para servicio de internet o datos, la información enviada del OLT, se realiza a nivel de protocolo Ethernet, con las tramas llamadas PEM (*PON ENCAPSULATION METHOD*), dicha trama está compuesta por tres partes que son: (Carrion & Ronquillo, 2012)

Header o Cabecera: Se encarga de sincronizar la trama

CRC: Da alertas acerca de la información enviada obtiene errores o si ya llegó a su destino.

Payload: Datos que se van a enviar, es la Carga Útil.

Cuando se realiza la carga de información y el filtrado respectivo, la ONU diferencia entre las tramas de voz y datos y las señales de video que se originan en la P OLT y V OLT respectivamente. Como se mencionó anteriormente la ONU puede enviar información al OLT de cabecera, se transmite en una longitud de onda de 1310 [nm]. Adicional, se realiza multiplexación por división de tiempo (TDM) con asignaciones de intervalos de tiempo a cada ONU. (Carrion & Ronquillo, 2012)



Dentro de las características más importantes de la ONU se puede mencionar:

- Cifrado/ descifrado en el modo AES-128
- Distancia de transmisión de 10 a 20 [Km]
- Control del estado del equipo proporcionando por diodos emisores de luz.
- Instalación de sobremesa o montaje en pared.
- Notificaciones de alarmas al OLT (Carrion & Ronquillo, 2012)

ODF(*Fiber Distributor Optics*)

El ODF, se lo utiliza para la concentración, interconexión y divisiones de cables de Fibra óptica por lo general en racks normalizados de 19". Además que adoptan altas densidades de fibras con facilidad de uso, seguridad y simplicidad de sustento, se encuentran en módulos de 6 y 8 fibras.

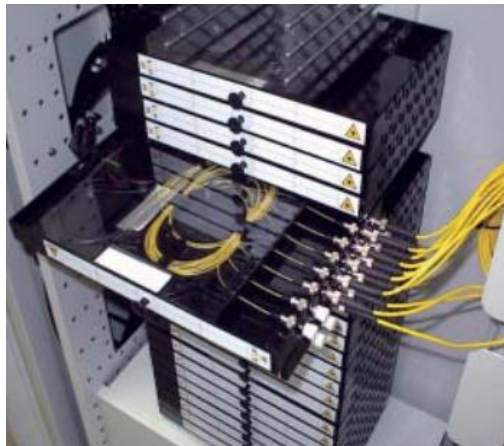


Figura 33, DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA (ODF)
Tomado de (REVENGA, 2004)

2.2.3. Codificación y encapsulación GEPON

Codificación.-

Como parte del estándar Ethernet, GEPON maneja la codificación de línea 8B10B (8 bits de datos codificados en 10 bits de línea), para la proporción de DC para aprobar el desempeño moderado del reloj. Opera a una velocidad estándar de 1.25 [Gbps]. (Carrion & Ronquillo, 2012)

Encapsulación.-

Más conocido como Framing, compuesto de un preámbulo de 8 bytes, de encabezado 14 bytes y 4 bytes de la secuencia de comprobación de tramas (FCS) a una carga compuesta por datos del usuario. Adicional 12 bytes de espacio mínimo entre tramas (IFG *Interframe Gap*), la sobrecarga de una trama es siempre a 38 bytes es propiedad común a todas las redes Ethernet mas no específicamente de GEPON. (Carrion & Ronquillo, 2012)

2.3. Características de las Redes de acceso GEPON

2.3.1. Descripción

Las redes de acceso GEPON soportan servicios de triple play (voz,datos,Tv), ofreciendo una solución competitiva y optimizando los costos de producción ya que al utilizar fibra óptica como medio de transmisión no se deteriora respecto al tiempo en comparación con ADSL con cobre, que se le da cada cierto tiempo su respectivo mantenimiento, adicionalmente que este medio se va degradando con el pasar de los días y esto implica mayor costo.

Análisis Comparativo de las tecnologías de acceso a internet:

Como se había mencionado en el capítulo anterior la red GEPON dispone de un gran ancho de banda a través de la fibra optica como medio de transmisión y manejar altas velocidades, permite que no existan cuellos de botella y que los datos lleguen al destino de manera eficiente y eficaz.

Actualmente las redes de acceso con tecnología GEPON son las más utilizadas a nivel mundial, justamente por todos estos beneficios en comparación a la tecnología anterior. (Huawei, s.f)

La tabla mostrada a continuación indica con los datos técnicos más importantes y concretos de cada una de las tecnologías ADSL, HFC y GEPON, donde se aprecia la diferencia entre cada una de ellas.

Tabla 4. Cuadro Comparativo de tecnologías de redes de acceso.

	ADSL	HFC	GEPON
MULTIPLEXACIÓN	-	TDM	TDM
ACCESO MULTIPLE	FDMA	TDMA	TDMA
VELOCIDAD MAXIMA(Mbps)	24/12	622/160	1.25/1.25 [Gbps]
DISTANCIA MAXIMA(Km)	3.7	160	20
NOMBRE DEL CONCENTRADOR	DSLAM	CMTS	OLT
ESTANDAR	UIT 992	DOCSIS	IEEE 802.3ah

Adaptado de (Pérez, 2014)

Un alcance de 20 [Km] desde la OLT hasta la ONU, para un ISP significa menos nodos y por lo tanto menos costos; con cobre en un estado óptimo alcanza hasta 5[Km].

Se puede apreciar una gran diferencia entre tecnologías con parámetros muy interesantes para poder innovar el sector estudiado facilitando el acceso a la información y mejorando la calidad de vida de los abonados, y con la opción a que el proveedor de servicios de telecomunicaciones proporcione servicios digitales integrados, apoyados en una constante innovación tecnológica favoreciendo así con el desarrollo de la sociedad de la información en el país.

Como conclusión se puede observar gran diferencia de la tecnología GEPON con las otras dos ADSL y HFC, siendo superior y teniendo varias ventajas como para proponer un diseño eficiente de una red de acceso con fibra óptica con costos accesibles para el sector y con la disponibilidad de actualizaciones futuras conforme las necesidades de los usuarios y el desarrollo de la tecnología en las redes PON.

2.3.2. Funcionamiento

De forma más detallada se puede indicar que la OLT envía los paquetes al ONT en la ventana de 1490 [nm] (Upstream) y la ONT a la OLT transmite 1310 [nm] (Downstream), facilitando la comunicación bidireccional sobre una sola fibra. (Huawei, 2006)

Para separar las señales de subida y bajada de múltiples usuarios en una sola fibra, adopta dos mecanismos de multiplexación:

- En dirección de bajada (Downstream), los paquetes de datos son transmitidos en broadcast.

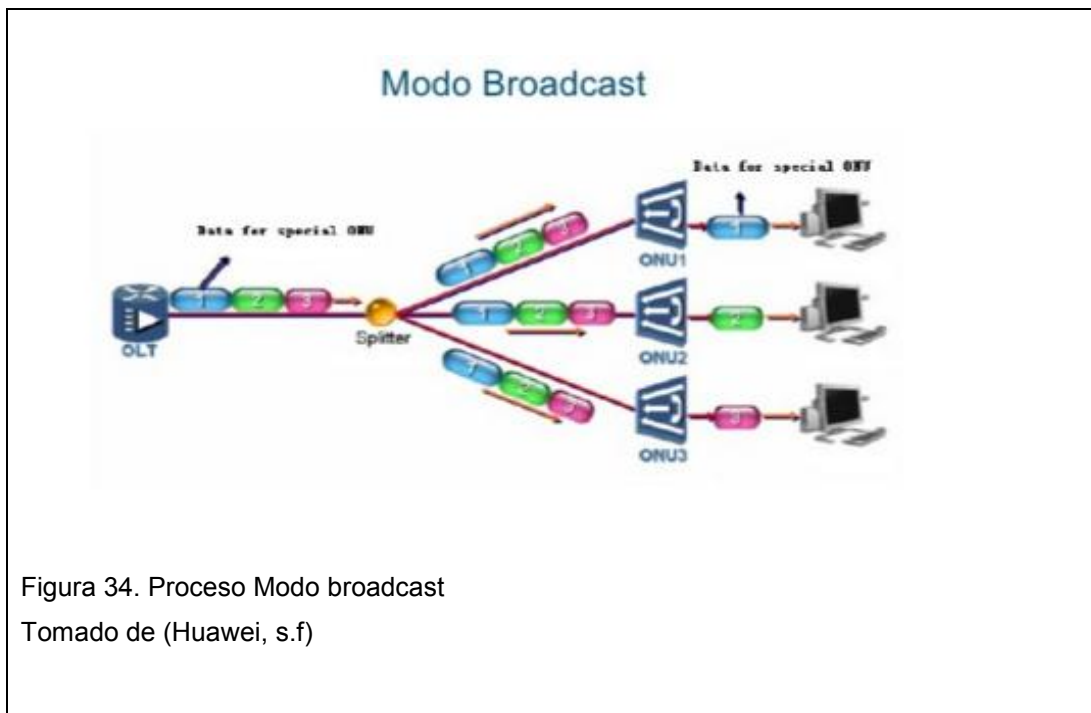
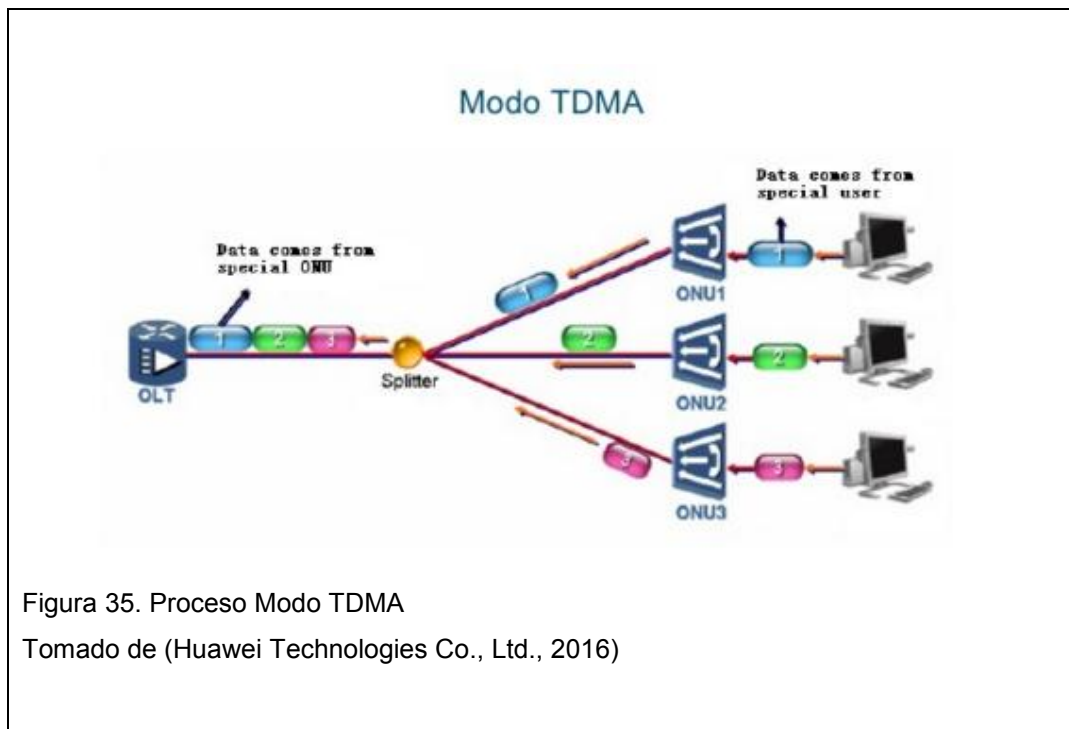


Figura 34. Proceso Modo broadcast
Tomado de (Huawei, s.f)

El OLT envía el paquete respectivo al destinatario según el paquete que le corresponda.

- En dirección de subida (Upstream), los paquetes de datos son transmitidos mediante TDMA (*Time Division Multiplexing Access*).



El OLT envía el paquete por división de tiempo, es decir el primer paquete al primer receptor, el segundo paquete al segundo receptor, y así sucesivamente.

2.3.3. Parámetros a evaluar.-

El alcance de un equipo se da debido a la máxima atenuación,. La misma es soportada por un sistema que vendrá dada por la potencia máxima garantizada por la OLT menos la potencia mínima.

La capacidad para dimensionar la distancia entre el ONT y el ONT, lo cual permite implantar distinta potencia a cada abonado; dependiendo de la distancia existente, llegará solo la potencia necesaria y la potencia entregada por el OLT está garantizada según los siguientes parámetros:

Tabla 5. Potencia por los diferentes tipos de OLTs

TIPO DE OLT	Potencia Media Mínima (dBm)
A	-4
B+	+1
C	+5

El protocolo OMSI permite la configuración remota de la ONU a través de un canal de gestión entre la OLT y la ONU, que contiene utilidad, monitoreo, fallas y prestaciones y mediante estos existen diferentes componentes de transmisión de la información OMCI, y que para estos equipos ONTs los valores de sensibilidad de potencia se indican bajo el siguiente estándar. (Abreu, Castagna, Cristiani, & Zunino, 2010)

Tabla 6. Niveles de sensibilidad en ONU.

TIPO DE ONU	Sensibilidad mínima del receptor (dBm)
A	-25
B+	-27
C	-26

La atenuación máxima que se puede disponer para un enlace óptimo es de -28[dB], si los valores de potencia resultan ser menores que estos niveles de sensibilidad lo más probable es que exista intermitencia en el servicio o que se presente cierta lentitud en el servicio y que afecten al usuario final en el respectivo uso. (Carrion & Ronquillo, 2012)

2.3.4. Desempeño.-

Los componentes OLT, ONT, los difusores de la señal o Splitter tienen un desempeño tolerable según el funcionamiento de la red.

Las OLT recibe y procesa, varios tipos de tráfico como la telefonía IP, Televisión IP y datos, con cabida de cambiar interactivamente sus capacidades de potencia y velocidad. (Mancero, s.f.)

Los splitters, que son difusores de la señal que les llegue del OLT, con la capacidad de poder variar su número de derivaciones y nivel de atenuación, para hacerlo adaptable a cualquier estándar del mercado.

Las ONT tienen la capacidad y sensibilidad de determinar la factibilidad del enlace de acuerdo al cálculo de pérdidas de señal, esto de acuerdo al margen configurable para su correcto funcionamiento. (Mancero, s.f.)

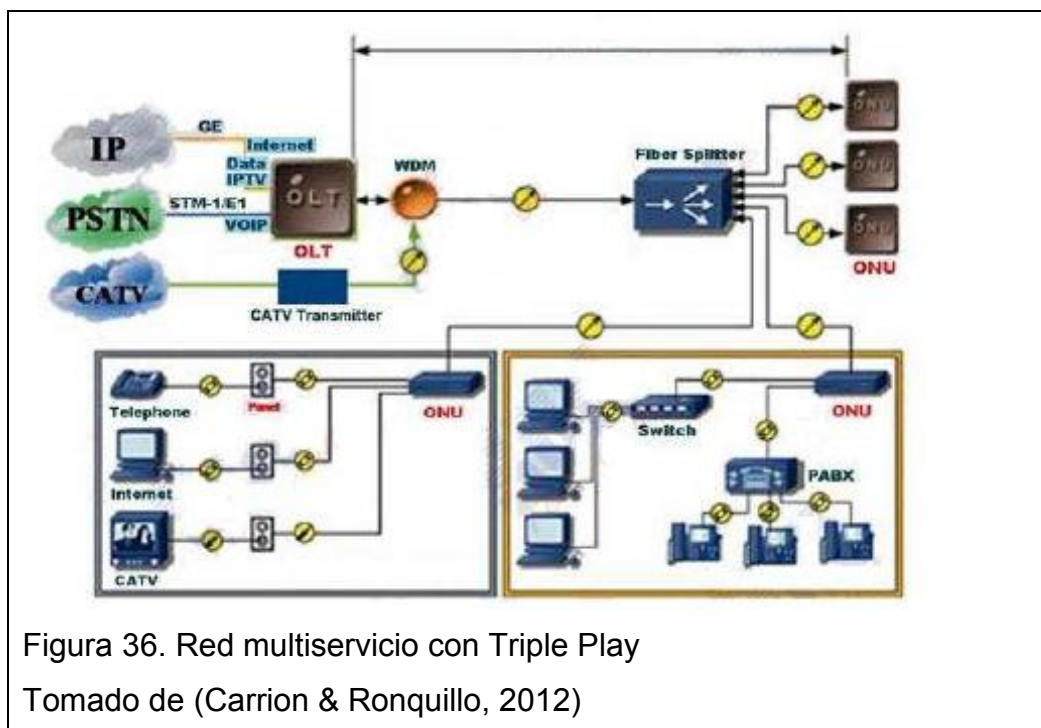
Esto permitirá analizar el ancho de banda para cada enlace o dispositivo ONT conforme va variando el número de terminales conectados a la OLT (Optical Line Terminal) de manera de determinar las pérdidas del enlace para cada nodo de acuerdo a su distancia y la factibilidad de configuración del escenario. (Mancero, s.f.)

2.4. Aplicaciones de las redes de acceso GEPON

2.4.1. Servicios TRIPLE PLAY

2.4.1.1. Concepto

El concepto principal de los servicios triple PLAY indica que es un conjunto de servicios acoplados con una sola red de transporte utilizando una sola infraestructura, y un solo medio de transmisión, en este caso la fibra óptica; también conocida como red multiservicios, donde soporta los tres principales que son voz datos y video, así como se muestra en la figura a continuación.



2.4.1.2. Acceso a Internet

Hoy en día el acceso a internet es tal vez el servicio más importante dentro de las telecomunicaciones y dejó de ser un lujo convirtiéndose en una necesidad, es por eso que día a día los proveedores de servicio tienden a mejorar cada vez más para los abonados tenga un mejor acceso a Internet con mayor velocidad, con direccionalidad en el ancho de banda y aprovechando la creación de aplicaciones interactivas que dependan de este servicio, utilizando de manera óptima la red multiservicio.

2.4.1.3. Servicio De voz

En este servicio lo que más se comenta actualmente a nivel mundial es acerca de la voz sobre IP (VoIP), que es una conexión basada en datagramas IP, es decir que las llamadas viajan de la misma forma con la que viajan los datos, sin necesidad de tener un circuito físico entre el transmisor y el receptor. Sin embargo, al ser un servicio que se transmite en tiempo real los paquetes tienen que llegar con un orden específico al destino y por su puesto sin pérdidas de paquetes, esto causa cierto conflicto en la calidad de servicio (QoS). Para que

esto no ocurra generalmente se da prioridad a los paquetes de voz frente a los de datos con un retardo máximo aceptable de 150 [ms] para que la comunicación tenga una calidad similar a la de una llamada convencional. (Carrion & Ronquillo, 2012)

2.4.1.4. Servicio de Tv

La transmisión de la señal en televisión ha ido evolucionando cada vez más, la aplicación en cuando a este servicio es con el fin de ahorrar costo en cuanto a equipos (decodificadores), reproductores y sobre todo antenas.

Actualmente existen dos métodos diferentes al mismo tiempo que son RF(Radio Frecuencia) e IPTV, a través de RF los proveedores de servicio pueden hacer la respectiva migración a IPTV, habilitando un puerto óptico en la ONU con una salida de video de radio frecuencia coaxial que ira conectada al decodificador tradicional del proveedor de servicio de Televisión más conocido como *SetTopBox* (STB). (Mancero, s.f.)

Los estándares que corresponde a esta tecnología son SDTV (Televisión estándar) y HDTV(Televisión de Alta Definición) que tiene mejor calidad que la primera nombrada. La velocidad que requiere este último estándar en el formato de MPEG2 es de 19.2 [Mbps] sin contar con los plus adicionales como canales de audio, subtítulos etc.

Adicional a este existe otro estándar para HDTV que es MPEG4, que es estándar con decodificadores digitales que requiere de una velocidad de 10 [Mbps] pero tienen mayor costo que el MPEG2. (Mancero, s.f.)

