

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TÍTULO:  
MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR:  
TOSCANO MORAN, FAUSTO EDUARDO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:  
"DISEÑO DE UNA RED G/PON PARA EL CANTON  
MARCELINO MARIDUEÑA EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS**

**TUTOR:  
ROMERO PAZ, MANUEL ING. MSC**

**Guayaquil, Ecuador  
2016**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Fausto Eduardo Toscano Moran** como requerimiento para la obtención del Título de **Magister en Telecomunicaciones**

**TUTOR**

**Manuel Romero Paz, Ing. Msc.**

**DIRECTOR DE LA MAESTRÍA**

**Manuel Romero Paz, Ing. Msc.**

**Guayaquil, a los nueve días del mes de marzo del año 2016**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Fausto Eduardo Toscano Moran

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, "**Diseño de una Red G/PON para el Cantón Marcelino Maridueña en la Provincia del Guayas**", previo a la obtención del Título de **Magister en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

**Guayaquil, a los nueve días del mes de marzo del año 2016**

**EL AUTOR**

---

**Fausto Eduardo Toscano Moran**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Fausto Eduardo Toscano Moran**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Diseño de una Red G/PON para el Cantón Marcelino Maridueña en la Provincia del Guayas”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los nueve días del mes de marzo del año 2016**

**EL AUTOR:**

---

**Fausto Eduardo Toscano Moran**

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente a Dios, por darnos la fortaleza a todos aquellos que creen en su hijo, por haberme ayudado a suministrar los recursos que se requieren para iniciar y terminar el estudio de postgrado en esta prestigiosa institución que es UCSG, además de haberme concedido la constancia, perseverancia y dedicación que se los he pedido en los momentos críticos que me he encontrado. “Gracias te doy JEHOVA en el nombre de tu hijo JESUS”.*

*A mi familia: esposa e hijas, que me han motivado, a fin de que culmine este proyecto y han estado apoyándome siempre, deben saber que me han sido mi inspiración.*

*Un agradecimiento a la UCSG” por haberme acogido en sus aulas Y proporcionarme el conocimiento posible para que este proyecto se convierta en realidad.*

*A mis compañeros y amigos del postgrado que me acompañaron en el tiempo que duro el estudio, por el sincero apoyo que me dieron algunos de ellos.*

*A mis profesores a lo largo de toda mi estudio de postgrado, Y en especial al director de postgrado de la UCSG ing. Manuel Romero, por su colaboración y ayuda voluntaria para conmigo en la culminación de este proyecto.*

## DEDICATORIA

*Dedicatoria principal a Dios, ya que sin su ayuda nada es posible ya que todo se realiza bajo su voluntad, y por qué me encomiendo a EL en mis oraciones para todo proyecto que empiezo y siempre esta cuando más lo necesito.*

*A mi esposa Daisy y a mi dos hijas Daisy Adriana y Mafer que me Apoyaron mucho, y forman parte de este logro que agranda mi desarrollo profesional.*

*A mis padres que cada vez que los veo me siguen dando consejos e ideas para el bienestar de mi familia y son parte de mi formación profesional.*

## RESUMEN

El proyecto muestra el diseño de una red de Fibra óptica FTTH para el cantón Marcelino Maridueña, utilizando la infraestructura de Planta externa que posee la CNT EP en el cantón, como son su canalización, postería, etc. Luego realizamos un censo de abonados para determinar el número de personas actuales y futuras que requerirán servicios de comunicaciones, el diseño propuesto es una ODN con arquitectura de red tipo árbol, con la OLT ubicada en la C.O de la CNT EP, de forma tal que se dividió la ciudad en zonas cuyos límites se reflejan en el plano.

La arquitectura propuesta se compone de un tramo inicial de fibra óptica denominada feeder, donde se encuentra la primera etapa de Splitter de relación 1:4, ubicados en los FDH (armarios). A continuación viene un segundo tramo de fibra, que termina con la segunda etapa de Splitter 1:8 colocadas en las NAPs de distribución en las cuadras donde se ubican los clientes, se realiza los cálculos teóricos de potencia a fin de que cumpla los estándares requeridos, luego se analizó la configuración del sistema, y su aspecto económico con el fin de ver la implementación y explotación de la red en un futuro cercano.

## **ABSTRACT**

This Project shows a design of an optic fiber network FTTH in the canton Marcelino Maridueña, using an outside plant infrastructure that CNT EP has in the canton, such as canalizations, posts, etc. Then we did a census of subscribers to determine the current number of people that uses the service and the ones that will require communications services. The design proposed is an ODN with an architecture tree type network, with the OLT which is located on CNT EP main office, where the city was divided into zones whose limits are reflected in the map.

The architecture proposed is composed of an initial stretch of optic fiber denominated feeder, where the first stage of splitter is found of relation 1:4, located in the FDH (cabinet). The second stretch continues with the fiber that ends with the second stage of the splitter 1:8 placed on the NAPS of distribution in the blocks where the clients are. Theoretical calculations of power are made in order to meet the required standard. System configuration is also analyzed, as well the economic aspect to see the implementation and operation of the network in the near future.

<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	pag.
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
<b>CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO	3
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	4
1.3.1 Problema	4
1.4 OBJETO	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Específicos	4
<b>CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1. TECNOLOGIA PON	5
2.1.1 Concepto de red PON	5
2.1.2 Componentes de una red PON	5
2.2. FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON	6
2.2.1 Modo de transición PON (Downstream).	6
2.2.2 Modo de transmisión PON (Upstream).	7
2.3 REDES APON/BPON	7
2.4 REDES EPON	8
2.5 REDES GPON	8
2.6 QUE ES FTTx	9
2.7. ELEMENTOS QUE DETERMINAN LA TOPOLOGIA DE LA RED FTTx	9
2.8. TOPOLOGÍA FTTX	9
2.8.1 Fibra hasta el Nodo	9
2.8.2 Fibra hasta la Curba	9
2.8.3 Fibra hasta el edificio	9
2.8.4 Fibra hasta la casa	9
2.9 PARÁMETROS BÁSICOS DE RENDIMIENTO	11
2.10. DIVERSAS TECNOLOGÍAS APLICADAS EN REDES FTTH/GPON	12
2.10.1 GEM: GPON Método de Encapsulación	13
2.10.2 Asignación Dinámica de Ancho de Banda	14
2.10.3 Multiplexacion por División de Onda: WDM.	14
2.10.4 Forward Error Correction (FEC).	14

<b>CAPITULO 3: DISEÑO DE RED DE FIBRA OPTICA EN M. MARIDUEÑA</b>	<b>16</b>
3.1. DATOS GENERALES Y SITUACION GEOGRAFICA DE M.M	16
3.1.2 Estudio de la Demanda	17
3.2 MODELO DE LA RED A DISEÑAR	18
3.3. DESCRIPCION DE COMPONENTES DE LA RED A DISEÑAR	19
3.3.1 OLT Terminal de Línea Óptico	19
3.3.2 ODN Red de Distribución Óptica	20
3.3.2.1 ODF	21
3.3.2.2 Cable FEEDER	21
3.3.2.3 Cable de Distribución	21
3.3.2.4 Splitter.	22
3.3.2.5 Cajas terminales.	22
3.3.2.6 Conectores.	23
3.3.2.7 ONT	23
3.4. ANTECEDENTES BASICOS PARA EL CÁLCULO DE UN ENLACE DE UNA RED GPON.	23
3.4.1 Valores teóricos definidos en base a las normas y antecedentes	25
3.4.1.1 Valores Umbral en la OLT	25
3.4.1.2 Valores Umbral en la ONT	26
3.4.2 Perdidas por Splitter	26
3.4.3 Perdidas por inserción	26
3.4.4 Distancia de la red	27
3.4.5 Atenuación	27
3.5 PARAMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑOS DE UNA RED GPON.	27
3.5.1 Longitud de la fibra óptica.	27
3.5.2 Niveles, razón de división y tipos de Splitter.	27
3.6 DISEÑO DE LARED	28
3.6.1 Dimensión y términos a considerar en el diseño de la red	28
3.6.2 Censo de abonados	29
3.6.3 Diseño de la red de dispersión	31
3.7 DISTRIBUCION DE LA RED EN CADA ZONA	37
3.7.1 Zona 1	37
3.7.2 Zona 2	38
3.7.3 Zona 3	39
3.7.4 Zona 4	39
3.7.5 Zona 5	40
3.7.6 Zona 6	41
3.7.7 Zona 7	41
3.8 RED FEEDER	42
3.8.1 Red Feeder 01	43
3.8.2 Red Feeder 02	43
3.9 CALCULOS PERTINENTES AL DISEÑO	44
3.9.1 Dimensionamientos de los equipos	44
3.9.2 Ventanas de transmisión.	45
3.9.3 Cálculo de la Atenuacion de la Red	45
3.9.3.1 Cálculo de Af.	47
3.9.3.2 Cálculo de Ao.	47
3.9.3.3 Cálculo de As4	48
3.9.3.4 Cálculo de As8.	48
3.9.3.5 Cálculo de Ar.	48
3.9.3.6 Cálculo de Aont	48

<b>CAPITULO 4</b>	<b>CÁLCULO DEL COSTO DE LA ODN</b>	<b>49</b>
4.1	COSTO DE LA ODN	49
4.1.1	Costos Unitarios	49
4.1.2.	Equipos a utilizar en la red diseñada.	49
4.1.2.1	OLT	49
4.1.2.2	ONT	50
4.1.2.3	Splitter	50
4.1.2.4	Mangas	51
4.1.2.5	ODF	52
4.1.2.6	Conectores	53
4.1.2.7	Caja NAP	53
4.1.2.8	FDH	54
4.1.2.9	Cables de F.O	55
4.1.3	Presupuesto Referencial de la ODN	55
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	65
	ANEXOS	67
	GLOSARIO	68
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

## INDICE DE TABLAS

Tabla. 1	Valores estándar de una red Gpon	25
Tabla. 2	Valores estándar de la OLT	25
Tabla. 3	Valores estándar de la ONT	26
Tabla. 4	Perdidas por tipo de Splitter	26
Tabla. 5	Datos del censo zona 1	32
Tabla. 6	Datos del censo zona 2	33
Tabla. 7	Datos del censo zona 3	33
Tabla. 8	Datos del censo zona 7	34
Tabla. 9	Datos del censo zona 6	35
Tabla. 10	Datos del censo zona 5	35
Tabla. 11	Datos del censo zona 4	36
Tabla. 12	Longitud de onda que corresponde a cada ventana	45
Tabla. 13	Costo de la red de distribución zona 1 DTH 01	56
Tabla. 14	Costo de la red de distribución zona 2 DTH 02	57
Tabla. 15	Costo de la red de distribución zona 3 DTH 03	58
Tabla. 16	Costo de la red de distribución zona 4 DTH 04	59
Tabla. 17	Costo de la red de distribución zona 5 DTH 05	60
Tabla. 18	Costo de la red de distribución zona 6 DTH 06	61
Tabla. 19	Costo de la red de distribución zona 7 DTH 07	62
Tabla.20	Costo de la red Feeder	63
Tabla. 21	Resumen del Costo	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1.	Esquema de bloques de una red PON y sus componentes	6
Figura. 2.2. (a)	Transmisión Downstream	6
Figura. 2.2. (b)	Transmisión Upstream	7
Figura. 2.3. (a)	Topologías FTTX	10
Figura. 2.3. (b)	Ejemplos de Topologías FTTX	10
Figura. 2.4	FEC	15
Figura. 3.1.	Límites del cantón Marcelino Maridueña	16
Figura. 3.2	Porcentaje en el mercado de los mayores prestadores de Servicios portadores	17
Figura. 3.3	Diagrama de trabajo de una red PON	18
Figura. 3.4.	Esquema de bloques de una red PON	19
Figura. 3.5	Diagrama de una OLT	20
Figura. 3.6	Esquema de los elementos de la red PON a diseñar	21
Figura. 3.7	Diagrama de un Splitter óptico	22
Figura. 3.8	ONT	23
Figura. 3.9	Código de colores norma TIA 598C	24
Figura. 3.10	Formato del censo de abonados	30
Figura. 3.11	Detalle del censo de abonado en una manzana	30
Figura. 3.12	Fotografía en Gogle Earth de Marcelino Maridueña	31
Figura. 3.13	Distribución de cajas NAP zona 1	38
Figura. 3.14	Distribución de cajas NAP zona 2	38
Figura. 3.15	Distribución de cajas NAP zona 3	39
Figura. 3.16	Distribución de cajas NAP zona 4	40
Figura. 3.17	Distribución de cajas NAP zona 5	40
Figura. 3.18	Distribución de cajas NAP zona 6	41
Figura. 3.19	Distribución de cajas NAP zona 7	42
Figura. 3.20	Diagrama de bloque de puntos de Atenuacion	46
Figura. 4.1	Fotografía de una ONT	50
Figura. 4.2	Fotografía de un Splitter	51
Figura. 4.3	Fotografía de una Manga subterránea	51
Figura. 4.4	Fotografía de un ODF de 12 F.O	52
Figura. 4.5	Fotografía de Conectores de campo	53
Figura. 4.6	Fotografía de una NAP aérea	54
Figura. 4.7	Fotografía de un FDH	54
Figura. 4.8	Fotografía Cable de 48F. (Tendido)	55

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES.

En la actualidad, como es de conocimiento público el mundo de las telecomunicaciones ha tenido un desarrollo vertiginoso y esta ha venido desarrollándose a la par con la tecnología que también avanza a pasos agigantados beneficiando a la sociedad en que vivimos. Este desarrollo tecnológico de la comunicaciones hacen que cada día sea más fácil comunicarse desde el país o continente donde se encuentre, y de la misma forma se puede enviar información instantánea como correos, fotos, videos, etc. tan solo haciendo un click y recibirla en cuestión de segundos, esto ha sido posible ya que los medios de comunicación han venido desarrollándose con el tiempo, de tal manera que hoy en día incluimos el audio y video en la simple platica telefónica, gracias al desarrollo constante tanto en la transmisión de datos como en las redes de comunicación.

A medida que ha ido pasando el tiempo, los requerimientos para las redes de comunicación han ido aumentando, es por ello que se ha ido investigado para encontrar medios de propagación físicos que logren aumentar las capacidades de transmisión de forma segura y con baja interferencia, uno de esos medios encontrados es la Fibra Óptica que en poco más de 10 años se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión de información. Este novedoso material vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad en la transmisión y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción que se realicen por este medio tales como: mensajes de texto (SMS), correo electrónico (e mail), navegación por internet, videoconferencia, voz sobre IP (VoIP) y muchas aplicaciones más que ya son parte de la vida diaria de cualquier persona.

Con el correr del tiempo se ha desarrollado varios tipos de redes con Fibra Óptica

como medio de transporte, con el fin de mejorar la gran cantidad de información que se puede enviar a mayor velocidad de transmisión. Una de las tecnologías de redes con Fibra Óptica implementadas son las redes FTTx que es una expresión genérica para asignar arquitecturas de redes de transmisión, basadas en tecnología óptica, el acrónimo FTTX es conocido ampliamente como Fiber-to-the-x, donde x puede ser distinto destino, tales como: Fibra hasta el nodo (FTTN), Fibra hasta el armario o gabinete (FTTC), Fibra hasta el edificio o apartamento (FTTB), y Fibra hasta el hogar o casa (FTTH).

El tipo de red FTTH con tecnología de acceso GPON cuyas siglas en inglés significa (Gigabit-Capable Passive Network) es en los actuales momentos el mejor medio de transporte de información, capaz de soportar todos los servicios que actualmente sean desarrollados en transmisión de datos, voz y video y muchos países en todo el mundo tanto de Europa, Asia y América están apostando fuertemente a esta tecnología.

En países de América del sur como Argentina, Chile, Brasil, Colombia han optado implementar este tipo de red para el desarrollo de sus comunicaciones, y siendo esta una base fundamental en el progreso y desarrollo de un país, el Ecuador también se pone a la vanguardia en el desarrollo de las comunicaciones y las empresa privadas como estatales tales como CLARO, NET LIFE y CNT .EP están desarrollando este tipo de tecnología en las diferentes ciudades del país.

Actualmente en el Ecuador existen cantones y ciudades que su desarrollo tanto industrial, social y económico no va a la par con las tecnologías actual que tienen las comunicaciones debido a que no poseen una infraestructura de red de transporte de datos adecuada para su desarrollo, uno de ellos es el Cantón Marcelino Maridueña perteneciente a la Provincia del Guayas, que a pesar de tener dos grandes industrias tanto papelera como azucarera su infraestructura de red de comunicaciones no es la adecuada ya que posee una red de cobre que no se encuentra en buenas condiciones y presta servicios del tipo ADSL que como sabemos tiene sus limitaciones en el ancho de banda.

Es por ello que al ver la necesidad de: un aumento del ancho de banda en el cliente, crecimiento de nuevas tecnologías como IPTV, Video on Demand, Vigilancia, etc. La opción para brindar un servicio Triple Play que puede ser un tipo de Inversión con proyecciones a futuro, muestra la red FTTH como la única

capaz de soportar todos los servicios y es la que actualmente se está desarrollando en el país.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

Uno de los aspectos claves que marcan el desarrollo de las redes de telecomunicaciones actuales es el de las tecnologías de acceso de banda ancha. Las actuales tendencias que se destacan en los actuales momentos son aquellas basadas en redes con fibra óptica, cuya tecnología cumple de una mejor manera todos los requisitos respecto al medio de transporte de información para transmisiones de datos como: mayor alcance, vida útil de mayor duración, costo, versatilidad, flexibilidad, mayor capacidad de ancho de banda, que las anteriores desarrolladas como las redes DSL, HFC, BPL(red eléctrica) y las basadas en comunicaciones inalámbricas de banda ancha.

La importancia de este proyecto radica en la tendencia actual que nos lleva a considerar a las redes FTTH como una solución efectiva para llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande, mediano y pequeño tamaño con una amplia variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones como son: La necesidad de un ancho de banda elevado para aplicaciones en juegos on-line, telemedicina; servicios de video como es el que actualmente se desarrolla como el HDTV, vídeo llamadas, tele compra, tele banca, acceso a bases de datos, etc.

Sin embargo, en la actualidad los servicios que se han convertido en la principal prioridad son los de acceso a Internet a alta velocidad y telefonía, motivo por el cual las empresas que prestan este tipo de servicio diseñan y construyen redes FTTH en las diversas ciudades del país. Con ese mismo propósito se va a realizar un diseño de una red de telecomunicaciones FTTH con tecnología GPON dentro de la cabecera cantonal del cantón Marcelino Maridueña.

## **1.3 ALCANCE DEL PROYECTO**

El proyecto contempla el diseño de una red de Telecomunicaciones FTTH con tecnología de acceso GPON en la cabecera cantonal del cantón Marcelino Maridueña que lleva el mismo nombre del cantón. Se tendrá en consideración esencialmente la infraestructura de la red, equipos y costos de implementación.

### **1.3.1 PROBLEMA**

Necesidad de tener en Marcelino Maridueña una red operativa optima que garantice un aumento del ancho de banda para óptima transmisión de datos de tal forma que pueda brindar los servicios que actualmente se han desarrollado en las comunicaciones y que actualmente no lo tiene.

## **1.4. OBJETO**

Diseñar una red tipo FTTh con tecnología de acceso GPON

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar una red que garantice una alta disponibilidad y funcionalidad del servicio, mejore la calidad de la transmisión de datos y que sea un óptimo medio de transporte para el envío de información.

### **1.4.2 Específicos**

- Definir la Arquitectura y conceptos básicos de redes FTTH-GPON.
- Realizar el censo de abonados para determinar un número de abonados para determinar la capacidad y dimensión de la red a diseñar en el cantón.
- Diseñar la nueva infraestructura de la red GPON (ODN).
- Presupuesto o costo referencial de implementación del proyecto.

## CAPITULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 TECNOLOGIA PON.

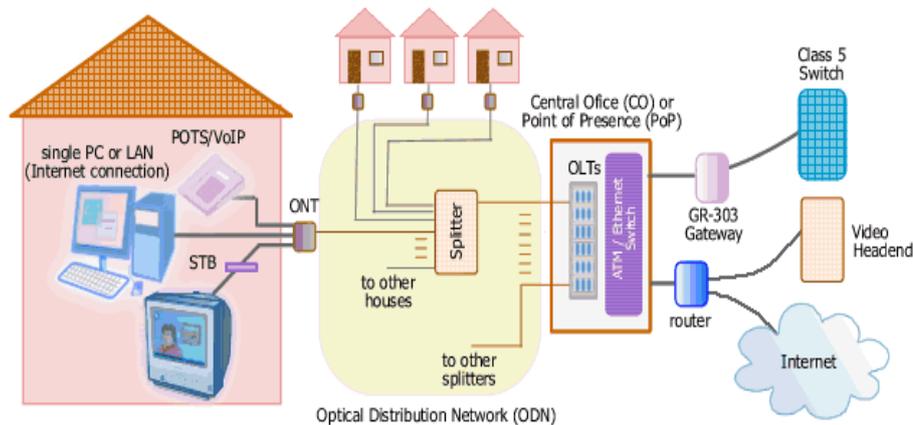
**2.1.1 Concepto de red PON.-** Es un tipo de red de fibra óptica cuya implementación está basada con elementos pasivos, esto nos indica que la información que se distribuye en este tipo de red, no necesita de elementos externos para su funcionamiento. Su nombre es tomado de su siglas en inglés (Passive Optical network).

Es una arquitectura que ha pasado por evoluciones con estándares de calidad y operación de la ITU y la IEEE y se divide en dos, la basada en ATM y la que se basa en Ethernet. Pero la más utilizada actualmente es la GPON, que es el resultado de la evolución de redes PON que se maneja con ATM.

#### 2.1.2 Componentes de una red PON.

Los componentes de esta red son:

- Equipo concentrador OLT (*Optical Line Termination*), Terminación de línea óptica, elemento activo que permite la conexión a una o varias ODN provee enlaces de fibra óptica hacia la red del operador. Se sitúa en una URA (*Unidad Remota de Abonado*) o Central Office.
- La ODN (*Optical Distribution Network*) Red de Distribución Óptica, es la encargada de brindar comunicación entre la OLT y el usuario. Y se compone de Fibras ópticas, Splitter pasivos primarios y secundarios, mangas canalizadas, cajas aéreas colocadas en postes y conectores.
- Equipo terminal ONT (*Optical Network Termination*) Es la que actúa como vínculo con el usuario es la interface de fibra óptica hacia la red ODN además proveen interfaces FE/GE/POTS y CATV-RF a los abonados.

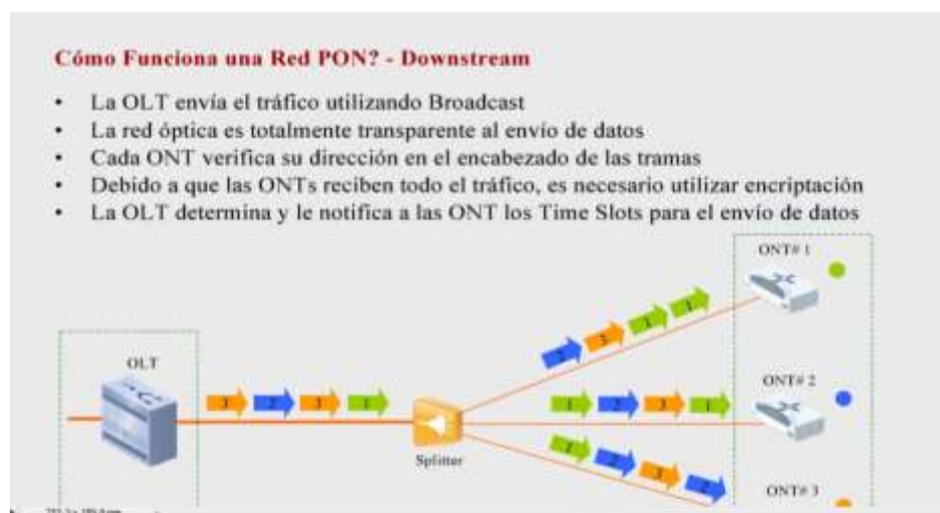


**Figura No. 2.1:** Esquema de bloques de una red PON.

Fuente: [http://www.conniq.com/InternetAccess\\_FTTH.htm](http://www.conniq.com/InternetAccess_FTTH.htm)

**2.2 FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON.-** A diferencia de un enlace fibra óptica tradicional, por un mismo hilo de fibra óptica se transmite y recibe la información, por medio de un esquema multiplexado por longitudes de onda se dividen todas las componentes necesarias para realizar la transmisión en Upstream y Downstream.

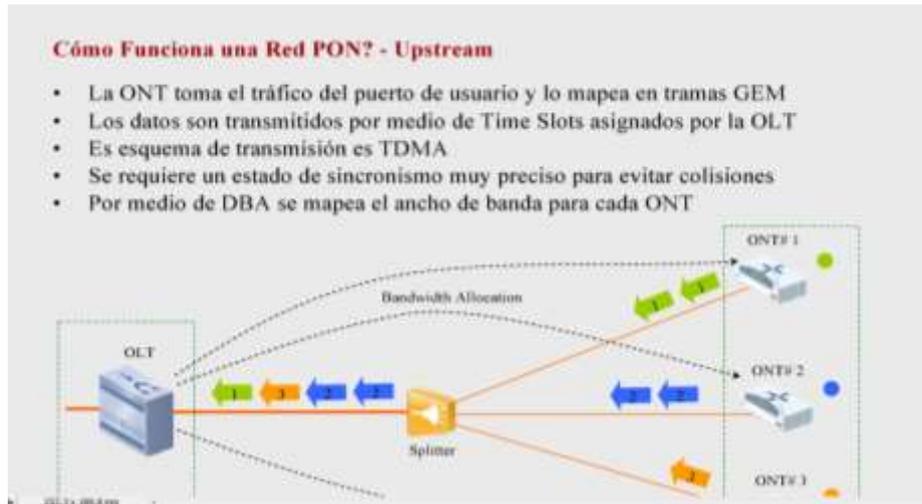
**2.2.1 Modo de transmisión PON (Downstream).**- La OLT envía el tráfico o flujo de información hacia la ONT, cabe indicar que la ODN es totalmente transparente al envío de datos por lo que la información fluye y se replica por todas las puertas de los Splitter en modo TDM, cada ONT verifica su dirección en el encabezado de las tramas y debido a que las ONTs reciben todo el tráfico, se requiere utilizar encriptación de modo que solo el ONT a quien va dirigida la información la recupera y procesa. Figura No. 2.3(a).



**Figura No.2.2(a):** Funcionamiento de red PON en Downstream

Fuente: [http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth\\_gpon\\_ieee.pdf](http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth_gpon_ieee.pdf)

**2.2.2 Modo de transmisión PON (Upstream).**- El flujo de información en sentido inverso lo toma la ONT y lo mapea en tramas GEM, estos datos son transmitidos por medio de Time Slot asignados por la OLT quien atiende toda la información, la modalidad de la transmisión es en TDMA, se requiere un buen sincronismo a fin de evitar colisiones y por medio de DBA se mapea el ancho de banda para cada ONT. Figura 2.3 (b).



**Figura No. 2.2 (b):** Funcionamiento de red PON en Upstream

Fuente: [http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth\\_gpon\\_ieee.pdf](http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth_gpon_ieee.pdf)

### 2.3 REDES APON/BPON.

Fue la primera red óptica pasiva desarrollada con estándar ITU-T G.983 la letra A proviene de ATM (*Asynchronous transfer Mode*) la transmisión de datos por el canal de bajada es por ráfagas cuyas tasa de transferencias pueden estar en los 155 Mbps, pero como desventaja no maneja video, pero como evolución de esta tecnología se definió la BPON (Broadband PON) red en la cual si puede brindar video, multiplexación por longitud de onda(WDM) con lo que se logró mayor ancho de banda, posee transmisión en Downstream de 155/622/1244 Mbps y la transmisión Upstream anda por 155/622 Mbps, posee eficiencia del 70%, provee protección de los puertos PON, transporte por medio de celdas ATM y permite señales CATV-RF, además proporciona seguridad en Downstream por medio de AES y no posee corrección de errores.

## **2.4 REDES EPON.**

Desarrollada por la IEEE con estándar 802.3ah el transporte se basa por tramas Ethernet en lugar de celdas ATM, maneja velocidades de transmisión de 1.2Gbps en Downstream y de 1.2 Gbps en Upstream con eficiencia del 80% y del 60% cuando utiliza voz, no permite transporte de señales CATV-RF ni tampoco tiene estándar de protección de los puertos PON, además no provee seguridad en Downstream pero si tiene mecanismo de corrección de errores por FEC. Esta red actualmente ha sufrido un estancamiento.

## **2.5 REDES GPON.**

Es la más reciente evolución de las redes PON fue establecida en el 2004 y tiene recomendación ITU-T G.984.x. Quien la señala como una red flexible capaz de soportar los requerimientos de ancho de banda más exigentes para empresas y servicios residenciales, y que posee la arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad, considerando además que el un costo efectivo de su implementación es menor que las redes punto a punto. La x determina el número que ha ido variando esta recomendación y que en los actuales momentos va desde la ITU-T G.984.1 hasta la ITU-T G.984.4. La sección Óptica puede ser simétrica o asimétrica y apunta a transmisiones con velocidades mayores o iguales a 1.2 Gbps la misma que pueden combinarse de la siguiente forma:

- 1.2 Gbit/s de subida(Upstream), 2.4 Gbit/s de bajada (Downstream)
- 2.4 Gbit/s de subida(Upstream), 2.4 Gbit/s de bajada (Downstream)

Siendo la forma asimétrica la más usada, soporta un factor de Splitting de 1:64 a pesar de que el factor 1:128 se encuentra en desarrollo, tiene una eficiencia del 93%, el transporte lo hace por medio de tramas GEM, y permite el transporte de señales CATV-RF, provee seguridad en Downstream por medio de AES y mecanismo de corrección de errores FEC. Es la tecnología que más terreno ha ganado en el segmento de las redes por fibra óptica.

## 2.6 QUE ES FTTx?

Describe un conjunto de topologías utilizadas en las redes de acceso por fibra óptica. El termino FTTx es conocido como fibra hasta alguna parte (Fiber-to-the-x) donde x representa el destino final.

## 2.7.- ELEMENTOS QUE DETERMINAN LA TOPOLOGIA DE LA RED FTTx.

- **Alcance.-** Longitud de la fibra.
- **Medios de Transmisión.**  
Únicamente de fibra Óptica  
Combinación de fibra óptica y par de cobre trenzado.
- **Componentes de la red.-**  
Terminales de usuarios (ópticos).  
Equipos concentradores (DSL).

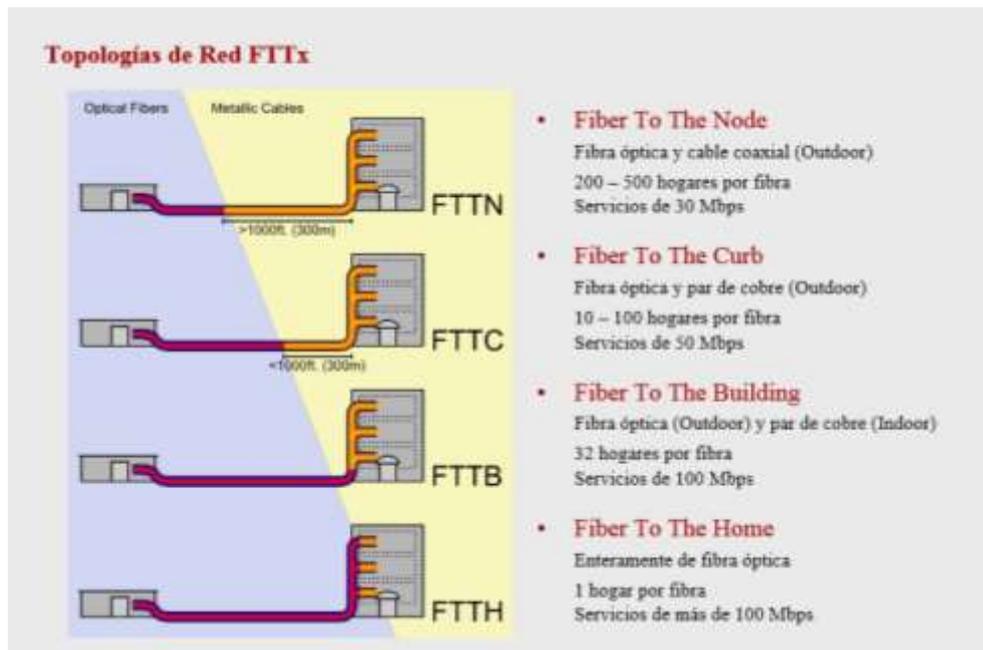
## 2.8.- TOPOLOGIA FTTx.