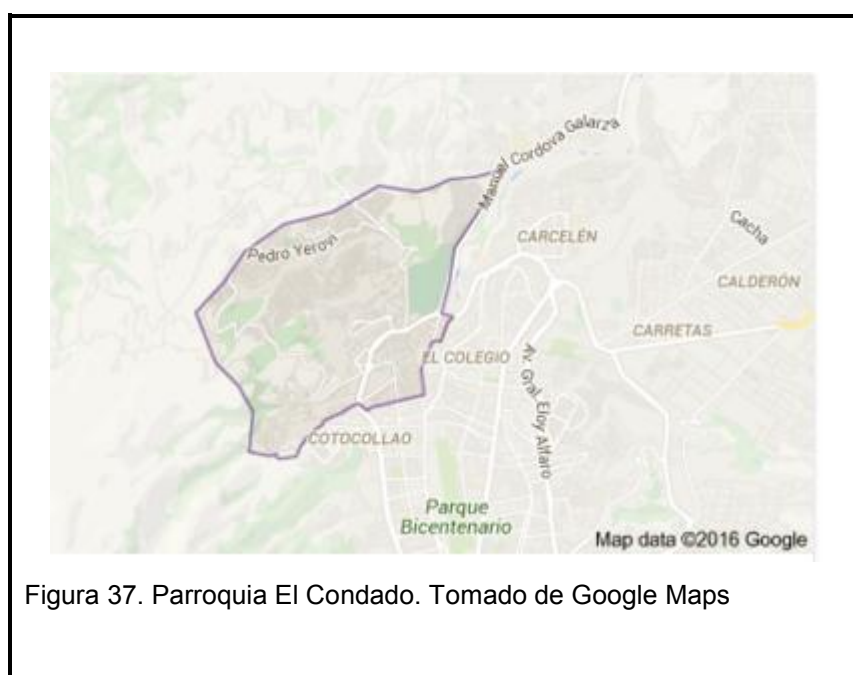
La aplicación que se puede dar con esta red de acceso GEPON es una red multiservicio con tres diferentes servicios más personalizados por tener los tres principales servicio (TV, internet y datos) para el abonado, con mejor calidad y mejor costo.

3. Capitulo III. Estudio y diseño de la red de acceso GEPON con FTTH

3.1. Situación Actual tecnología del sector del Condado

3.1.1. Ubicación Geográfica del Sector

La parroquia el Condado está ubicada en la zona NorOccidente de la ciudad de Quito rodeada por las parroquias urbanas como Cotocollao y Cochapamba por el sur, Ponciano al sureste, Carcelén al este; y la parroquia rural de Pomasqui al norte, con una superficie aproximada de 885 [Km²].



La parroquia El Condado ha tenido una evolución bastante acelerada del sector urbanístico y productivo con el pasar del tiempo y se ha convertido un sector muy poblado, con 7 barrios, urbanizaciones, conjuntos residenciales, edificios, casas, negocios, escuelas y colegios que necesitan los principales servicios de telecomunicaciones.

Específicamente se observa a continuación la Ciudadela Consejo Provincial ubicada dentro de la Parroquia El Condado.



Figura 38. Cdla. Consejo Provincial. Tomado de Google Maps

3.1.2. Demanda y necesidad de Servicios

El notable desarrollo de los diferentes servicios de telecomunicaciones se debe al crecimiento tecnológico urbano y rural, por las estadísticas sociales presentadas anualmente por el INEC, en el sector de las TIC's (Tecnología de la Información y Comunicación) ha aumentado el requerimiento de servicios de internet, Tv pagada y telefonía que con la convergencia a través de un mismo medio de transmisión, garanticen calidad y velocidad de la información con la finalidad de optimizar costos.(INEC, s.f)

Para ello varios proveedores usan fibra óptica hasta los nodos de interconexión, pero aún no se ha efectuado redes de acceso que se disponga fibra óptica hasta el usuario final; y que así estos habitantes disfruten de las ventajas de conectare a la red de acceso con altas tasas de transmisión y un servicio confiable, haciendo uso de una tecnología de vanguardia en los actuales momentos.

Es por este motivo que se diseñó una red basado en GEPON (*Gigabit Ethernet Over Passive Optical Network*), IEEE 802.3ah con FTTH (Fibra óptica directo hasta el hogar), tecnología con varias ventajas comparada con ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica) que es la que actualmente existen esta área. La siguiente tabla muestra los datos de ancho de banda tanto de subida como de bajada y los servicios que podrían incluirse dentro de las telecomunicaciones para los proveedores.

Tabla 7. Valores de ancho de banda de Servicios para tripleplay .

Servicio	AB Upstream	ABDownstream
SDTV	64 Kbps	4 Mbps
HDTV(por canal)	64 Kbps	20 Mbps
Navegación Internet	128 Kbps-640 Kbps	128 Kbps-1,5 Mbps
Juegos en línea	2-3 Mbps	2-3 Mbps
Telefonía	64-256 Mbps	64-256 Kbps
Videoconferencia	384 Kbps-1,5Mbps	384 Kbps-1,5 Mbps
Transferencia de archivos	128-512Kbps	28-512 Kbps
Video bajo demanda	64-128 Kbps	6 Mbps
TOTAL	6,164 Mbps	36,768 Mbps

Adaptado de (Pabón Taco, 2009)

Cada uno de los usuarios requiere como mínimo una capacidad de 7 [Mbps] de Upstream y 37[Mbps] de Downstream para obtener los servicios detallados y cumplir sus expectativas.

3.2. Situación Actual Ciudadela Consejo Provincial

3.2.1. Ubicación Geográfica

En la Ciudadela Consejo Provincial, de la parroquia El Condado, se plantea la solución de una red de acceso GEPON con tecnología FTTH a los habitantes del sector comprendido por las calles Francisco De Rumihurco al Sur, calle N al Norte, calle A al Este y calle D al Oeste (ver siguiente figura); la situación actual de este sector al realizar un estudio previo en cuanto a la red de acceso para servicios de telecomunicaciones es a través de la tecnología ADSL con un medio de transmisión de cobre mediante encuestas se determinó que el

proveedor con más demanda de usuarios es CNT(Corporación Nacional de Telecomunicaciones).



Figura 39. Ubicación geográfica del sector en la Cdla. Consejo Provincial.
Tomado de Google Maps

3.2.2. Demanda de Usuarios

Como se mencionó en el punto anterior, para verificar la demanda de usuarios en la Ciudadela consejo provincial se realizó una pequeña encuesta a diferentes personas en el sector para recolectar distinta información acerca de los servicios de telecomunicaciones, en base a esto se hicieron las siguientes preguntas (Vease en ANEXO A):

1. ¿Qué proveedor de Internet tiene contratado?

<input type="checkbox"/>	NETLIFE	<input type="checkbox"/>	CLARO
<input type="checkbox"/>	CNT	<input type="checkbox"/>	TVCABLE
<input type="checkbox"/>	PUNTONET		

2. ¿Con qué servicios de telecomunicaciones usted cuenta?

<input type="checkbox"/>	TELEVISION
<input type="checkbox"/>	INTERNET
<input type="checkbox"/>	TELEFONIA

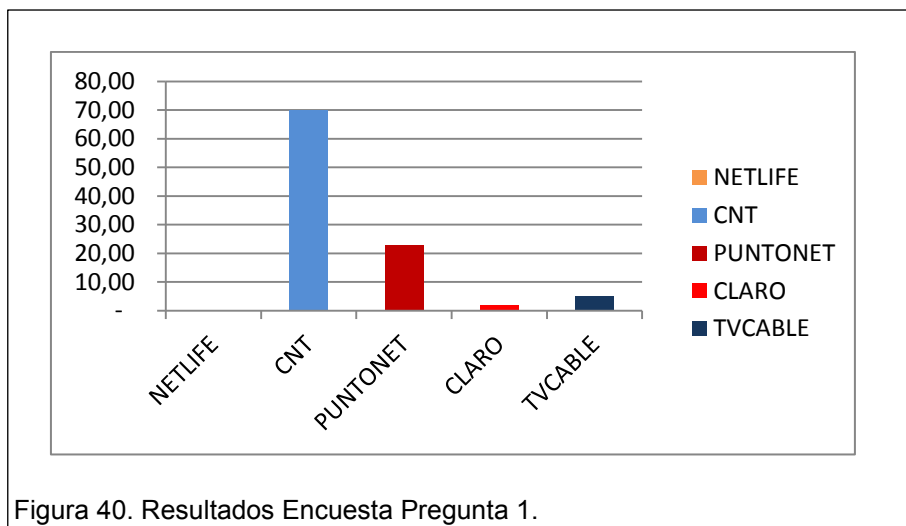
3. ¿Qué proveedor de Telefonía tiene contratado?

<input type="checkbox"/>	CNT
<input type="checkbox"/>	TVCABLE
<input type="checkbox"/>	CLARO

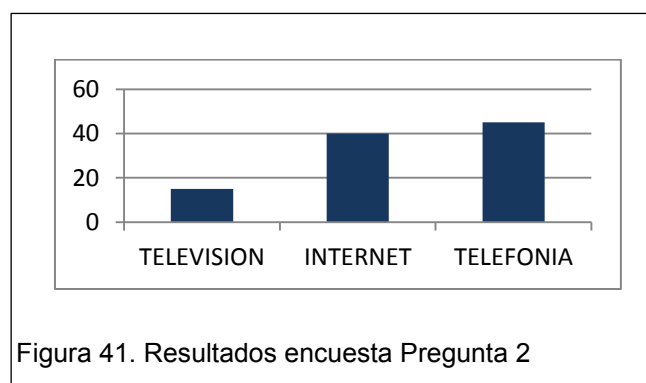
4. ¿Conoce el medio de transmisión Fibra óptica?

<input type="checkbox"/>	SI
<input type="checkbox"/>	NO

Se realizaron 100 encuestas en ciertas partes del sector mencionado, donde los resultados revelaron en la primera pregunta que CNT es el proveedor que cuenta con más abonados con el servicio de Internet y telefonía tal como se muestra a continuación.



Igualmente al realizar un estudio previo del sector del consejo provincial comprendido por las calles Francisco De Rumihurco al Sur, calle N al Norte, calle A al Este y calle D al Oeste, se encuentra conformada aproximadamente por 114 lotes, los cuales se diferencian por casas, edificios, negocios, conjuntos residenciales entre los más importantes considerando que no todas estas viviendas disponen de servicios de internet, telefonía o televisión pagada..



Claramente se puede observar en la figura 41 entre los encuestados se verifica estadísticas que los servicios de telefonía seguido del servicio de Internet es lo que más disponen en sus hogares. Al contar con demanda suficiente para realizar el diseño de la red, y al confirmar que CNT es el proveedor más fuerte en el sector se ha previsto que la instalación de fibra óptica sea a través de

postes de la energía eléctrica, y el cableado tenga un tendido aéreo para poder optimizar costos de instalación, se hará uso del cableado de CNT, hasta llegar un área de telecomunicaciones en cada una de las propiedades.

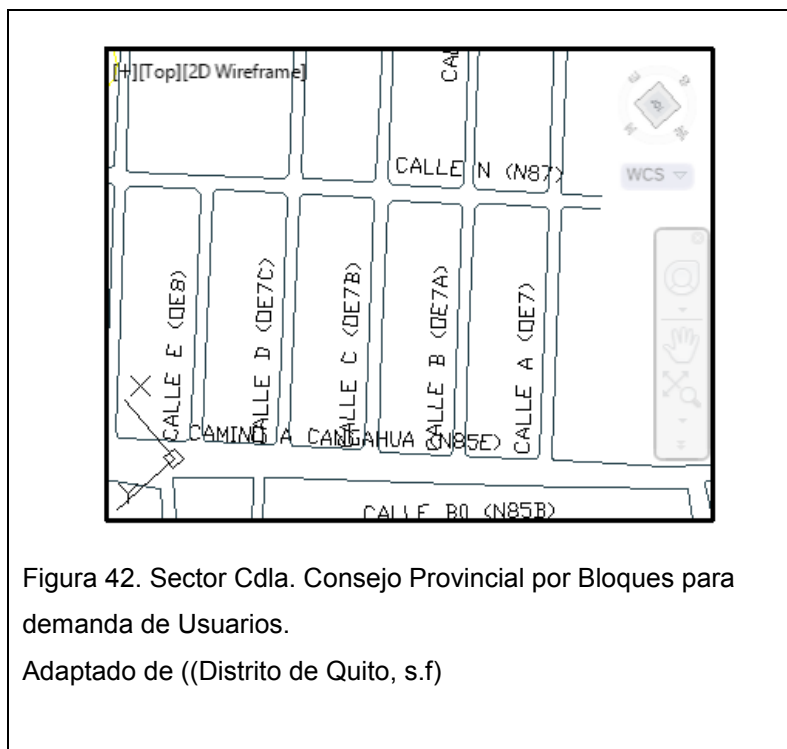


Figura 42. Sector Cdl. Consejo Provincial por Bloques para demanda de Usuarios.

Adaptado de ((Distrito de Quito, s.f)

3.2.3. Dimensionamiento del tráfico de la red

Al confirmar en las encuestas que actualmente en el sector el medio de transmisión es cobre con tecnología ADSL, la solución planteada es un diseño de red de acceso con tecnología GEPON la cual alcanza una velocidad máxima de 1.25 [Gbps] tanto para *Downstream* como para *Upstream*, como lo mencionado en el Capítulo 2 en la Tabla 3.

Al considerar el sector dividido en cuatro zonas; por normativas según empresas como Telconet – Netlife y CNT, la capacidad del puerto OLT es de 32 abonados máximo por cada área; es decir que el ancho de banda mínimo asignado por cada usuario sería el siguiente:

Tanto para Upstream como para Downstream:

$$1250 \text{ Mbps} / 32 = 39.06 \text{ [Mbps]} \text{ por abonado.}$$

Para el servicio de video, voz y datos descritos en la tabla 9, el ancho de banda requerido sería de 7[Mbps] para upstream y de 37[Mbps] para downstream, valores que se encuentran por debajo del ancho de banda mínimo calculado anteriormente.

Se verifica que la demanda de la capacidad requerida de los usuarios es menor a la capacidad de la tecnología GEPON lo cual garantiza un estado óptimo y eficiente para cada uno de los abonados.

3.3. Diseño de la Red de acceso GEPON

En el diseño de la red de acceso GEPON con FTTH, existen normativas y recomendaciones de distintos tipos de estándares y aspectos técnicos que hacen que esta red se vuelva eficiente a fin de lograr mantenimientos futuros, capacidad de expansión, flexibilidad y que garantice calidad de servicio a los usuarios optimizando costos y recursos de la inversión. Existen distintos tipos de aspectos técnicos que se toman en cuenta al momento de realizar el respectivo diseño de la red en el sector del Consejo Provincial que son:

- Parámetros de diseño de la red
- Dimensionamiento de la red Pasiva de acceso
- Dimensionamiento de elementos y equipos Activos
- Ubicación de equipos
- Presupuesto de Potencia
- Cálculo de la capacidad de la red

3.3.1. Parámetros de diseño de la Red.-

3.3.1.1. Tecnología y Arquitectura de red

La mayoría de usuarios en la actualidad tienen la necesidad de acceder a nuevos servicios de telecomunicaciones a altas velocidades y con costos accesibles al abonado para aprovechar al máximo la tecnología que se puede obtener hoy en día, es por eso que el diseño a realizar cuenta con una gran

ventaja que actualmente se tiene con un medio de transmisión tan importante como la fibra óptica.

En el sector del Consejo provincial la red de acceso GEPON actualmente no existe, aun los usuarios no conocen lo que es disponer de fibra óptica hasta el hogar u oficina, es por eso que se propone una arquitectura óptica de alto desempeño que abarca como una solución la familia FTTx que fue mencionada en el Capítulo 1.

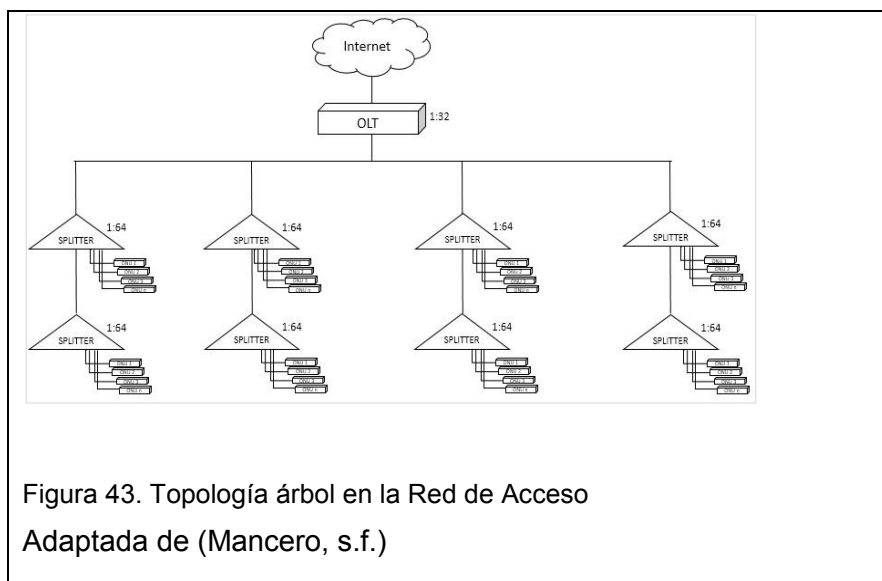
Específicamente FTTH que al realizar un análisis de innovación, es la familia seleccionada para la solución y como se había mencionado anteriormente al ser compatible con las redes PON se confirma que será un diseño en base a una red GEPON-FTTH.

Las recomendaciones para este tipo de red toma como referencia el estándar IEEE 802.3ah, el cual se presenta en detalle en el ANEXO B.

3.3.1.2. Topología de la Red

Fundamentando esta propuesta, es preciso aclarar que la topología de red es la forma en que los dispositivos de hardware y los cables están conectados. Las redes PON, permiten obtener topología punto a multipunto y de acuerdo al terreno se aplica las topologías de conexión: anillo, bus o árbol.





Valorando las condiciones del terreno, los costos, el rendimiento de la red, se plantea entonces la utilización de una topología en árbol; que además es la más recomendada y usada para el despliegue de este tipo de redes de acceso.



3.3.1.3. Sectorización

Al verificar que en el sector de la Cdla. Consejo Provincial en la parroquia El Condado, donde se va a realizar el diseño de la red de acceso, existen 114 lotes, por recomendaciones y normativas de proveedores que tienen ya redes de acceso con fibra óptica se indica agrupar en distintos grupos con un máximo de abonados de 32 ONTs por segmento de red, en este caso el sector se dividirá en 4 sectores detalladas de la siguiente manera.(Netlife, s.f). Véase en ANEXO C.