**2.8.1 Fibra Hasta el Nodo (Fiber to the Node) FTTN.-** Es una combinación de fibra óptica y cable coaxial donde el nodo principal es alimentado por fibra y la salida del nodo sale cable coaxial tiene capacidad de 200-500 hogares por fibra y da servicios de hasta 30 Mbps.

**2.8.2 Fibra Hasta el Curba (Fiber to the Curbe) FTTC.-** Es una combinación de fibra óptica y par de cobre que llega hasta el cliente, tiene capacidad de 10-100 hogares por fibra y da servicios de hasta 50 Mbps.

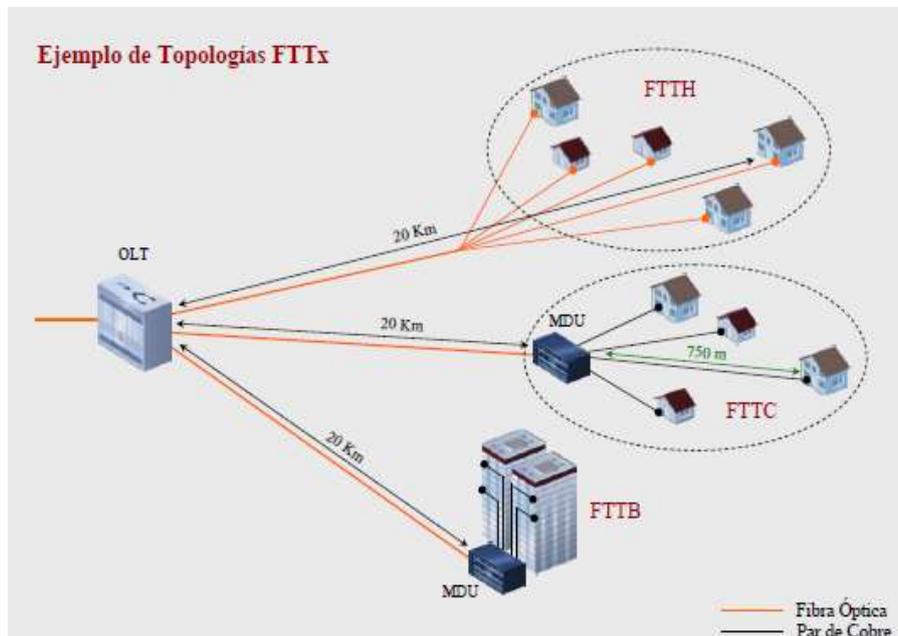
**2.8.3 Fibra Hasta el edificio (Fiber to the Building) FTTB.-** Es una combinación de fibra óptica que llega hasta el edificio y par de cobre que reparte dentro del edificio hasta el cliente, tiene capacidad de 32 hogares por fibra y da servicios de hasta 100 Mbps.

**2.8.4 Fibra Hasta la casa (Fiber to the Home) FTTH.-** Es una red enteramente compuesta por fibra óptica, tiene capacidad de 1 hogar por fibra y da servicios de más 100 Mbps.



**Figura No.2.3 (a):** Topologías de Redes FTTx

Fuente: <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>



**Figura No. 2.3 (b):** Muestra ejemplos de topologías FTTx.

Fuente: <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>

La tecnología FTTH que es una red compuesta exclusivamente por fibra óptica es la que actualmente se está implementando en muchas regiones del planeta dado que a través del concepto de redes de nueva generación es capaz de soportar toda la demanda de ancho de banda que en un futuro se va a requerir, por lo que se ha probado que puede soportar todo tipo de tecnología que se encuentran actualmente y como las que en un futuro se presenten, dado que cumple con todo los requisitos actuales y futuros respecto de las proyecciones de ancho de banda, siendo sus características principales las siguientes:

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

Es por ello que en nuestro país todas las operadoras telefónicas están migrando de las redes existentes de cobre, sistemas de cable operadoras a las redes de fibra óptica. Siendo las redes pasivas ópticas punto a multipunto (PON) las más implementada.

## **2.9 PARAMETROS BASICOS DE RENDIMIENTO.**

Es importante resaltar que la recomendación ITU-T.984.2 señala e indica ciertos parámetros para un básico rendimiento de la red y entre ellos esta los siguientes:

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

De estas recomendaciones indica que el alcance lógico que se puede tener entre la ONT y la OLT es de 60 Km; sin embargo este alcance se reduce de acuerdo a las limitaciones físicas del alcance máximo y que actualmente está definido en 20 Km. Los radios de división (Split ratio) llegan a 1:64 en forma práctica actualmente

sin embargo su evolución está considerando divisiones de 1:128.

La recomendación ITU-T G.984.2 nos da las velocidades binarias nominales de la señal digital de transmisión y viene dada de la siguiente forma.

- 1,24416 Gbps Down – 0,15552 Gbps Up
- 1,24416 Gbps Down – 0,62208 Gbps Up
- 1,24416 Gbps Down – 1,24416 Gbps Up
- 2,24416 Gbps Down – 0,15552 Gbps Up
- 2,48832 Gbps Down – 0,62208 Gbps Up
- 2,48832 Gbps Down – 1,24416 Gbps Up
- 2,48832 Gbps Down – 2,48832 Gbps Up

Se puede además utilizar una transmisión bidireccional o la técnica de multiplicación por división de longitud de onda (WDM) en una sola fibra o la transmisión unidireccional en dos fibras, siendo así, la recomendación indica que en sentido descendente para una sola fibra el intervalo de longitud de onda es 1480-1550 nm. Y el intervalo de longitud de onda en sentido descendente en dos fibras es 1260-1360 nm.

## **2.10 DIVERSAS TECNOLOGIAS APLICADAS EN REDES FTTH/GPON.**

Estas redes utilizan tecnología TDM en sentido descendente con periodos de transmisión fijos y TDMA en sentido ascendente.

Además GPON utiliza el método de encapsulación de datos propio llamado GEM ("*GPON Encapsulation Method*") que soporta cualquier tipo de servicio como Ethernet, ATM, TDM, etc. En protocolo de transporte basado en tramas síncronas de 125us. Además GPON emplea una amplia OAM avanzada (Operación, Administración y Mantenimiento).

Como las redes GPON emplea la arquitectura en árbol, utiliza brocasting para la señal de bajada y técnicas de seguridad de encriptación AES ("*Advanced Encryption Standard*") Para proteger los datos debido a la forma de transporte llegan a todos los usuarios y deben estar codificadas a fin de que lleguen solo al usuario que solicita la información. Estas redes utilizan además una técnica de

Asignación Dinámica de Ancho de Banda o DBA (*Dynamic Bandwith Allocation*).

### **2.10.1 GEM: GPON Método de Encapsulación.**

En redes GPON las tramas son de 125us de duración y existen dos flujos de ráfagas que van desde y hacia un nodo de la red de distribución PON, y su largo puede o no coincidir con la trama del usuario. Si no coincide se requiere la encapsulación, se pone el paquete del usuario que podría ser más corto que la trama GPON dentro de esta, En el caso que la trama del usuario sea más larga que la del GPON, entonces se deberá romper en fragmentos para transmitirlos por partes en tramas GPON sucesivas.

En la salida del nodo, las tramas se colocan juntas en una GEM y se prepara en una cabecera que se incluye y se envía a través del medio. Con esto el método GEM transporta cualquier tipo de celda, ya sea Ethernet, TDM o ATM. La recomendación ITU-TG.984.3 define este método como esquema de transporte con mecanismo de tramas de longitud variable para transportar servicios en redes PON.

En sentido descendente la OLT multiplexa las tramas GEM usando un identificador de puerto GEM (GEM port-ID) a fin de identificar las tramas GEM que pertenecen a las diferentes conexiones lógicas de bajada. Por lo que cada ONT filtra y procesa las tramas que le pertenecen.

En el caso ascendente la OLT asegura la transmisión de subida del tráfico que busca a las entidades dentro de las ONTs. La asignación del ancho de banda de subida se identifica por su asignación de IDs (*“Allocs-IDS”*) que son multiplexadas en un tiempo especificado por la OLT. La ONU usa el Pot-ID como llave para identificar la trama GEM que pertenece a cada conexión lógica en la subida. El Identificador GEM-ID es un número de 12 bits que es asignado por la OLT a cada conexión individual lógica, hay que tomar en cuenta, que la trama GEM tiene una cabecera de 5 bytes seguida por la información de longitud variable.

### **2.10.2 Asignación Dinámica del Ancho de Banda (DBA).**

Es una técnica en el que el ancho de banda de tráfico es compartido según la demanda con los usuarios, es una gestión similar a la multiplicación estática, en la forma en la que comparte un enlace común se adapta al tráfico instantáneo que hay en los nodos conectados al enlace común.

Un simple algoritmo DBA mejora significativamente el rendimiento de la red, lo que permite al proveedor de servicios generar mejores réditos en su red sin que aumente el ancho de banda a pesar de que se aumente el número de clientes que soporta el sistema, dicho de otra manera el DBA asigna el ancho de banda que le corresponde a usuarios que no utilizan el servicio y aquellos que están conectados a la red, dando cabida a un mayor número de usuarios con el mismo ancho de banda.

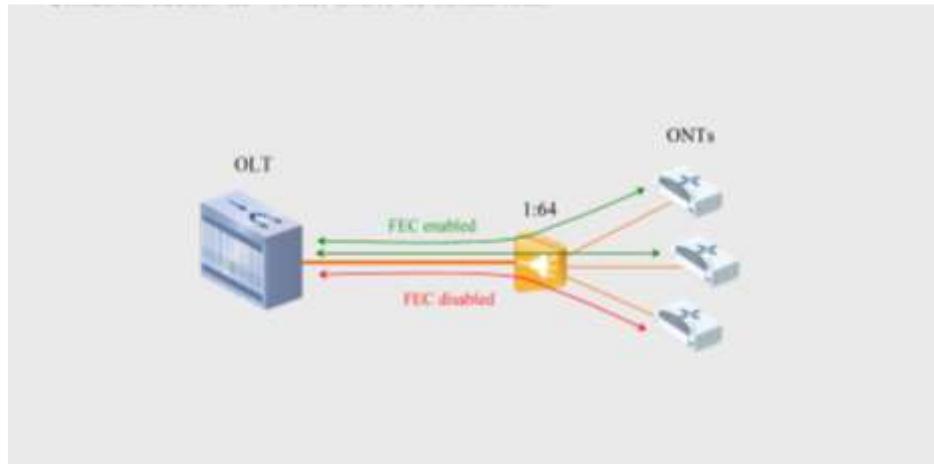
### **2.10.3 Multiplexacion por división de onda: WDM.**

Esta tecnología consiste en multiplexar señales ópticas portadoras en una sola fibra utilizando varias longitudes de onda, a fin tener comunicaciones bidireccionales sobre la misma fibra.

WDM utiliza un multiplexor en el transmisor para unir señales y un de multiplexor en el extremo del receptor para dividir las, este sistema se utiliza en arquitecturas de fibra óptica tanto activa como pasiva.

### **2.10.4 Forward Error Correction (FEC).**

Este es un mecanismo que utiliza GPON para mejorar la calidad de transmisión y utiliza el código Reed-Solomon (RS) y se lo negocia en forma individual para cada una de la ONTs lo que permite mejorar el "Budget" óptico en 3 dB, utilizando el 7% del ancho de banda total. Figura No. 2.4.



**Figura No. 2.4:** FEC (*Forward Error Correction*)

Fuente: <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>

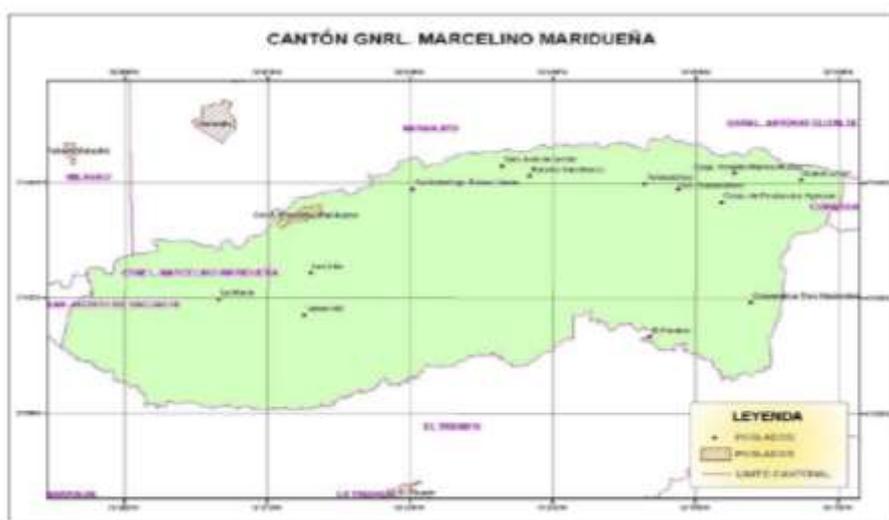
## CAPITULO 3

### DISEÑO DE RED DE FIBRA OPTICA GPON EN MARCELINO MARIDUEÑA.

#### 3.1 DATOS GENERALES Y SITUACION GEOGRAFICA DE MARCELINO MARIDUEÑA.

El cantón Coronel Marcelino Maridueña está ubicado en la provincia del Guayas a 65 Km de la ciudad de Guayaquil, cuenta con una superficie de 337Km<sup>2</sup>, su cabecera cantonal es Marcelino Maridueña.

Sus límites son: al NORTE con los cantones Milagro y Naranjito, al SUR con el cantón EL TRIUNFO, al ESTE con la provincia del Chimborazo y al OESTE con el cantón YAGUACHI, creado como parroquia el 24 de Octubre de 1920 y alcanzó el grado de Cantón el 7 de Enero de 1992. Ver figura No. 3.1.



**Figura No. 3.1:** Límites del Cantón Marcelino Maridueña

Fuente: [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec)

El diseño de la red GPON es en la cabecera cantonal que lleva el mismo nombre Marcelino Maridueña y es el punto neurálgico del cantón para su desarrollo.

### 3.1.2 Estudio de la demanda

Como hemos analizado el número sustancial de usuarios de internet se incrementa anualmente, también está el aumento de la necesidad de un mayor ancho de banda y este cantón no es la excepción por el gran desarrollo que está teniendo en los últimos años en especial a nivel de industrias. Es por ello que la población actual demanda los servicios que se ofertan en las ciudades principales del país como Quito, Guayaquil, Cuenca, etc. como son los videos de alta definición, juegos de video, videos conferencia y otras y que son las aplicaciones que los usuarios de internet en este cantón demandan y que la red actual de cobre tipo ADSL que posee no les suficiente para el desarrollo de estos servicios, debido que no garantiza satisfacer esta demanda.

En el País la demanda de Internet ha tenido un crecimiento considerable desde que empezó su desarrollo en el año de 1996 y hasta la presente fecha la demanda va en claro aumento sin que haya indicio de disminución.

La figura No.3.2 muestra el porcentaje del mercado que tiene cada empresa de servicio de portadores de telecomunicaciones, ubicando a la CNT-EP empresa del estado con el mayor porcentaje del mercado esto es 62,06%.



**Figura No.3.2:** Porcentaje del mercado de los mayores Prestadores de Servicios portadores.

Fuente: [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec)

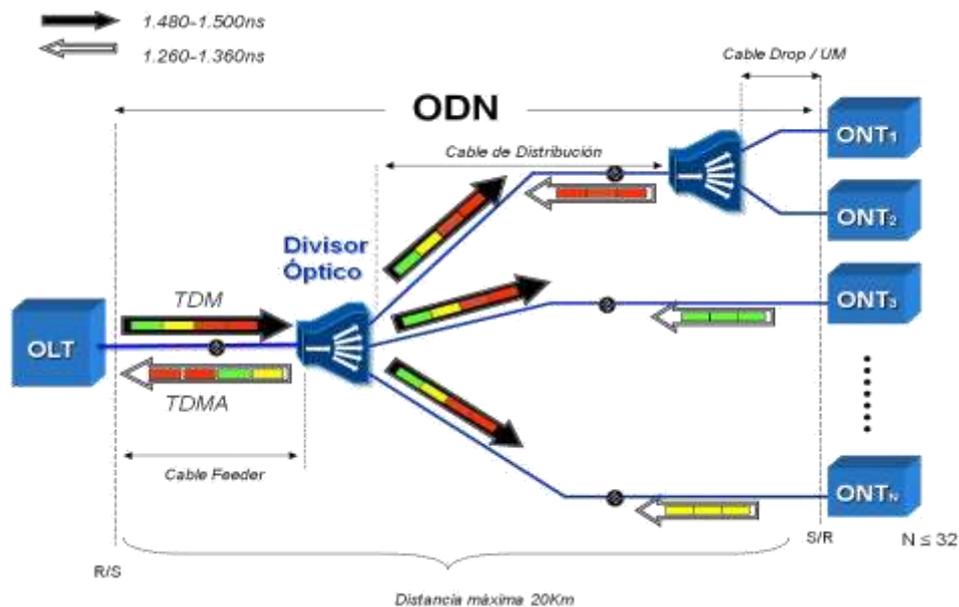
Pero independiente al número de usuarios de internet, se encuentra la necesidad

del incremento de un mayor ancho de banda, que en los actuales momentos debido a los servicios que se ofertan requiere un mayor ancho de banda y esta tendencia está superando el crecimiento de usuarios. Aplicaciones como video de Alta definición, juegos de videos, videos conferencias, las redes sociales y otras, son las que actualmente los usuarios de internet demandan en la actualidad.

### 3.2 MODELO DE LA RED A DISEÑAR.

Cabe indicar que la operadora publica CNT EP es la única que tiene una Oficina Central de Telecomunicaciones en Marcelino Maridueña por ser la empresa de mayor infraestructura de redes que tiene el país y posee actualmente una red de cobre en la cabecera cantonal del mencionado cantón y actualmente ha desplegado un agresivo proyecto de diseñar y construir redes FTTH en las principales ciudades y cantones en pleno desarrollo de nuestro territorio. Es por ello que nuestro modelo se basa en el esquema típico de una red GPON y el uso de gran parte de la infraestructura de planta externa que posee la CNT EP en el mencionado cantón.

La figura No.3.3 muestra un diagrama de la configuración de trabajo que presenta la red GPON que se va a diseñar en Marcelino Maridueña, cual es una red bidireccional y presenta dos esquemas de transporte: modelo descendente con broadcast (TDM) y modelo ascendente con TDMA . y de acuerdo a los requerimientos evaluados en el campo contemplará en su diseño Splitter de 4 y 8 salidas.



### Figura No.3.3: Diagrama de Configuración de trabajo de una red GPON

Fuente: Curso de capacitación y diseño de ODN dictado por la CNT EP

### 3.3. DESCRIPCION DE COMPONENTES DE LA RED GPON A DISEÑAR.

La figura No. 3.4 muestra un diagrama de bloques de los componentes típicos de la red GPON típica para distribución masiva que implementa la CNT EP. El cual consiste en un Terminal de Línea óptico (OLT), que se encuentra en una Oficina Central (CO) que se interconecta con la Red de Distribución Óptica (ODN) a un Terminal de Red Óptica ONT.

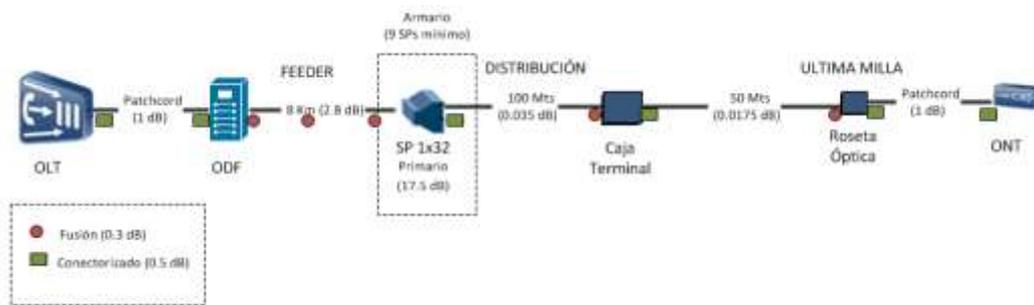


Figura No.3.4: Esquema de bloques de una red GPON con sus componentes

Fuente: Curso de capacitación y diseño de ODN dictado por la CNT EP

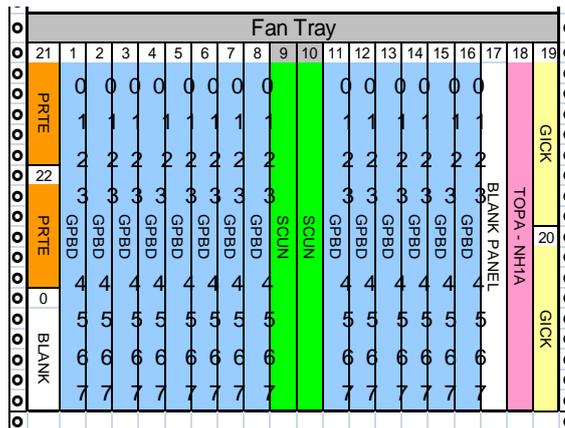
#### 3.3.1 OLT (Optical Line terminal) Terminal de Línea Óptico.

Este equipo enlaza la red ODN con la red MPLS de la CNT, esta interconexión lo hace a través de las puertas uplink, que agrupan el tráfico de todas las ONTs que están conectadas en cada puerta PON de la OLT, y en un principio tienen una capacidad de 1 Gbps. A su vez Las respectivas OLTs sincronizan y administran todo el tráfico que va a las ONTs en modalidad TDM; este tráfico se transmite por la red ODN replicando por todas las puertas de los Splitter que están asociados a la puerta PON. De igual forma la OLT se va encargar de la gestión, sincronización y administración del tráfico que viene desde las ONTs en el modo TDMA, en ráfagas de tráfico sincronizado que lo único que hace es compartir el canal de retorno por varias ONTs (en este caso hasta 32).

Una OLT está compuesta por los siguientes elementos: figura No.3.4

- Chasis

- Tarjeta de ventiladores(fan try)
- Tarjetas de poder.(slots 21 y 22)
- Tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10)
- Tarjetas de uplink (slots 19 y 20)
- Tarjetas de servicios(slots 1 al 8 y 11 al 16)
- Y Tarjetas de trafico de telefonía 16 x E1 (slots 17 y 18).



**Figura No. 3.5:** Diagrama de una OLT

Fuente: *Curso Implementación de la nueva red de Accesos FttH de la CNT EP*

Una OLT típica para rack's de 19 pulgadas posee máximo 14 tarjetas de servicio con 8 puertos PON cada una para el tráfico IP y adicionalmente dos slots para servicio de telefonía (E1). Para el caso de que la OLT trabaje en modo working-proteccion se obtienen  $(14/2) \times 8 = 56$  zonas de servicio. Y quedan pre asignadas independientemente de las tarjetas con que se habilite la OLT.

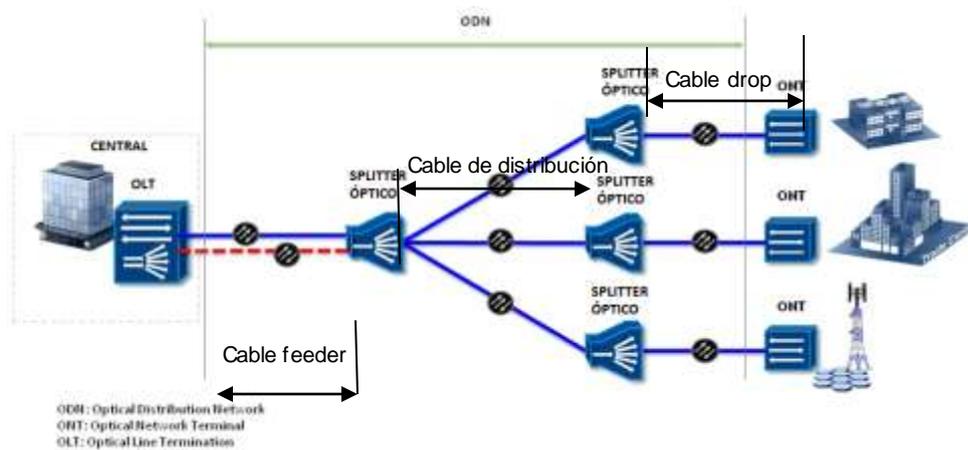
### 3.3.2 La ODN (Optical Distribution Network) Red de Distribución Óptica

En el contexto PON es el anillo de fibra Óptica, o cable de alimentación denominado también Feeder, el cual conecta la puerta principal y la del Splitter 2xn a fin de llegar a las ONTs por medio de una caja de distribución y cables drop o de acometida. Esta ODN es pasiva, no tiene elementos activos o energizados. La OLT por su lado y las ONTs por otro son las que se encargan de inyectar las señales ópticas a la ODN.

Esta red está compuesta en forma general por los siguientes elementos:

- Patch cord de fibra entre la OLT – OSU y el ODF.
- El ODF.

- Cable de fibra óptica: el FEEDER (ruta principal) y el cable de Distribución en caso se requiera.
- SPLITTER primarios y secundarios si el nivel de atenuación lo permite.
- Cables de acometida o DROP.
- Cajas terminales.
- Conectores y Uniones.
- Rosetas ópticas.
- Patch cord entre la roseta óptica y la ONT.
- ONT.



**Figura No.3.6:** Esquema de los elementos de la ODN a diseñar

Fuente: *Curso de capacitación y diseño de ODN dictado por la CNT EP*

**3.3.2.1 ODF.-** Es el distribuidor que interconecta el hilo de cada fibra óptica del cable feeder con el puerto PON de la OLT por medio del Patch cord.

**3.3.2.2 Cable FEEDER .-** Corresponde al cable o grupo de cable de fibra óptica que interconecta por cada hilo de f/o el distribuidor (ODF) con las puertas de entrada del Splitter primario que pueden ser armarios, FDB o mangas, generalmente parten de la CO y se dividen hacia elementos de distribución. Generalmente van por subductos, y son parte troncal de la red.

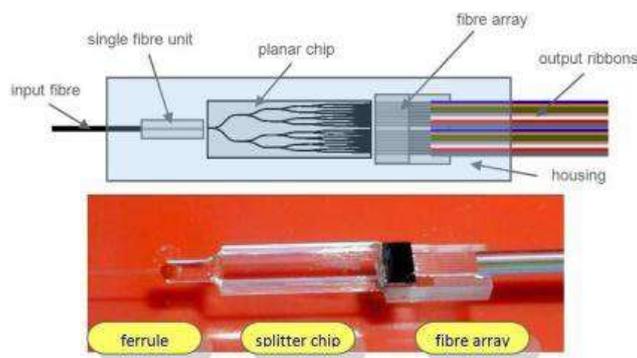
**3.3.2.3 Cable de Distribución.-** es el cable que interconecta con cada filamento de FO el Splitter primario con un Splitter secundario, de otra manera es la red que une el armario de distribución (FDH o FDB) y las cajas de distribución (NAP) constituidos por Splitter, cables de FO de distribución que pueden ser aéreos,

subterráneos, murales, y cajas de distribución.

Existen dos tipos de fibra óptica que se utiliza en redes. La fibra mono modo (SMF) que tiene la capacidad de propagar un solo haz de luz, y tiene la ventaja de transportar en un solo haz de luz, mayor cantidad de datos, recorriendo una gran distancia y la fibra multimodo (MMF), que debido a que tiene un núcleo de mayor diámetro que el de la fibra monomodo permite que circule varios haces de luz. Cabe indicar que por las ventajas en su precio, la capacidad de un gran ancho de banda que posee y la facilidad de llegar con los datos requeridos a grandes distancias hacen que la fibra monomodo, sea la fibra requerida en este diseño y en la mayoría de redes urbanas.

**3.3.2.4 Splitter.-** Son elementos ópticos pasivos, que sirve para dividir la señal óptica que ingresa a través de una o dos entradas, en varias señales de salida, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de puertos de salida aumenta.

Los Splitter pueden ser primarios cuando la ruta de FO está respaldada. Y son del tipo  $2 \times n$  siendo  $n$  igual a 2, 4, 8, 16, 32 y 64 que es el de mayor capacidad. Y secundarios cuando no tiene la ruta de FO respaldada y pueden ser del tipo  $1 \times n$  siendo  $n$  igual a 4, 8, 16, 32 y 64 que vendría ser el mayor.



**Figura No. 3.7:** Diagrama de un Splitter óptico

Fuente: *Curso Implementación de la nueva red de Accesos FttH de la CNT EP*

**3.3.2.5 Cajas terminales.-** Son puntos de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado, a más de ello constituyen punto de corte para el mantenimiento de la red.

**3.3.2.6 Conectores.-** Son elementos que sirven para unir una fibra, generalmente se los utiliza en las cajas terminales de distribución para unir el cable de dispersión o drop que va hacia el abonado con uno de los hilos de fibra de la caja terminal de distribución. Los conectores más utilizados son los de tipo FC y SC y dependiendo de la forma de la férula pueden ser UPC que se identifican de color azul y APC que se identifican de color verde. Existen dos tipos de uniones para la fibra la mecánica donde se utiliza los conectores y la fusión, la unión mecánica utilizando conectores genera problemas lo que hace que utilizar la fusión sea lo más aconsejable cuando sea posible, debido a que las pérdidas en los conectores es mayor, además que el costo es elevado comparado con la fusión.

**3.3.2.7 ONT.- (Terminal de red óptica).**- Es un dispositivo de abonado único interconectado a la ODN por medio de una roseta óptica y un cable denominado Patch cord, para servicio de interfaz con el cliente. Ver figura 3.8. (a) y (b)



**Figura 3.8 (a) y (b):** Equipo ONT

Fuente: *Curso de capacitación y diseño de ODN dictado por la CNT EP*

### **3.4 ANTECEDENTES BASICOS PARA EL CÁLCULO DE UN ENLACE PARA UNA RED GPON.**

Al incorporar los Splitter a una red de F.O, se produce el concepto crítico de la Atenuación en la red PON, al momento de su despliegue, y esto se debe a que estos elementos son los encargados de dividir la señal óptica.

Los elementos que aportan a la atenuación son: los ODFs, los conectores, las fusiones, los Splitter cuya atenuación depende del número de puertos que divide

la señal y la FO propiamente dicha cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición.

La red a diseñar se basa en las normas ITU-T G.984 que define las redes GPON y entre los principales estándares y características de estas normas están las siguientes:

- ITU-T G.984.1: Características generales de la red GPON.
- ITU-T G.984.2: Define parámetros de la ONT. Especificaciones de puertos ópticos a 2.488 Gbps y a 1.244 Gbps y umbrales mínimos y máximos de potencia.
- ITU-T G.984.3: Gestión de la capa de conversión de transmisión, definición de tramas GTC, Arquitectura de multiplicación GTC y protocolos, alarmas y rendimientos.
- ITU-T G.984.4: Gestión de la ONT y la especificación de la interface de control.
- ITU-T G.984.5: Mejora de la banda del ITU-T
- ITU-T G.984.6: Extensión del alcance.

Además se considera la norma TIA 598C que es el código de colores con que se fabrica la fibra y la norma TIA 568 C3 que tiene que ver con el máximo radio de curvatura de la fibra.

El código de colores que establece la norma TIA 598C para la fabricación de todo tipo de cable de fibra y su identificación es la que muestra la secuencia que nos muestran las figuras 3.9 (a) y (b).

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

(a)



(b)

### Figura 3.9 (a) y (b): Código de colores de la norma TIA598C

Fuente: *Curso de capacitación y diseño de ODN dictado por la CNT EP*

#### 3.4.1 Valores que debe cumplir la red en base a normas y antecedentes:

La tabla No. 1 nos indica los valores que debe cumplir la red en base a las normas y antecedentes.

Descripción	Valor	Und
Longitud de onda Downstream	1490	nm
Longitud de onda Upstream	1310	nm
Perdida promedio Downstream x Km de FO	- 0,25	dB
Perdida promedio Upstream x Km de FO	- 0,35	dB

**Tabla No. 1:** Valores estándar de una red GPON.

Fuente: *Elaborado por autor*

Hay que aclarar que la norma ITU G.984.2 define valores de **umbrales mínimos y máximos de potencia óptica**, en la conexión entre la OLT y ONT y son los que determinan los puntos de inflexión en el corte, tanto en el establecimiento y caída de conexión, como saturación. En conclusión, el objeto del modelo de cálculo es relacionar la Potencia Emitida con la sensibilidad y la Atenuación (perdida de Potencia óptica entre ambos extremos).