Tabla 8. Distribución de abonados por área

SECTOR CONSEJO PROVINCIAL	
DISTRIBUCIÓN	N° ABONADOS
 AREA 1	28
 AREA 2	30
 AREA 3	30
 AREA 4	26
TOTAL	114

Gráficamente en el sector se distribuye de la siguiente forma

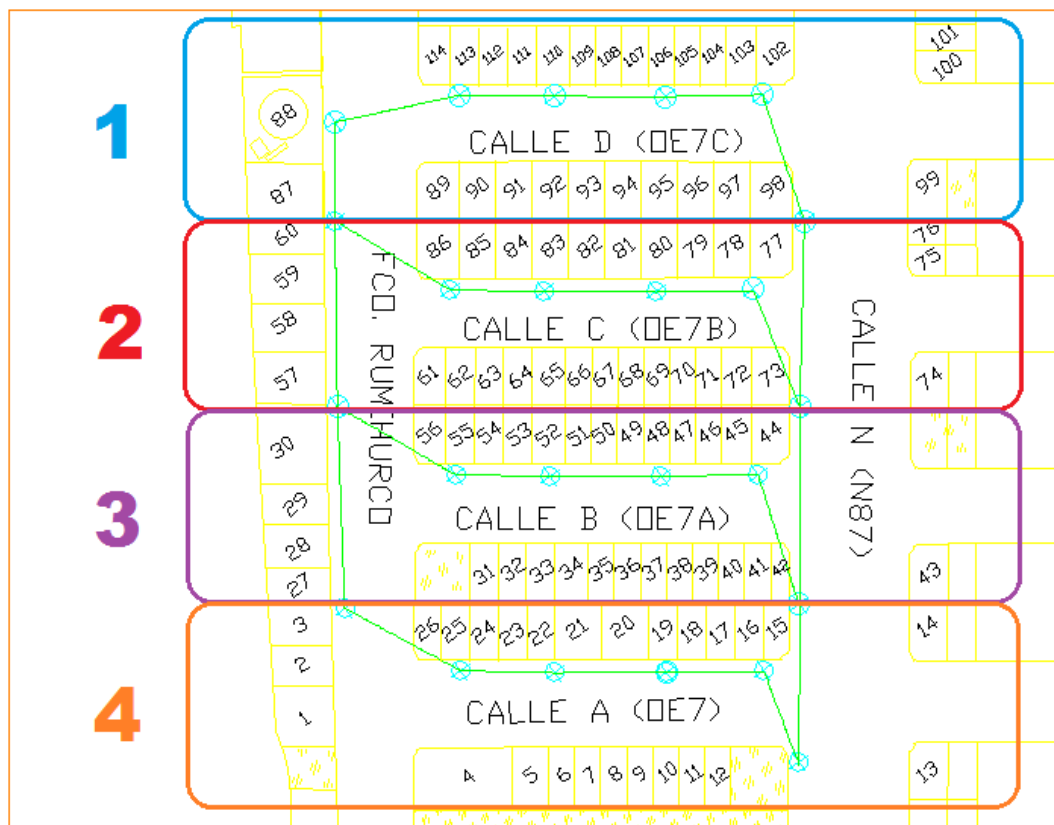


Figura 44. Sector de Cda. Consejo Provincial donde se va a realizar el diseño de red dividido en Áreas.

a) Véase en el ANEXO B

1. Área 1: Calle D y sus alrededores desde Francisco de Rumihurco hasta Calle N.
2. Área 2: Calle C desde Francisco de Rumihurco hasta Calle N y sus alrededores.
3. Área 3: Calle B y sus alrededores desde Francisco de Rumihurco hasta Calle N.
4. Área 4: Calle A y sus alrededores desde Francisco de Rumihurco hasta Calle N y sus alrededores.

3.3.1.4. Red de Distribución

Como su nombre lo indica en este punto se destaca la distribución de la red, en una red óptica pasiva donde el elemento principal pasivo para dividir la señal es el Splitter, que fue descrito en el Capítulo 2, donde se menciona que este elemento pasivo permite una conexión punto a multipunto entre la OLT y los abonados, y así distribuir de mejor manera la transferencia de dato y ya que en este diseño de red es posible tener uno o varios niveles jerárquicos, según la distancia y la cantidad de usuarios necesarios para esta red.

Es así que la relación de *splitters* permite tener las divisiones necesarias y que se adapte a la infraestructura según la normativa anterior en la que la red soporta hasta 32 abonados. Dicho esto, al formar 4 áreas en el sector con 114 usuarios, se tomó la decisión de tener un splitter de primer nivel con relación 1:4 y otro de segundo nivel con relación 1:8(4 para cada área), teniendo así dos niveles jerárquicos los cuales al estar conectados mutuamente tendrían un máximo de 32 usuarios conectados a la red por cada área o segmento con la tecnología GEPON.

Mediante la siguiente información se puede observar que en cuanto a las pérdidas de potencia por inserción de los dos niveles jerárquicos existe pérdidas alrededor de 17.7 [dB] luego de la suma total. (Ramos, 2016)

Tabla 9. Pérdida de Potencia por inserción de los splitters en redes PON

DIVISIÓN ÓPTICA	PERDIDAS POR INSERCIÓN (dB)
1x64	19.3
1x32	16.5
1x16	13.5
1x8	10.5
1x4	7.2
1x2	3.2

Tomado de (Ramos, 2016)

Estos equipos pasivos serán instalados en los postes de energía eléctrica distribuidos a lo largo del sangrado de Fibra óptica.

3.3.1.5. Tendido de Fibra óptica

Se tiene que verificar la fibra óptica a utilizarse, según los estudios en el primer capítulo; las características de la fibra Monomodo tienen varias ventajas que permiten una instalación de la red en largas distancias. Se resalta un resumen en tablas de los tipos de fibra óptica Monomodo según las recomendaciones planteadas UIT-T G.652 y UIT-T G.657.

Monomodo UIT-T G.652.-

Como se mencionó en el Capítulo 1 en este punto se va a desarrollar las mejores opciones en cuanto a características de la fibra sobre todo con la recomendación ITU-T G652 y ITU-T G657 en todas las versiones.

Tabla 10. Características de la Fibra G.652 A

Atributos de la fibra G.652		
Fibra G.652.A		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 [nm]
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 [μm]
	Tolerancia	$\pm 0,6$ [μm]
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 [nm]
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,093 ps/nm ² *km
Coeficiente de atenuación	Longitud de onda	
	Máximo a 1310 nm	0,5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 Cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.5[ps/Km]

Tomado de (UIT-T C. d., s.f)

Tabla 11. Características de la Fibra G.652 B

Atributos de la fibra G.652		
Fibra G.652.B		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 [nm]
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 [μm]
	Tolerancia	$\pm 0,6$ [μm]
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 [nm]
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,093 [ps/nm ² *km]
Coeficiente de atenuación		
	Máximo a 1310 nm	0,4 [dB/km]
	Máximo a 1550 nm	0,35 [dB/km]
Coeficiente de PMD	M	20 Cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.5[ps/Km]

Tomado de (UIT-T C. d., s.f)

Tabla 12. Características de la Fibra G.652 C

Atributos de la fibra G.652		
Fibra G.652.C		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 [nm]
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 [μm]
	Tolerancia	$\pm 0,6$ [μm]
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 [nm]
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,092 [ps/nm ² *km]
	Máximo a 1310 [nm]	0,4 [dB/km]
	Máximo a 1550 [nm]	0,3 [dB/km]
Coeficiente de PMD	M	20 Cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.5[ps/Km]

Tomado de (UIT-T C. d., s.f)

Tabla 13. Características de la Fibra G.652 D

Atributos de la fibra G.652		
Fibra G.652.D		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 [nm]
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 [μm]
	Tolerancia	$\pm 0,6$ [μm]
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 [nm]
Coefficiente de dispersión cromática	$\lambda_{\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,092 [ps/nm ² *km]
Coefficiente de atenuación		
	Máximo a 1310 [nm]	0,4 [dB/km]
	Máximo a 1550 [nm]	0,4 [dB/km]
Coefficiente de PMD	M	20 Cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.20[ps/Km]

Tomado de (UIT-T C. d., s.f)

Monomodo UIT-T G.657.-

Esta Recomendación describe dos tipos de cable de fibra óptica Monomodo adecuados para uso en redes de acceso, incluyendo el interior de edificios en el extremo de estas redes. Ambas categorías A y B contienen dos subcategorías que difieren en la pérdida macro flexión. La fibra de la categoría A se ha optimizado para dimensiones más fuertes.

Las especificaciones en comparación con fibras G.652.D UIT-T pueden ser desplegadas a lo largo de la red de acceso. Estas fibras son adecuadas para ser utilizado durante toda la gama de 1260-1625 nm. La fibra y los requisitos de esta categoría son un subconjunto de la recomendación UIT-T G.652.D por lo tanto existe compatibilidad con este estándar ya que tienen la misma transmisión y propiedades de interconexión.

La fibra UIT -T G.657.A1 y UIT -T G.657.A2, contiene los atributos y valores recomendados necesarios para apoyarla instalación de la red de acceso optimizado con muy pequeños radios de flexión aplicado en la gestión de la fibra sistemas y utilizados principalmente en el extremo de la red en particular, dentro o cerca de edificios. (ITU-T, ITU-T Rec. G.657, s.f)

Tabla 14. Características de la fibra G.657 categoría A

Atributos de la fibra G.657A		
Fibra G.657 A		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6 – 9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,4 \mu\text{m}$
Diámetro de revestimiento.	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Coefficiente de dispersión cromática de 1530 [nm] y 1565 [nm],	$\lambda_{\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,092 ps/nm ² *km
Coefficiente de atenuación	Máximo de 1.383 nm a 1625 nm	0,40 dB / km
	Máximo a 1383 nm \pm 3 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1550 [nm]	0,30 dB/km
Coefficiente de PMD	M	20 Cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.20[ps/Km]

Tomado de (ITU-T, ITU-T Rec. G.657, s.f)

Tabla 15. Características de la fibra G.657 categoría B

Atributos de la fibra G.657B		
Fibra G.657 B		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6 – 9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,4 \mu\text{m}$
Diámetro de revestimiento.	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Coefficiente de dispersión cromática de 1530 [nm] y 1565 [nm],	$\lambda_{\text{mín}}$	1250 nm
	$\lambda_{\text{máx}}$	1350 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,11 ps/nm ² *km
Coefficiente de atenuación	Máximo de 1.310 nm a 1625 nm	0,40 dB / km
	Máximo a 1383 nm \pm 3 nm	0,40 dB/km
	Máximo a 1550 [nm]	0,30 dB/km
Coefficiente de PMD	M	20 Cables
	Q	0.01%
	Máximo PMDQ	0.50[ps/Km]

Tomado de (ITU-T, ITU-T Rec. G.657, s.f)

Fibra Óptica vía Aérea.-

En el diseño de red ya que la fibra óptica se tiende a la intemperie, enganchada en postes de energía eléctrica se propone usar un tipo de fibra especial para tendido aéreo y que cumpla los requerimientos específicos para el diseño planteado donde tenga una altura que no ponga en riesgo la integridad de la red, ni la de quien la instale o realice algún tipo de mantenimiento o reparación de ser necesario.

El tipo de fibra que se emplea en este caso para el tendido aéreo de fibra se denomina ADSS (*All Dielectric Self Supported*).

La fibra ADSS (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico), son resistentes a cambios de temperatura y a la humedad de manera que no muestran problemas. (GONZÁLEZ ANTONIO & VEGA FERNANDO, 2009).

Selección de Fibra óptica.-

Después de analizar las características de fibra óptica en las tablas de Monomodo con los dos estándares y recomendaciones más importantes se selecciona la fibra UIT-T G.652.D Y UIT-T G.657 que es factible a usarse en 1310 [nm] y 1550 [nm] esta última a distribuirse desde el splitter de segundo nivel hacia el usuario final; adicional se selecciona la fibra óptica ADSS con recomendación UIT-T G.652.D para realizar el sangrado desde el cuarto de telecomunicaciones hasta los splitters de primer y segundo nivel.

3.3.2. Dimensionamiento del sangrado de Fibra:

Para la distribución del cableado de fibra a nivel externo se realiza un tendido de fibra en los postes de energía eléctrica con canalizaciones aéreas, interconectadas a lo largo del terreno desde el respectivo elemento pasivo ubicado en los postes hasta el área de telecomunicaciones de los hogares de los usuarios.

Dimensionamiento Infraestructura del sector.-

Para el alquiler de postes por escrito se necesita una solicitud realizada al Departamento de alumbrado Público referente a la Empresa Eléctrica Quito. Cada poste en el sector tiene un costo de \$ 10,50 dólares al año en base a la investigación en la empresa eléctrica.

La longitud de vano o ancho de vano, indica el trayecto promedio entre los postes o torres donde se hace el respectivo sangrado de cable. Según se ha estudiado el sector la longitud promedio de vano es de 30[m] tomando en cuenta que la longitud de los postes cambian según el ancho de las calles y avenidas en base a investigaciones de campo.

Después de dichas investigaciones en el sector, se determinó que para el tendido aéreo, se tome como punto de partida el poste que se encuentra en la av. principal (Av. Fco. De Rumihurco) frente a la calle D, donde la fibra se desplazará a lo largo de esta avenida hasta la calle A; además ingresará a cada una de las transversales (calles D,C,B,A) finalizando el sangrado de fibra en la calle N (paralela a la avenida principal), como se muestra a continuación:

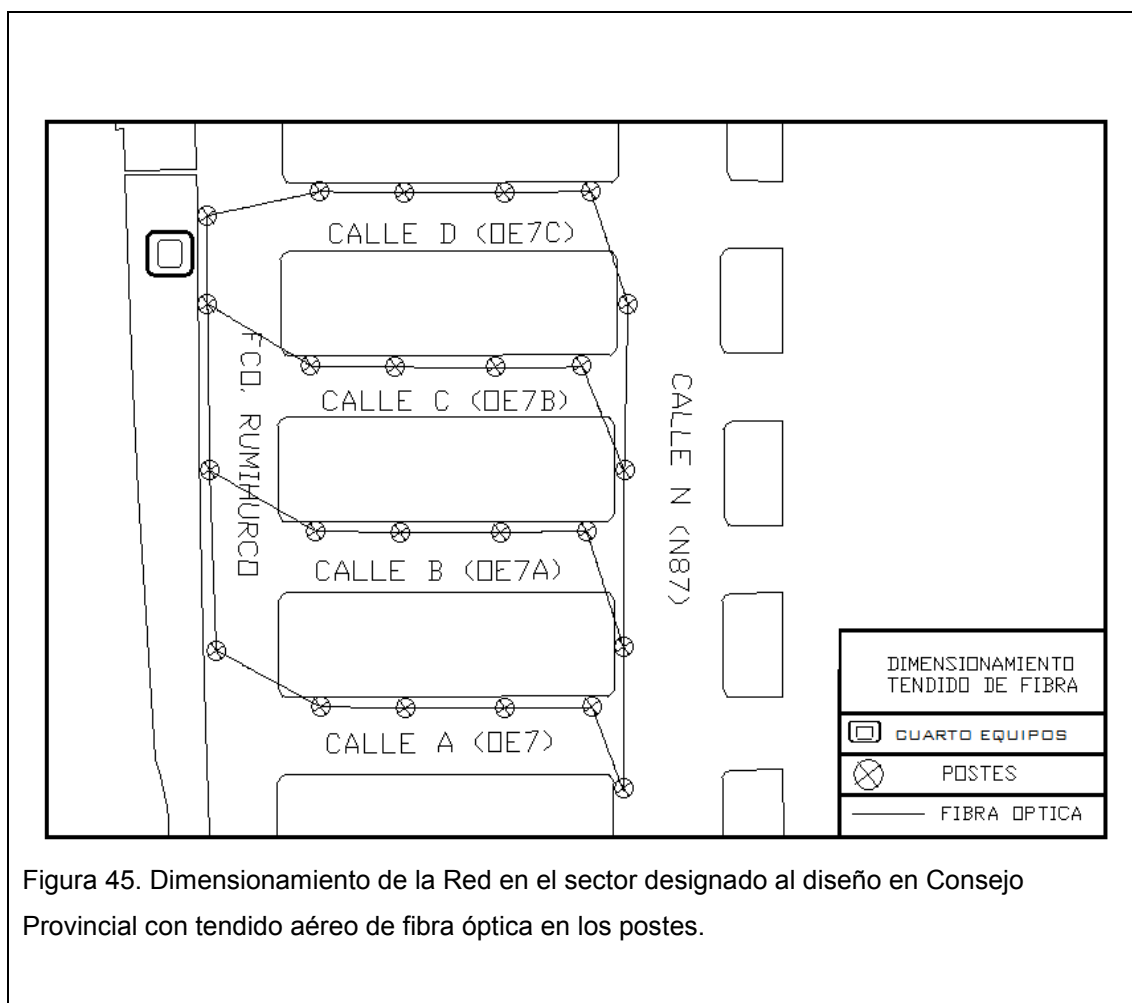


Figura 45. Dimensionamiento de la Red en el sector designado al diseño en Consejo Provincial con tendido aéreo de fibra óptica en los postes.

Como se observa, existen cuatro postes de energía eléctrica ubicados en cada transversal, acorde al sector; de igual manera en la Av. Fco. De Rumihurco y en la calle N, respectivamente con el cableado de fibra óptica.

3.3.3. Dimensionamiento de la red Pasiva de acceso.

Después de analizar el tendido de fibra y el dimensionamiento previo se define el diseño de la red interna, ubicación y especificaciones técnicas mínimas

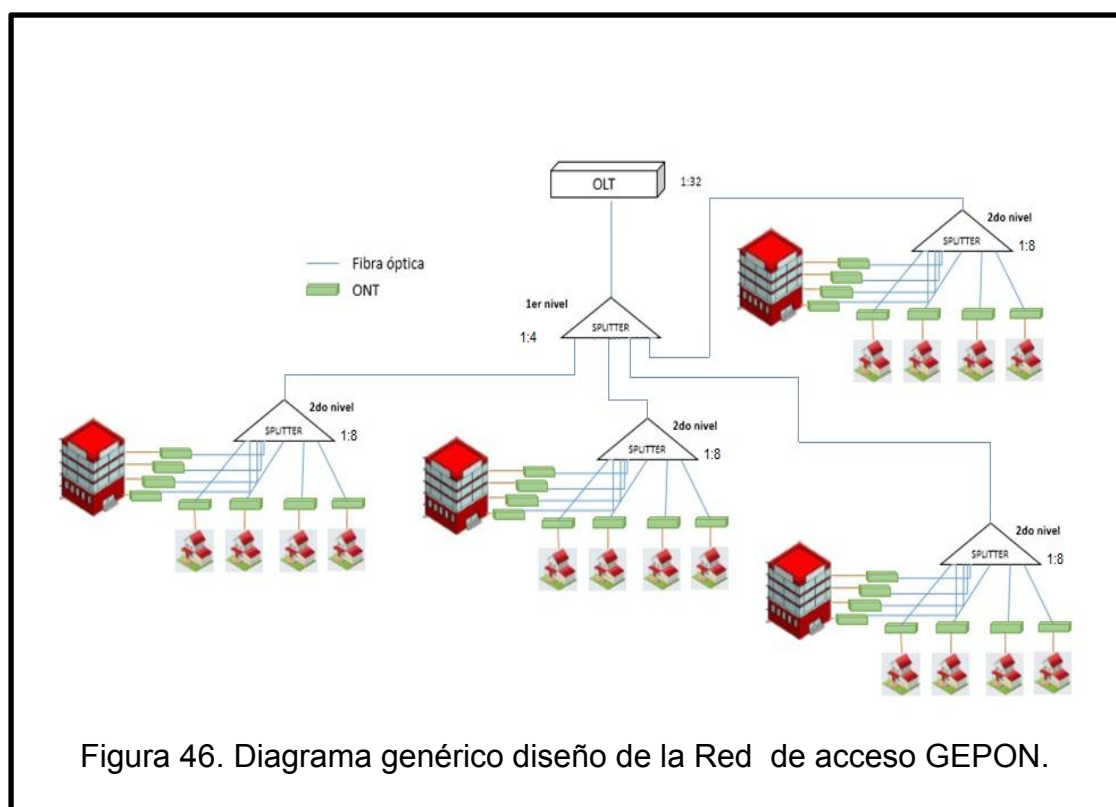
requeridas del equipo pasivo de la red de acceso. A continuación se presenta la tabla de requerimientos técnicos generales para realizar el diseño de la red.

Tabla 16. Parámetros del diseño de red de acceso.

Parámetro	Descripción
Tipo de red	GEPON FTTH
Topología de red	ÁRBOL
Sectorización	Áreas divididas en 4 partes de máximo 32 usuarios respectivamente
Splitteo	Splitter principal 1x4, splitter secundario 1x 8
Tendido de Fibra óptica	Fibra óptica Monomodo G.652.D,ADSS(Tendido Aéreo)

3.3.3.1. Diseño red Interna.

En este punto se describen los conceptos técnicos, con las consideraciones mencionadas anteriormente, así también se agrega los principales elementos de la red sean activos o pasivos, de la siguiente manera.



En la Figura 46, se puede visualizar el diagrama genérico de la red con los elementos necesarios donde se ilustra un splitter de primer nivel a los cuatro de 2do Nivel respecto a una sola área. Se muestra el equipo principal de la red OLT, a continuación de la red troncal (Ruta de enlaces de Fibra) que parte desde el cuarto de equipos, hasta llegar a uno de los centros de distribución primaria splitter de primer nivel.

En cuanto a la fibra óptica, como se había dicho anteriormente se usara fibra Monomodo con recomendaciones UIT-T G.657.

Conjuntamente con la fibra ADSS (UIT-T G.652.D), se implementará cables ópticos de cuatro hilos instalando para cada área con un enlace independiente llegando al splitter de primer nivel con la relación de 1:4, ubicados en mangas de empalmes. Un splitter primario para cada poste de la Av. Fco. Rumihurco (4 postes).

Como se mencionó anteriormente, la topología seleccionada es de árbol con cableado de hilos independientes para cada ruta de la misma forma como en el primer nivel de distribución, además en el splitter de segundo nivel que tiene una relación 1:8, se coloca en la entrada el hilo que proviene del primer nivel de splitteo y las salidas son conectadas con los hilos del cable de la fibra óptica Monomodo para la conexión a 8 abonados en el dispositivo final el ONT(Cable de 2 hilos) que llegará con el segmento de red denominado Red de Accesos.

Se debe considerar el tipo de empalme a emplear, por fusión, y las respectivas condiciones ambientales requeridas en cada método. Se deben remover aproximadamente 4.5 metros de cable de la punta para evitar cualquier inconveniente. (ETB, s.f).

A continuación se muestra el diseño respectivo generado con todos los elementos correspondientes para la tecnología GEPON-FTTH. ANEXO D

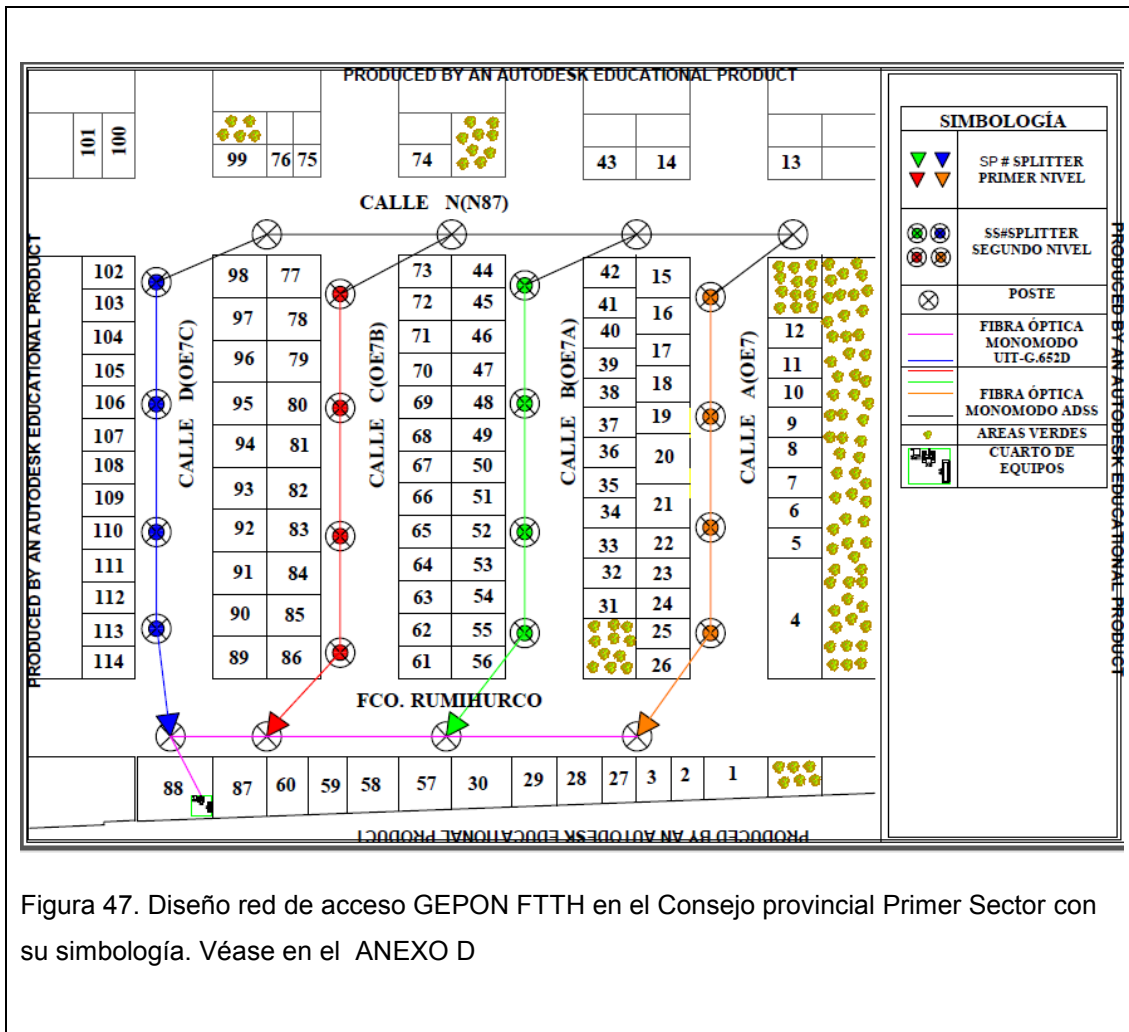


Figura 47. Diseño red de acceso GEPON FTTH en el Consejo provincial Primer Sector con su simbología. Véase en el ANEXO D

3.3.3.2. Dimensionamiento y ubicación de equipos pasivos

Los elementos pasivos de la red se ubicaran principalmente en la Red troncal de distribución, Red de Accesos, en la central de equipos, en los postes y en los hogares o negocios de los abonados. A continuación se muestra la tabla estructurada donde se especifica cada detalle.

Tabla 17. Especificaciones de ubicación de los principales Elementos de Red.

ELEMENTO	CANTIDAD	UBICACIÓN	IDENTIFICACIÓN
Cable DROP INTERIOR G657A2	1000 [m]	Red Distribución	N/A
Cable DROP EXTERIOR G657A2	1000 [m]	Red de Acceso	N/A
Cable ADSS plano	1495 [m]	Red de Acceso	N/A
ODF	1	Central de Equipos	ODF#-CP1
Splitter 1:4	4	Postes	SP#-CP1-PXX
Splitter 1:8	16	Postes	SS#-CP1-PXX
Mangas de empalme de fusión 1er Nivel	4	Postes	MP#-CP1-PXX
Mangas de empalme de fusión 2do Nivel	12	Postes	MS#-CP1-PXX
Cordón óptico Monomodo	114	Residencia	CO#-CP1-AAID

En el cual:

N/A: No Aplica Identificación

CP1: Primer Sector Consejo Provincial

ODF#: Número de ODF instalado

SP#: Número de Splitter Primario instalado

SS#: Número de Splitter Secundario instalado

PXX: Numero de Poste donde se instala cada elemento

RO#: Número de Roseta Óptica instalada

CO#: Número de Cordón Óptico instalado

AAID: Identificación de abonado donde se realiza la instalación

3.3.3.3. Especificaciones técnicas

Las características mínimas que deben cumplir los elementos de red necesarias para instalar con especificaciones técnicas para la Red Pasiva propuesta se muestra a continuación:

a. Cable ADSS Plano

Tabla 18. Especificaciones y características de cable ADSS plano

Especificaciones	Características
Tipo de Fibra	Monomodo
Normas aplicables	G.652D,G.657A
Aplicaciones	Ambientes externos
Números de Hilos	12
Construcción	Excelente resistencia mecánica Totalmente dieléctrico. Sólido, Aplicaciones aéreas.
Radio Curvatura Estático / Dinámico	20 x Ø Exterior / 30 x Ø Exterior
Rango Temperaturas Operación / Instalación	-40°C a +70°C

Tomado de (OPTRAL, 2010)

b. Cable óptico G.657 A DROP 2 Hilos

Tabla 19. Especificaciones y características de Cable óptico G.652 D DROP 2 Hilos

Especificaciones	Características
Tipo de Fibra	Monomodo
Normas aplicables	G.652D
Aplicaciones	Ambientes Externos e internos
Numero de Hilos	2 DROP
Construcción	Dieléctrico Tubo holgado Polietileno con protección contra interperie y roedores
Atenuación óptica	1310 [nm] <= 0.35[db/Km] 1550 [nm] <= 0.24[db/Km]
Temperatura de operación	-20 hasta +65 °C

Tomado de (ITU-T, ITU-T Rec. G.657, 2013)

c. ODF

Tabla 20. Especificaciones y características de ODF

Especificaciones	Características
Características Generales	Bandejas de empalme abatibles Bandeja deslizable Entrada Posterior para cables Salida lateral de Patch Cord Pigtals SC con pulido APC, Fibra Monomodo(UIT-G.652D)
Puertos	12 FIBRAS
Conectores	SC-APC
Ambiente Instalación	Interno
Construcción	Rack de 19"

d . Splitters 1:4 y 1:8

Tabla 21. Especificaciones y características de Splitters 1:4 y 1:8

Especificaciones	Características
Niveles de división	1:4 1:8
Operación	3 Ventanas de comunicación: 1310 [nm] 1490 [nm] y 1550 [nm]
Tipo de Fibra	SMF 0.25 [mm]
Tipo de Conector	Sin Conectores
Ambiente de instalación	Externo (Alojamiento en caja adecuada)
Pérdida de inserción	1:4 – 7.5 [dB] máx. 1:8 – 10.5 [dB] máx.
Pérdida de Retorno	> 55 [dB] máx.

e . Mangas de Empalmes de fusión 1er y 2do Nivel

Tabla 22. Especificaciones y características de Mangas de Empalmes de fusión 1er y 2do Nivel

Especificaciones	Características
Tipo de Manga	Domo
Construcción	Material polipropeno Resistencia a hongos Resistente a tracción y elongación Resistente a rayos UV
Aplicaciones	Áreas subterráneas
Accesos	Sin Conectores
Capacidad	Externo (Alojamiento en caja adecuada)
Equipamiento	1:4 – 7.5 [dB] máx. 1:8 – 10.5 [dB] máx.

3.3.4. Dimensionamiento y ubicación de equipos activos

En cuanto al dimensionamiento de la red, se conoce que en cuanto a equipos activos, el OLT es el principal elemento activo para el diseño y se encuentra situado en la central de Equipos en las dependencias del operador; mientras que el ONT (*Optical Network Terminal*) en cada uno de los hogares u oficinas de los abonados.

La OLT debe constar de varios puertos de líneas, específicamente 4 puertos, en los cuales cada tarjeta tiene la capacidad de tolerar hasta 32 abonados, y al generar 4 áreas en el sector soporta hasta 128 abonados y de acuerdo al estudio del sector del consejo provincial específicamente las calles Francisco De Rumihurco al Sur, calle N al Norte, calle A al Este y calle D al Oeste, donde según estudio de mercado se analizó, se utilizara de los 128 posibles abonados a soportar el diseño, solamente 114 conexiones de red aproximadamente según los usuarios que requieran.

El OLT con 4 puertos GEPON, se estará ubicado en la central de equipos, que será identificado con la etiqueta OLT-CP1(Primer Sector Consejo Provincial). Mientras que las ONUs, existirán 114 unidades que estará en cada vivienda del abonado con la etiqueta ONT-VXX(Número de Vivienda del abonado).

3.3.4.1. Especificaciones técnicas

Las características mínimas que deben cumplir los elementos activos de red necesaria para instalar con especificaciones técnicas para la Red propuesta, se muestra a continuación:

a. OLT

Tabla 23. Especificaciones Técnicas OLT

	CARACTERISTICAS
Numero de puertos	4 puertos/Modulo; 8 puertos/chasis
Estándar	IEEE802.3ah IEEE 802.1p. Calidad de servicio QoS- Prioridad del tráfico de distintas aplicaciones STP (IEEE 802.1d), RSTP (802.1w IEEE) y PVST + Soporte. IEEE 802.3ad agregación de enlaces (trunking) y el equilibrio de carga.
Fibra óptica	Monomodo
Conector	Conector SC
Longitud de Onda	Tx: 1490 [nm] Rx: 1310 [nm]
Tasa de Datos	1 [Gbps] en up & downstream
Gestión	Administración Local y Remota
Protocolos	Telnet, SSH, IGMP v2.
Funciones capa 3 (funciones de enrutamiento)	Rutas estáticas. Soporte ARP. TCP/IP, ICMP soporte RFC792. Servicio DHCP.
Seguridad	Listas de control de acceso. User insolation por VLAN y Usuario. Encriptación de trama EPON: AES128 bit downlink encryption. Control de tormenta Broadcast/Multicast
Características Eléctricas	110[V] AC 60[Hz] / 48 [V] DC
Requisitos de operación.	Temperatura 0°C a +45° C. Humedad relativa: 10% a 85%
Requisitos de almacenamiento	Temperatura -20°C a +65° C. Humedad relativa: 5% a 95%

Adaptado de (ANDRELL, 2007) y (Ramos, 2016)

b. ONT

Tabla 24. Especificaciones Técnicas ONT

ESPECIFICACIONES	CARACTERISTICAS
Numero de puertos	1 puerto GEPON 3 puertos 100 Base-T
Estándar	IEEE802.3ah IEEE 802.1p. Calidad de servicio QoS- Prioridad del tráfico de distintas aplicaciones IEEE 802.1x/Radius - Autenticación de usuario
Fibra óptica	Fibra Monomodo. Splitters máximo de 1 a 32.
Velocidad	1 [Gbps] simétrico para datos, VoIP, y servicios de IP Tv
Sensibilidad de recepción	-26 [dBm]
Conector	Conector SC
Longitud de Onda	Tx: 1310 [nm] Rx: 1490 [nm]
Tasa de Datos	1 [Gbps] en up & downstream
Gestión	Administración Local y Remota
Características Eléctricas	110[V] AC 60[Hz] / 48 [V] DC
Requisitos de operación	Temperatura 0°C a +40° C. Humedad relativa: 5% a 90%

Tomado de (ANDRELL, 2007) y (Ramos, 2016)

3.3.5. Dimensionamiento y ubicación del Cuarto de equipos

Para la red de acceso correspondiente del sector del consejo Provincial, el tendido de fibra óptica sale desde un cuarto de equipos de telecomunicaciones que será ubicado en un local comercial que está ubicado en la esquina de la calle D y la Av. Fco. De Rumihurco que será para colocar los equipos activos de la red. Este local comercial tiene dimensiones de aproximadamente 4.00 x 4.00 x 4.00 [m] Véase en el ANEXO E

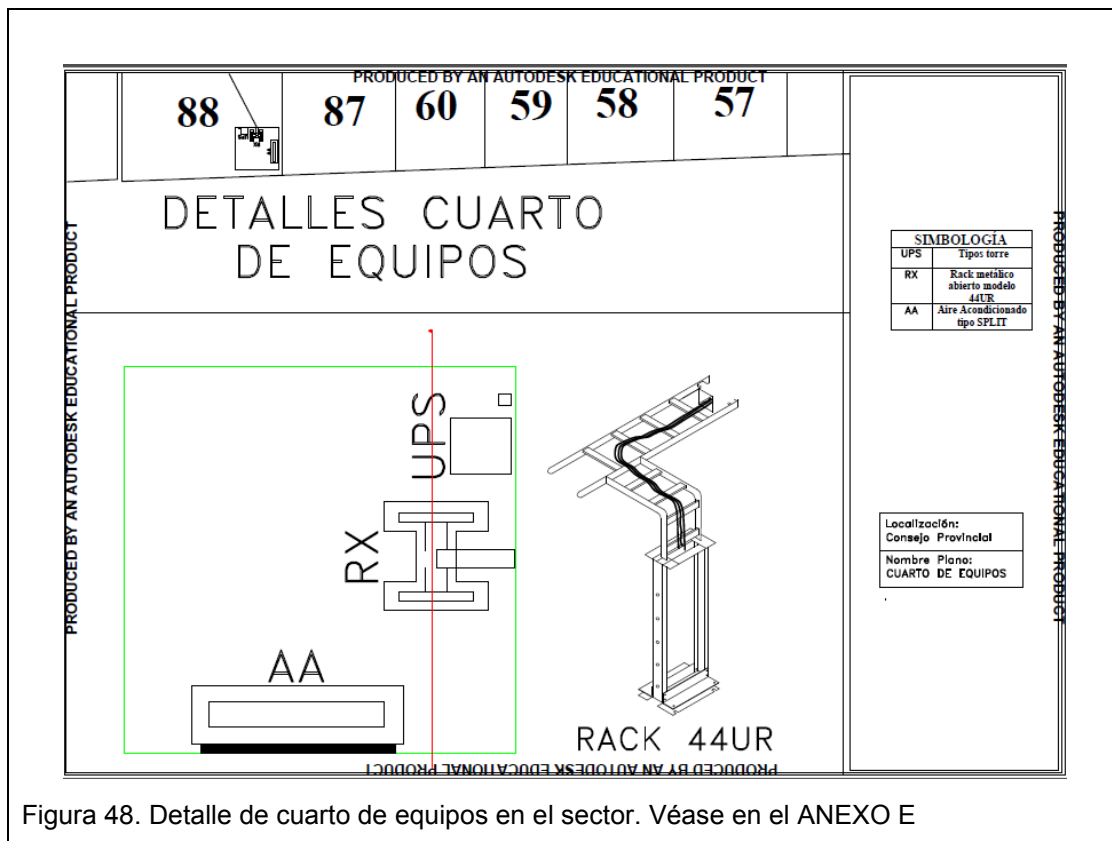


Figura 48. Detalle de cuarto de equipos en el sector. Véase en el ANEXO E

A este cuarto de Equipos, la fibra óptica será del proveedor de servicios de telecomunicaciones CNT EP que proporcionará a este la continuidad de redes exteriores para desde ahí, tener el punto de partida del cableado hacia los postes.

A continuación se muestra los detalles de los equipos necesarios que están incluidos en este importante cuarto de telecomunicaciones o central de equipos.

Tabla 25. Detalles Cuarto de Equipos.

Descripción	Cantidad	Características
Rack Metálico abierto con accesorios	1	Desmontable de 45 UR. 2 [m] de alto. Montaje para equipos y elementos de 19". Accesorios: Organizadores verticales y horizontales. Multitoma polarizada 19" 1UR 4 tomas dobles. Bandeja metálicas de 19" 2UR Kit de aterrizaje
Sistema de Energía	1	Tablero para energía normal. Tablero para energía regulado. Iluminación. Tomacorrientes normales y regulados necesarios. UPS de Línea interactiva Potencia: 750VA/500W Voltaje: 120 V
Aire Acondicionado	1	Tipo Split de 9000BTU. Incluye Condensadora y accesorios necesarios para su instalación.

Adaptado de (INTEGRALES, 2016)

3.3.6. Presupuesto de Potencia

Como en todo enlace existen diferentes tipos de pérdida de extremo a extremo, para verificar la factibilidad y confiabilidad de la red de acceso GEPON- FTTH, se plasman ciertos cálculos que determinen el nivel de transmisión que se da en la trayectoria desde el OLT hacia la ONU.

Se realiza en dos casos; tanto al usuario más cercano como al abonado más lejano. Mediante la siguiente inequación se determina el presupuesto de la potencia, al cumplirse esta, se confirma que no existe saturación en los elementos receptores.

$$Valor_{sup.RD} \geq P_{TX} - \alpha_{Totales} + G \geq Sensibilidad_{Rx} + margen\ de\ seguridad$$

Presupuesto de Potencia. (Ramos, 2016)

Inecuación 1.

Dónde:

$Valor_{sup.RD}$	Valor superior del rango dinámico
P_{TX}	Potencia de transmisión
$\alpha_{Totales}$	Atenuación total extremo a extremo
G	Ganancia obtenida de amplificadores ópticos
$Sensibilidad_{Rx}$	Sensibilidad del receptor
$margen\ de\ seguridad$	Margen que prevé la degradación de los elementos del sistema o reparaciones, nuevos empalmes, etc.