##### 3.4.1.1 Valores de umbral en la OLT:

Descripción	Valor
Potencia mínima de emisión	+ 1,5 dB
Potencia máxima de emisión	+ 5 dB
Sensibilidad mínima	- 28 dB
Saturación en Rx (recepción)	- 8 dB

**Tabla No. 2:** Valores estándar del umbral de la OLT de una red GPON

Fuente: *Elaborado por autor*

### 3.4.1.2 Valores de umbral en la ONT:

Descripción	Valor
Potencia mínima de emisión	+ 0,5 dB
Potencia máxima de emisión	+ 5 dB
Sensibilidad mínima	- 27 dB
Saturación en Rx (recepción)	- 8 dB

**Tabla No. 3:** Valores estándar del umbral de la ONT de una red GPON

Fuente: *Elaborado por autor*

### 3.4.2 Perdidas por Splitter

Es otro de los puntos que se han definido en las normas, y la Tabla 1 que está a continuación nos da un detalle de los valores establecidos según la modularidad de Splitter usado.

Tipo	Atenuación
Splitter	dB
1:2	3,2
1:4	7,2
1:8	10,5
1:16	13,5
1:32	16,5
1:64	19,3
2:4	7,9
2:8	11,5
2:16	14,8
2:32	18,5
2:64	21,3

**Tabla No. 4:** Perdidas por tipo de Splitter

Fuente: [http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth\\_gpon\\_ieee.pdf](http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth_gpon_ieee.pdf)  
*Curso de capacitación y diseño de ODN dictado por la CNT EP*

### 3.4.3 Perdidas adicionales por Inserción:

Son perdidas promedios para cada uno de los componentes ópticos.

Fusión: 0,3 (dB).

Conectores: 0,5 (dB)

ODFs: 0,5 dB (dB)

#### **3.4.4 Distancia de la red.**

La distancia máxima entre la OLT y ONT no debe superar los 20 Km, esto indica que al sumar la longitud de la FO Feeder, más la FO Distribución, más la FO de Última milla, esa distancia no debe superar los 20 km. El Feeder de mayor longitud es el que se debe considerar en el cálculo.

#### **3.4.5 Atenuacion**

Los umbrales de trabajo de los equipos OLT y ONT nos indicara el nivel de atenuación para lo cual consideraremos el peor caso, la norma ITU G.984.2 ha determinado que la máxima Atenuacion de la ODN no debe ser mayor a los 28dB.

### **3.5 PARAMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑOS DE UNA RED GPON A CONSIDERAR.**

#### **3.5.1 Longitud de la fibra óptica:**

- El cálculo del Link Budget. Definirá la máxima distancia entre la OLT y el Splitter primario (Feeder) de FO. La misma que debe quedar por debajo del umbral (dB), en una red nueva se recomienda hasta 3 empalmes en su extensión, en la práctica puede presentar un número mayor.
- Fibra óptica entre ambos Splitter: La longitud en este caso queda determinada en un nuevo cálculo, entre el Splitter secundario y el Splitter primario, y este cable siempre debe ser nuevo.
- Cable de Fibra Óptica para acometida desde la caja de distribución óptica: la longitud máxima de este cable es de 100 mts.
- La atenuación máxima de la red ODN, hemos visto que de acuerdo a las normas ITU no supera los 28 dB, pero para diseños de las redes de la CNT EP se considera 3 dB de margen de seguridad, por lo tanto el diseño debe tener un máximo de 25dB de pérdidas en el cálculo del Link Budget de la ODN.

#### **3.5.2 Niveles, razón de división y tipos de Splitter ópticos.**

- Se recomienda hasta dos niveles de Splitter para cualquier topología

GPON, si hay un tercer nivel, aumentaría las pérdidas en el Link Budget, y se tendría que reducir la longitud de la fibra, con el fin de cumplir el umbral de pérdidas.

- Tanto la ubicación del Splitter óptico como su demanda tienen que ver con la razón de división.
- El Splitter óptico será de Conectarización, para este caso del diseño en Marcelino Maridueña, en forma modular, también existen los de fusión.
- Si el Splitter de segundo nivel trabaja en demanda horizontal siempre será fusionado. Por ejemplo parques industriales.

### **3.6 DISEÑO DE LA RED**

Aquí definimos los criterios elementales que se requieren para diseñar la red de Marcelino Maridueña.

#### **3.6.1 Dimensión y Términos considerados en el diseño de la red.**

Como hemos visto, una red FTTH – GPON tiene un alcance físico de máximo de 20km, sin embargo a medida que desarrollemos la red nos daremos cuenta que este análisis no es necesario debido a que la distancia en la cual se extiende la red no supera en la mínimo esa distancia.

Pero debemos tener en cuenta lo siguiente.

- El diseño solo consiste en la red física ODN que es el enlace entre la OLT y la ONT. Se considera además que el prestador de servicios CNT EP se encargara la gestión para armar la unidad OLT.
- La red Feeder será canalizada mientras que la red de distribución será del tipo aérea.
- Para la parte canalizada se tomara en cuenta la infraestructura de canalización que posee la CNT EP en Marcelino Maridueña.
- Para la red de distribución que es aérea se tomara en cuenta la postería existente eléctrica en algunos casos y postería que pertenece a la infraestructura de la red de cobre aérea de la CNT EP.

- Se realizara una sectorización de toda la cabecera cantonal de Marcelino Maridueña a fin de tomar una consideración la capacidad por tarjetas PON de la OLT y los Splitter.
- En la red de distribución se colocaran cajas aéreas denominadas NAP con Splitter 1/8 capacidad para 8 abonados.
- Se realizara un censo de abonados a fin de determinar la capacidad total de abonados que tiene que distribuir la red a diseñar.
- La OLT será instalada en el Data Center que tiene la CNT EP en Marcelino Maridueña en su Oficina Central (CO). Y es desde allí donde se empezara a construir la red ODN.
- Las cajas de distribución NAP deben instalarse lo más próximos a los posibles clientes a fin de reducir el costo de cable principal, minimizar lo más posible la cuenta fibra-Kilometro y simplificar su manejo.
- Se tomara en cuenta la inversión de capital (CAPEX) de tal forma que tanto la ONT Y OLT cumplan el 60 % de la inversión y 40% restante sea para las acometidas y la ONT. Como indica la figura 3. 8.
- La planimetría del cantón y el plano respectivo geo referenciado de Marcelino Maridueña son proporcionados por la CNT EP y el municipio del cantón respectivamente.

### **3.6.2 Censo de Abonados**

En base a la planimetría y plano geo referenciado obtenido procederemos a realizar el censo de abonados para determinar el número total de posibles clientes. Para lo cual en base los planos obtenidos procedimos a recorrer cuadra por cuadra anotando en un formato obtenido del plano y anotamos los posibles clientes de cada uno de los lotes o viviendas existentes en la cuadra del sitio donde se recaba la información, cabe indicar que esta información es clave a fin de que el diseño sea más preciso. Por lo que procedemos a enumerar las cuadras visitadas de acuerdo al siguiente formato.

El resultado del censo nos arroja la siguiente información.

Total de cuadras: 142



**Figura No. 3.11** Formato del detalle de solares del censo de abonados por Manzana.

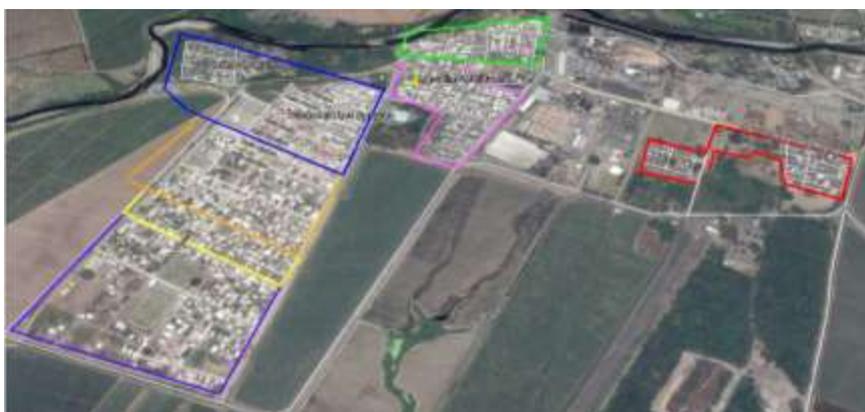
*Elaborada por el autor*

En el formato consta el nombre de la ciudad, el nombre de la persona encargada del censo, el número de la manzana que se censa, el detalle se lo interpreta así: por ejemplo el solar 12, tiene dos departamentos planta baja más un piso alto (PB+1), es de hormigón (H), su estado es bueno (B), dos departamentos hay un abonados existente y uno futuro.

### **3.6.3 Diseño de la red de dispersión.**

Una vez determinado el censo determinamos las áreas de influencia de las NAP, aquí vamos a tomar en cuenta la ocupación de un 80% dejando el libre el 20 % para cuestiones de ampliación o mantenimiento.

Por consiguiente La ODN a diseñar es una arquitectura de red tipo árbol con dos tramos, el tramo inicial es la fibra feeder que termina en los armarios DTH donde se encuentran la primera etapa de Splitter de 1:4 , luego la segunda etapa de fibra que es el tramo de distribución que termina en las NAPs donde van la segunda etapa de Splitter de 1:8, luego en base al número de abonados que nos da el censo y que las NAP tiene una capacidad de 8 abonados, tomamos la decisión de dividir el cantón en 7 zonas y empezar a distribuir las cajas de tal forma que estén lo más próximos al posible cliente. La sectorización se la puede ver en la Figura No.3.12.



**Figura No. 3.12** Fotografía Vista en Google Earth de Marcelino Maridueña

Fuente: *Google Earth*

En la foto se puede apreciar las siete zonas en que se ha dividido Marcelino Maridueña para la distribución de la red.

En rojo esta la zona 1, en verde la zona 2, en rosado la zona 3, en lila la zona 4, en amarillo la zona 5, en naranja la zona 6 y en azul la zona 7, cabe indicar que en cada una de las zonas se colocara un armario FDH y cada uno de estos armarios será alimentado por una red de fibra troncal denominada feeder. Tomando en consideración las normas de diseño de la CNT el armario más lejano a la OLT será el número 1 y el más cerca será el último, es por ello que la zona 1 que está más alejado de la OLT estará el armario FDH 1 y la zona 7 que está más cerca de la OLT estará el armario 7.

Las tablas que se muestran a continuación numeradas desde la numero 2 hasta la numero 8, nos muestra el detalle de la cantidad de abonados, solares y números de cuadras que presenta cada zona a fin de proyectar el número de cajas a distribuir, de acuerdo a lo realizado por el censo de abonados efectuado, a fin de que la distribución de la red se la más óptimas.

<b>Cuadra Numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>posibles abonados</b>	<b>total abonados</b>
1	28	19	10	29
2	28	17	11	28
3	26	16	10	26
4	23	2	18	20
5	11	4	7	11
6	9	4	5	9
7	10	6	4	10
8	9	2	6	8
9	12	7	5	12
10	12	10	3	13
11	13	11	4	15
12	13	7	7	14
13	11	3	8	11
14	13	7	7	14
<b>totales</b>	<b>218</b>	<b>115</b>	<b>105</b>	<b>220</b>

**Tabla No. 5.-** Datos de censo en de la zona 1

*Elaborada por el autor*

<b>Cuadra Numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>abonados futuros</b>	<b>total abonados</b>
15	22	23	3	26
16	23	23	16	39
17	21	18	6	24
18	7	6	1	7
19	19	18	3	21
20	29	21	15	36
21	24	21	13	34
22	19	12	21	33
<b>totales</b>	<b>164</b>	<b>142</b>	<b>78</b>	<b>220</b>

**Tabla No. 6.-** Datos de censo en de la zona 2

*Elaborada por el autor*

<b>Cuadra numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>abonados futuros</b>	<b>total abonados</b>
23	23	10	7	23
24	5	3	2	6
25	17	7	6	20
26	10	12	8	20
27	24	26	6	50
28	20	7	7	31
29	14	7	6	19
30	13	12	6	26
31	14	11	7	20
32	12	5	4	14
33	18	17	7	29
34	7	5	4	10
35	14	12	7	23
36	14	4	5	23
37	10	8	7	22
38	16	12	6	24
39	15	7	6	20
40	15	13	7	25
41	14	12	8	24
42	13	11	5	16
43	11	10	6	16
44	12	7	6	13
45	10	7	5	12
46	11	9	4	13
47	11	7	4	11
48	11	10	4	14
49	12	7	5	16
<b>totales</b>	<b>366</b>	<b>258</b>	<b>155</b>	<b>413</b>

**Tabla No. 7.-** Datos de censo en de la zona 3

*Elaborada por el autor*

<b>Cuadra numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>abonados futuros</b>	<b>total abonados</b>
50	1	1	0	1
51	33	17	23	40
52	34	25	9	34
53	32	22	11	33
54	15	12	3	15
55	17	6	11	17
56	18	10	8	18
57	22	10	12	22
58	18	21	4	25
59	14	10	4	14
60	21	17	5	22
61	21	19	9	28
62	23	14	9	23
63	22	21	6	27
64	26	13	11	24
65	21	14	6	20
66	23	12	15	27
67	24	13	11	24
68	14	6	9	15
69	20	14	10	24
70	27	18	9	27
71	21	11	9	20
72	21	14	11	25
<b>totales</b>	<b>488</b>	<b>319</b>	<b>206</b>	<b>525</b>

**Tabla No. 8.-** Datos de censo en de la zona 7

*Elaborada por el autor*

<b>Cuadra numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>posibles abonados</b>	<b>total abonados</b>
73	28	21	7	28
73A	13	5	10	15
74	23	9	14	23
74A	15	5	3	8
75	21	10	15	25
75A	5	3	0	3
76	23	19	3	22
76A	22	2	4	6
77	17	10	6	16

77A	26	2	17	19
78	9	7	0	7
78A	18	4	5	9
79	6	3	1	4
80	9	3	5	8
81	21	5	3	8
82	22	7	10	17
83	18	9	8	17
84	21	7	8	15
85	24	6	5	11
86	6	3	3	6
87	4	3	1	4
88	9	4	4	8
89	11	4	7	11
90	17	3	7	10
91	21	8	9	17
92	18	7	3	10
93	23	5	8	13
<b>totales</b>	<b>450</b>	<b>174</b>	<b>166</b>	<b>340</b>

**Tabla No. 9.-** Datos de censo en de la zona 6

*Elaborada por el autor*

<b>Cuadra numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>posibles abonados</b>	<b>total abonados</b>
94	21	0	12	12
95	21	0	14	14
96	6	0	4	4
97	4	0	3	3
98	22	0	12	12
99	23	0	18	18
100	24	0	16	16
101	17	3	5	8
102	18	1	9	10
103	19	3	8	11
104	21	5	4	9
105	19	7	5	12
106	17	1	6	7
107	19	4	3	7
108	22	2	3	5
<b>totales</b>	<b>273</b>	<b>26</b>	<b>122</b>	<b>148</b>

**Tabla No. 10.** Datos de censo en de la zona 5

*Elaborada por el autor*

<b>Cuadra numero</b>	<b>cantidad solares</b>	<b>abonados fijos</b>	<b>posibles abonados</b>	<b>total abonados</b>
109	21	3	10	13
110	21	6	7	13
111	10	2	1	3
112	7	2	2	4
113	6	2	2	4
114	23	4	8	12
115	17	4	9	13
116	6	2	5	7
117	20	5	7	12
118	23	4	10	14
119	25	6	10	16
120	23	4	13	17
121	7	2	1	3
122	11	3	1	4
123	10	2	2	4
124	24	5	13	18
125	1	1	0	1
126	15	1	4	5
127	8	0	1	1
128	21	3	6	9
129	20	5	4	9
130	27	6	12	18
131	30	6	13	19
132	23	8	7	15
133	20	4	8	12
134	25	1	6	7
135	22	3	4	7
136	10	0	6	6
137	7	0	3	3
138	7	0	1	1
139	1	0	0	0
140	1	0	3	3
141	1	0	1	1
142	1	0	1	1
<b>totales</b>	<b>494</b>	<b>94</b>	<b>181</b>	<b>275</b>

**Tabla No. 11:** Datos de censo en de la zona 4

*Elaborada por el autor*

### **3.7 DISTRIBUCION DE LA RED EN CADA ZONA**

De acuerdo a los datos detallados en las tablas según del censo procedemos a ubicar las cajas en los sitios donde está la demanda en cada una de las zonas en el plano geo referenciado que lo habíamos adquirido en el mismo se detallan las cuadra con sus respectivos números de solares que le habíamos fijado para una mejor identificación de la cuadra.