Los elementos para realizar el análisis son: OLT, ONT, Conectores, Splitters ópticos, empalmes y la distancia del recorrido de cable de fibra óptica.

Según el estándar UIT-T G.984 y los valores por los fabricantes, los parámetros de distancias y pérdidas se muestran de la siguiente manera:

Tabla 26. Perdidas de los diferentes elementos pasivos

Parámetros	Valor
Fibra Monomodo G 652.D	0.40[dB/Km], @1310 [nm] 0.30[dB/Km], @1550 [nm]
Empalme	0.1[dB]
Conectores	0.5[dB]
Patch Cord	0.3[dB]
Splitter 1x8 incluido conectores	10.5[dB]
Splitter 1x4 incluido conectores	7.2[dB]

Tomado de (Ramos, 2016)

Adicional en el documento de la UIT-T/G.984.2 de Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits:

Se toma en consideración los parámetros de transmisión (Tx) y recepción (Rx) con sus respectivos valores.

Tabla 27 Parámetros y valores en el estándar UIT-T G.984.2 *ClassB+*

Parámetros	Valor
Ventana de Tx	1480 -1500 [nm] Downstream 1260-1360 [nm] Upstream
Longitud de onda central	Tx: 1490 [nm] Downstream Rx: 1310 [nm] Upstream
Velocidad de Tx	1.25 [Gbps] Downstream y Upstream
Potencia de Tx	-1.5[dBm] a 5 [dBm]
Distancia máxima de Tx	20 [Km]
Máxima Sensibilidad de Rx	-28 [dBm]
Mínima Sensibilidad de Rx	-10 [dBm]
Sobrecarga Mínima	-8 [dBm]
Margen de seguridad	3 [dBm] (valores teóricos pueden variar en la realidad)

Tomado de (Ramos, 2016)

La distancia desde la ubicación de la OLT hasta la ONU más lejanas y más cercanas de cada una de las áreas, servirá para realizar los cálculos del presupuesto de potencia en la red; las distancias son medidas en el software google Earth en el mapa del sector y se detecta en que área está el ONT más lejano (Peor Escenario) y el ONT más cercano (Mejor Escenario).

Tabla 28. Distancia Equipos de la OLT a la ONU.

Parámetro	Área 1		Área 2		Área 3		Área 4	
	ONT CERCANA	ONT ALEJADA	ONT CERCANA	ONT ALEJADA	ONT CERCANA	ONT ALEJADA	ONT CERCANA	ONT ALEJADA
DISTANCIA(m) C. EQUIPOS OLT AL NODO PRINCIPAL	20	20	72	72	119	119	175	175
DISTANCIA(m) NODO PRINCIPAL A NODO SECUNDARIO MAS LEJANO	32	143	25	152	32	156	29	154
DISTANCIA(m) NODO SECUNDARIO A ONT DEL ABONADO MAS LEJANO	6	52	4	33	5	30	6	26
TOTAL(m)	58	215	101	257	156	305	210	355

Una vez obtenida las mediciones se pudo identificar que el ONT más cercano se encuentra en el área 1 a 58 [m] siendo este el mejor caso, mientras que el peor caso está a 355 [m] en el área 4.

Utilizando la tabla 27 como datos de las pérdidas de inserción de cada elemento, y la tabla 29 como referencia para las distancias, el proceso para el presupuesto de potencia, queda de la siguiente manera

Elementos Pasivos:

- 1 conectores : 0.5 [dB]
- 1 Patch Cord : 0.3 [dB]
- 1 Splitter 1:4 : 7.2 [dB]

- 1 Splitters 1:8 : 10.5 [dB]
- Fusion de empalme: 0.1 [dB]

Total de Perdidas de Elementos Pasivos: 18.6 [dB]

Mejor Escenario:

Distancia ONT más cercano:

$$0.058 \text{ [Km]} * 0.40 \text{ [dB/Km]} = 0.023 \text{ [dB]} \text{ (para } \lambda = 1310 \text{ [nm])}$$

$$0.058 \text{ [Km]} * 0.30 \text{ [dB/Km]} = 0.017 \text{ [dB]} \text{ (para } \lambda = 1550 \text{ [nm])}$$

Sumatoria de las Pérdidas Totales (α_{Total} [dB]):

$$\text{Para } 1310 \text{ [nm]: } 18.6 + 0.023 = \mathbf{18.623}$$

$$\text{Para } 1550 \text{ [nm]: } 18.6 + 0.017 = \mathbf{18.617}$$

Peor Escenario:

Distancia ONT más lejano:

$$0.355 \text{ [Km]} * 0.40 \text{ [dB/Km]} = 0.142 \text{ [dB]} \text{ (para } \lambda = 1310 \text{ [nm])}$$

$$0.355 \text{ [Km]} * 0.30 \text{ [dB/Km]} = 0.107 \text{ [dB]} \text{ (para } \lambda = 1550 \text{ [nm])}$$

Sumatoria de las Pérdidas Totales (α_{Total} [dB]):

$$\text{Para } 1310 \text{ [nm]: } 18.6 + 0.142 = \mathbf{18.742}$$

$$\text{Para } 1550 \text{ [nm]: } 18.6 + 0.107 = \mathbf{18.707}$$

Usando la Inecuación 1:

$$Valor_{sup.RD} \geq P_{TX} - \alpha_{Totales} + G \geq Sensibilidad_{Rx} + \text{margen de seguridad}$$

Para 1310 [nm]:

$$OdBm \geq 2dBm - 18.742dBm + 0 \geq -28dBm + 3dBm$$

$$OdBm \geq -16.742dBm \geq -25dBm$$

Para 1550 [nm]:

$$OdBm \geq 2dBm - 18.707dBm + 0 \geq -28dBm + 3dBm$$

$$OdBm \geq -16.707dBm \geq -25dBm$$

Para el valor de la Ganancia en este caso no aplica incluir este parámetro ya que no existe amplificación en el diseño.

Se realizó el cálculo en el peor escenario donde se demuestra mediante la inecuación se cumple que no va haber inconvenientes con la recepción de información en cada una de las ONUs.

3.3.7. Calculo de la capacidad de red.

Al tener en conocimiento de que la red será sectorizada por cuatro áreas cada una con diferente números de abonados teniendo como máximo en el sector 30 usuarios, se considera en el área 1: 28 abonados, en el área 2: 30 al igual que el área 3 y en el área 4: 26 usuarios. Teniendo un total de 114 abonados, sabiendo que la capacidad mínima del ancho de banda es de 5 Mbps como lo dicho anteriormente en el Dimensionamiento del tráfico de la red y tomando en cuenta la compartición que la mayoría de proveedores a nivel residencial es de 8:1, la capacidad de la red sería de:

$$\text{Capacidad} = (\text{Total de Abonados} * \text{Capacidad Mínima de BW}) / \text{Compartición}$$

Calculo de la Capacidad de la Red.

Ecuación 9

Usando la formula indicada:

$$\text{Capacidad}_{\min(8:1)} = (114 * 5 \text{ Mbps}) / 8 = 71.25 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad}_{\min(8:1)} = 71 \text{ [Mbps]}.$$

En la actualidad la mejor compartición que existe para una red optimizada y fiable es la de 2:1 que es la compartición mínima para garantizar que los servicios de manera muy adecuada. Teniendo los cálculos de la siguiente forma:

Capacidad $\min(2:1) = (114 * 5 \text{ Mbps}) / 2 = 285 \text{ Mbps}$

Capacidad $\min(2:1) = 285 \text{ [Mbps]}$.

Verificando los cálculos se puede considerar una capacidad de ancho de banda muy aceptable para poder garantizar el servicio a los abonados del sector 1 del Consejo Provincial con la compartición ideal 2:1.

4. Capítulo IV. Análisis de costos para realizar el diseño de la red.

4.1. Análisis y evaluación del diseño

Ahora que se tiene claro las necesidades de los abonados o usuarios finales y los requerimientos respectivos de la red de acceso GEPON en la Cdla. Consejo provincial en la ciudad de Quito, es indispensable verificar varias opciones en cuanto al material, los elementos y los equipos correspondientes a este diseño con costos razonables en el mercado ecuatoriano para así tener una idea clara de una posible implementación.

Una vez recopilada la información de dos proveedores locales, se puede observar con detalle los catálogos de cada uno en el ANEXO F y así comparar entre estos y poder obtener una decisión.

4.1.1. Comparación de elementos y materiales de la red pasiva

A continuación la comparación de estos elementos se realiza en tablas simples y concretas la información requerida para el diseño de la red de acceso pasiva indicando las alternativas de cada proveedor.

a. Cable Drop ADSS plano

Tabla 29. Especificaciones y características de cable ADSS plano

Especificaciones	Características	Proveedor 1	Proveedor 2
Características Generales	Bandejas de empalme abatibles Bandeja deslizable Entrada Posterior para cables Salida lateral de Patch Cord Pigtals SC con pulido APC, Fibra Monomodo(UIT-G.652D)	Cumple	Cumple
Puertos	12 FIBRAS	Cumple	Cumple
Conectores	SC-APC	Cumple	Cumple
Ambiente Instalación	Interno	Cumple	Cumple
Construcción	Rack de 19"	Cumple	Cumple

Adaptado de (OPTRAL, 2010)

b. Cable óptico G.657 A DROP 2 Hilos

Tabla 30. Especificaciones y características de Cable óptico G.652 D DROP 2 Hilos

Especificaciones	Características	Proveedor 1	Proveedor 2
Tipo de Fibra	Monomodo	Cumple	Cumple
Normas aplicables	G.657A	Cumple	Cumple
Aplicaciones	Ambientes Externos e internos	Cumple	Cumple
Numero de Hilos	2 DROP	Cumple	Cumple
Construcción	Dieléctrico, Tubo holgado Polietileno con protección contra interperie y roedores	Cumple	Cumple
Atenuación óptica	1310 [nm] \leq 0.35[db/Km] 1550 [nm] \leq 0.24[db/Km]	Cumple	Cumple
Temperatura de operación	-20 hasta +65 °C	Cumple	Cumple

c. ODF

Tabla 31. Especificaciones y características de ODF

Especificaciones	Características	Proveedor 1	Proveedor 2
Características Generales	Monomodo	Cumple	Cumple
Normas aplicables	G.652D	Cumple	Cumple
Aplicaciones	Ambientes Externos e internos	Cumple	Cumple
Numero de Hilos	2 DROP	Cumple	Cumple
Construcción	Dieléctrico Tubo holgado Poliétileno con protección contra interperie y roedores	Cumple	Cumple
Atenuación óptica	1310 [nm] <= 0.35[db/Km] 1550 [nm] <= 0.24[db/Km]	Cumple	Cumple
Temperatura de operación	-20 hasta +65 °C	Cumple	Cumple

d. Splitters 1:4 y 1:8

Tabla 32. Especificaciones y características de Splitters 1:4 y 1:8

Especificaciones	Características	Proveedor 1	Proveedor 2
Niveles de división	1:4 1:8	Cumple	Cumple
Operación	3 Ventanas de comunicación: 1310 [nm] 1490 [nm] y 1550 [nm]	Cumple	Cumple
Tipo de Fibra	SMF 0.25 [mm]	Cumple	Cumple
Tipo de Conector	Sin Conectores	Cumple	Cumple
Ambiente de instalación	Externo (Alojamiento en caja adecuada)	Cumple	Cumple
Pérdida de inserción	1:4 – 7.5 [dB] máx. 1:8 – 10.5 [dB] máx.	Cumple	Cumple
Pérdida de Retorno	> 55 [dB] máx.	Cumple	Cumple

e. Mangas de Empalmes de fusión 1er y 2do Nivel

Tabla 33. Especificaciones y características de Mangas de Empalmes de fusión 1er y 2do Nivel

Especificaciones	Características	Proveedor 1	Proveedor 2
Tipo de Manga	Domo	Cumple	Cumple
Construcción	Material polipropeno Resistencia a hongos Resistente a tracción y elongación Resistente a rayos UV	Cumple	Cumple
Aplicaciones	Áreas subterráneas	Cumple	Cumple
Accesos	Sin Conectores	Cumple	Cumple
Capacidad	Externo (Alojamiento en caja adecuada)	Cumple	Cumple
Equipamiento	1:4 – 7.5 [dB] máx. 1:8 – 10.5 [dB] máx.	Cumple	Cumple

4.1.2. Comparación de equipos activos

Tal como se realizó la comparación de dos proveedores de elementos pasivos se menciona a continuación el análisis comparativo de equipos activos donde las dos alternativas deben cumplir con las especificaciones técnicas que son requeridas para el respectivo diseño.

a. OLT

Tabla 34. Comparación de proveedores de OLT

ESPECIFICACION	CARACTERISTICAS	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR R 2
Numero de puertos	4 puertos/Modulo; 8 puertos/chasis	Cumple	Cumple
Estándar	IEEE802.3ah IEEE 802.1p. Calidad de servicio QoS- Prioridad del tráfico de distintas aplicaciones STP (IEEE 802.1d), RSTP (802.1w IEEE) y PVST + Soporte. IEEE 802.3ad agregación de enlaces (trunking) y el equilibrio de carga.		
Fibra óptica	Monomodo	Cumple	Cumple
Conector	Conector SC	Cumple	Cumple
Longitud de Onda	Tx: 1490 [nm] Rx: 1310 [nm]	Cumple	Cumple
Tasa de Datos	1 [Gbps] en up & downstream	Cumple	Cumple
Gestión	Administración Local y Remota	Cumple	Cumple
Protocolos	Telnet, SSH, IGMP v2.	Cumple	Cumple
Funciones capa 3 (funciones de enrutamiento)	Rutas estáticas. Soporte ARP. TCP/IP, ICMP soporte RFC792. Servicio DHCP.	Cumple	Cumple
Seguridad	Listas de control de acceso. User isolation por VLAN y Usuario. Encriptación de trama EPON: AES128 bit downlink encryption. Control de tormenta Broadcast/Multicast	Cumple	Cumple
Características Eléctricas	110[V] AC 60[Hz] / 48 [V] DC	Cumple	Cumple
Requisitos de operación.	Temperatura 0°C a +45° C. Humedad relativa: 10% a 85%	Cumple	Cumple
Requisitos de almacenamiento	Temperatura -20°C a +65° C. Humedad relativa: 5% a 95%	Cumple	Cumple

Adaptado de (ANDRELL, 2007) y (Ramos, 2016)

b. ONT

Tabla 35. Comparación de proveedores de ONT

ESPECIFICACIONES	CARACTERISTICAS		
Numero de puertos	1 puerto GEPON 3 puertos 100 Base-T	Cumple	Cumple
Estándar	IEEE802.3ah IEEE 802.1p. Calidad de servicio QoS- Prioridad del tráfico de distintas aplicaciones IEEE 802.1x/Radius - Autenticación de usuario	Cumple	Cumple
Fibra óptica	Fibra Monomodo. Splitters máximo de 1 a 32.	Cumple	Cumple
Velocidad	1 [Gbps] simétrico para datos, VoIP, y servicios de IP Tv	Cumple	Cumple
Sensibilidad de recepción	-26 [dBm]	Cumple	Cumple
Conector	Conector SC	Cumple	Cumple
Longitud de Onda	Tx: 1310 [nm] Rx: 1490 [nm]	Cumple	Cumple
Tasa de Datos	1 [Gbps] en up & downstream	Cumple	Cumple
Gestión	Administración Local y Remota	Cumple	Cumple
Características Eléctricas	110[V] AC 60[Hz] / 48 [V] DC	Cumple	Cumple
Requisitos de operación	Temperatura 0°C a +40° C. Humedad relativa: 5% a 90%	Cumple	Cumple

Adaptado de (ANDRELL, 2007) y (Ramos, 2016)

4.2. Presupuesto Referencial del Proyecto

En este punto se define un presupuesto referencial para poder realizar la posible implementación de este proyecto, los costos detallados de los dos proveedores a comparar de manera concreta a fin de verificar los costos referenciales de equipos, elementos pasivos entre otros, los mismos que están detallados en el ANEXO H mediante proformas solicitadas a los proveedores locales del costo del diseño de la red de acceso GEPON-FTTH.

4.2.1. Costo de la red pasiva de acceso

El costo total de la red pasiva de acceso con los elementos de la red se presenta en la tabla a continuación donde se muestra el costo unitario y total de cada proveedor.

Tabla 36. Tabla Comparativa de costos red pasiva de acceso

ELEMENTO	CANTIDAD	UBICACIÓN	PROVEEDOR 1		PROVEEDOR 2	
				Costo Total		Costo Total
Cable DROP INTERIOR G657A2	1000 [m]	Red Distribución	\$0.25	\$250.00	\$0.40	\$400.00
Cable DROP EXTERIOR G657A2	1000 [m]	Red de Acceso	\$0.20	\$200.00	\$0.40	\$400.00
Cable Drop ADSS plano	1495 [m]	Red de Acceso	\$1.05	\$1,569.75	\$0.70	\$1046.50
ODF	1	Central de Equipos	\$314.91	\$314.91	\$124.24	\$124.24
Splitter 1:4	4	Postes	\$39.00	\$156.00	\$45.53	\$182.12
Splitter 1:8	16	Postes	\$69.00	\$1,104.00	\$56.88	\$910.08
Mangas de empalme de fusión 1er Nivel	4	Postes	\$79.90	\$ 319.60	\$78.46	\$313.84
Mangas de empalme de fusión 2do Nivel	12	Postes	\$176.00	\$2,112.00	\$178.46	\$2141.52
Cordón óptico Monomodo	114	Residencia	\$12.41	\$1,414.74	\$6.95	\$792.30
TOTAL				\$7441.00		\$6310,6

4.2.2. Costo del equipamiento activo

El detalle de costos del equipamiento activo se encuentra en la siguiente tabla, donde se especifica los valores de los dos proveedores para la respectiva comparación, cabe aclarar que estos costos se encuentran sin impuestos.

Tabla 37. Tabla comparativa Costos equipamiento activo

EQUIPOS	CANTIDAD	PROVEEDOR 1		PROVEEDOR 2	
		Costo Unitario	Costo Total	Costo Unitario	Costo Total
OLT 4 PUERTOS GEPON	1	\$2750.00	\$2750.00	\$3450.00	\$3450.00
ONT- INDOOR	114	\$139.00	\$15.846	\$210	\$23.940
TOTAL			\$18.596		\$27.390

4.2.3. Costo del equipamiento Cuarto de equipos

En la tabla a continuación se muestra un resumen del costo total del equipamiento del cuarto de equipos anexado el documento en detalle de las hojas técnicas correspondiente a estos equipos, en el ANEXO G

Tabla 38. Tabla comparativa equipamiento Cuarto de equipos

Descripción	Cantidad	PROVEEDOR 1		PROVEEDOR 2	
		Costo Unitario	Costo Total	Costo Unitario	Costo Total
Rack Metálico abierto con accesorios	1	\$1378.00	\$1378.00	\$1378.00	\$1378.00
UPS	1	\$408.38	\$408.38	\$408.38	\$408.38
Aire Acondicionado	1	\$1500.00	\$1500.00	\$3292.08	\$3292.08
TOTAL			\$3286.38		\$5078.46

4.2.4. Costo de Instalación

Después de haber definido los costos de los dos proveedores de los equipos y de los elementos es indispensable poder obtener el análisis respectivo de los costos de instalación de la siguiente manera:

Tabla 39. Tabla comparativa de Costo de instalación

Descripción	Cantidad	PROVEEDOR 1		PROVEEDOR 2	
		Costo Unitario	Costo Total	Costo Unitario	Costo Total
Montaje instalación en el cuarto de equipos	1	\$250	\$250	\$265	\$265
Instalación por metro FO G657A 2Hilos	2000	\$0.65	\$1300.00	\$0.78	\$1560.00
Instalación por metro FO ADSS G652D	1495	\$0.65	\$971.75	\$0.78	1166.10
Instalación y configuración OLT	1	\$2500.00	\$2500.00	\$2750.00	\$2750.00
Instalación y configuración de ONTs	114	\$55.00	\$6270.00	\$65.00	\$7410.00
Etiquetado en materiales y equipos	1	\$450.00	\$450.00	\$350.00	\$350.00
TOTAL			\$11,741.75	\$13,501.10	

4.2.5. Costo total y selección de proveedor a convenir

Para poder seleccionar un proveedor se confirma el costo referencial total de la implementación del diseño de la red FTTH la solución a generarse en la parroquia El Condado, Consejo Provincial en la Av. Fco. Rumihurco desde la calle A hasta la Calle D

Tabla 40. Tabla comparativa Costo total y selección de proveedor a convenir

DESCRIPCION	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2
RED DE ACCESO PASIVA	\$7441.00	\$6310,6
EQUIPAMIENTO ACTIVO GEPON	\$18.596	\$27.390
INSTALACION	\$11,741.75	\$13,501.10
EQUIPAMIENTO DE CUARTO DE EQUIPOS	\$3286.38	\$5078.46
TOTAL	\$41,065.13	\$52,280.16

En la tabla 40, se indica los costos totales de la red, por parte de los dos proveedores confirmando que cumplen con los requerimientos técnicos mínimos para el diseño respectivo en el cual ofrecen mediante las proformas una solución completa, verificando lo dicho el proveedor que tiene menor costo es el elegido, aclarando una vez más que este costo no incluye impuestos y son precios referenciales de los dos proveedores, en el ANEXO H se indica las proformas por parte de los proveedores.

Al realizar un análisis de la construcción del sector, se tiene una gran ventaja en cuanto al territorio debido a que actualmente los lotes o domicilios están contruidos desde hace años y esto implica una opción de ahorro de infraestructura.

Adicionalmente se sabe que todos los proveedores se actualizan día a día comenzando con el medio de transmisión de fibra óptica que a la larga resulta una inversión y ahorro de costos y al migrar poco a poco a redes de acceso con fibra óptica, brindar un servicio de calidad, abaratando mucho más los costos de implementación.

Confirmando todos los beneficios que implica tener este diseño en el sector de la Cda. Consejo Provincial en la ciudad de Quito, pudiendo ser el comienzo de un cambio importante en este lugar muy poblado y que los abonados tengan una mejor calidad de vida.

Esto hace que la solución planteada en cuanto a costos realmente accesibles para un proveedor pueda realizar esta inversión recuperando fácilmente con un estimado de un año y que esta red aumente en este sector en un futuro y pueda ser realizado para toda la población de la Cdla. Consejo provincial.

5. Capítulo V. Conclusiones Y Recomendaciones

Para concluir con este trabajo de titulación en este capítulo se menciona las conclusiones y recomendaciones necesarias y más importantes para finalizar con este proyecto de titulación del diseño de una red de acceso GEPON utilizando la tecnología FTTH para la ciudadela consejo provincial en la ciudad de Quito.

5.1. Conclusiones

La principal actualización de los proveedores de servicios de telecomunicaciones es poseer el medio de transmisión más eficiente en la actualidad (Fibra óptica), sabiendo que con este medio se puede realizar redes convergentes y con el presente proyecto obtiene la opción a brindar los tres servicios principales (video, voz y datos) a los abonados con mejor calidad.

La tecnología GEPON ofrece ventajas de costes y flexibilidad al tener velocidad simétrica tanto de subida como de bajada, es una gran solución para los proveedores de telecomunicaciones ya que en tan solo una plataforma integra varios servicios, adicional que es capaz de compartir con varios abonados residenciales en un mismo nodo a través de divisores ópticos pasivos, OLTs y ONU's.

Este diseño de red de acceso tiene una distancia que puede alcanzar los 20 [km], la inmunidad a la interferencia electromagnética y la optimización del recurso energético por usar elementos pasivos, son los principales beneficios de realizar este diseño gracias a la fibra óptica.

La topología de red a utilizar en el diseño de la red de acceso GEPON FTTH en la Cdla. Consejo provincial en el sector comprendido por las calles Francisco De Rumihurco al Sur, calle N al Norte, calle A al Este y calle D al Oeste es topología en árbol ya que se obtiene una red eficaz minimizando costes.

Se realizó una investigación de las definiciones de la red de acceso GEPON, tecnología FTTH, fibra óptica, entre otros; además se hizo un análisis de las principales características, detalles técnicos según las normas y

recomendaciones UIT y estándar IEEE, los elementos y materiales que involucran el diseño de red para que, el proveedor de servicios de telecomunicaciones que se ajuste a esta necesidad pueda adquirirlo.

En el diseño de la red de acceso GEPON-FTTH esta analizado para 114 usuarios aproximadamente que esta distribuidos en el sector comprendido por las calles Francisco De Rumihurco al Sur, calle N al Norte, calle A al Este y calle D al Oeste que están distribuidos en 4 áreas donde el número máximo de abonados es de 32 clientes por zona; ahí se utilizó dos niveles jerárquicos con splitters de primero y segundo nivel (1:4) y (1:8) respectivamente.

El tipo de fibra que se seleccionó en el diseño de la red de acceso GEPON-FTTH, por sus largas distancias fue la fibra Monomodo con normativas de estándares y recomendaciones de la UIT-T G652, la versión D, la fibra ADSS y adicional la fibra con recomendación UIT-T G657.A para el usuario final.

5.2. Recomendaciones

Es importante mencionar que ancho de banda máximo que se puede brindar al usuario por área y que se encuentre dentro de cobertura es de 1.25 [Gbps] simétricamente de Uplink y de Downlink y sin tomar en cuenta los servicios de voz video y datos se considera una velocidad mínima de 39.06 [Mbps], es por estas razones que es importante sectorizar por áreas a los abonados de forma equitativa.

El diseño de la red de acceso GEPON con fibra directa hasta el hogar del abonado se lo realiza bajo el estándar IEEE 802.11 ah.

Se considera muy importante que todas las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones a nivel nacional se actualicen a diario para poder brindar un mejor servicio a los abonados finales y que cumpla las expectativas de estos, para de esta forma los mismos tengan varias opciones s y así poder impulsar una competencia de una manera sana y con mejor calidad.

Un margen de seguridad del 15% en el tendido de fibra lograra tener una mejor operación y mantenimiento y evitar mayores costos en un futuro.

Al momento de realizar la instalación, con el fin de evitar daños en equipos de backbone, distribución y equipos finales el personal de mantenimiento y operación se debe regir a las especificaciones de cada fabricante.

Con el propósito de tener compatibilidad es recomendable que los equipos de backbone y equipos finales a utilizar sean adquiridos con el mismo fabricante ya que la interoperabilidad no está comprobada al cien por ciento.

Referencias

- Abreu M, C. A. (2010). Características generales de la red de Fibra óptica al hogar (FFTH). Zunino, p.34. Recuperado el 06 de Febrero de 2016
- ANDRELL. (s.f). ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DISPONIBLES PARA EL DESARROLLO DE LA RED. Recuperado el 12 de Enero de 2016
- Carrion, S., & Ronquillo, R. (2012). EPN. Recuperado el 06 de Febrero de 2016 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4853/1/CD-4447.pdf>
- Cataño, A. F. (2010). FTTx - xPON. Recuperado el 06 de Febrero de 2016 de <https://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx+-+xPON>
- cibergeek. (s.f). El Internet en Latinoamérica según Netflix. Recuperado el 05 de Abril de 2016 de <http://cibergeek.com/el-internet-en-latinoamerica-segun-netflix/>
- Distrito de Quito, A. (s.f). Distrito de Quito. Recuperado el 05 de Abril de 2016
- Forouzan. (s.f). Data Communications and Networking. Cuarta Edición.
- GONZÁLEZ ANTONIO, V. J., & VEGA FERNANDO, B. I. (2009). DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO QUE UTILIZA TECNOLOGÍA FTTB CON VDSL2 EN EL SECTOR “LA MARISCAL” DE QUITO. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1181/7/CD-2632.pdf>
- Grosz, D. (s.f). Sistemas de Comunicación por Fibra Óptica de alta capacidad. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015, de <http://184.182.233.153/rid=1LSBNNPQS-Z4S2J9-4JHG/FO.pdf>
- Hispavista. (s.f). CABLE DE FIBRA OPTICA. Recuperado el 06 de 2015, de: <http://modul.galeon.com/aficiones1366320.html>
- Huawei Technologies Co., Ltd. (s.f). Huawei. Recuperado el 06 de Marzo de 2015 de <http://huawei.com/es/products>

- Huawei Technologies Co., Ltd. (s.f). Internal Fundamentos de GPON. Recuperado el 06 de Marzo de 2015 de <http://es.slideshare.net/quereimba/gpon-fundamentos/19>
- IEEE Standard, f. I. (s.f.). IEEE Standard for Information technology 802.3ahTM. Recuperado el 08 de Marzo de 2015, de http://www.ieee802.org/21/doctree/2006_Meeting_Docs/2006-11_meeting_docs/802.3ah-2004.pdf
- INEC. (s.f). INEC. Recuperado el 11 de Noviembre de 2015, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- INTEGRALES, S. S. (2016). RACKS, UPS, ENFRIAMIENTO. Recuperado el 5 de Abril de 2016 p.45
- ITU-T. (s.f). ITU-T Rec. G.657. Recuperado el 06 de Mayo de 2016, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201210-l/es>
- ITU-T. (s.f). ITU-T Rec. G.987.3 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification. Recuperado el 05 de Agosto de 2015
- MALDONADO, D. F. (11 de 08 de 2009). FIBRAS ÓPTICAS. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de FIBRAS ÓPTICAS cuarta edición.
- Mancero, L. (s.f.). SIMULADOR MULTIPLATAFORMA PARA REDES GPON. (págs. 13-26). ESPE. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015
- Marchukov, Y. (2011). Desarrollo de una aplicación gráfica. Recuperado el 06 de Octubre de 2015, de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>
- Matiz, N. (2011). REDES DE FIBRA OPTICA ACTIVAS Y PASIVAS. Recuperado el 05 de Agosto de 2015, de <http://natymatiz.blogspot.com/2011/05/redes-de-fibra-optica-activas-y-pasivas.html>

- Moreton, M. A. (2011). FTTC la mejor solución a todos nuestros problemas. Recuperado el 12 de Septiembre de 2015, de <https://martinmoreton.wordpress.com/2011/11/26/fttc-la-mejor-solucion-a-todos-nuestros-problemas/>
- Moya, J. M. (2006). Redes y Servicios De Telecomunicaciones. Madrid, España: 4ta Edición.
- NetFreaks4. (s.f). Fibra Optica (cortesía de Discovery Channel). Recuperado de 17 de Abril de 2016 de <https://www.youtube.com/watch?v=oOKCqnv4-mo>
- NETLIFE. (s.f). Normas y Regulaciones. Recuperado el 02 de Febrero de 2016, de <http://www.netlife.ec/normas-y-regulaciones/>
- Networking., A. d. (s.f). Apuntes de Networking La fibra óptica (1). Monomodo y Multimodo. Recuperado el 09 de Octubre de 2015 de <http://apuntesdenetworking.blogspot.com/2012/01/la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo.html>
- OPTRAL. (s.f). ADSS FLAT / F2 – Cable Drop ADSS Plano. Recuperado el 05 de Enero de 2016, de <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Cat%20gral%20FTTx.pdf>
- Pabón Taco, D. P. (2009). DISEÑO RED ACCESO GPON PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN EL SECTOR DE LA CAROLINA A TRAVES DE LA RED TVCABLE. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>
- PAREDES, D. (2014). REDES OPTICAS CLASES UDLA, (págs. 13,14). Recuperado el 05 de Enero de 2016
- Paredes, D. (2014). REDES OPTICAS. Clases Redes Opticas UDLA, (págs. 39,40). Recuperado el 05 de Enero de 2016

- PAREDES, D. (2014). REDES OPTICAS., (págs. 21-24). Recuperado el 05 de Enero de 2016
- Pérez, E. (2014). Clases Redes Multiservicio Redes Pon. Redes Pon. Recuperado el 05 de Enero de 2016
- Ramos, M. A. (2016). DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO FTTH-GPON PARA URBANIZACION DE CUMBAYA. Quito: UDLA.
- REVENGA, I. (15 de 04 de 2004). DISTRIBUIDOR DE FIBRA ODF. Recuperado el 2016, de <http://www.revenga.com/np/upload/pdf-fic-20080617125432.pdf>
- Saltos Montaña, A. P. (2011). DISEÑO RED TRONCAL DE FIBRA OPTICA . QUITO, ECUADOR.
- Schnitzler, S. (2004). Fibras ópticas. Obtenido de Ventanas y Laser: <http://www.yio.com.ar/fo/ventanas.html>
- Telecomunicaciones, V. d. (2012). Redes Ópticas Pasivas (PON). Obtenido de <http://www.viatelperu.com/viatel/index.php/products/2012-12-07-20-08-33>
- TOMASI. (2011). Sistemas de comunicaciones electrónicas. MÉXICO: CUARTA EDICIÓN.
- UANL, U. A. (s.f). FISICA MODERNA TEMA:OPTICA. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de <http://fisica-moderna.jimdo.com/%C3%B3ptica/>
- UIT-T, C. d. (s.f). UIT-T Rec. G.652 (10/2000) Características de un cable de fibra óptica monomodo. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200010-S/es>
- UIT-T, C. d. (s.f). G.655 : Características de las fibras y cables ópticos monomodo. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200911-I/es>

VIAETEL. (2010). Redes Ópticas Pasivas (/PON). Recuperado el 23 de Diciembre de 2015, de [http://www.viatelperu.com/viatel/index.php/products/2012-12-07-20-08-](http://www.viatelperu.com/viatel/index.php/products/2012-12-07-20-08-33)

33

ANEXOS

ANEXOS

1. ANEXO A ENCUESTA DE DEMANDA DEL SERVICIO
2. ANEXO B ESTANDAR IEEE 802.3 ah
3. ANEXO C Figura 44. Sector de Cdla. Consejo Provincial donde se va a realizar el diseño de red dividido en Áreas. PAG 72
4. ANEXO D Figura 47. Diseño red de acceso GEPON FTTH en el Consejo provincial Primer Sector con su simbología. PAG 86
5. ANEXO E Figura 48. Detalle de cuarto de equipos en el sector. PAG 94
6. ANEXO F Catálogos de productos EQUIPOS PASIVOS Y ACTIVOS
7. ANEXO G Catálogo de cuarto de equipos.
8. ANEXO H Proformas por parte de los proveedores.

Encuesta

Recopilación de información de la demanda de servicios de telecomunicaciones en la parroquia El Condado, Cdla. Consejo provincial en la Ciudad de Quito:

Responda con una X las siguientes preguntas:

1. ¿Qué proveedor de Internet tiene contratado?

<input type="checkbox"/>	NETLIFE	<input type="checkbox"/>	CLARO
<input type="checkbox"/>	CNT	<input type="checkbox"/>	TVCABLE
<input type="checkbox"/>	PUNTONET		

2. ¿Con qué servicios de telecomunicaciones usted cuenta?

<input type="checkbox"/>	TELEVISION
<input type="checkbox"/>	INTERNET
<input type="checkbox"/>	TELEFONIA

3. ¿Qué proveedor de Telefonía tiene contratado?

<input type="checkbox"/>	CNT
<input type="checkbox"/>	TVCABLE
<input type="checkbox"/>	CLARO

4. ¿Conoce el medio de transmisión Fibra óptica?

<input type="checkbox"/>	SI
<input type="checkbox"/>	NO

IEEE Access Standards, 802.3ah GE-PON Status

Gerry Pesavento

gerry.pesavento@teknovus.com

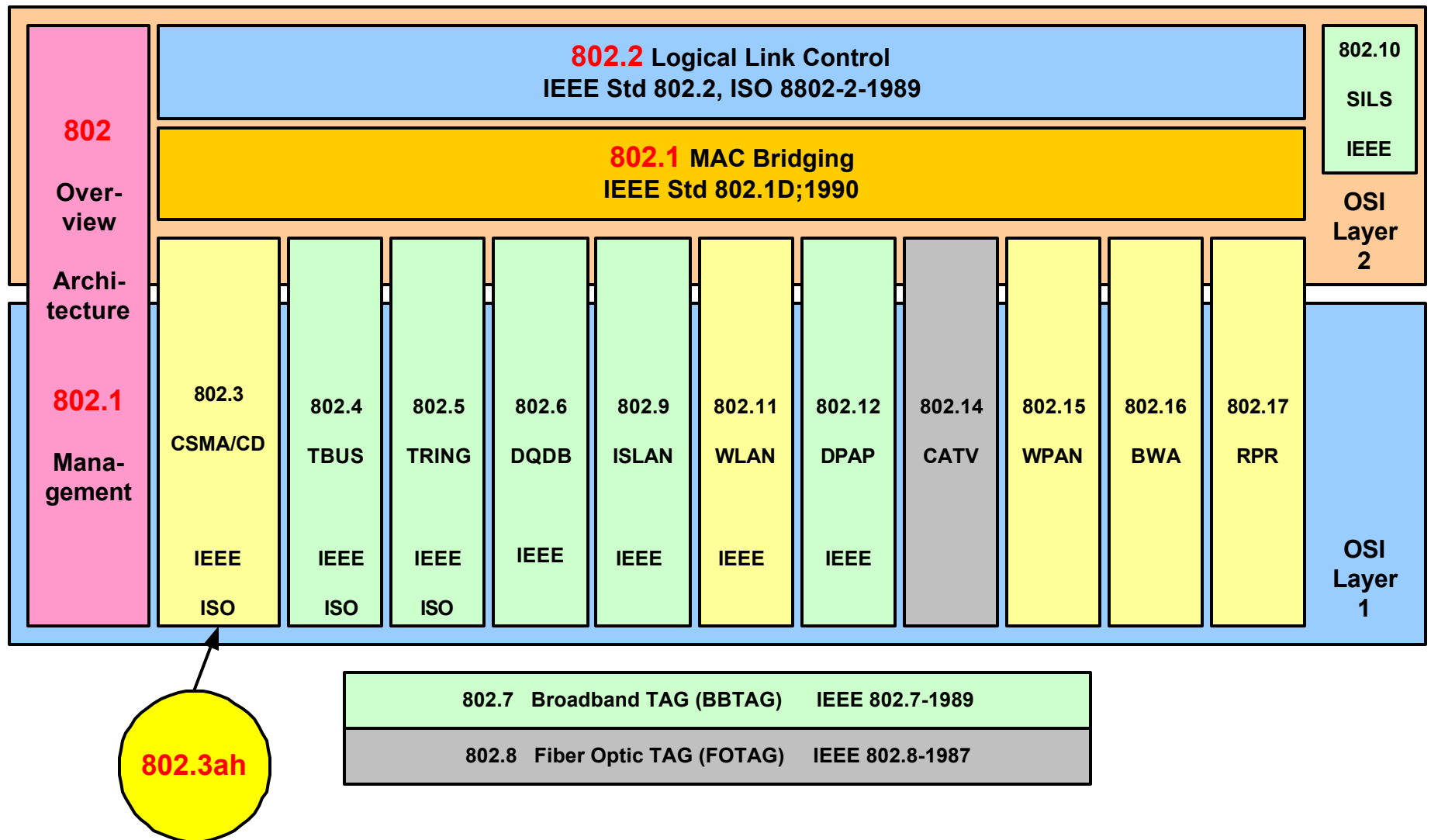
JC Kuo

jc.kuo@teknovus.com

Tetsu Koyama

tetsu_koyama@el.nec.com

802.3ah Task Force in 802

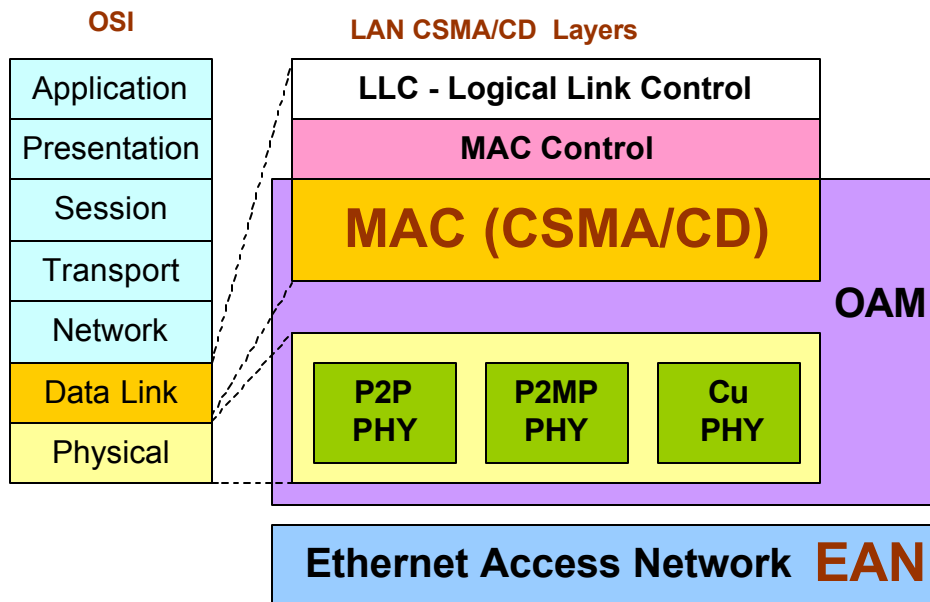


802.3ah Purpose and Scope

Purpose

To expand the application of Ethernet to include subscriber access networks in order to provide a significant increase in performance while minimizing equipment, operation, and maintenance costs.