#### **3.7.1 Zona No 1**

Aquí se ubica el armario FDH01, de acuerdo a la tabla No.2 en esta zona tenemos 14 cuadras con 115 abonados fijos y 105 futuros abonados por lo que la distribución se realiza para un total de 220 abonados, con estos datos vamos a colocar en este armario 8 Splitter de 1/4 que va alimentar 32 NAP del tipo aérea que utilizan un Splitter de 1/8 cada una, para un total de  $32 * 8 = 256$  abonados lo cual cubre completamente la demanda, quedando margen de ampliación de 36 hilos para mantenimiento.

La NAP se encuentran identificados por una letra en este caso va desde la letra Ax hasta la letra Hx donde la x es un número que va del 1 al 4, es decir cada cuatro cajas NAP cambiamos de letra, por ejemplo las cuatro primeras cajas serán A1, A2, A3, y A4 y las cuatro siguientes serán B1, B2, B3, B4.... Y así sucesivamente, hasta completar las 32 cajas NAP, las mismas que son del tipo aérea. Cabe indicar que se ha utilizado el mismo tipo nomenclatura que utiliza la CNT EP en sus diseños, además se enumera la primera caja en este caso la A1 la caja que está más lejana al armario FDH01 y se enumera la última caja la que está más cerca al armario en este caso es la H4.

Existen dos cables de distribución que alimentan las cajas y son: un cable de fibra de 24 hilos que alimenta las cajas NAP desde la A1 hasta la F1 y el otro una fibra de 12 hilos que alimentan las NAP que van de la F2 hasta la H4.

La Figura No.3.13 muestra el plano de distribución de las NAP desplegadas en la zona 1.



**Figura No. 3.13** Distribución de las Cajas NAP en la zona 1  
*Elaborada por el autor*

### 3.7.2 Zona 2

En esta zona tenemos con los datos que se detallan en la tabla 3 un total de 220 abonados siendo 142 fijos y 78 futuros abonados aquí ubicamos el armario FDH 02 que estará integrado de 7 Splitter de 1/4 que nos da un total de 28 salidas que alimentan 28 cajas NAP con Splitter de 1/8 para un total de  $28 * 8 = 224$  abonados con lo que cubrimos completamente la demanda.

Cabe indicar que del armario salen dos fibra para distribución, una fibra de 24 hilos que alimenta las cajas del grupo A, B, C, D y E; mientras que la fibra es de 12 hilos y alimenta el grupo F y G, sin dejar de reiterar que cada grupo está compuesto de 4 cajas.

La figura No.3.14 nos muestra el plano como están distribuidas las cajas NAP.



**Figura No. 3.14** Distribución de las cajas NAP en la zona 2  
*Elaborada por el autor*

### 3.7.3 Zona 3

Aquí tenemos lo siguiente, según los datos del censo de abonados nos arroja los siguiente datos, 258 abonados fijos y 150 son futuros, para un total de 408 abonados, aquí ubicamos el armario FDH 03 que va a estar integrado por 13 Splitter de 1/4 que alimentan un total de 51 cajas NAP cada una con un Splitter de 1/8 para un total de  $51 * 8 = 408$ . Cabe indicar aquí que la caja M4 queda en reserva en el FDH, siendo el 1ultimo hilo del Splitter 13, el que la alimente.

En esta zona salen 5 cables de fibra de distribución, la fibra de distribución 1 que es de 12 hilos alimenta las cajas del grupo A, B y C. La fibra de distribución 2 que es de 6 hilos que alimenta las cajas del grupo D y la caja C4. La fibra de distribución 3 que es de 12 hilos que alimenta las cajas del grupo E, F y G. La fibra de distribución 4 que es de 24 hilos que alimenta las cajas del grupo H, I, J, K y la caja L1. Y por último la fibra de distribución 5 que es de 6 hilos que alimenta las cajas L1, L2, L3, M1, M2 y M3.



**Figura No. 3.15** Distribución de las Cajas NAP en la zona 3  
*Elaborada por el autor*

### 3.7.4 Zona 4

Esta zona ubicada en la parte de abajo del plano se ubica el armario FDH 04 posee de acuerdo al censo 94 abonados fijos y 181 futuros que nos da un total de 275 abonados el armario estará integrado de 12 Splitter de 1/4 que alimentan un total de 48 cajas con un Splitter de 1/8 cada una que nos da  $48 * 8 = 384$  abonados , del armario FDH 04 salen 3 fibras de distribución, la fibra de distribución 1 que es de 24 hilos alimenta las cajas del grupo A, B.C, cajas D1 y D2. La fibra de distribución 2 que es de 12 hilos alimenta las cajas del grupo E, F y las cajas D3,

y D4. Y el cable de distribución 3 que es de 24 hilos que alimenta las cajas del grupo G, H, I, K y L, la figura No. 3.16 nos muestra la distribución de las cajas en esta zona 4.



**Figura No. 3.16** Distribución de las NAP en la zona 4  
*Elaborada por el autor*

### 3.7.5 Zona 5

Aquí se ubica el armario FDH 05, en esta zona el censo boto 26 abonados fijos y 122 futuros para un total de 148, en este armario se ubica 6 Splitter de 1/4 que alimentan 24 cajas NAP, para un total de  $24 * 8 = 192$ . Aquí se distribuyen dos fibras, la fibra 1 que es de 24 hilos alimenta las cajas del grupo A, B, C, D, E, F1 y la caja F2. Y la fibra de distribución 2 que es de 6 hilos y alimenta las cajas F3 y F4.

La cajas se ubican a como está indicado en el plano dela Figura No. 3.17



**Figura No.3.17:** Distribución de las cajas NAP en la zona 5  
*Elaborada por el autor*



La figura No.3.19 muestra en el plano la distribución de las 56 NAP



**Figura No. 3.19** Distribución de las NAP en la zona 7  
*Elaborada por el autor*

En esta parte de la distribución hay que aclarar que si bien es cierto que en esta zona el censo arrojó un total de 525 abonados posible, la distribución se la ha hecho para 448 abonados quedando un faltante de 77 abonados, pero estos están compensados en la distribución de la zona 6 cuyo censo arrojó un total de 340 abonados pero la distribución está para 448 abonados donde existe un sobrante de distribución de 108 abonados que compensa el faltante que existe en la zona 7, y eso se nota en la línea fronteriza de las zonas que se da en las cuadras que están limitadas por las calles séptima y octava como indica el plano, la línea imaginaria que divide la zona 7 con la zona 6 pasa por la mitad de las cuadras ubicadas en las calles indicadas, por lo tanto las cajas NAP L3, L4, M1, M2, M3, M4, N1, N2, N3, N4 y O1 ubicadas en todo el eje de la calle octava de la zona 6 y que pertenecen al armario FDH06 alimentan o distribuyen las cuadras ubicadas en la zona 7, de allí la compensación del faltante de distribución para esta zona.

### 3.8 RED FEEDER

Los 7 armarios de distribución de las 7 zonas son alimentados por un cable denominado FEEDER que salen de la OLT ubicado en la CO de la CNT EP y el mismo que de acuerdo al plano está ubicado en las calles primera peatonal y calle sexta de tal forma que de la OLT saldrán dos cables Feeder, el primero que es de 48 hilos que alimenta los armarios FDH 01, FDH02 y FDH03 y el segundo FEEDER que es de 96 hilos y alimenta los armarios FDH04, FDH05, FDH06 y FDH07.

### **3.8.1 RED FEEDER 01: FDH 1, 2 y 3**

Este cable se compone de 48 hilos, los mismos que se encuentran repartidos en 4 buffers, cada uno compuesto de 12 hilos y cada hilo llevando su respectivo código de colores establecida en la norma TIA 598C. Y de la misma manera con ese orden del color vienen identificados los buffers esto es: buffer 1 es de color azul y contiene los hilos del 1 al 12, el buffer 2 es de color naranja y contiene los hilos del 13 al 24, el buffer 3 es de color verde y lleva los hilos del 25 al 36 y el buffer 4 que es de color café los hilos del 37 al 48.

Este cable que parte desde un ODF de 48 conectores ubicado en la OLT alimenta con los hilos del 25 al 48 de los buffer 3 y 4 del cable al armario FDH 03 que está integrado por 13 Splitter de 1/4, para tal efecto se realiza la operación de "sangrado" al cable en el pozo indicado en el plano con el 03, donde se levanta el armario, en esta operación se toma los hilos 25 al 37 para que alimente los 13 Splitter dejando libres los 11 hilos restantes que son del 38 al 48.

El cable sigue su recorrido hacia los armarios FDH 02 y FDH 01 y en el pozo indicado en el plano con el número 57 de la Avenida San Carlos se hace el segundo sangrado, de tal forma que los hilos del 13 al 24 del buffer 2 continúan con el cable de 48 hasta el armario FDH 02, estos hilos alimentaran los 7 Splitter de 1/4 de este armario es decir que solo se fusionaran los hilos del 13 al 19 y el resto quedaran libres. El resto de hilos los que se encuentran en el buffer 1 (1 al 12) en el pozo 57, se fusiona con un cable de 12 hilos, siendo esta la única derivación del cable de 48, este cable de 12 se dirige al armario FDH 01 y alimenta los 8 Splitter de 1/4 que tiene este armario, es decir solo ocupa los 8 primeros hilos (azul, naranja, verde, café, gris, blanco, rojo y negro) quedando libre los hilos amarillo, violeta, rosado y celeste que son los 4 últimos hilos del cable de la fibra de 12 que llega a este armario.

### **3.8.2 FEEDER 02: zonas 4, 5, 6, y 7**

Este cable parte de un ODF de 96 conectores en la OLT está compuesto de 96 hilos dispuestos en 8 buffers de los cuales los dos últimos el 7 y 8 alimentan los 14 Splitter de 1/4 que se encuentran en el armario FDH 07 es decir solo ocupan los hilos que van del 73 al 86 que dando libre los hilos 87 al 96, por consiguiente en el pozo indicado con el número 14, donde se ubica este armario se realiza el primer "sangrado" al cable.

Este cable de 96 fibra sigue su recorrido por el eje canalizado de la avenida los Parques y en el pozo número 22, donde se ubica el armario FDH 06 se realiza el segundo sangrado a fin de que los buffers 5 y 6 alimente los 14 Splitter de 1/4 de este armario es decir se ocuparan los hilos del 49 al 62 quedando libre los hilos 63 al 72. Luego en el pozo número 33 del armario FDH 05 se realiza el tercer sangrado al cable de 96 fibras a fin de que el buffer 4 de los hilos 37 al 48 alimente los 6 Splitter que se configura este armario de los cuales se ocupan los hilos 37 al 42. Y por último el cable llega al armario FDH 04 y se toma el buffers 3 de los hilos 25 al 36 para que se fusionen con los 12 Splitter de 1/4 de este armario, quedando los buffers 2 y 1 de los hilos 1 al 24 de reserva. Cabe indicar que las rutas y pozos que recorre este cable se encuentra visualizado perfectamente en

el plano donde se diagrama el diseño de la red e incluye las reservas que por orden técnico se va dejando en los pozos correspondientes tal como lo indica el plano.

### 3.9 CALCULOS PERTINENTES DEL DISEÑO.

Como hemos visto que, como hemos considerado en el diseño los abonados actuales que poseen servicio tanto de voz como de datos así como futuros clientes y esto de acuerdo al censo nos dio un total de 2157 abonados, por lo que las cajas NAPs se han distribuidos en las cuadradas tomando en consideración el total de abonados que pudieran existir en las cuadradas mencionadas, de igual manera se configura la OLT por lo que esta estaría formada por: 9 tarjetas de servicio , una tarjeta de ventilación (fan tray), las tarjetas de poder, dos tarjetas de gestión y control, dos tarjetas uplink y dos tarjetas para el tráfico de telefonía 16xE1s.

Con respecto a la planta interna en la que tiene que ver la OLT hay que dejar aclarado que la CNT EP tiene contratado los servicios de una multinacional extranjera que se encarga de proveer, instalar y habilitar todas la OLT en el país, es por ello que nuestro diseño se basa exclusivamente en la ODN, la misma que debe cumplir con todo los requerimientos técnicos a fin de enlazarse con la OLT y cumpla con el objetivo por el cual se la ha diseñado.

#### 3.9.1 Dimensionamiento de los equipos.

zona 1			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	8	1/4	
NAP	32	1/8	220

zona 2			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	7	1/4	
NAP	28	1/8	220

zona 3			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	13	1/4	
NAP	52	1/8	413

zona 4			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	12	1/4	
NAP	48	1/8	384

zona 5			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	6	1/4	
NAP	24	1/8	192

zona 6			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	14	1/4	
NAP	56	1/8	448

zona 7			
Armario	Splitter	Relación	ONT
FDH 01	14	1/4	
NAP	56	1/8	448

### 3.9.2 Ventanas de transmisión

Como es de conocimiento la información se desplaza a través de la fibra óptica en forma de un haz de luz con una específica longitud de onda, esto depende si la fibra es monomodo o multimodo, además del tipo del equipo óptico que se tenga para la transmisión de la señal, por lo que tenemos que definir la o las ventanas en la que la fibra óptica pueda trabajar.

El cuadro siguiente nos muestra las ventanas en la que trabajan los equipos que se utiliza en redes GPON.

Ventana	Rango de Longitud de onda	L
Primera	1250nm-1350nm	1310 nm
Segunda	1400nm-1500nm	1490 nm
Tercera	1500nm-1600nm	1550 nm

**Tabla No. 12:** Longitud de onda correspondiente a cada ventana

*Elaborada por el autor*

Cabe indicar que los equipos a utilizarse trabajan en todas las ventanas, pero como norma la CNT EP solo utiliza las ventanas primera y tercera.

La ventana Primera la utiliza para medir perdidas en las cajas y rosetas en los abonados y la Tercera ventana la utiliza para las trazas en la red especialmente en la fibra Feeder monomodo.

### 3.9.3 Calculo de la Atenuación de la red.

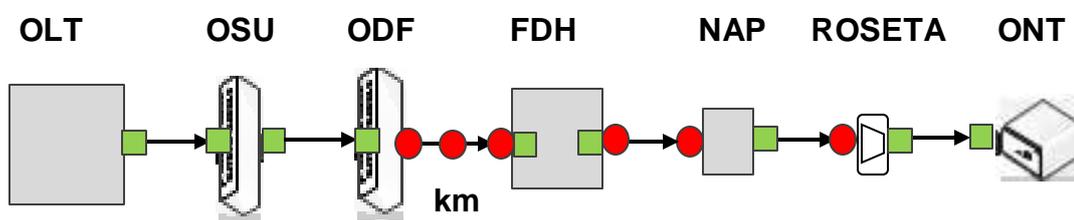
El concepto de atenuación se define como la pérdida de potencia de la señal al desplazarse por la fibra, se expresa en forma logarítmica y cuya unidad de medición es el decibelio (dB) y decibelio por Kilometro (dB/Km).

Las consideraciones a tomar en cuenta para calcular la atenuación en una red de fibra óptica son la que posee en forma intrínseca como son las impurezas que contiene, la composición de la sílice que tiene la fibra que se utiliza y las de forma extrínseca como son los empalmes, Splitter, km de fibra tendida y curvatura de la fibra.

Tomando en consideración la base recomendada por la normas ITU-T G.984.2 que nos indica que la máxima atenuación de una red ODN no debe superar los 28dB debido a que así es como se han definido los umbrales de trabajo de los equipos tanto de la OLT como de la ONT para lo cual se consideras el peor caso en los niveles de atenuación. Pero la CNT EP considera solo un máximo de 25 dB como el peor caso de atenuación que va desde la OLT hasta la ONT que llega al abonado, como norma para una red ONT que se diseñe y construya en cualquier localidad del país.

Tomando esto como referencia vamos a calcular la atenuación en nuestra red diseñada para ello tenemos que hacerlo calculando la mayor atenuación que se pueda dar en la red; de acuerdo a lo diseñado esto se da en la cajas NAP A1 de la zona 1 y zona 4 que presentan el peor caso debido a que son las cajas que se encuentran a mayor distancia de la OLT.

El diagrama de bloque que presenta la figura No.3.20 nos muestra el detalle y puntos donde puede haber atenuación en el recorrido de la fibra hasta llegar al abonado.



**Figura No.3.20:** Diagrama de bloque de puntos de atenuación de la red  
*Elaborada por el Autor*

De acuerdo a este diagrama de bloques de la figura No. 3.20 las pérdidas de las fusiones están simbolizadas con círculo (rojo) y las pérdidas en los conectores con un cuadrado (verde) y como hemos indicado anteriormente

que teóricamente las pérdidas en un conector es de =0,5 dB y la pérdidas por fusión es de 0,30dB.