Scope



Define 802.3 Media Access Control (MAC) parameters and minimal augmentation of MAC operation, physical layer specifications, and management parameters for the transfer of 802.3 format frames in subscriber access networks at operating speeds within the scope of the current IEEE Std 802.3 and approved new projects

802.3ah Objectives

Support subscriber access network topologies:

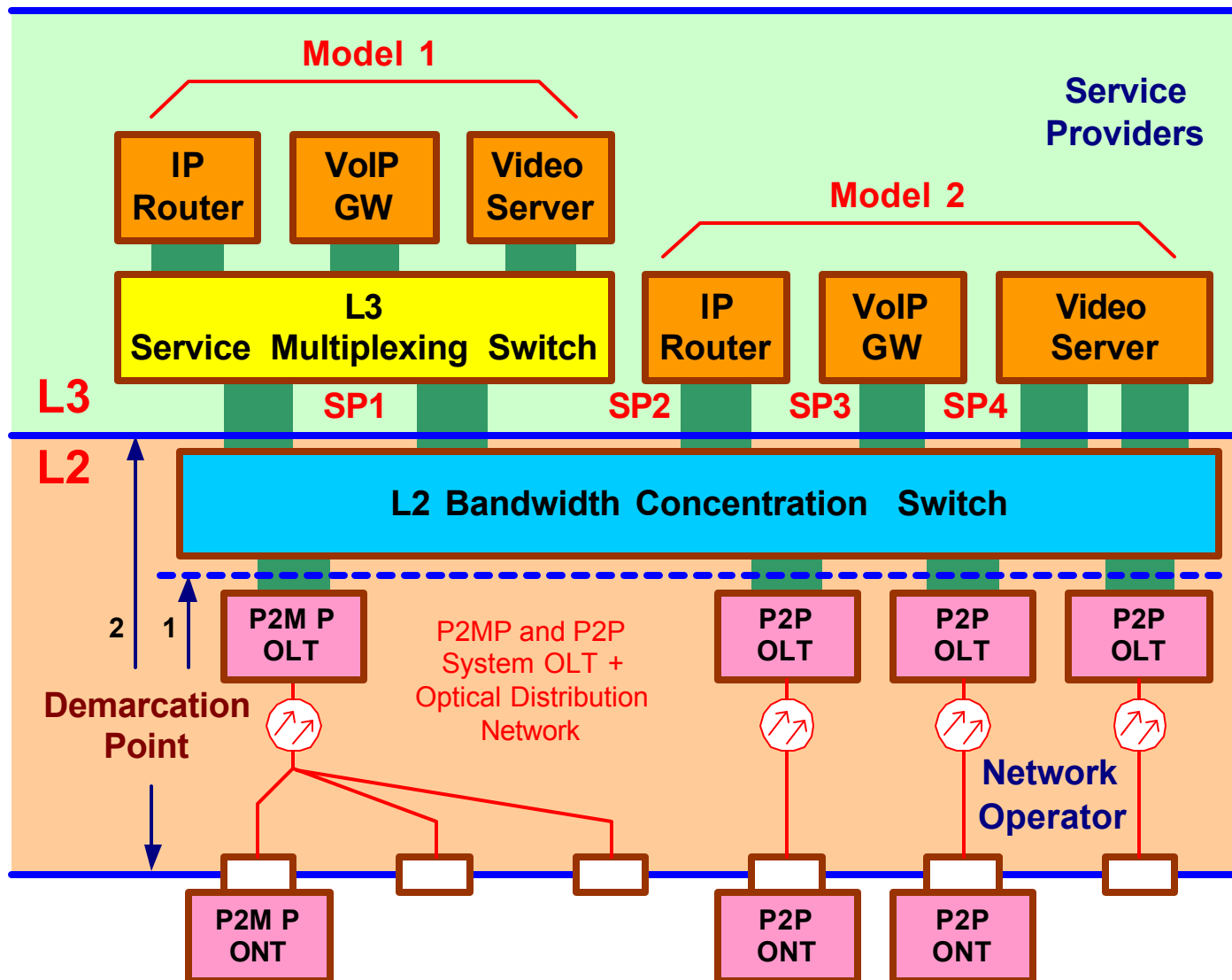
- Point to multipoint on optical fiber
- Point to point on optical fiber
- Point to point on copper

Provide a family of physical layer specifications:

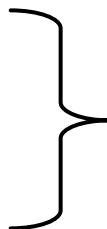
- 1000BASE-LX extended temperature range optics
- 1000BASE-X \geq 10km over single SM fiber
- 100BASE-X \geq 10km over single SM fiber
- PHY for PON, \geq 10km, 1000Mbps, single SM fiber, \geq 1:16
- PHY for PON, \geq 20km, 1000Mbps, single SM fiber, \geq 1:16
- PHY for single pair non-loaded voice grade copper, distance \geq 750m and speed \geq 10Mbps full duplex

(802.3ah Objectives are as of May 2002)

Optical Ethernet First Mile



Not included in 802.3ah EPON

- Bandwidth allocation algorithm (DBA)
 - TDM and ATM support
 - Security, Authentication
 - WDM Overlay Plan
 - Analog Video
 - Outside Plant
 - Protection, Diagnostics, Monitoring
- 
- Reference FSAN

Focus is P2MP Ethernet (narrow scope)

Multi-Point Control Protocol (MPCP)

- EPON uses Multi-Point Control Protocol (MPCP) to control Point-to-Multipoint (P2MP) fiber network
- MPCP performs bandwidth assignment, bandwidth polling, auto-discovery process and ranging, and is implemented in the MAC Control Layer.
- New 64 byte MAC Control messages are introduced. GATE and REPORT are used to assign and request bandwidth. REGISTER messages are used to control the auto-discovery process.
- MPCP provides hooks for network resource optimization:
 - ranging is performed to reduce slack
 - reporting of bandwidth requirements by ONTs for DBA
 - optical parameters are negotiated to optimize performance

ONT and OLT Operation

ONT

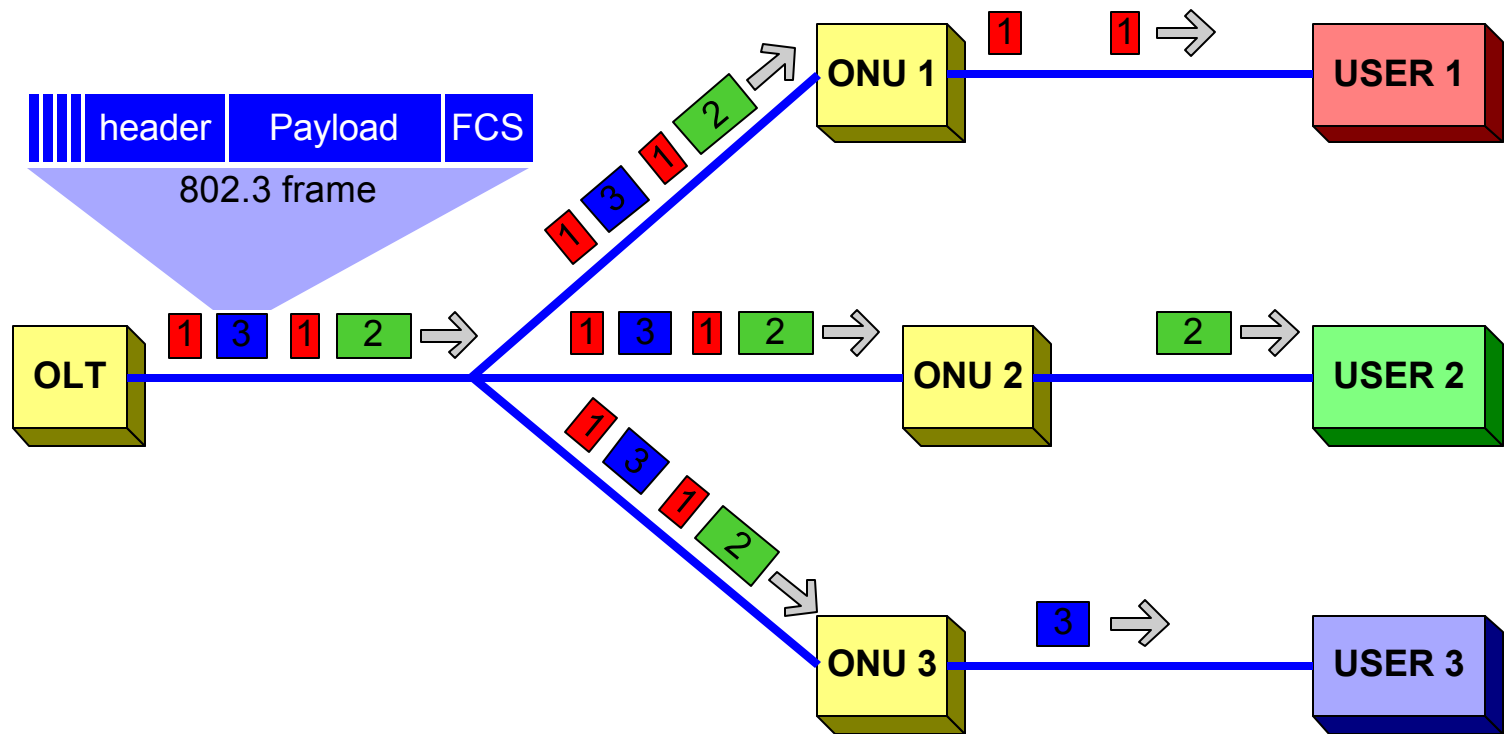
- performs auto-discovery process which includes ranging, assignment of Logical Link Ids, assignment of bandwidth
- synchronizes to OLT timing through timestamps on the downstream GATE MAC Control Message
- receives GATE Message and transmits in permitted time period

OLT

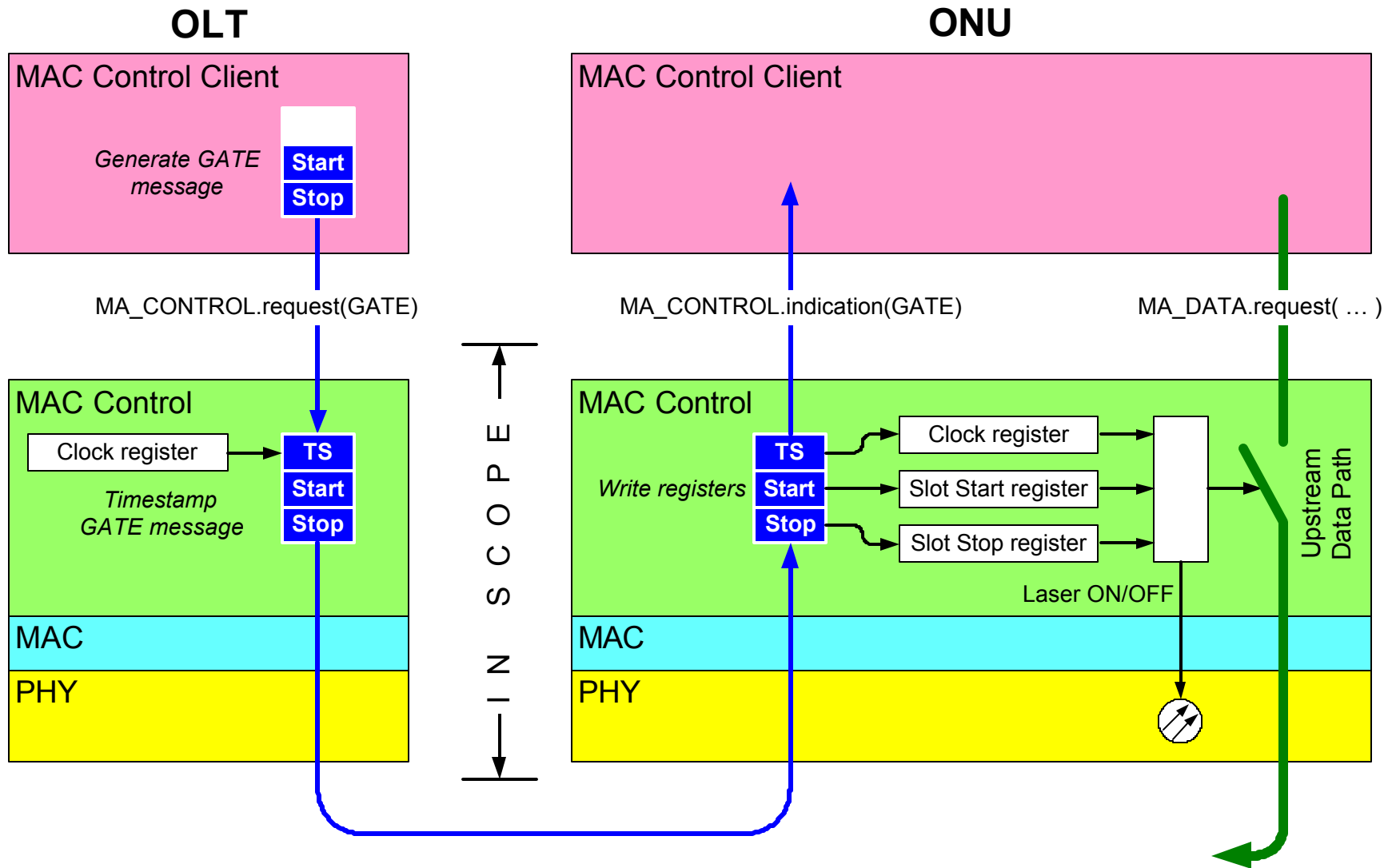
- generates time stamped messages to be used as global time reference
- generates discovery windows for new ONTs, and controls registration process
- assigns bandwidth and performs ranging

EPON Downstream

- Physical broadcast of 802.3 Frames
- 802.3 Frames extracted by Logical Link ID in Preamble
- 64 byte GATE messages sent downstream to assign bandwidth