Para el cálculo de la atenuación total aplicamos la siguiente fórmula:

$$(1) \quad A_t = \text{Atenuación total (dB)} = A_f + A_o + A_{s4} + A_{s8} + A_r + A_{ont}$$

Donde:

$A_t$  = Atenuación total

$A_f$  = Atenuación de la fibra (Feeder+ dispersión)

$A_o$  = Atenuación interna

$A_{s4}$  = Atenuación del Splitter 1 a 4

$A_{s8}$  = Atenuación del Splitter 1 a 8

$A_r$  = Atenuación de la roseta.

$A_{ont}$  = Atenuación en la ONT

### 3.9.3.1 Cálculo de $A_f$ : Atenuación por distancia de la fibra:

La distancia que hay entre la OLT y la caja A1 de la zona 1 es: 614 mts

La distancia que hay entre la OLT y la caja A2 de la zona 4 es: 630 mts

Y la distancia máxima que puede haber entre la caja A1 y el abonado es de 100mts.

Por lo tanto la distancia que hay entre la OLT y cualquier abonado de la caja A1 de la zona 1 es de: 714 mts

De igual forma la distancia máxima entre la OLT y cualquier abonado de la caja A2 de la zona 4 es de: 730 mts.

Sabemos teóricamente que: la pérdida promedio Upstream por Km de F.O: 0,35(dB), para una longitud de onda de 1310 nm. De acuerdo a estos valores la atenuación por Km-fibra será:

$$714 \times 1\text{km}/1000\text{mts} \times (-0,35\text{dB}) = - 0,24 \text{ dB} \quad \text{para la caja A1 en la zona 1}$$

$$730 \times 1\text{km}/1000\text{mts} \times (-0,35\text{dB}) = - 0, 25 \text{ dB} \quad \text{Para la caja A1 de la zona 4}$$

Entonces:  $A_f = - 0,24 \text{ dB}$  caja A1 (zona1) y  $A_f = - 0,25 \text{ dB}$  caja A1 (zona 4)

### 3.9.3.2 Cálculo de $A_o$ : Atenuación interna.

De acuerdo al diagrama de la figura hay Conectarización que va desde la OLT al OSU y del OSU al ODF y fusión a la salida del ODF entonces:

$$A_o = 4 * (- 0,5 \text{ dB}) + (-0,30 \text{ dB}) = - 2,30 \text{ dB}$$

### 3.9.3.3 Cálculo de As4: Atenuación de Splitter 1/4.

Se puede ver que existe fusión y Conectarización a la entrada del armario FDH mas la fusión en el sangrado y de igual forma fusión y Conectarización a la salida producto del pacheo de interconexión con los Patch cord, además incluimos la pérdida del Splitter que de acuerdo al dato teórico de la tabla #1 es - 7,1 dB entonces:

$$As4 = 2 * (-0,5dB) + 2 * (-0,30dB) + (- 7,1) dB = - 8,70 dB$$

### 3.9.3.4 Cálculo de As8: Atenuación de Splitter 1/8.

De la misma manera existe una fusión a la entrada y Conectarización a la salida de la NAP, además incluimos la pérdida del Splitter 1/8 que de acuerdo a la tabla # 1 es de - 10,5 dB, entonces tenemos:

$$As8 = -0,50 + (-0,30) dB + (-10,5 dB) = - 11,30 dB$$

### 3.9.3.5 Cálculo de Ar: Atenuación en la roseta óptica.

$$Ar = -0,50 + (-0,30) dB = -0,80 dB \quad \text{fusión y Conectarización}$$

### 3.9.3.6 Cálculo de Aont: Atenuación en la ONT.

$$Aont = - 0,50dB \quad \text{solo hay Conectarización.}$$

Vamos a demás a incrementar la pérdida de -0,30dB por la fusión del cable de 12 hilos con el de 48 hilos que va al DTH1, este valor solo ocurre en la caja A1 de zona Entonces

Reemplazando los valores obtenidos en la fórmula (1).

$$At = -(0,24+2,30+8,70+11,30+0,80+0,50) (dB) + (-0,30) dB = - 24,14dB$$

La máxima atenuación que tenemos es:

**A = -24,14 dB para la caja A1 en la zona 1**

**A = -23,85 dB para la caja A1 en la zona 4**

Estos valores se encuentran dentro del rango permitido en una red Gpon, cuyo máximo valor de atenuación permitido en una red es -28 dB y también dentro del rango permitido para redes GPON de la CNT EP que es de - 25dB.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS DE COSTO DE LA RED (ODN)**

#### **4.1 COSTO DE LA ODN**

En este diseño es indispensable saber o hacer un análisis de costo del diseño a fin de determinar la viabilidad del proyecto, es decir se considera en este punto cual va a ser la inversión que se va a realizar en especial de la ODN que es lo que se ha diseñado a fin de conocer el costo de la red diseñada y de esta manera tener un objetivo a un determinado tiempo de acuerdo a la numero de abonados que tiempo va a tener la recuperación de la inversión.

##### **4.1.1 Costos Unitarios**

Cabe recalcar que la CNT EP tiene a probado los costos unitarios de todos los elementos pasivos que componen una ODN y están estandarizados en todo el país, para tal efecto tiene realizado un análisis de costos unitarios tanto de material como de mano de obra. Esto lo ha hecho con el propósito de tener un presupuesto referencial de toda obra de construcción de planta externa de redes de fibra óptica para de esta manera manejar los costos de los distintos servicios que ofertan.

Para tal efecto la CNT tiene homologado ciertas marcas de equipos y materiales que cumplen con los parámetros y especificaciones técnicas para redes FTTh con tecnología GPON que van a ser instalados en grandes urbes y poblados donde es indispensable la tecnología de punta en las telecomunicaciones.

##### **4.1.2.- Equipos y Materiales a Utilizar en la red diseñada.**

###### **4.1.2.1 OLT.**

La provisión, instalación y puesta en marcha de esta unidad la hace HUAWEI que es una empresa líder en comunicaciones de última generación ya que abastece al 70% de los principales operadores del mundo y es líder en el mercado de equipos FTTx y GPON.

El Equipo de OLT que ha venido instalando es el SmartAXMA5603T que es una plataforma de acceso “todo en uno” soporta escenarios

FTTC/FTTB/FTTH/FTTO/FTTM y entre sus parámetros importantes es que posee una velocidad de transmisión de 2.5Gbits-1.5Gbits en Tx y Rx además de cumplir con la recomendación ITU-TG984.2.

#### **4.1.2.2 ONT.**

Este equipo es el que se utiliza en interiores y es través de este terminal óptico que se suministra la banda ancha al hogar. Está destinado solo para aplicaciones FTTH con tecnología GPON, posee 4 puertos Ethernet, un puerto para CATV, 2 puertos para voz, un puerto USB, posee capacidades para VoIP, internet, servicios de video HD, y es WI FI

Las características que debe tener este equipo es: rango de transmisión de 2.5Gbits y 1.5Gbits en Tx y Rx con una longitud de onda 1490nm en Tx y 1310 nm en Rx. Es decir con los parámetros parecidos a la OLT incluido la atenuación.

La CNT EP utiliza el Echo Life HG8245 o el HG82447 de HUAWEY con WI FI dado que lo tiene homologado en sus instalaciones por lo que sería este el equipo a ser utilizado como ONT en Marcelino Maridueña.



**Figura No.4.1:** Fotografía de una ONT utilizada por la CNT en última milla GPON

*Elaborada por el Autor*

#### **4.1.2.3 Splitter.**

Las marcas de este elemento que tiene homologada la CNT son Huawei, TE connectivity y 3M van de 1:2 hasta 2:64 pero en este país se ha venido utilizando hasta 2:32 son de tamaño pequeño y pueden ser instalados en una FAB, Mangas domo, o gabinetes ópticos (armarios) poseen una longitud de onda de operación de 1260/1490/1550/1650 y el tipo de conector que utiliza es el SC/APC. Cabe indicar que en nuestro diseño se ha empleado Splitter de 1:4 y de 1:8.



**Figura No.4.2:** Fotografía de una SPLTTER de 1/4  
*Elaborada por el Autor*

#### 4.1.2.4 Mangas.

Las marcas que utiliza en redes de fibra óptica la CNT EP son de marca 3M, TE connectivity, Huawei, Mercury o Fibrain pueden ser del tipo aérea o subterránea, y pueden ser con cierre mecánico o termocontractil, cabe indicar que en nuestro diseño utilizamos en ambos casos. Y las hay para cables de 12, 24, 48, 96, 144 y 288 fibras.



**Figura No.4.3:** Fotografía de una Manga subterránea de 288 hilos  
*Elaborada por el Autor*

#### 4.1.2.5 ODF.

Se lo utiliza para organizar el Feeder y su tamaño depende del número de fibras que se tengan los hay de 12, hasta 96 fibras, las marcas que la CNT utiliza son HUAWEY, MERCURY, FURUNKAWUA, TYCO Y 3M por lo general su configuración es modular y standard para un rack de 19", para nuestro diseño utilizaremos los de 96 fibras y 48 fibras de la red feeder con conectores SC apc.



(a)



(b)

**Figura No.4.4:** Fotografía de un ODF de 12 F.O  
a) Armada de pigtiles y fusiones con cable de 12  
b) Instalado en un RAK de 19"  
*Elaborada por el Autor*

#### 4.1.2.6 Conectores.

Como hemos indicado hay de varios tipos pero en nuestro diseño solo utilizaremos el tipo SC APC las marcas de este conector que utiliza la CNT EP son TE connectivity, HUAWEY, Fibrain, y Furunkawua todos los fabricantes mencionados lo recomiendan en todo tipo de redes, ya que cumplen con las normas ANSI, TIA/EIA, NTT; registra bajas pérdidas y su mecanismo de funcionamiento es parecido en cualquier marca que se lo adquiera. Es decir que posee el mismo mecanismo de aseguramiento y da un click audible cuando es conectado o desconectado.



(a)



(b)

**Figura No.4.5:** Fotografía de conectores: a) para cable ducto de acometida  
b) para cable aéreo de acometida

*Elaborada por el Autor*

#### 4.1.2.7 Caja NAP.

Este tipo de caja puede ser aérea o subterránea, y pueden colocarse en pozos, postes, murales mini postes, etc. Se las utiliza en la red de distribución y es allí donde parte la red de dispersión que llega hasta el abonado, existen en el mercado los modelos de 8, 12, 24, y 48 fibras tanto la entrada como la salida, o también se pueden usar con Splitter. Todas las salidas de esta caja son con conectores, y en nuestro diseño emplearemos la caja con un Splitter de 1 a 8 con conectores del tipo SC APC. Las marcas homologadas y utilizadas en redes de GPON por la CNT son: TE connectivity, Huawei, 3M, TYCO y Furunkawua.

Cabe dejar indicado que el conector SC APC es el que utiliza la CNT EP en todas las redes de GPON en su infraestructura de planta externa.



(a)



(b)

**Figura No.4.6:** Fotografía de NAP tipo aérea de 24 conectores:

a) Vista frontal: b) vista caja abierta

*Elaborada por el Autor*

#### 4.1.2.8 FTH (Fiber Distribution Hub).

Los Gabinetes de Distribución de Fibra o (FDH) nombre tomado de sus siglas en ingles son los conocidos armarios de distribución en este gabinete se encuentran colocados los Splitter primarios ya sea de 1/4, 1/8, 1/16 o 1/32 según lo requiera el diseño de la red la entrada de los Splitter se conectan con el feeder que viene de la OLT y la salida se conectan con los cables de distribución que alimentan las NAPs. Las marcas homologadas de estos gabinetes son: TE connectivity y HUAWEY, y TYCO, es el elemento más costoso de la ODN.



(a)



(b)

**Figura No.4.7:** Fotografía de un FDH (Armario) instalado por la CNT

a) Vista frontal: lado izquierdo van los Splitter y del lado derecho sale la distribución

b) Vista lateral con logotipo

*Elaborada por el Autor*

#### 4.1.2.9 Cables de Fibra Óptica.

El tipo de cable que se utiliza para este tipo de red es el RG 652 del tipo de fibra monomodo que permite pasar en el núcleo de la fibra un solo haz de luz lo que permite grandes distancias. Existe en el mercado cables de fibra óptica de 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72, 96 tanto para tendido aéreo como subterráneo y de mayor capacidad de 144 y 288 hilos de fibra solamente para tendido subterráneo.

En la implementación del diseño se utilizara cable de 96, 48 y 12 fibras RG 652 canalizada y de 6, 12 y 24 fibras RG 652 del tipo aéreo en este caso la auto suspendida para la red de distribución aérea.



**Figura No.4.8:** Fotografía donde se observa el tendido de un cable de 48 fibras subterráneo en un portabobinas.

#### 4.1.3 Presupuesto Referencial de la ODN

Luego de especificar los elementos a utilizar en la red diseñada procedemos a establecer los precios de los equipos a utilizar y necesarios para su implementación.

Para lo cual como habíamos indicado, vamos a utilizar los precios establecidos por la CNT EP para la construcción de redes GPON y son los valores que vamos a tomar para obtener el costo referencial de nuestra red diseñada, la lista de los precios se adjunta en el anexo a este diseño.

Las siguientes tablas se detallan los valores de cada uno de los rubros a ejecutar y su costo, de cada una de las zonas o red de distribución, como de la red feeder o troncal primaria que alimenta cada armario.

DESCRIPCION DEL RUBRO	und	Cant.	Costo unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	82	11,09	909,38
INSTALACION Y SUM.DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	54	2,41	130,14
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	68	12,50	850,00
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	20	7,48	149,60
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	256	8,86	2.268,16
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	256	8,48	2.170,88
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	72	17,69	1.273,68
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	72	9,79	704,88
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	11	10,50	115,50
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	24	11,80	283,20
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	3	13,09	39,27
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	11	16,05	176,55
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	32	264,89	8.476,48
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	32	5,39	172,48
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	38	6,44	244,72
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	2	56,68	113,36
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	32	147,24	4.711,68
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS G.852.D VANO 120 METROS	m	572	2,55	1.456,33
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS G.852.D VANO 120 METROS	m	689	2,79	1.921,42
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS G.852.D VANO 120 METROS	m	1023	2,31	2.362,16
<b>Total: FDH 01</b>				<b>28.794,06</b>

**TABLA No.13:** Costo de la red de distribución en la zona 1: FDH 01  
Elaborada por el autor

DESCRIPCION DEL RUBRO	Und	Cant.	Costo Unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	70	11,09	776,30
INSTALACION Y SUM. DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	9	2,41	21,69
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	64	12,50	800,00
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	14	7,48	104,72
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	224	8,86	1.984,64
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	224	8,48	1.899,52
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	21	17,69	371,49
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	21	9,79	205,59
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	8	10,50	84,00
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	19	11,80	224,20
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	6	13,09	78,54
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	14	16,05	224,20
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	28	264,89	7.416,92
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	6	5,39	32,34
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	39	6,44	251,16
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	2	56,88	113,36
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	28	147,24	4.122,72
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	M	273	2,55	695,92
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	M	605	2,79	1.687,89
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	M	798	2,32	1.842,27
<b>Total: FDH 02</b>				<b>23.199,43</b>

**TABLA No.14:** Costo de la red de distribución en la zona 2: FDH 02  
Elaborada por el autor

DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	Und.	Cant.	Costo Unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	128	11,09	1419,52
INSTALACIÓN Y SUM. DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	108	2,41	260,28
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	108	12,50	1.350,00
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	32	7,48	239,36
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	408	8,86	3614,88
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	408	8,48	3.459,84
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	42	17,69	742,98
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	42	9,79	411,18
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	19	10,50	199,50
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	37	11,80	436,60
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	5	13,09	65,45
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	23	16,05	369,15
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	51	264,89	13.509,39
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	64	5,39	344,96
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	65	6,44	418,60
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	6	56,68	340,08
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	58	147,24	8.539,92
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS Ø.652.D VANO 120 METROS	m	904	2,55	2.303,67
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS Ø.652.D VANO 120 METROS	m	416	2,79	1.160,03
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS Ø.652.D VANO 120 METROS	m	2.062	2,31	4.761,42
<b>Total: FDH 03</b>				<b>44.210,81</b>

**TABLA No.15:** Costo de la red de distribución en la zona 3: FDH 03  
Elaborada por el autor

DESCRIPCION DEL RUBRO	und	Cant.	Costo unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	117	11,09	1.297,53
INSTALACION Y SUM.DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	30	2,41	72,30
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	113	12,50	1.412,50
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	36	7,48	269,28
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	384	8,86	3.402,24
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	384	8,48	3.256,32
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	30	17,69	530,70
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	hilo	30	9,79	293,70
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	21	10,50	220,50
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	34	11,80	401,20
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	8	13,09	104,72
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	22	16,05	353,10
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	48	264,89	12.714,72
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	20	5,39	107,80
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	64	6,44	412,16
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	5	56,68	283,40
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	48	147,24	7.067,52
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	535	2,55	1.364,25
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	3.332	2,79	9.296,28
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.993	2,31	4.603,83
<b>Total: FDH 04</b>				<b>47.724,11</b>

**TABLA No.16:** Costo de la red de distribución en la zona 4: FDH 04  
*Elaborada por el autor*

DESCRIPCION DEL RUBRO	und	Cant.	Costo unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	58	11,09	643,22
INSTALACION Y SUM. DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	9	2,41	21,69
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	47	12,50	587,50
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	16	7,48	119,68
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	192	8,86	1.701,12
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	192	8,48	1.628,16
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	16	17,69	283,04
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	16	9,79	156,64
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	7	10,50	73,50
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	14	11,80	165,20
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	4	13,09	52,36
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	8	16,05	128,40
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	24	264,89	6.357,36
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	6	5,39	32,34
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	26	6,64	167,44
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	3	56,68	170,04
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	24	147,24	3.533,76
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	0	2,55	-
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	732	2,79	2.042,28
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	834	2,31	1.926,54
<b>Total: FDH 05</b>				<b>20.050,33</b>

**TABLA No.17:** Costo de la red de distribución en la zona 5: FDH 05  
*Elaborada por el autor*

DESCRIPCION DEL RUBRO	und	Cant.	Costo unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	129	11,09	1.430,61
INSTALACION Y SUM. DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	42	2,41	101,22
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	117	12,50	1.462,50
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	30	7,48	224,40
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	448	8,86	3.969,28
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	448	8,48	3.799,04
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	41	17,69	725,29
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	41	9,79	401,39
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	19	10,50	199,50
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	40	11,80	472,00
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	6	13,09	78,54
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	20	16,05	321,00
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	56	264,89	14.833,84
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	28	5,39	150,92
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	66	6,44	425,04
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	7	56,68	396,76
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	56	147,24	8.245,44
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.085,00	2,55	2.766,75
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.755,00	2,79	4.896,45
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.636,00	2,31	3.779,16
<b>Total: FDH 06</b>				<b>48.939,19</b>

**TABLA No.18:** Costo de la red de distribución en la zona 6: FDH 06  
Elaborada por el autor

DESCRIPCION DEL RUBRO	und	Cant.	Costo unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	85,00	11,09	942,85
INSTALACION Y SUM. DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	U	24,00	2,41	57,84
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 10,8-11,4mm	U	125,00	12,50	1.562,50
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	12,00	7,48	89,76
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	448	8,86	3.969,28
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	hilo	448	8,48	3.799,04
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	50	17,69	884,50
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	50	9,79	489,50
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	20,00	10,59	210,00
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	48,00	11,80	566,40
SUM. E INST. DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	3,00	13,09	39,27
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE F. O. ADSS	U	37,00	16,05	593,85
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	56	264,89	14.833,84
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	32,00	5,39	172,48
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	88	6,44	566,72
SUM. Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	8,00	56,88	453,44
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	56	147,24	8.245,44
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.737,00	2,55	4.429,35
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.526,00	2,79	4.257,54
SUM. Y TEN. DE CABLE AÉREO ADSS DE F.O MONOMODO 6 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	1.505,00	2,31	3.476,55
<b>Total: FDH 07</b>				<b>49.900,01</b>

**TABLA No.19:** Costo de la red de distribución en la zona 7: FDH 07  
Elaborada por el autor

DESCRIPCION DEL RUBRO	und	Cant.	Costo unitario	Costo Total (\$)
PLANOS DE OBRA	m <sup>2</sup>	1	260,06	260,06
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	284	11,09	3.149,56
INSTALACION Y SUM.DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4	U	172	2,41	414,52
PREP. DE PUNTA DE CABLE DE F.O CABLES 6-96 HILOS	U	6	7,48	44,88
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 72- 96	U	3	13,85	41,55
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6- 48	U	2	12,97	25,94
SUMINISTRO Y COLOC. DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	108	5,39	582,12
SUMINISTRO Y COLOC. DE MANGA SUBTERRANEA PARA FUSION DE 12, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	5	270,32	1.351,60
SUM. Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD SIMPLEX FC/APC-SC/APC DE 10 METROS. G652D.	U	76	19,45	1.478,20
SUM. Y COLOC. SPLITTER PLC CONECTORIZADO (1X4)	U	76	97,84	7.435,84
SUM. Y COLOCACION DE ARMARIO FTTH DE 288 PUERTOS	U	7	10.741,79	75.192,53
ETIQUETAS DE CABLE PARA INTERIORES SEGÚN NORMA ANSITIA/EIA-569-A	U	76	0,93	70,68
SUM. Y COLOCACION DE ODF DE 96 HILOS (INC PIG TAIL SC/APC G652D)	U	1	949,92	949,92
SUM. Y COLOCACION DE ODF DE 48 HILOS (INC PIG TAIL SC/APC G652D)	U	1	471,81	471,81
SUM. Y TEN. DE CABLE CANALIZADO 12 F.O MONOMODO G.652.D	m	629	2,55	1.603,95
SUM. Y TEN. DE CABLE CANALIZADO 48 F.O MONOMODO G.652.D	m	668	3,37	2.251,16
SUM. Y TEN. DE CABLE CANALIZADO 96 F.O MONOMODO G.652.D	m	1020	4,28	4.365,60
<b>Total: Feeder</b>				<b>99.689,92</b>

**TABLA No.20:** Costo de la red Feeder  
Elaborada por el autor

ARMARIOS DTH	COSTO (\$)
1	28.794,06
2	23.199,43
3	44.210,81
4	47.724,11
5	20.050,33
6	48.939,19
7	49.900,01
RED FEEDER	99.689,92
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>362.507,86</b>

**Tabla No.21:** Resumen del costo  
*Elaborada por el autor*

La tabla No.18 nos da el resumen del costo de la ODN cuyo valor referencial total de implementación de la red de GPON diseñada para Marcelino Maridueña una valor de: **Trescientos sesenta y dos mil quinientos siete con 86/100. Dólares**

**Nota:** El valor de costo unitario de cada rubro es tomado de la lista de precios Unitarios referenciales de mayo del 2015 que la CNT EP tiene Aprobado para la Construcción de redes FTTH en su Planta Externa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES.

Se ha logrado diseñar una red de última generación que se podría implantar sin ninguna objeción en la cabecera cantonal de Marcelino Maridueña el mismo que tiene un crecimiento poblacional e industrial y con ello solucionar el problema que este cantón tiene en la actualidad en lo que respecta a un mejor servicio en las telecomunicaciones.

Se proyecta una red para un futuro mínimo de 15 años donde se ha tomado en consideración 1128 abonados fijos y 1013 posibles abonados, hay que dejar en claro que en el sector hay ausencia de la competencia en lo que respecta a una red parecida.

La distancia que se podría llegar con este sistema es de 20 km pero nuestro diseño abarca una red no más de 1.80km donde ubican los equipos principales, lo que significa que es una distancia corta por lo que soporta sin ningún problema hasta 1.2 Gbps. De igual forma las atenuaciones de acuerdo a los cálculos realizados no sobrepasa el máximo permitido tanto por la CNT EP como por las normas ITU junto a las demás recomendaciones establecidas.

En cuanto a los datos económicos se ha establecido un valor referencial de lo que pueda costar la construcción de la red en los actuales momentos tomando en cuenta los costos unitarios que tiene establecido la CNT EP para proyectar y construir una red ODN con tecnología GPON . Como se ha establecido de acuerdo a estos precios la red tiene un costo referencial de \$ 362.507, 86 (**Trescientos sesenta y dos mil quinientos siete con 86/100. Dólares**).

Como se ha indicado anteriormente se da solución en el cantón dado que con una red FTTH se puede alcanzar anchos de banda teóricamente ilimitados ya que soluciona el requerimiento más exigente que se podría dar, además utiliza elementos pasivos, por lo que la convierte en una red que no requiere de una fuente de energía compleja en la Planta Externa, además de no ser susceptible a daños o envejecimiento acelerado y su mantenimiento es de bajo costo.

Concluimos que este tipo de red es superior a las redes de arquitectura de cobre o las de electrónica compleja.

### 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar fibra óptica monomodo del tipo auto auto-soportado con cable mensajero tanto para la red aérea. Y cable mono modo para tendido subterráneo para la red canalizada. La fibra óptica escogida por el concesionario deberá cumplir por lo menos con la recomendación UIT-T G.652. Las marca de cable de fibra que utiliza la CNT EP para sus redes FTTH

y que las tiene homologadas ya que cumplen con todos los requisitos para este tipo de redes son: Mercury, Prysmian, Huawei, 4SProducts. Las mismas que se encuentran en el mercado Nacional por compañías nacionales que poseen las representaciones de estas marcas. Siendo la fibra monomodo del tipo G652D la que utiliza en la construcción de redes FTTH.

Además utilizar las marcas homologadas de los elementos pasivos debido a que estos cumplen con todas las especificaciones de las normas ITU-T y las exigencias que se requiere para construir estas redes.

Utilizar como mano de obra, personal idóneo y capacitado para la construcción de la obra a fin de cumplir con las norma técnicas que se requieren para realizar el tendido, Conectarización, fusión del cable de fibra óptica.

Se recomienda que el personal técnico asiste a un curso de construcción de redes FTTH con el fin de capacitarlo óptimamente. Además de leer y aplicar el instructivo de las normas de construcción de la ODN que la CNT EP da a los contratistas que realizan este tipo de redes.

Para asegurar la confiabilidad de la red, es necesario revisar cada uno de los componentes de la planta externa. Realizando el seguimiento diario del avance de la obra así como las mediciones requeridas, con los equipos que están destinados a este tipo de red.

## **ANEXOS**

A1.- Plano de Marcelino Maridueña con la red diseñada de este cantón.

## GLOSARIO

<b>Atenuación:</b>	Es la pérdida de potencia a una determinada frecuencia. Se expresa generalmente en decibel por unidad de longitud. Varía por el tipo de material empleado, por la temperatura y se incrementa al aumentar la frecuencia.
<b>C.O:</b>	Central office.
<b>CNT EP.</b>	Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública
<b>DB (Decibel):</b>	Unidad basada en logaritmos que expresa la razón de dos niveles de potencia.
<b>Divisor Óptico:</b>	Dispositivo pasivo, el cual divide la señal de un conductor óptico de entrada, en igual proporción, hacia dos o más conductores ópticos de salida.
<b>DBA:</b>	Dynamic Bandwith Allocation (Asignación Dinámica de Ancho de Banda)
<b>Elementos Pasivos:</b>	Son aquellos equipos que no amplifican las señales y que no requieren energía para funcionar.
<b>FDH:</b>	Fiber Distribution Hub (Gabinete de Distribución de Fibra). Son los denominados armarios donde llega el feeder y donde va la primera etapa de los Splitter para la respectiva distribución
<b>FEC:</b>	Forward Error Correction (Corrección Directa de Errores). Es un Método de corrección que consiste en agregar información adicional al flujo de datos para reparar errores que ocurren en la transmisión.
<b>F.O:</b>	Fibra Óptica
<b>FTTX:</b>	(Fibra hasta X). Término genérico que se utiliza para describir las arquitecturas que utilizan fibra óptica, por ejemplo: Fibra hasta el nodo (FTTN), Fibra hasta el edificio (FTTB) o Fibra hasta la casa (FTTH).
<b>GPON:</b>	Gigabit-capable Passive Optical Network.
<b>GEM:</b>	Gpon Encapsulation Method (Método de Encapsulación Gpon)
<b>ITU – T:</b>	International Telecommunication Union – Telecommunication Sección

<b>ISP:</b>	Inside Plant Transition at Customer (Transición Planta externa a Planta Interna en el lado del cliente).
<b>NAP:</b>	Network Access Point (Caja Óptica de Distribución Terminal)
<b>OSP:</b>	Outside Plant.
<b>ONT:</b>	Optical Network Terminal (Terminal de red Óptico).
<b>OAN:</b>	Optical Access Network (red de acceso óptica).
<b>ONU:</b>	Optical Network Unit.
<b>OLT:</b>	Optical Line Terminal (Terminal Óptico de Línea).
<b>ODF:</b>	Optical Distribution Frame (Repartidor General Óptico)
<b>Splitter:</b>	Divisor Óptico.
<b>SNR:</b>	Signal to noise ratio (Razón de ruido de la señal).
<b>TDMA:</b>	Time Division Multiple Access.
<b>TDM:</b>	Time Division Multiplexing.
<b>URA:</b>	Unidad Remota de Abonado.
<b>WDM:</b>	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por División de Longitud de Onda).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] APUNTES: CURSO DE FIBRA OPTICA “CAPACION NORMAS DE CONTRUCCION Y DISEÑO DE ODN”, DICTADO EN CNT, GUAYAQUIL. AÑO 2013
- [2] [http://www.conniq.com/InternetAccess\\_FTTH.htm](http://www.conniq.com/InternetAccess_FTTH.htm)
- [3] UIT URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1200501-l/es>
- [4] <http://www.slideshare.net/diarknezs/gpon-diapositivas?related=1>
- [5] [http://www.slideshare.net/quinho\\_martinez/tecnologa-gpon?related=1](http://www.slideshare.net/quinho_martinez/tecnologa-gpon?related=1)
- [6] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-l/en>
- [7] <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>
- [8] Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH...  
*research.ijcaonline.org/volume92/number6/pxc3895050.pdf*
- [9] <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- [10] APUNTES DEL SEMINARIO DE IMPLEMENTACION DE LA NUEVA RED DE ACCESO FTTH DICTADO POR LA CNT EP. 2014
- [11] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200501-l/es>
- [12] <http://docplayer.es/1677761-Gpon-introduccion-y-conceptos-generales-adolfo-garcia-yague-agy-telnet-ri-es-version-1-7-noviembre-2012.html>
- [13] <http://www.slideshare.net/igravilan/20130808-introduccion-pon>
- [14] <http://www.slideshare.net/jcbenitezp/ftth-tecnored-v20-17071629?related=2>
- [15] <http://www.slideshare.net/guestca4a236/manual-fibra-optica?related=3>
- [16] [http://www.conniq.com/InternetAccess\\_FTTH.htm](http://www.conniq.com/InternetAccess_FTTH.htm)
- [17] <http://www.slideshare.net/luisanibaldiazvera/clculo-de-un-enlace-de-fibra-Optica?related=2>
- [18] <http://www.slideshare.net/linamaria77312/redes-opticas-pasivas-gpon-45447653?related=1>
- [19] <http://docplayer.es/1677761-Gpon-introduccion-y-conceptos-generales->

adolfo-garcia-yague-agy-telnet-ri-es-version-1-7-noviembre-2012.html

- [20] <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- [21] <http://www.slideshare.net/ivandarklife/redes-opticas-pasivas-xpon-39658803?related=1>
- [22] <http://www.slideshare.net/linamaria77312/redes-opticas-pasivas-gpon-45447653?related=1>
- [23] [www.itu.int](http://www.itu.int)
- [24] [http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth\\_gpon\\_ieee.pdf](http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/ftth_gpon_ieee.pdf)
- [25] <http://www.slideshare.net/edisoncoimbra/82-transmision-de-datos-por-fibra-ptica?related=4>
- [21] <http://es.scribd.com/doc/270908237/2012-gpon-introduccion-conceptos-pdf#scribd>
- [26] <http://www.slideshare.net/guestdce28b2/que-es-el-ftth?related=2>
- [27] <http://www.slideshare.net/mikita921/redes-de-fibra-optica-presentacion?related=3>
- [28] [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec)
- [29] RECOMENDACIONES ITU-T G.652: CARACTERISTICAS DE LA FIBRA OPTICA MONOMODO.
- [30] APUNTES DEL CURSO “INSTALACIONES DE PRODUCTOS TE CONNECTIVITY-GPON” DICTADO POR GLOBAL ELECTRIC S.A EN QUITO SEPTIMBRE DEL 2014