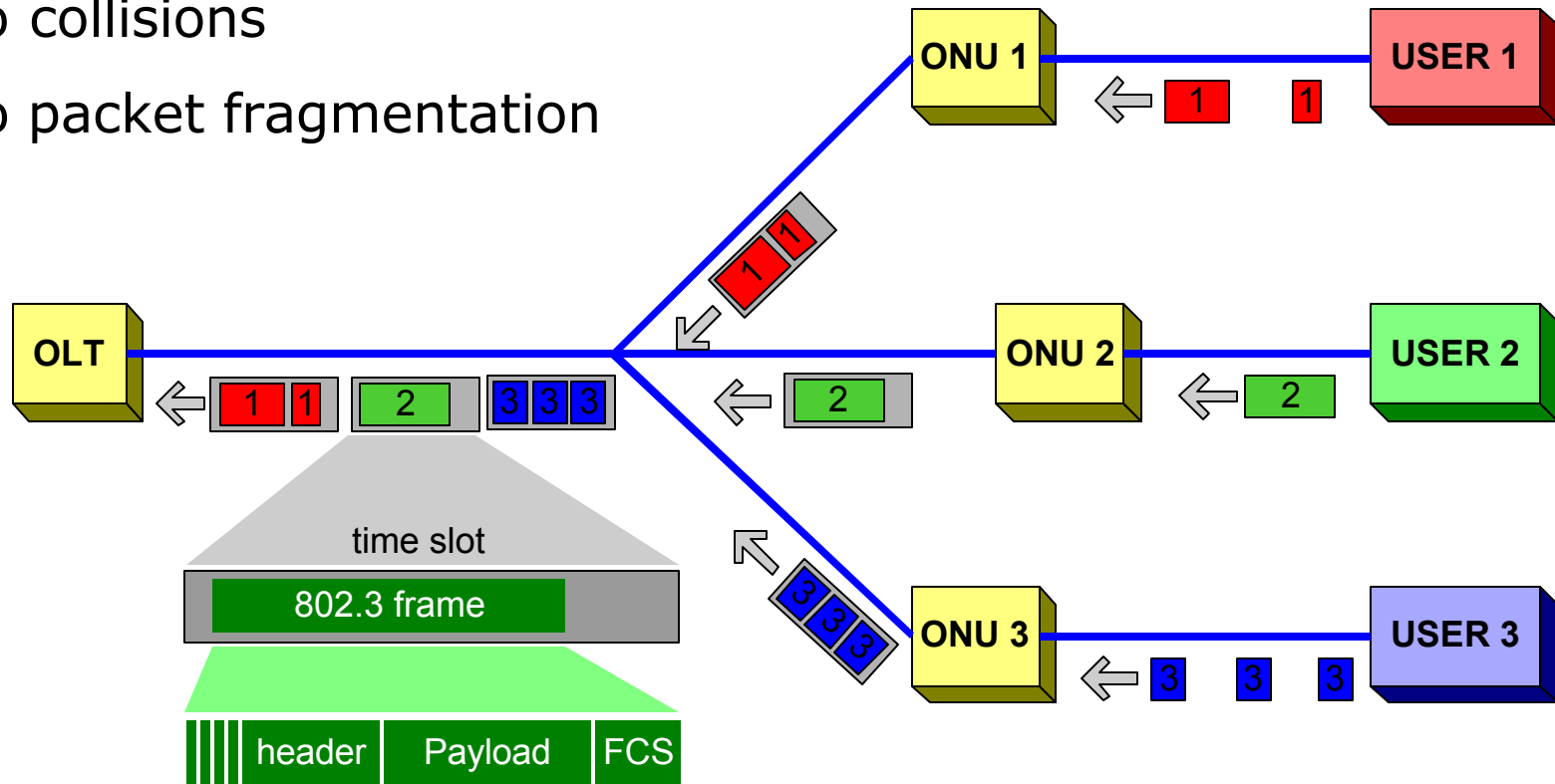


EPON Downstream: GATE Message

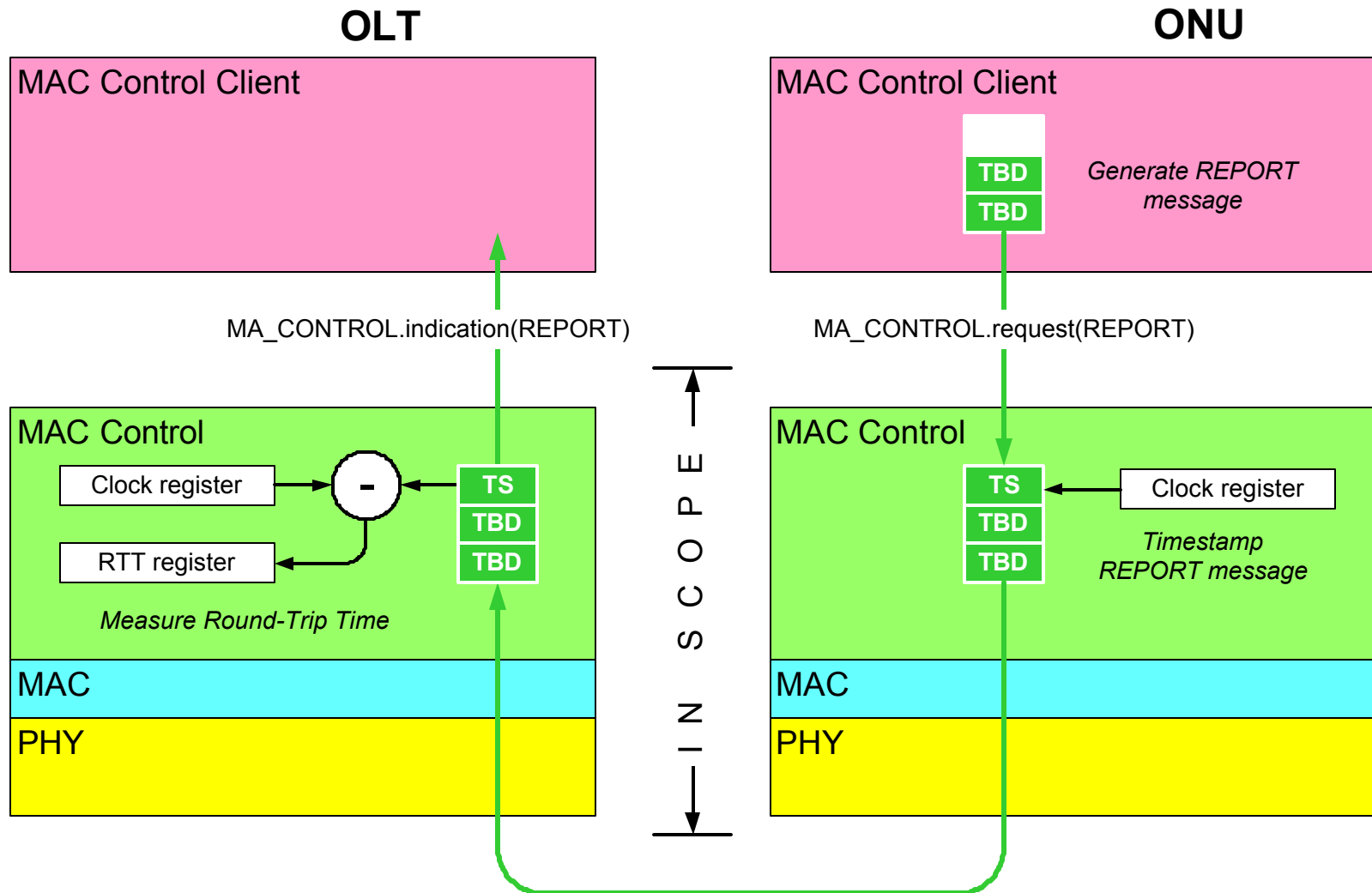


EPON Upstream

- Upstream control managed by MPCP protocol
- Time slots contains multiple 802.3 Ethernet frames
- 64 byte REPORT Message sends ONU state to OLT
- No collisions
- No packet fragmentation

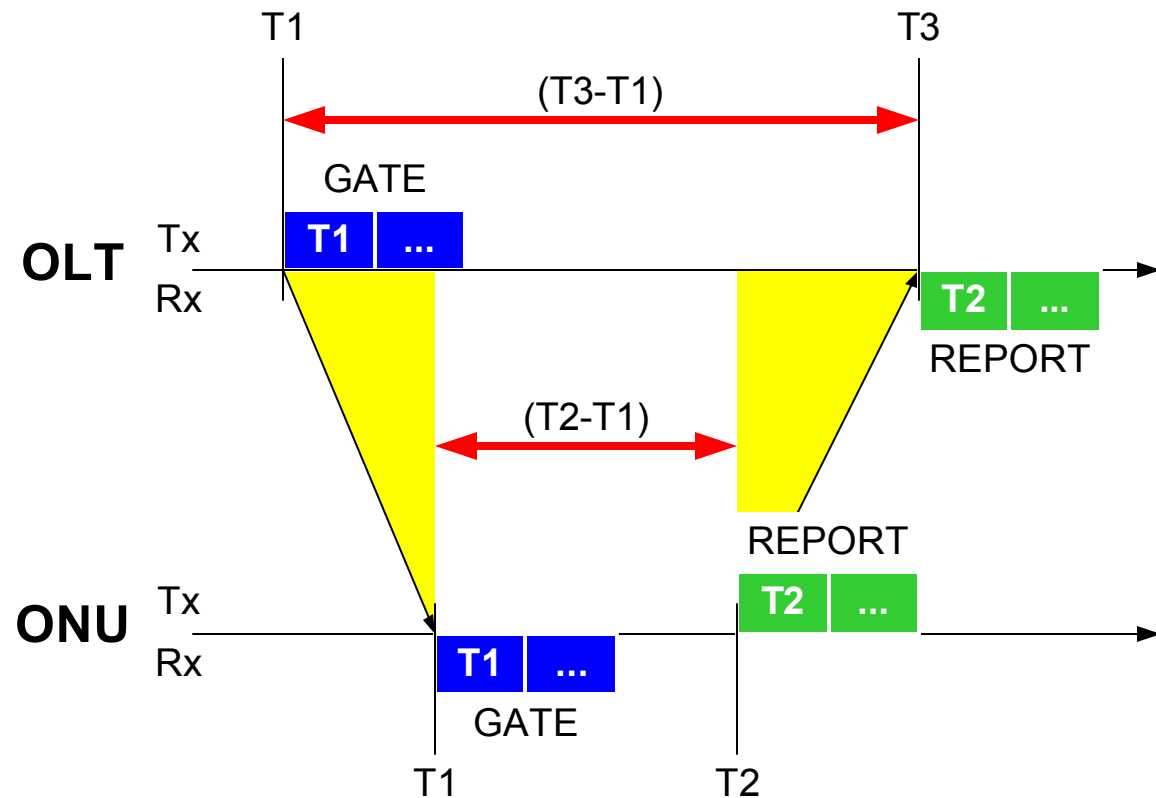


EPON Upstream: REPORT Message



RTT Measurement

1. OLT sends GATE at T1
2. ONU receives GATE at T1
3. ONU sends REPORT at T2
4. OLT receives REPORT at T3
5. OLT calculates $RTT = T3 - T2$



$$RTT = (T3 - T1) - (T2 - T1) = T3 - T2$$

Summary

- EPON specification will include Multi-Point Control Protocol, Point-to-Point Emulation, and two PMDs for 10 and 20 km using 1490/1310 nm.
- Several issues are outstanding and are being discussed, including hooks for security and authentication. Consensus layer model anticipated to be approved this week in Vancouver.
- 802.3ah EPON standard moving to Draft phase July 2002. EFM standards anticipated by September 2003
- ITU-T G.983 documents have been provided to 802.3ah

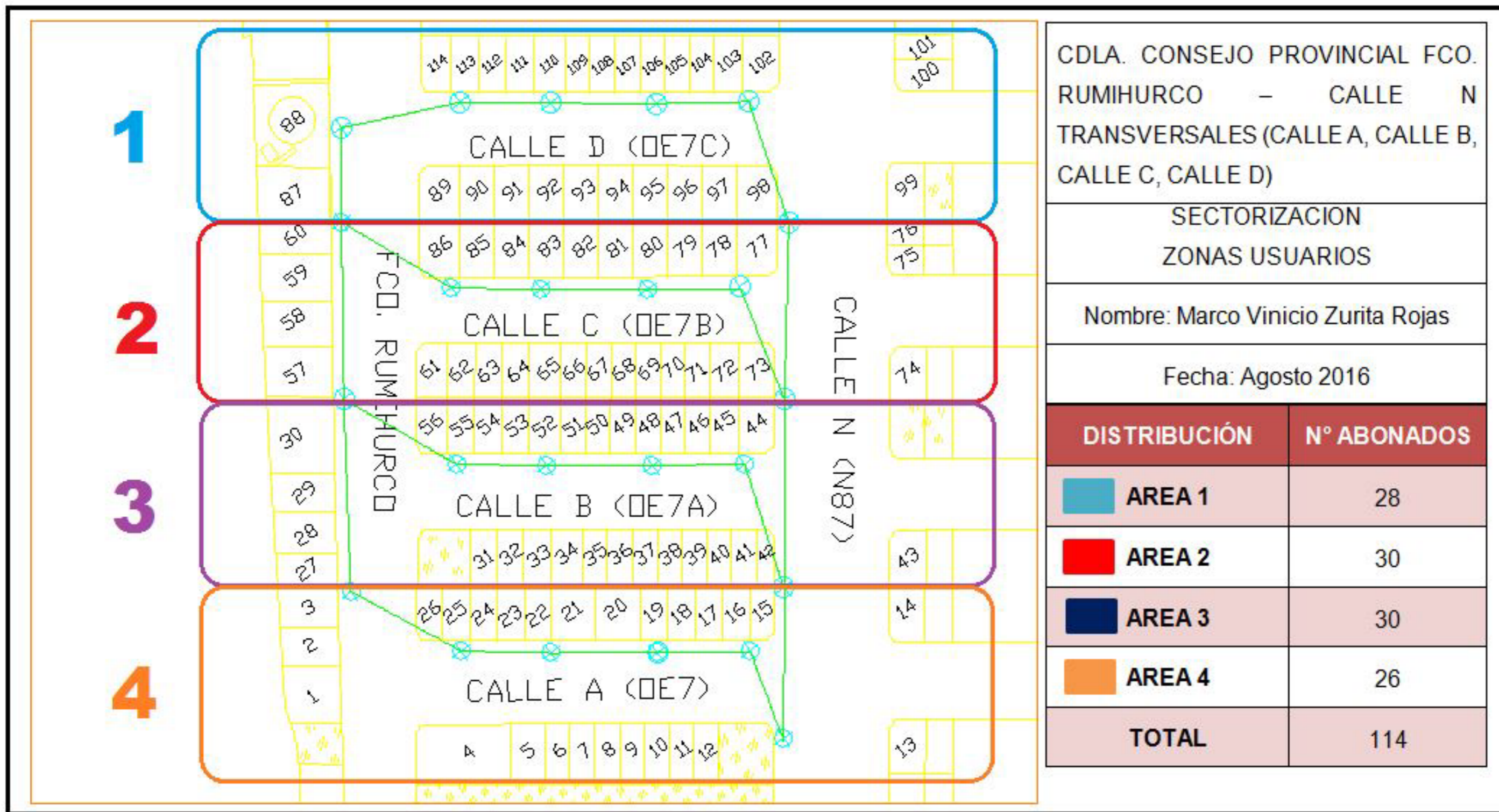
802.3ah Information

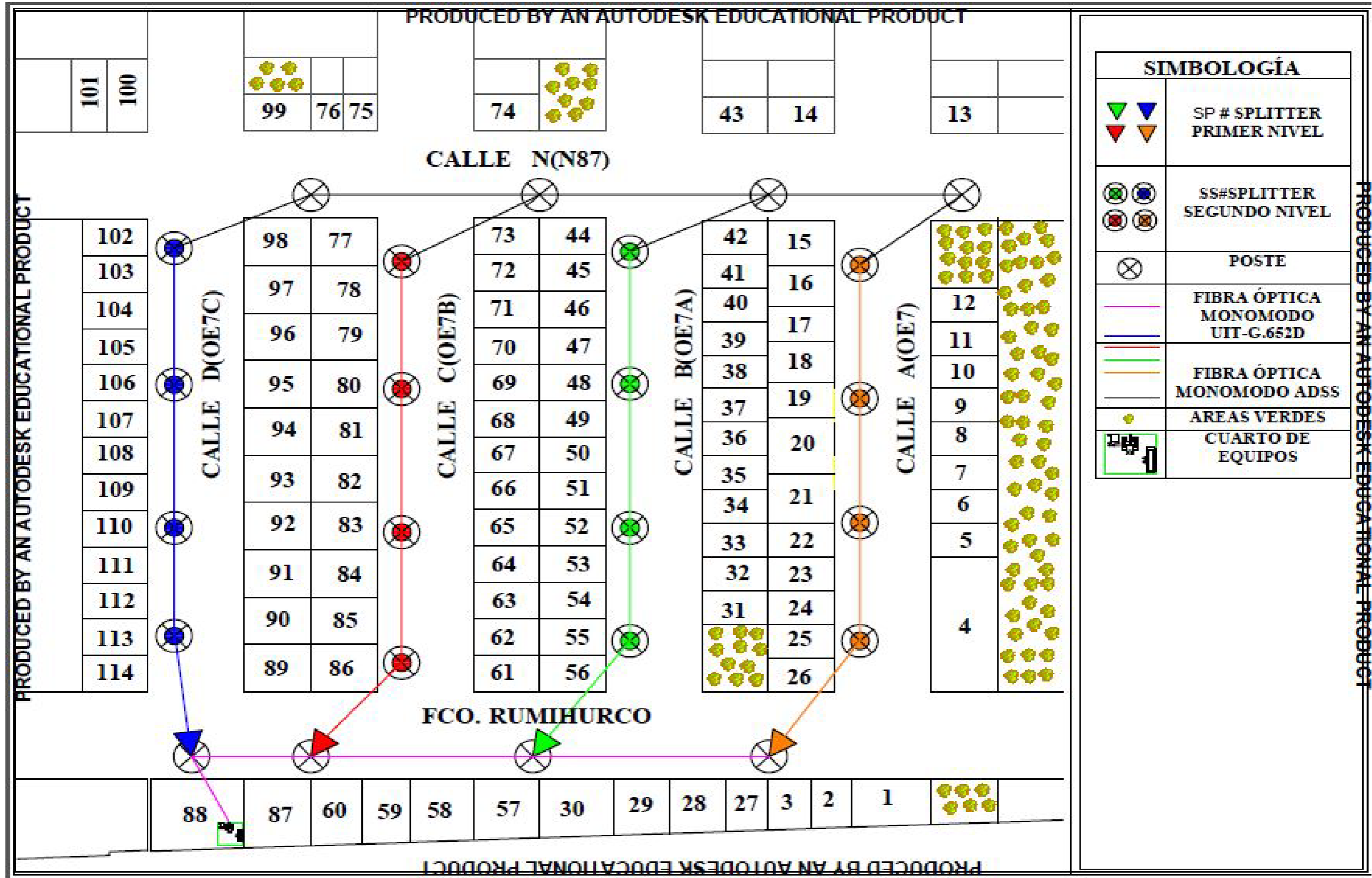
802.3ah Ethernet First Mile Task Force

<http://www.ieee802.org/3/efm/>

802.3ah Baseline Technical Proposals

<http://www.ieee802.org/3/efm/baseline/index.html>





PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

88



87

60

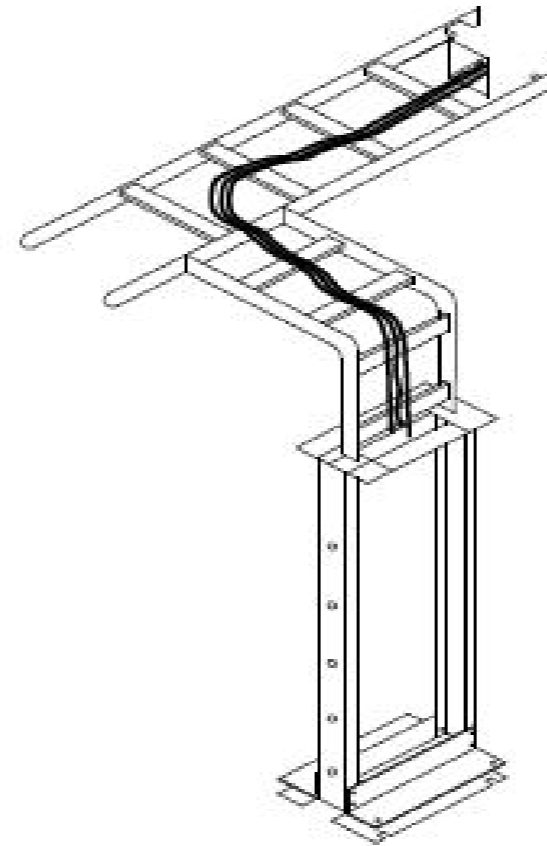
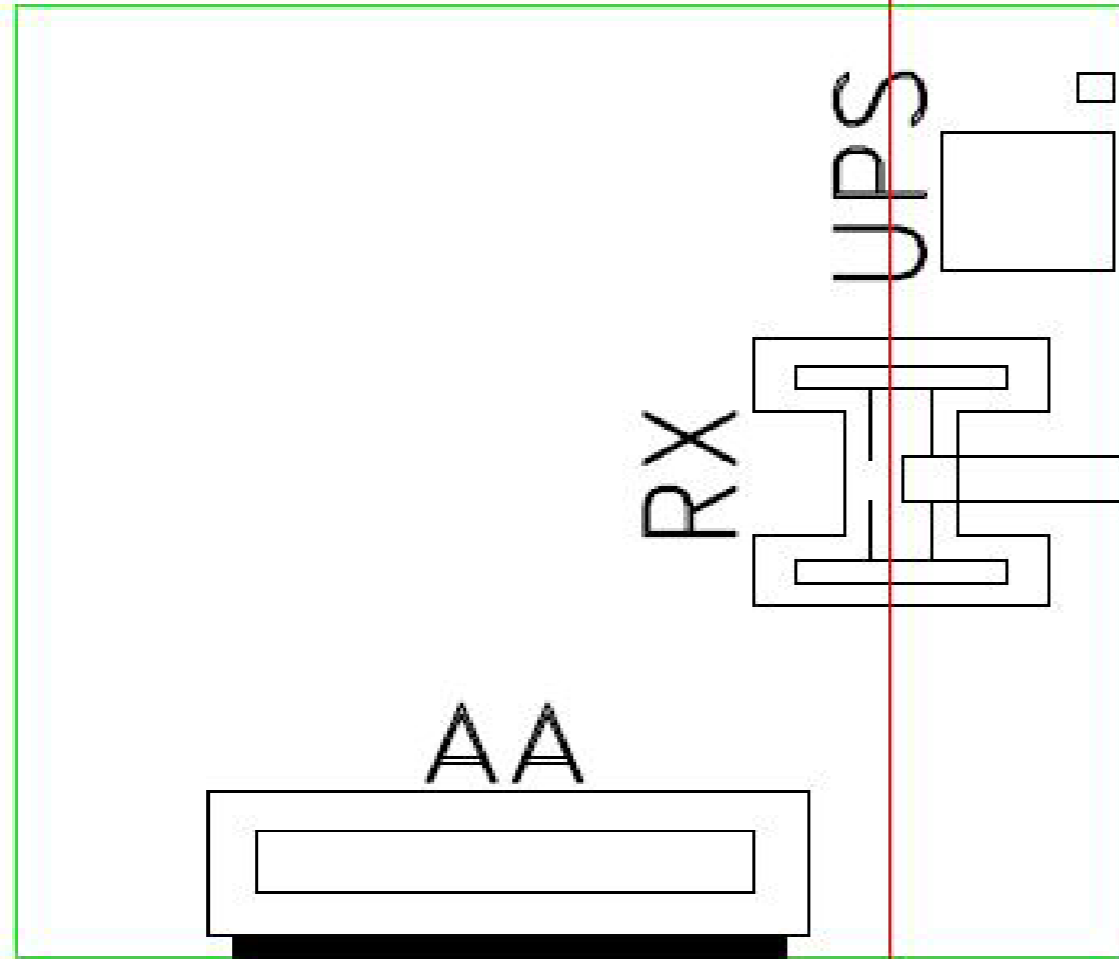
59

58

57

DETALLES CUARTO DE EQUIPOS

SIMBOLOGÍA	
UPS	Tipos torre
RX	Rack metálico abierto modelo 44UR
AA	Aire Acondicionado tipo SPLIT



RACK 44UR

Localización: Consejo Provincial
Nombre Plano: CUARTO DE EQUIPOS

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT