



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÈCTRICA**

**TRABAJO DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título de:**  
**Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**MODALIDAD: PROYECTO FACTIBLE**

**TEMA:**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED  
GPON (Gigabit Passive Optical Networks) EN EL SECTOR CENTRO DE  
RIOBAMBA PARA LA CNT EP-CHIMBORAZO”.**

**AUTOR: RAQUEL MARITZA CHÁVEZ CHÁVEZ**

**DIRECTOR DEL PROYECTO FACTIBLE: ING. Marco Nolivos**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

### **DERECHO DE AUTOR**

Las ideas expuestas en el presente trabajo de estudio y diseño que aparecen como propias son en su totalidad de absoluta responsabilidad de **Raquel Chávez**.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico a toda mi familia en especial a mis padres Vicente y Lidia, a mi hermano David, a mi sobrino Luis Ángel y a mis primos Andrés, Johana y Samanta.

*Raquel.*

# INDICE GENERAL

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>9</b>
1. RESEÑA DEL PROYECTO.....	9
1.1 ANTECEDENTES.....	9
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.4.1 GENERAL.....	12
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	12
1.5 LIMITACIONES EN EL DISEÑO DEL PROYECTO.....	12
1.6 METODOLOGÍA.....	13
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>14</b>
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA DE LAS REDES ÓPTICAS GPON.....	14
2.1.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE LA FAMILIA DE ESTÁNDARES PON.....	14
2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON.....	17
2.1.2.1 Tecnologías y Protocolos Utilizados por las Redes GPON.....	19
2.1.2.1.1 DBA Dynamic Bandwidth Allocation.....	19
2.1.2.1.2 ATM Asynchronous Transfer Mode.....	20
2.1.2.1.3 GEM GPON Encapsulation Method.....	20
2.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	21
2.1.3.1 Objetivos del estándar.....	21
2.1.3.2 Parámetros técnicos.....	22
2.1.3.2.1 Multiplexación de la Información.....	22
2.1.3.2.1.1 WDM.....	22
2.1.3.2.1.2 Tipos de redes WDM.....	22
2.1.3.2.2 Niveles de potencia y alcance.....	23
2.1.3.3 Arquitectura de la red óptica de acceso.....	24
2.1.3.3.1 Descripción de la arquitectura de la red.....	24
2.1.3.3.2 Elementos de una red GPON.....	25
2.1.3.3.2.1 Fibra Óptica.....	25
2.1.3.3.2.2 OLT Optical Line Termination.....	29
2.1.3.3.2.3 ONT Optical Network Termination.....	32
2.1.3.4 Protocolos de transporte.....	35
2.1.3.4.1 Requerimientos.....	35
2.1.3.4.2 Control de Acceso al medio.....	35
2.1.3.5 Servicios.....	36
2.1.3.5.1 Convergencia IP con redes GPON.....	36
2.1.3.5.1.1 IGMP.....	37
2.1.3.5.2 Convergencia ADLS con redes GPON.....	37
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>39</b>
3. ESTUDIO DE MERCADO.....	39
3.1 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	39
3.1.1 DELIMITACIÓN DEL MERCADO.....	39
3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO.....	40
3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	41
3.2.1 LA MUESTRA.....	41
3.2.2 RESULTADO DE LA ENCUESTA.....	41
3.2.2.1 PRIMERA PREGUNTA.....	41
3.2.2.2 SEGUNDA PREGUNTA.....	42

3.2.2.3	TERCERA PREGUNTA.....	43
3.2.2.4	CUARTA PREGUNTA .....	44
3.2.2.5	QUINTA PREGUNTA.....	44
3.2.2.6	SEXTA PREGUNTA.....	45
3.2.2.7	SÉPTIMA PREGUNTA.....	46
3.2.2.8	OCTAVA PREGUNTA .....	47
3.2.3	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	48
3.3	ANÁLISIS DE COMERCIALIZACIÓN.....	48
3.4	CONCLUSIÓN DE LA ENCUESTA.....	49
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>50</b>
4.	DISEÑO DE LA RED ÓPTICA GPON EN EL SECTOR CENTRO DE RIOBAMBA ...	50
4.1	ELEMENTOS QUE CONFORMAN O ESTÁ CONSTITUÍDO LA RED GPON	50
4.2	DIMENCIONAMIENTO DE LA RED .....	50
4.3	ESQUEMA DE RED GPON.....	51
4.4	SECTOR Y USUARIOS DE DISEÑO DE RED GPON .....	51
4.5	ELEMENTOS DE DISEÑO .....	52
4.5.1	EQUIPAMIENTO.....	52
4.5.1.1	EQUIPOS DE TRANSPORTE .....	52
4.5.1.2	EQUIPOS DE ENLACE .....	52
4.5.1.3	MATERIALES .....	54
4.5.1.4	CONECTORES .....	54
4.6	PLANO DE DISEÑO DE FIBRA ÓPTICA .....	54
4.7	PLANO DE LA UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS OLT ( Optical Line Termination) .....	54
4.8	CÁLCULO DE ATENUACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA .....	54
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>56</b>
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	56
5.1	EQUIPOS .....	56
5.2	MATERIALES.....	56
5.3	COSTOS ADICIONALES .....	57
5.4	COSTO TOTAL DE LA OBRA .....	58
5.5	TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	58
<b>CAPITULO VI .....</b>		<b>63</b>
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA .....	66
	BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET .....	66

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1 Niveles de Potencia.....	24
Tabla 2.2 Niveles de Sensibilidad.....	24
Tabla 2.3 Valores característicos de atenuación y estándar.....	27
Tabla 2.4 Resumen Recomendaciones UIT –T G.65x, Fibra Óptica Monomodo	30
Tabla 5.1 Costos de Equipos.....	56
Tabla 5.2 Costos de Materiales.....	56
Tabla 5.3 Costos Adicionales.....	57
Tabla 5.4 Costo Total de la Obra.....	58
Tabla 5.5 Gastos.....	59
Tabla 5.6 Ingresos con una mensualidad de 300,00.....	60
Tabla 5.7 Ingresos con una mensualidad de 200,00.....	61

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1 Elementos de una Red GPON. ....	26
Figura 2.2 Estructura interna de una Fibra Óptica. ....	26
Figura 2.3 Elementos de una OLT .....	32
Figura 2.4. Elementos de una ONU. ....	34
Figura 2.5 Protocolos de Difusión Ilustración .....	35
Figura 3.1. Primera pregunta de la encuesta .....	42
Figura 3.2. Segunda pregunta de la encuesta .....	43
Figura 3.3.Tercera pregunta de la encuesta.....	43
Figura 3.4. Cuarta pregunta de la encuesta .....	44
Figura 3.5. Quinta pregunta de la encuesta .....	45
Figura 3.6. Sexta pregunta de la encuesta .....	46
Figura 3.7. Sétima pregunta de la encuesta.....	47
Figura 3.8. Octava pregunta de la encuesta.....	47
Figura 4.1 FTTH .....	50
Figura 4.2 Topología en árbol.....	51

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de satisfacer los requerimientos de un mejor servicio en velocidad de Internet de banda ancha en el sector centro de Riobamba, ha hecho que las empresas líderes en telecomunicaciones desarrollen nuevos sistemas con tecnologías avanzadas, que ofrecen una mayor velocidad de transmisión de datos audio y video, la Tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Networks) precisamente, es un tecnología que está teniendo gran auge en diferentes partes del mundo como: Estados Unidos, Canadá, Rusia, Singapur, India, Australia, Brasil, Argentina, y Malasia con buenos resultados, gracias a su gran capacidad de transmisión, estas nuevas redes permitirán entregar servicios de banda ancha de voz, datos y video, es decir servicios convergentes. La capacidad total de transmisión puede alcanzar hasta. 2,488 Gbps downstream y de 1,244 Gbps upstream. Además este tipo de redes punto a multipunto se basa en dividir la señal óptica entre 64 abonados a través de una red de fibra completamente pasiva.



# **CAPITULO I**

## **1. RESEÑA DEL PROYECTO**

### **1.1 ANTECEDENTES.**

En la actualidad el sector centro de Riobamba cuenta con un servicio de Internet corporativo de banda ancha no acorde con la necesidad de sus usuarios.

En el sector centro de Riobamba varias empresas e instituciones cuenta con una red de fibra que limita la velocidad de transmisión de datos, audio y video.

Además el costo de la actual instalación de la fibra es más costosa porque se necesita una fibra por cada usuario.

El sector centro de Riobamba necesita de una red con tecnología que se adapte a servicios convergentes de altas velocidades. Por esta razón la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP Chimborazo conjuntamente con la Universidad Nacional de Chimborazo, específicamente en la Escuela de Ingeniería Eléctrica está desarrollando el “Estudio y diseño de una red GPON (Gigabit Passive Optical Networks) en el sector centro de Riobamba” para mejorar la velocidad de Internet de banda ancha.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La Red de Fibra con la que cuentan algunas empresas e instituciones del sector centro de Riobamba limita la velocidad de transmisión de datos, audio y video, además se requiere de una fibra por cada usuario por lo que podría adaptarse a los nuevos cambios utilizando la Tecnología GPON.

En la actualidad, la implementación de la Tecnología GPON nos permitirá ofrecer un mejor servicio de Internet de banda ancha a una mayor velocidad, además ayudará obtener reducción de costos, es por eso que se ha visto la necesidad de realizar un estudio para la implementación de dicha tecnología que brindará la oportunidad y la posibilidad de estar a la par de los cambios tecnológicos.

El estudio va estar enfocado al sector centro de Riobamba donde se encuentran la mayoría de instituciones públicas, privadas y sector comercial que serían los futuros usuarios, ya que actualmente no se dispone de una red con esta tecnología que pueda aportar servicios convergentes de altas velocidades.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Con el pasar del tiempo la tecnología sigue avanzando y nos va preparando a un futuro lleno de muchos recursos para podernos adaptar y aprovechar de los mismos.

El propósito de este estudio que se va a realizar es ofrecer la Tecnología GPON que tiene mucha aplicación en las diferentes ciudades del mundo y se esta probando en la ciudad de Quito.

En este punto se desea enfocar en describir la utilización de la Tecnología GPON en el sector centro de Riobamba al representar un mejor servicio de Internet de banda ancha a una mayor velocidad.

También es necesario resaltar que es una red de fibra totalmente pasiva, nada de repetidores dentro de la red y nada de fuentes de poder intermedias, solo splitters, acopladores y atenuadores.

Para realizar todo este estudio tenemos el apoyo de la Empresa Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP- Chimborazo.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 GENERAL**

- Realizar el estudio y diseño para la implementación de una red GPON (Gigabit Passive Optical Networks) en el sector centro de Riobamba para la CNT EP- Chimborazo.

### **1.4.2 ESPECÍFICOS**

- Analizar los diferentes beneficios que nos puede brindar la Tecnología GPON.
- Determinar la demanda de la Tecnología GPON en el sector centro de Riobamba.
- Realizar el estudio de mercado en el sector centro de Riobamba.
- Diseñar la red de fibra óptica utilizando la tecnología GPON para el sector centro de Riobamba.
- Determinar la factibilidad económica del proyecto

## **1.5 LIMITACIONES EN EL DISEÑO DEL PROYECTO**

La principal limitación es conseguir información por ser una tecnología nueva en nuestro país y por los costos que implica la tecnología GPON.

Podemos anotar que nuestra investigación se restringe al estudio y diseño de la red utilizando Tecnología GPON.

## **1.6 METODOLOGÍA**

- El método hipotético-deductivo se aplicará debido a que a partir de un problema detectado se formulará una hipótesis que se espera confirmar con la experiencia.
- Se aplicará un método analítico ya que se debe tener un conocimiento claro de cada uno de los elementos y dispositivos que forman parte de las etapas del sistema a estudiar.
- Se hará uso de la investigación documental ya que de ser necesario se debe recurrir a los manuales y folletos de los equipos que se utilizarán en este estudio.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA DE LAS REDES ÓPTICAS GPON**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE LA FAMILIA DE ESTÁNDARES PON**

El estándar GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) resulta de la mejora en varias de las características de las recomendaciones de redes basadas en la tecnología PON. Básicamente una red PON (*Passive Optical Network*) es una tecnología de acceso mediante la implementación de una red de fibra óptica con elementos pasivos, es decir, que no requieren de alimentación externa para su funcionamiento, al distribuir la información a través de la red. El propósito de tales componentes, es la reducción del costo de equipos que van dirigidos directamente al usuario final. Aunque se suponga un elevado gasto el tendido de fibra entre la central de servicio y el hogar del usuario, CAPEX (*Capital Expenditure*), se puede considerar el hecho de que el mantenimiento compensará tal inversión OPEX (*Operational Expenditure*), gracias además a la cantidad de servicios que se vayan a ofrecer.

El interés por este tipo de redes, nace a finales de los años 90's, con la reducción del precio de la fibra óptica y la necesidad de brindar mayores y mejores prestaciones a los usuarios residenciales. Para esto se consideraron dos tipos de soluciones tecnológicas: las redes PON y AON (*Active Optical Network*) las primeras, redes como ya se citó de bajo consumo de potencia y las segundas con equipos eléctricamente activos para la distribución de la señal y por tal más costosas.

Para 1995 se crea FSAN (*Full Service Access Network*), primer organismo encargado de dictar normas de interoperabilidad y funcionamiento a los distintos suministradores y operadores de la tecnología PON.

Dentro de la estructura que comprenden las redes PON están varios elementos que como se verá más adelante, forman parte del objeto de este trabajo en las redes GPON. Así los elementos esenciales de las redes PON son:

- Red Óptica de Acceso (OAN, *Optical Access Network*), se la considera como el conjunto de enlaces de acceso que coinciden con iguales interfaces del lado de la red admitidos por los sistemas de transmisión de tipo óptico.
- Red de Distribución Óptica (ODN, *Optical Distribution Network*), brinda la comunicación entre un OLT y el usuario y viceversa.
- Terminación de Línea Óptica (OLT, *Optical Line Termination*), una OLT brinda la interfaz de red entre la OAN y que permite la conexión a una o varias ODN.
- *Splitter* (Divisor Óptico Pasivo), que en sí es el dispositivo que retransmite la señal óptica sin necesidad de alimentación externa multiplexando y/o demultiplexando la señal.
- Unidad de Red Óptica (ONU, *Optical Network Unit*), que se define como el elemento que actúa como vínculo entre el usuario y la OAN, conectada a la ODN.

El conjunto de dispositivos nombrados con anterioridad, conforman la arquitectura para el soporte de ATM por las redes PON. De manera sencilla estos elementos trabajan de la siguiente forma: la OLT es la interface entre la red PON y el *backbone* de la red, mientras que la ONT genera la interfaz de servicio al usuario final.

La operación en el envío de la señal se cataloga en dos sentidos, ascendente y descendente. Para la primera se utiliza el protocolo de acceso TDMA, para combinarlas y hacer más segura la transmisión ya que hay que recordar que se trata de una división pasiva o carente de fuentes de alimentación, mientras que para la segunda se aplica el esquema de radiodifusión (*broadcasting*).

El uso del estándar GPON tiene muchas ventajas sobre otro tipo de redes que también usan fibra óptica entre las más importantes se citan:

- Su rango de alcance es de cerca de 20Km (aunque bajo el estándar se puede llegar a 60Km) entre el proveedor y el cliente final.
- Se reduce la cantidad de tendido de fibra óptica, tanto entre las distintas distribuidoras como entre los circuitos de llegada al cliente.
- Se manejan elevados niveles de ancho de banda para sus servicios.
- No exige la necesidad de implementar elementos activos en la red.

En lo que respecta a velocidades de transmisión, se puede decir que estas variaciones han definido los tipos de redes PON existentes, así se habla de velocidades desde 155Mbps, 622Mbps, 1.244Gbps o 2.488Gbps.

A continuación se presenta una breve síntesis dos clases importantes redes PON.

- **APON/BPON (1998/2002):** Definida en la recomendación UIT-T G.983 donde “A” proviene del protocolo de transporte utilizado, ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Su principal desventaja constituye en la incapacidad de manejo de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto. Con el fin de demostrar su aplicabilidad a mayores servicios, la inicial “B” fue usada para ampliar y dar a conocer el uso de este estándar para servicios de banda ancha (*Broadband*) como Ethernet y transmisión de video. Actualmente las aplicaciones de este estándar están encaminados a dos principales: la primera es un sistema de servicio completo con superposición de video y la segunda es un sistema solo digital. Las velocidades de soporte de APON/BPON son: 155Mbps/622Mbps y 622Mbps/622Mbps.
- **EPON:** Aprobado en el documento IEEE 802.3ah, se define como *Ethernet Passive Optical Network*, donde se utiliza una red con topología punto-multipunto. Se encuentra basado en un mecanismo denominado MPCP (*Multi*



*Point Control Protocol*), el cual usa recursos como estados de máquina, <sup>1</sup> temporizadores y mensajes para controlar el acceso a la topología punto-multipunto. Las velocidades de transmisión se manejan en forma simétrica, siendo una restricción sobre su estándar similar GPON, así en valores, la capacidad que soporta EPON es: 1.244Gbps/1.244Gbps y 2.488Gbps/2.488 Gbps.

Este estándar se presentó como una alternativa hacia los proveedores de equipos que estaban en capacidad de brindar mejores costos relacionados y mayores anchos de banda para su funcionalidad. Las principales restricciones que presenta EPON su falencia en el manejo de nuevos servicios, donde el manejo se limita solo al propietario y no al operador, la codificación de línea y su calidad se ve limitada de gran manera por la sobrecarga que debe soportar.

### **2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON.**

Definido como una innovación del conjunto de estándares PON, la Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit, GPON, es el más reciente miembro de esta familia, establecido en el 2004 con la creación de las recomendaciones ITU-T G.984.X.

El estándar que se expone, permite manejar amplios márgenes de ancho de banda, para prestar servicios a nivel comercial y residencial, mejorando sus prestaciones en el transporte de servicios IP<sup>1</sup> y con una nueva capa de transporte diferente, el envío de la señal en forma ascendente y descendente con rangos de 1.244Gbps para el primer caso y de 2.488Gbps para el segundo ya sea de forma simétrica o asimétrica llegando bajo ciertas configuraciones a entregar hasta 100Mbps por usuario.

Entre las principales diferencias que se presentan sobre sus antecesores, están:

---

<sup>1</sup> IP, *Internet Protocol*, Protocolo de comunicación en una red datos para el direccionamiento lógico de los equipos conectados a dicha red, basado en el modelo de referencia OSI, capa 3.

- Soporte completo para voz (*TDM Time Division Multiplexing*, *SONET Synchronous Optical Network* y *SDH Synchronous Digital Hierarchy*), Ethernet (10/100 Base T), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).
- Alcance nominal de 20Km con un presupuesto de 60Km dentro de las recomendaciones establecidas.
- Soporte de varias velocidades, las indicadas para APON/BPON y EPON.
- Alto nivel de funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y Suministro OAM&P (*Operation, Administration, Maintenance and Provisioning*), de principio a fin en el manejo de los servicios.
- Seguridad en el tráfico debido a la operación en modo de radiodifusión para la transmisión en modo descendente heredado del estándar PON.

Los sistemas GPON se encuentran formados, en general, por un sistema de Terminación de Línea Óptica (OLT) y una Unidad de Red Óptica (ONU) o en su defecto una Terminación de Red Óptica (ONT) con una Red de Distribución Óptica (ODN) que las interconecta.

Se consideran las características básicas de cualquier estándar de este tipo, como la multiplexación, el esquema de transporte, las etapas y componentes del sistema, las características de los equipos que actualmente se están normalizando para su interoperabilidad entre diferentes marcas comerciales y los servicios específicos a prestar.

Dado que se trata de una red pasiva, el alcance de la señal está restringido por las características de potencia máxima y mínima de los equipos terminales. En base a las adaptaciones tomadas por los fabricantes, el alcance de la señal llega a ser comúnmente de 20Km.

Para la conexión entre la OLT y las diferentes ONT, se las enlaza por medio de fibra óptica, con señales asignadas en diferentes longitudes de onda, para evitar colisiones en el envío de datos ya sea de forma ascendente o descendente. La función que tienen los divisores ópticos principalmente, es repartir y destinar la

señal proveniente desde la OLT hacia los terminales ópticos en una cantidad de hasta 64 ONT.

#### **2.1.2.1 Tecnologías y Protocolos Utilizados por las Redes GPON.**

En la transmisión de la información se cuenta con la aprobación del uso de la tecnología TDM (*Time Division Multiplexing*) para el envío descendente de la información con períodos de transmisión fijos y TDMA (*Time Division Multiple Access*) en sentido ascendente, que posibilita la ausencia de colisiones como se anotó con anterioridad. Debido a la topología en árbol de la red GPON, se utiliza *broadcasting* para enviar la señal a todos los miembros de la red, que cuentan con la capacidad de discriminar los datos hacia el correspondiente ONT, utilizando técnicas de seguridad como el Estándar de Encriptación Avanzada AES (*Advanced Encryption Standard*), brindando mayor confiabilidad.

Además, utiliza de forma eficiente el ancho de banda al disponer de éste en los instantes en el cual hay tráfico y ampliando la capacidad de los usuarios en forma individual gracias a la técnica conocida como Asignación Dinámica del Ancho de Banda DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*).

En el transporte de datos, se ha optado por la aplicación de protocolos usados en estándares previos a GPON como lo es ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) Modo de Transferencia Asíncrona y GEM (*GPON Encapsulation Method*), Método de Encapsulación GPON que resulta de una adaptación del estándar GFP (*Generic Frame Procedure*) definido en la recomendación ITU-T G.7041.

##### **2.1.2.1.1 DBA *Dynamic Bandwidth Allocation***

La Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA), es una técnica por la cual el ancho de banda de un medio de comunicación compartido puede ser asignado de forma adecuada y dependiendo de la necesidad entre diferentes usuarios. Es una

forma de manejo de ancho de banda y es básicamente igual a la multiplexación estática, donde la compartición de un enlace se adapta de alguna forma para la demanda del tráfico instantáneo de los nodos conectados a dicho enlace.

Su funcionalidad rescata algunas de las opciones de redes compartidas cuando varios usuarios pertenecientes a una red no se hallen conectados, aquellos que si lo están se benefician con una mayor capacidad para la transmisión de datos, dando cabida a esa información en los intervalos no utilizados del ancho de banda.

#### **2.1.2.1.2 ATM *Asynchronous Transfer Mode***

ATM es una tecnología de transmisión de datos digital, implementado como un protocolo de red por conmutación de paquetes de tamaño fijo, con la ventaja sobre IP o Ethernet en el aprovechamiento de las cualidades de la conmutación de circuitos y de paquetes para la transmisión en tiempo real de la información, en un modelo de conexión orientada con el establecimiento de un circuito virtual entre los puntos de enlace previo al intercambio de datos.

Se considera a este protocolo, como base de funcionamiento en tecnologías como SONET y SDH en la estructura central (*backbone*) de la red pública conmutada de telefonía PSTN (*Public Switched Telephone Network*).

#### **2.1.2.1.3 GEM GPON *Encapsulation Method***

Se trata de la innovación en el protocolo de encriptación definido por la ITU-T G.984.3, el mismo que resulta una evolución del protocolo de entramado genérico GFP, que define las maneras de encapsular la información de longitud variable de diversas señales, para transportarlas por redes SDH (Jerarquía Digital Síncrona) u OTN (Oracle Technology Network).

El método de encapsulación que emplea GPON permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) por lo que es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. Al ser una adaptación de GFP,

con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON de manera que no sólo ofrece mayor ancho de banda, sino también más eficiencia y la posibilidad de permitir a las redes continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. En el protocolo GEM el tráfico se transporta mediante el protocolo de convergencia de transmisión GPON GTC (*GPON Transmission Convergence*) de forma transparente. En sentido ascendente, es decir, desde la OLT hacia la ONU se utiliza una partición de cabida útil GEM. La estación OLT atribuye la duración que se necesite en sentido descendente, hasta incluir toda la trama descendente.

La subcapa de entramado de la ONU filtra las tramas entrantes en base al identificador de puertos (Port-ID) entregando las tramas adecuadas al cliente GEM de la ONU adecuada.

El adaptador OMCI del equipo ONU es el responsable del filtrado y encapsulado de células o tramas en sentido descendente y la encapsulación de las unidades de datos de protocolo PDU (*Protocol Data Unit*) en sentido ascendente.

De manera anexa el adaptador OMCI de la estación realiza el filtrado y desencapsulado de las células y las tramas en sentido ascendente, también es el responsable de encapsular las PDU de 48 bytes procedentes de la lógica de control OMCI en el formato adecuado para su transporte hacia la ONU.

### **2.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

#### **2.1.3.1 Objetivos del estándar.**

El estándar GPON es una solución de acceso de alta capacidad para servicios *triple-play* (voz, vídeo y datos). Tal vez una de las características más importantes sea el alcance que pueden soportar, máximo de 20 Km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km.

Poseen un soporte de varias velocidades con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622Mbps, 1.25Gbps, y asimétricas de 2.488Gbps en el enlace descendente y 1.244Gbps en el ascendente.

### **2.1.3.2 Parámetros técnicos**

#### **2.1.3.2.1 Multiplexación de la Información**

En sentido descendente como ascendente la información viaja en la misma fibra óptica. Para lo que se utiliza una multiplexación WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).

##### **2.1.3.2.1.2 WDM.**

Es una técnica de transmisión por fibra óptica. Consiste en multiplexar diferentes longitudes de onda en una simple fibra. Entonces el espectro óptico correspondiente a la región de bajas pérdidas en fibras, se divide en algún número de canales de pequeña capacidad. WDM posee la capacidad de transparencia, esto debido a que no existe proceso electrónico alguno en la red. Los canales actúan como si fueran fibras independientes. Esta propiedad hace posible el soporte de varios formatos de datos y servicios en forma simultánea en la misma red. Esto da paso al soporte para futuros protocolos de transmisión así como los ya existentes.

##### **2.1.3.2.1.2 Tipos de redes WDM**

A continuación se citan algunos tipos de enlaces WDM.

- **Enlace WDM.** Dada la capacidad de transportar varios canales ópticos en una fibra, un enlace WDM cumple la función de lo que antes hacían varias fibras en paralelo, reduciendo los costos.

- **Red óptica pasiva.** Su principal característica es que la fibra se comparte entre una Oficina Central y Unidades de Red Óptica, entre las cuáles se establece una conexión bidireccional en estructura de árbol, con control centralizado y enrutamiento en la Oficina Central.
- **Redes de difusión y de selección.** Los transmisores difunden su señal a diferentes canales. Los receptores pueden seleccionar la señal deseada. Generalmente se basan en topología estrella. Su principal desventaja es la poca capacidad de reutilización de longitudes de onda, por lo que resulta conveniente para redes de área local pero no de mayores alcances.
- **Redes de Enrutamiento por Longitud de Onda.** Están compuestas por uno o varios nodos selectores de longitud de onda llamados enrutadores de longitud de onda y por fibras que los interconectan. Cada uno de estos enrutadores tiene puertos de salida y entrada, los que se conectan a nodos terminales o bien a otros enrutadores. Toman sus decisiones de acuerdo al puerto y la longitud de onda de la señal de entrada. Dado que dos canales cualesquiera no comparten el mismo enlace de fibra en alguna parte de la red, éstos pueden utilizar la misma longitud de onda en redes de enrutamiento por longitud de onda. Esta reutilización de la longitud de onda implica una tremenda reducción de la cantidad de longitud de onda requerido para construir redes de área amplia. Dependiendo del diseño y componentes en uso, un enrutador de longitud de onda puede poseer distintas capacidades, como por ejemplo, enrutamiento estático o reconfigurable, proveer o no conversión de longitud de onda.

#### **2.1.3.2.2 Niveles de potencia y alcance.**

La atenuación máxima que soporte un sistema que utilice el estándar GPON estará dado por la potencia máxima garantizada por la OLT (*Optical Line Termination*) menos la potencia mínima que es capaz de percibir la ONT (*Optical Network Termination*).

El estándar GPON define diferentes tipos de láseres expresados en dBm:

- Para el OLT se exponen los siguientes valores en la Tabla 2.1

**Tabla 2.1 Niveles de Potencia**

<b>TIPO</b>	<b>POT. MEDIA MINIMA (dBm)</b>
A	-4
B+	+1
C	+5

- Para ONT se exponen los siguientes valores en la Tabla 2.2

**Tabla 2.2 Niveles de Sensibilidad**

<b>TIPO</b>	<b>SENSITIVIDAD MINIMA DEL RECEPTOR (dBm)</b>
A	-25
B+	-27
C	-26

### **2.1.3.3 Arquitectura de la red óptica de acceso.**

#### **2.1.3.3.1 Descripción de la arquitectura de la red.**

La arquitectura de las redes ópticas pasivas PON centran su atención en la industria de las telecomunicaciones de tal manera de ayudar a solucionar los problemas generados en la última milla, cabe resaltar que la tecnología PON cuenta con innumerables ventajas

Las redes PON permiten localizar a los usuarios a distancias de 20 Km desde la central del nodo óptico, lo que supera las distancias de cobertura de DSL, sin nombrar que minimizan el despliegue de fibra en el bucle local al poder utilizar topología árbol, que resulta más eficiente que las topologías físicas típicas (punto-punto).

Existen muchos tipos de topologías para acceder a la red como son topologías en anillo, árbol, estrella, árbol-rama y bus óptico lineal de las anteriormente citadas la más habitualmente usada es la topología en anillo, cada una de las bifurcaciones se realizan mediante divisores ópticos (*splitters*)  $1x2$  y  $1xN$ . Todas las tecnologías PON usan fibra óptica monomodo para el despliegue. El canal ascendente de la



PON es una red multipunto-punto en la que múltiples ONT's transmiten a un solo OLT, como ya se mencionó, trabajando sobre fibra óptica monomodo de manera de optimizar los sentidos de las transmisiones ascendentes y descendentes se usan longitudes de onda y tiempos diferentes aplicando DWM.

Los adelantos tecnológicos en el campo de las comunicaciones ópticas han permitido reducir cientos de veces los tamaños de los filtros ópticos necesarios para la separación antes de llegar a los transductores en los equipos del usuario.

A la vez las arquitecturas PON permiten la utilización de multiplexación TDMA para que en momentos temporales determinados por la OLT, los equipos ONT envíen su trama en canal ascendente, de manera equivalente la cabecera OLT puede también usar TDMA para enviar en diferentes canales la información del canal descendente que selectivamente deben recibir los equipos del usuario.

A la vez las arquitecturas PON permiten la utilización de multiplexación TDMA para que en momentos temporales determinados por la OLT, los equipos ONT envíen su trama en canal ascendente, de manera equivalente la cabecera OLT puede también usar TDMA para enviar en diferentes canales la información del canal descendente que selectivamente deben recibir los equipos del usuario.

#### **2.1.3.3.2 Elementos de una red GPON**

La Figura 2.1 muestra la configuración típica de una red GPON con sus componentes en este apartado se explican las funciones y características principales de cada uno de ellos.

##### **2.1.3.3.2.3 Fibra Óptica**

La fibra óptica, como medio de transporte es una guía de onda dieléctrica que opera a frecuencias ópticas, que en su presentación básica de filamento está formada por un núcleo central de vidrio o plástico y un recubrimiento del mismo

tipo con un índice de refracción menor al que posee el núcleo como se muestra en la Figura 2.2.

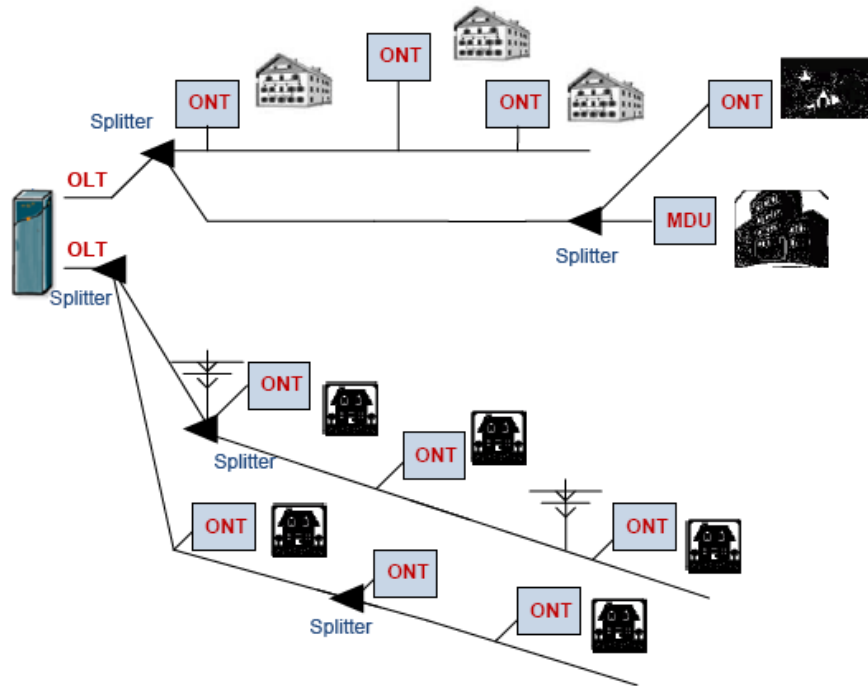


Figura 2.1 Elementos de una Red GPON.

En la forma comercial de cable tiene cinco partes generales: Núcleo, Revestimiento, Amortiguador, Material Resistente y un Revestimiento Exterior o Envoltura.

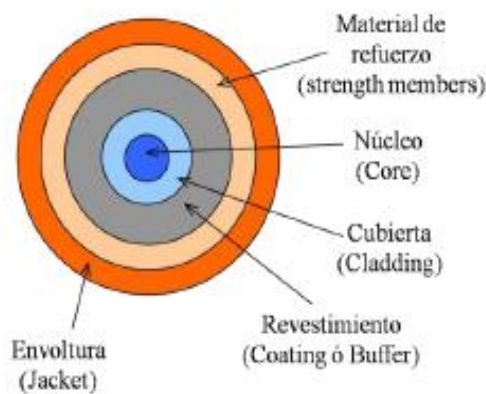


Figura 2.2 Estructura interna de una Fibra Óptica.

Dentro de los parámetros que se deben considerar intrínsecos de la fibra óptica están aquellos que implican el manejo del haz de luz emitido desde la fuente, bien

sea esto desde diodos LED (*Light Emitting Diode*) o diodos de inyección láser ILD (*Injection Laser Diode*) como la reflexión y refracción, que determinan el diseño de la fibra en la aplicación y uso en cuanto a pérdidas y rendimiento.

Otra de las características a citar son los modos de la fibra óptica, trayectos por los que puede viajar el rayo de luz emitido por medio de la fibra. Así cabe citar los tipos de fibra de acuerdo a la cantidad de modos:

- a) Fibra Multimodo. Cuyo radio de núcleo es lo suficientemente amplio para permitir la circulación de varios rayos de luz. El índice de refracción del vidrio de su núcleo comparado con el límite de su núcleo, define el tipo de fibra multimodo en dos tipos: de índice graduado e índice escalonado.
- b) Fibra Monomodo. Su característica principal es la propagación de un solo modo de luz a través de un núcleo menor al definido para la fibra multimodo. Las ventajas que se consiguen tienen que ver en la cantidad de datos que se transmiten en mayor número y a mayores distancias comparado al anterior tipo de fibra. El inconveniente que surge tiene que ver con su costo.

La Tabla 2.3 muestra algunos valores nominales de atenuación característica de la fibra óptica.

**Tabla 2.3 Valores característicos de atenuación y estándar**

CARACTERISTICA	DATO
Atenuación	-0,3dB/Km
Normas	UIT-G.65x

En lo que concierne al presente diseño, la opción del uso de fibra óptica monomodo tiene que ver en las grandes ventajas que conlleva, en términos de alcance, velocidad, uso y rentabilidad asociada a otros elementos aquí presentados como parte de la red GPON.

La estandarización de la fibra monomodo, permite el uso de determinada fibra de acuerdo a la aplicación e infraestructura a implementar, por lo que se ha considerado, citar varias de las recomendaciones UIT donde se describen las diferencias entre fibras de este tipo como la UIT-T G.652, G.653, G.654 y G.655.

- **UIT-T G.652:** Características de las fibras y los cables de Fibra Óptica Monomodo, donde se detallan los datos concernientes a una fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en 1310nm, optimizado para su uso en la región de longitud de onda de 1310nm pudiendo ser utilizado en la región correspondiente a 1550nm donde la fibra ya no es optimizada, con aplicaciones en transmisiones digitales o analógicas.
- **UIT-T G.653:** Características de la fibra y los cables de Fibra Óptica Monomodo con Dispersión Desplazada. Informe que describe fibras de tales características, con una longitud de onda de dispersión nula nominal cercana a 1550nm y un coeficiente de dispersión que aumenta monótonicamente con la longitud de onda. Su optimización se da en la ventana de 1550nm pero puede utilizarse de igual manera en longitudes de onda a 1310nm según lo indicado en detalle en la recomendación. Para su adaptación se efectúan arreglos para el soporte de velocidades de transmisión a longitudes de onda superiores, de hasta menor o igual a 1625nm.
- **UIT-T G.654:** Características de la fibra y los cables de Fibra Monomodo con Corte Desplazado. Para esta fibra, la longitud de onda de dispersión nula está situada en las proximidades a 1300nm, cuya atenuación menor y longitud de onda de corte desplazado se halla en 1550nm optimizado en la región de longitud de onda entre 1500nm a 1600nm. Su aplicación en sistemas de transmisión de tipo digital a larga distancia como sistemas en línea terrestres y submarinos con amplificadores ópticos se debe a su muy baja atenuación.
- **UIT-T G.655:** Características de la fibra y los cables de Fibra Monomodo con Dispersión Desplazada No Nula, describe una fibra con una dispersión cromática cuyo valor es mayor o diferente a cero, en todas las longitudes de onda de utilización prevista en la ventana 3 de 1550nm. Este hecho, elimina el

efecto no lineal generado por la mezcla de cuatro ondas, que pueden incidir en la Multiplexación por División de Onda Densa (DWDM) de forma nociva. Se halla optimizada para operar entre 1530nm y 1565nm y con una tolerancia menor o igual hasta 1625nm.

La Tabla 2.4 indica una síntesis de las características presentadas en las recomendaciones relacionadas con la Fibra Óptica Monomodo.

#### **2.1.3.3.2.2 OLT *Optical Line Termination***

OLT es un elemento activo del cual parten las redes de fibra óptica hacia los usuarios, los OLT tienen una capacidad para dar servicio a miles de consumidores conectados al servicio que se desea prestar.

A más de lo citado anteriormente agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación, quizá una de las funciones más importantes que desempeña el OLT es de hacer las veces de enrutador para ofrecer todos los servicios demandados por el usuario.

Este elemento de la red GPON está ubicado en las dependencias del operador, y consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONT's en el mismo espacio que un DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).

Para la conexión de datos de la OLT con la ONT se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda de bajada (*downstream*). Con el uso de un divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas.

Tabla 2.4 Resumen Recomendaciones UIT –T G.65x, Fibra Óptica Monomodo

CARACTERÍSTICA	DATO	UIT- G.652	UIT- G.653	UIT- G.654	UIT- G.655
Diámetro de campo modal.	Longitud de Onda	1310 nm	1310-1550 nm	1550 nm	1550 nm
	Rango de Valores nominales	8,6-9,5 $\mu\text{m}$	7,8-8,5 $\mu\text{m}$	9,5-10,5 $\mu\text{m}$	8-11 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$	$\pm 0,8 \mu\text{m}$	$\pm 0,7 \mu\text{m}$	$\pm 7 \mu\text{m}$
Revestimiento del diámetro	Nominal	125 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0,1 \mu\text{m}$	$\pm 0,1 \mu\text{m}$	$\pm 0,1 \mu\text{m}$	$\pm 0,1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 $\mu\text{m}$	0,8 $\mu\text{m}$	0,8 $\mu\text{m}$	0,8 $\mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	Máximo	2%	2%	2%	2%
Longitud de onda de corte del cable.	Máximo	1260	1270	1530	1480
Pérdida por macroflexión	Radio	37,5 mm	37,5 mm	37,5 mm	37,5 mm
	Número de vueltas	100	100	100	100
	Máximo a 1550nm	0,5 dB	0,5 dB	0,5 dB	0,5 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 Gpa	0,69 Gpa	0,69 Gpa	0,69 Gpa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_0$ mín.	1300nm	1500nm		1530 nm
	$\lambda_0$ máx.	1324 nm	1600 nm		1565 nm
	S 0 máx.	0,093ps/nm <sup>2</sup> *Km	0,085ps/nm <sup>2</sup> *Km		
Coeficiente de atenuación	Longitud de Onda				
	Máximo a 1310nm	0,5 dB/Km			
	Máximo a 1550nm	0,4 dB/Km	0,35 dB/Km	0,22 dB/Km	0,35 dB/Km

Cabe resaltar que los datos de subida (*upstream*) desde la ONT hasta la OLT, son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión *downstream* son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de multiplexador en la dirección *upstream* del tráfico. Esto permite que el tráfico sea receptado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*.

Para el tráfico *downstream* se realiza un llamado general óptico (*broadcast*), cada ONT será capaz de procesar el tráfico que le corresponde, en otras palabras solo procesará el tráfico para el cual tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*) que asocia la información hacia un único terminal. Para el tráfico *upstream* los protocolos basados en TDMA (*Time Division Multiple Access*) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

Una OLT consta de tres partes principales Figura 2.3.

- **Bloque 1. Función de interfaz de puerto de servicio.**

Consta de la función de interfaz ODN (*Optical Distribution Network*) y la de TC PON (*Transmission Convergence PON*) que incluye el entramado, el control de acceso al medio, OAM (*Operation, Administration and Maintenance*), DBA (*Dynamic Bandwidth Assignment*), alineación de unidades de protocolo para las funciones de conexión cruzadas, la gestión de la ONU (*Optical Network Unit*), cada una de estas selecciona un modo ya sea ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) o GEM (*G-PON Encapsulation Method*).

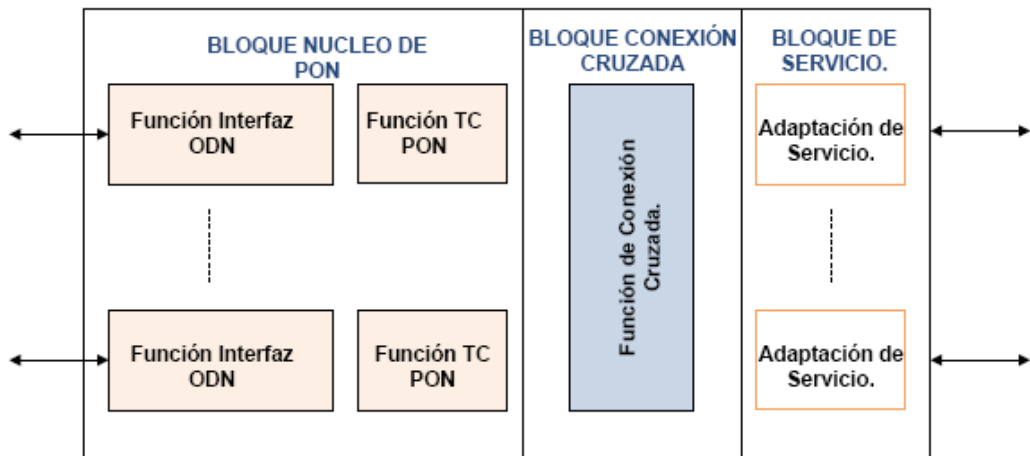


Figura 2.3 Elementos de una OLT

- **Bloque 2. Función de conexión cruzada.**

El bloque de conexión cruzada proporciona una trayectoria a las comunicaciones entre el bloque anterior y el de servicio. Las tecnologías usadas para encaminar los datos están en función de los servicios a prestar y de la arquitectura interna de la OLT. Una de las funciones principales de la OLT es proporcionar la funcionalidad de la conexión cruzada en el modo seleccionado en el bloque anterior.

- **Bloque 3. Interfaz de distribución óptica ODN (*Optical Distribution Network*)**

En este bloque se proporciona la información entre las interfaces de servicio y trama de la sección PON.

- **ONT *Optical Network Termination***

El ONT es el elemento que se sitúa en la casa del usuario donde termina la fibra óptica y ofrece las interfaces del usuario. Las ONT deben estar fabricadas de manera tal que soporten las peores condiciones ambientales y generalmente vienen equipadas con baterías.



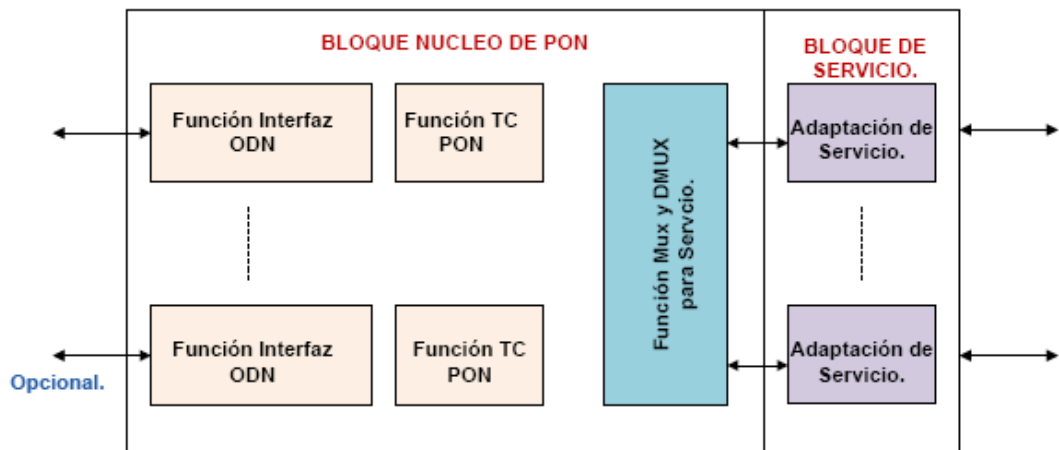
Existe una gran variedad de ONTs que están en función de los servicios que se quiera brindar al usuario entre otros se puede citar:

- Interfaces de *Fast-Ethernet*<sup>2</sup> que alcancen velocidades hasta 100Mbps, generalmente para consumidores residenciales, ofreciendo servicios de TV e Internet.
- Interfaces de *Gigabit-Ethernet*<sup>3</sup> que alcanzan velocidades hasta de 1Gbps usadas para servicios empresariales.
- Interfaces E1 o STM-1 específicos para brindar servicios corporativos.

Debido que no existe interoperabilidad total entre la OLT y ONT GPON, los fabricantes de éstas deben ser los mismos para que exista compatibilidad entre sí.

En las arquitecturas FTTN (*Fiber To The Network*) las ONT son sustituidas por MDU (*Multi-Dwelling Units*), que ofrecen habitualmente VDSL2<sup>6</sup> hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las mínimas distancias necesarias para alcanzar velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

Los elementos que conforman la ONU son similares a los bloques constructivos de la OLT, ya que la ONU funciona con una única interfaz PON, se omite la función de conexión cruzada, para el manejo del tráfico se añade la función MUX y DMUX. En la Figura 2.4 se explica de manera gráfica los componentes de una ONU.



**Figura 2.4. Elementos de una ONU.**

El registro de la ONU se realiza mediante un proceso de autodetección, se explican dos métodos para el registro.

- **Método A.**

Este método consiste en un número de serie de la ONU que se registra en la OLT por medio de un sistema de gestión.

- **Método B.**

En este método no se registra en la OLT el número de serie de la ONU.

- **Palabra de identificación.**

La palabra de identificación de la ONU direcciona una ONU específica. El número identificador de la ONU puede tener un valor entre 0 y 253 en numeración hexadecimal.

- **Tiempo de determinación de distancia (*Ranging Time*).**

Este método indica el valor expresado en número de bits ascendentes que debe rellenar una ONU en su registro de retardo. El campo correspondiente indica que el retardo es aplicable al trayecto principal o al de protección.

#### 2.1.3.4 Protocolos de transporte.

##### 2.1.3.4.1 Requerimientos.

El estándar GPON considera configuraciones tanto asimétricas como simétricas, de manera anexa mientras los regímenes binarios de GPON se sustentan en los establecidos para SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). El estándar GPON admite redes PON soportadas por una o dos fibras, empleándose la técnica WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) en el primero de los casos para separar ambos sentidos de transmisión.

##### 2.1.3.4.2 Control de Acceso al medio

En el sentido descendente o *downstream*, de la red hacia el usuario, el estándar GPON contempla un protocolo de difusión, como el que se indica en la (Figura 2.5).

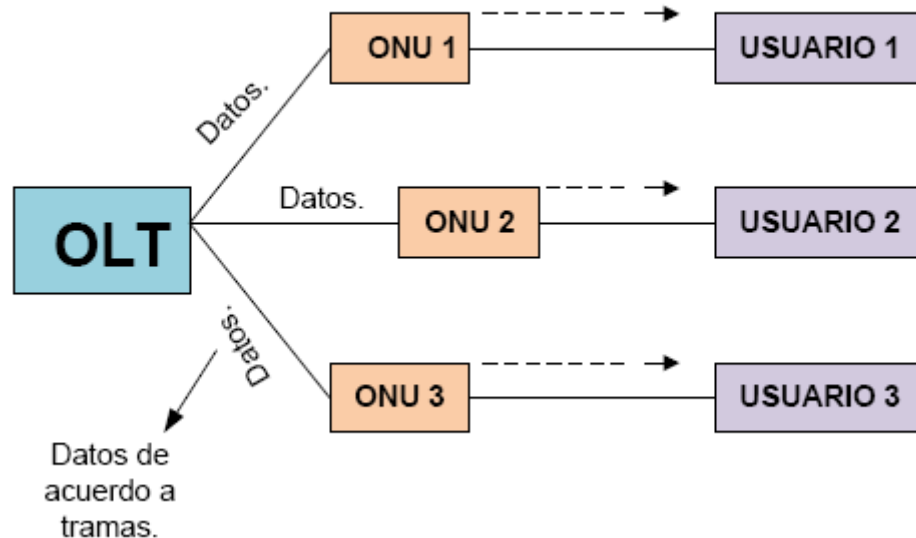


Figura 2.5 Protocolos de Difusión

El estándar GPON emplea bien la célula ATM o bien el método de encapsulación GFP (*Generic Framing Procedure*) para los servicios nativos TDM (voz, por ejemplo), IP/PPP, Ethernet, Fiber Channel<sup>7</sup>.

El sentido ascendente o *upstream*, del usuario hacia la red resulta más complejo, dado que se impone algún protocolo con el fin de evitar la colisión, en el tramo comprendido entre el splitter y la OLT, de las tramas enviadas por las distintas ONUs. En esta línea, los protocolos upstream TDMA para GPON y MPCM (*Multi-Point Control Protocol*) para EPON descansan sobre la sincronización entre OLT y ONUs, con la misma referencia temporal, y el mecanismo de *ranging*, que sitúa varias ONTs a la misma distancia de la OLT.

### **2.1.3.5 Servicios**

#### **2.1.3.5.1 Convergencia IP con redes GPON**

Las redes GPON permiten una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones. Los servicios *Triple Play* en las operadoras de cable separan el vídeo e Internet. GPON permitirá una integración total de todas las capas de red. Es una tecnología que requiere un gran rendimiento en los nodos de acceso. Los nodos GPON están preparados para trabajar con más de 7.000 abonados haciendo uso de todo tipo de servicios con grandes exigencias de Calidad de Servicio (QoS *Quality of Service*). La tecnología GPON genera grandes ahorros ya que permite ofrecer servicios de próxima generación, incluso totalmente *unicast*, sobre una misma red completamente IP (*Internet Protocol*). Además la arquitectura hasta el hogar basada en fibra supone grandes ahorros respecto a las arquitecturas de cobre reduciendo el número de centrales.

En lo que respecta a este tipo de direcciones IP se prevé que el manejo se realice mediante el siguiente protocolo.

### 2.1.3.5.1.1 IGMP

IGMP (*Internet Group Management Protocol*) es un protocolo de comunicaciones utilizado para gestionar la composición de los grupos de multidifusión de Protocolo de Internet IP. IGMP se utiliza para intercambiar información acerca del estado de pertenencia entre enrutadores IP que admiten la multidifusión y miembros de grupos de multidifusión. Los hosts miembros individuales informan acerca de la pertenencia de hosts al grupo de multidifusión y los enrutadores de multidifusión sondan periódicamente el estado de la pertenencia.

Este protocolo es parte integral de la especificación IP *multicast*<sup>8</sup>, que opera por encima de la capa de red, aunque no actúa como un protocolo de transporte, dentro del modelo de referencia OSI. Es un protocolo análogo al Protocolo de Mensajes de Control de Internet o ICMP (por sus siglas de *Internet Control Message Protocol*), para conexiones *unicast*<sup>9</sup>. IGMP se puede utilizar para la transmisión de vídeo en línea, y permite un uso más eficiente de los recursos en el apoyo a este tipo de aplicaciones. IGMP permite algunos ataques, y comúnmente los servidores de seguridad facilitan al usuario desactivarlo si no es necesario.<sup>7</sup>

### 2.1.3.5.2 Convergencia ADSL con redes GPON

En la actualidad la tecnología ADSL ha permitido ofrecer servicios de banda ancha a través del par telefónico de cobre tradicional, gracias a estos servicios esta tecnología se ha popularizado. Sin embargo, en la actualidad detrás del acceso de banda ancha a través de la fibra óptica se encuentra la tecnología GPON siendo este el estándar más atractivo para ofrecer fibra óptica hasta el hogar o hasta el edificio.

La tecnología GPON ofrece una capacidad de 2,5Gbps downstream y 1,25Gbps upstream compartidos por cada 64 abonados sobre distancias de hasta 20 km. El OLT es el equipo de central y la ONT el equipo de abonado. El OLT soporta más de 7,000 usuarios, una capacidad de integración mucho mayor que los

---

<sup>8</sup> Envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente, usando la estrategia más eficiente.

<sup>9</sup> Envío de información desde un único emisor a un único receptor.

Multiplexores Digitales de Acceso a la Línea Digital del Abonado DSLAM<sub>20</sub> (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), además de ofrecer mayores anchos de banda sin penalización de distancias. Esto reduce el gasto de mantenimiento del operador. En la ONT, instalada en el interior del hogar generalmente, se conectan los ordenadores, teléfonos, enrutadores, STB (set-top-boxes) caja decodificadora, etc. Si se desea realizar una transición gradual por parte de la operadora antes de llevar fibra hasta el hogar, GPON sigue siendo la solución tecnológica ideal.

De este modo, se consiguen superar las velocidades de ADSL/ADSL2/ADSL2+, sin necesidad de tender fibra óptica dentro del edificio y las casas de los abonados. GPON es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP lo que como ya se mencionó antes permite una notable reducción de costes en los operadores, debido a que no tienen que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio, lo cual podrá ser trasladado a medio plazo en tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes.

## **CAPITULO III**

### **3. ESTUDIO DE MERCADO**

#### **3.1 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO DE MERCADO**

Saber realmente la opinión de las Empresas Públicas, Privadas, Unidades Educativas y Cyber del centro de Riobamba acerca de la velocidad de Internet corporativo de banda ancha que poseen, para en lo posterior adoptar medidas correctivas y mejorar el servicio.

Las telecomunicaciones representan un servicio importante e índice de progreso de una ciudad, debido a que permite introducirse en un mercado globalizado y competitivo, al que todas las ciudades del mundo convergen.

La conclusión de este estudio indicará de manera formal la opinión ciudadana acerca de la velocidad de Internet corporativo de banda ancha, que demostrará la factibilidad del proyecto desde el punto de vista de la demanda de las Empresas Públicas, Privadas, Unidades Educativas y Cyber del sector centro de la ciudad a quienes busca satisfacer la empresa implicada en el proyecto.

##### **3.1.1 DELIMITACIÓN DEL MERCADO**

La delimitación del mercado se establece tomando en cuenta el sector más comercial de la ciudad de Riobamba. Por lo cual el mercado a investigar es el sector centro de la ciudad específicamente las Empresas Pública, Privadas, Unidades Educativas y los Cyber ubicadas a una distancia de 3 Km a la redonda partiendo desde CNT –EP Chimborazo a las mismas que se realizará una encuesta para conocer su opinión acerca de la velocidad de Internet corporativo de banda ancha considerando sus ventajas, beneficios y nuevos servicios que se puede tener.

### **3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO**

Las características que nos ofrece la tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Networks). Son entre otras, una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.488 Gbps, además la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. Dicha red de fibra óptica, facilita la transmisión bidireccional de información en una sola fibra llamada PON (Passive Optical Networks).. Actualmente la velocidad estandarizada por los suministradores de equipos GPON (Gigabit Passive Optical Networks), suelen rondar los 2,488 Gbps en el canal de bajada y 1,244 Gbps en el de subida y gracias a estas velocidades de transferencia de datos permite ofrecer videoconferencias o televisión digital de gran calidad. También podemos encontrar en ciertas configuraciones hasta 100 Mbps por abonado.

Otra de sus características es la abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de los datos. El método de encapsulación que emplea GPON (Gigabit Passive Optical Networks) es GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. GEM (GPON Encapsulation Method) se basa en el estándar GFP (Generic Framing Procedure) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON (Passive Optical Networks) . GPON (Gigabit Passive Optical Networks) de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. Además, GPON (Gigabit Passive Optical Networks) implementa capacidades de OAM (Operation Administration and Maintenance) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y ranging automático, etc.



### **3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.**

El análisis comprende la determinación del número de encuestados, para tener la certeza de saber la opinión real acerca de la velocidad de Internet corporativo de banda ancha.

#### **3.2.1 LA MUESTRA**

La muestra se la obtenido teniendo en cuenta los posibles usuarios de la Tecnología GPON, por ser quienes poseen Internet Corporativo a una velocidad alta.

Realizando un censo preliminar en el sector centro de Riobamba se consideró 40 encuestas que corresponde a la muestra total de las cuales 8 corresponde a Empresas Públicas, 5 Empresas Privadas, 9 Instituciones Educativas y 18 Cyber.

#### **3.2.2 RESULTADO DE LA ENCUESTA**

La encuesta (Anexo 1) se realizó a las Empresas Públicas, Privadas, Unidades Educativas y Cyber en el sector centro de Riobamba, con ocho preguntas básicas y rápidas de contestar que ayudarán a conocer con certeza la opinión acerca de la velocidad de Internet corporativo de banda ancha y si tiene o no la aceptación de los futuros clientes y ciudadanos la implementación de esta tecnología.

A continuación se analiza cada pregunta en la encuesta.

##### **3.2.2.1 PRIMERA PREGUNTA**

**1.-¿Qué tipo de negocio posee?**

- a) Empresa Pública**
- b) Empresa Privada**
- c) Unidad Educativa**
- d) Cyber**

Como se observa en la figura 3.1 indican que un 20% son Empresas Publicas, un 13% son Empresas Privadas, un 23% son Unidades Educativas y un 44% son Cyber. Pudiendo resaltar que el mayor porcentaje de negocios que existen en el sector centro de Riobamba son los Cyber.

Con éstos resultados podemos proseguir a la segunda pregunta.

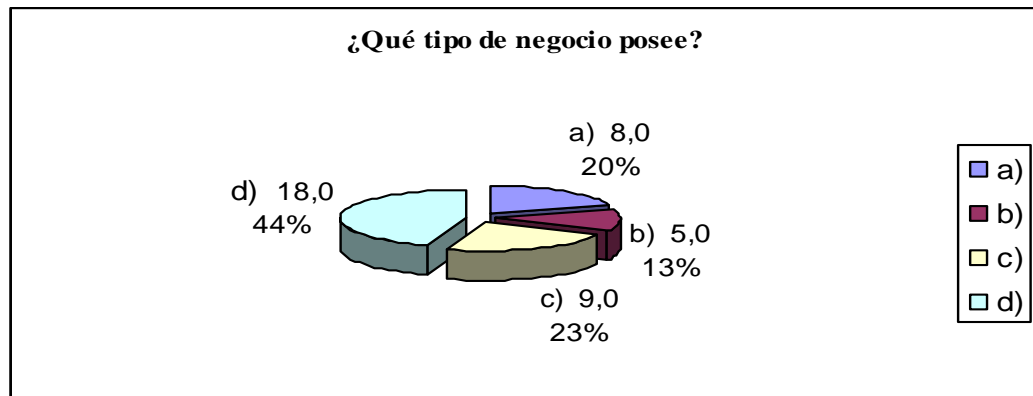


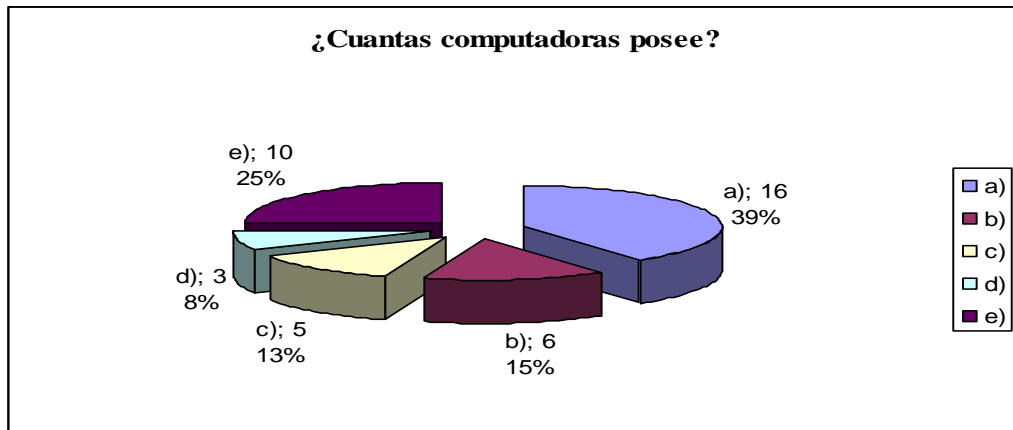
Figura 3.1. Primera pregunta de la encuesta

### 3.2.2.2 SEGUNDA PREGUNTA

#### 2.-¿Cuántas computadoras posee?

- a) 10
- b) 30
- c) 50
- d) 100
- e) 150

En la figura 3.2 vemos que un 39% no poseen más de 10 computadoras, recalcando que en su mayoría estos negocios son los Cyber, Mientras que las Unidades Educativas están en un promedio de 30 a 50 computadoras que son el 15% y el 13%, Las Empresas Públicas y Privadas tienen de 100 a 150 computadoras o más que viene a ser el 8% y el 25%.



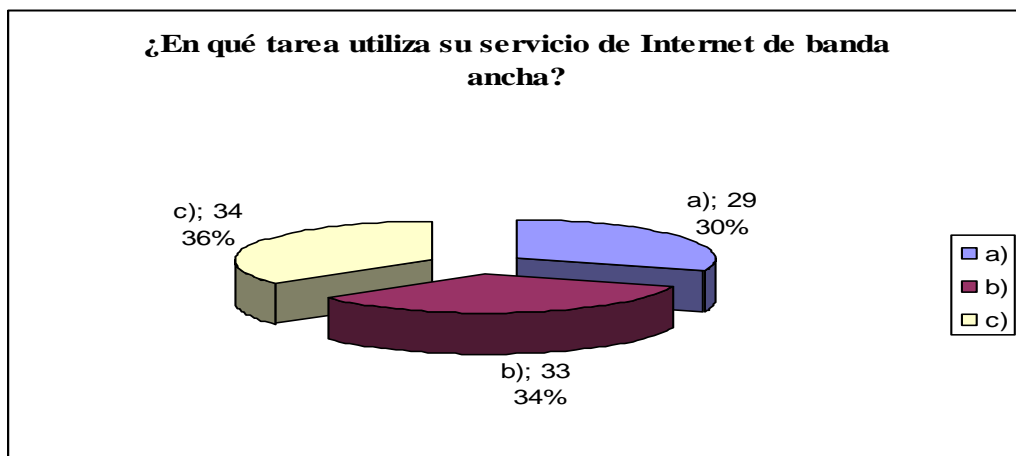
**Figura 3.2. Segunda pregunta de la encuesta**

### 3.2.2.3 TERCERA PREGUNTA

**3.-¿En qué tarea utiliza su servicio de Internet de banda ancha?**

- a) subir y bajar datos
- b) consultas
- c) correo electrónico

Es una de las preguntas que fundamentan el presente proyecto debido a que todas las Empresas Públicas, Privadas, Unidades Educativas y Cyber utilizan el servicio de Internet corporativo de banda ancha para subir y bajar datos, consultas y correos electrónicos necesitando una mayor velocidad el servicio (figura 3.3).



**Figura 3.3. Tercera pregunta de la encuesta**

### 3.2.2.4 CUARTA PREGUNTA

**4.-¿Está satisfecho con la velocidad del servicio de Internet de banda ancha que posee?**

**SI .....**

**NO.....**

Esta pregunta confirma la realización del proyecto debido a que un 80% de los encuestados (figura 3.4) contestó que no está satisfecho con la velocidad de Internet corporativo de banda ancha. Ya que cada vez se incrementan las necesidades de los usuarios y por lo tanto de obtener un mejor servicio.

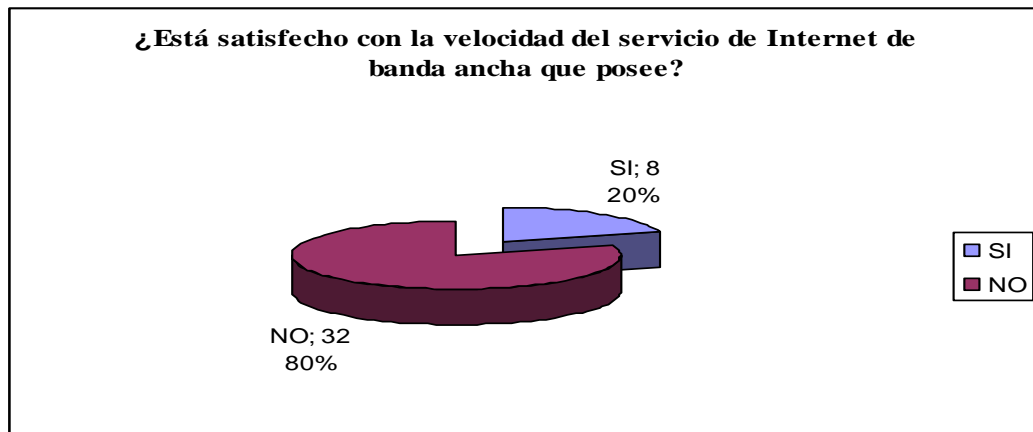


Figura 3.4. Cuarta pregunta de la encuesta

### 3.2.2.5 QUINTA PREGUNTA

**5.- Al disponer de la tecnología GPON usted puede tener servicio de telefonía, datos, Internet, video conferencia en tiempo real, IPTV entre otras por lo tanto ¿Está interesado en esta tecnología de alta velocidad y ancho de banda?**

**SI .....**

**NO.....**

En la figura (3.5) se muestra que un 55% de los encuestados está interesado actualmente en la Tecnología GPON indicando que las mismas son las Empresas Públicas, Privadas y las Unidades Educativas. Mientras que los Cyber que son un 45% serán usuarios a futuro por su limitante de presupuesto.

**Al disponer de la tecnología GPON usted puede tener servicio de telefonía, datos, Internet, video conferencia en tiempo real, IPTV entre otras por lo tanto ¿ Está interesado en esta tecnología de alta velocidad y ancho de banda?**



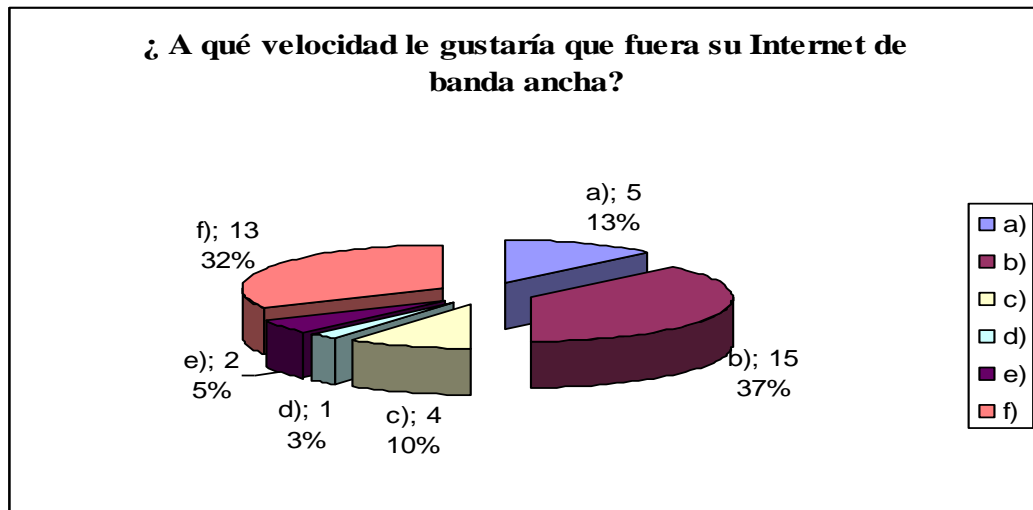
**Figura 3.5. Quinta pregunta de la encuesta**

### **3.2.2.6 SEXTA PREGUNTA**

**6.- ¿A qué velocidad le gustaría que fuera su Internet de banda ancha?**

- a) 1 MBPS**
- b) 2 MBPS**
- c) 4 MBPS**
- d) 5 MBPS**
- e) 10 MBPS**
- f) 2.4 GBPS**

En la figura (3.6) se muestra que en su mayoría los Cyber son los que no requieren de una velocidad de Internet corporativo de banda ancha muy alta, mientras que las Empresas Públicas, Privadas y Unidades Educativas solicitan que la velocidad de Internet corporativo de banda ancha sea a nivel de los GBPS.



**Figura 3.6. Sexta pregunta de la encuesta**

### 3.2.2.7 SÉPTIMA PREGUNTA

**7.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de Internet de banda ancha?**

- a) 300 dólares**
- b) 500 dólares**
- c) 1000 dólares**

En la figura 3.7 se indica el dinero que estuvieran dispuestos a pagar mensualmente por el servicio de Internet corporativo de banda ancha, los Cyber y las Unidades Educativas son quienes tienen el presupuesto más bajo de los 300 dólares que es el 64%, mientras que las Empresas Públicas y Privadas son las que tienen el presupuesto de 500 dólares que es el 18% y 1000 dólares que es el 18%, recalando que los costos se pagarán de acuerdo a la calidad del servicio.

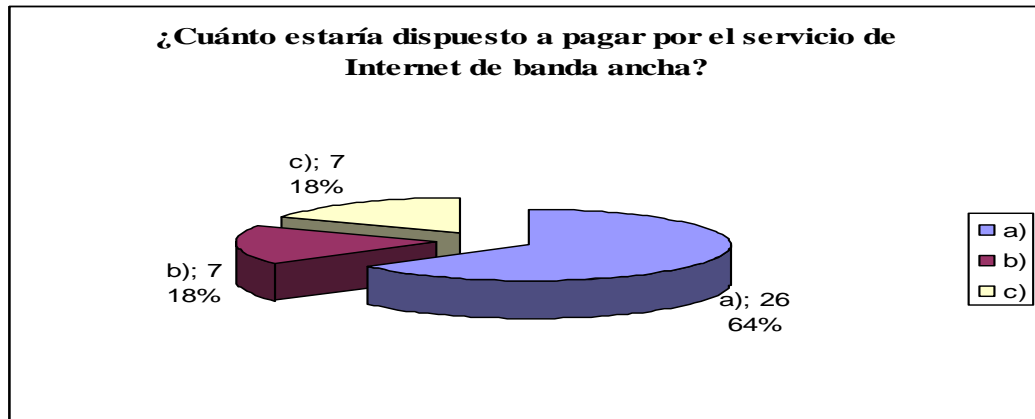


Figura 3.7. Séptima pregunta de la encuesta

### 3.2.2.8 OCTAVA PREGUNTA

**8.-¿Cree usted que la Universidad Nacional de Chimborazo conjuntamente con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones debería realizar un estudio para mejorar el servicio de Internet de banda ancha?**

SI .....

NO.....

Un 100% (figura 3.8) de los encuestados está de acuerdo y felicita a la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones por preocuparse en realizar un estudio para mejorar el servicio de Internet corporativo de banda ancha.



Figura 3.8. Octava pregunta de la encuesta

### **3.2.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

La encuesta como se indica al principio de este estudio se realiza para saber la velocidad de Internet corporativo de banda ancha que poseen las Empresas Públicas, Privadas, Unidades Educativas y Cyber del sector centro de Riobamba, y también para conocer si dichas empresas requieren un servicio de mayor velocidad.

Con la siguiente fórmula obtendremos la proyección de demanda para 5 años

$$D(t) = D_0 (1 + i)^t$$

Donde:

$D(t)$  = Demanda en el tiempo

$D_0$  = Es la demanda inicial al tiempo  $t = 0$  investigada después de un censo

$i$  = es el índice de crecimiento

$t$  = es el tiempo para el cual se investiga la demanda con proyección

$$D(t) = D_0 (1 + i)^t$$

$$D(t) = 22 (1 + 0.03)^5$$

$$D(t) = 26$$

Como proyección para 5 años con un índice de crecimiento al 3% tendremos 26 usuarios. 4 más de la demanda inicial.

### **3.3 ANÁLISIS DE COMERCIALIZACIÓN**

El estudio y diseño del proyecto es una estrategia para captar más mercado dentro de la ciudad ya que al brindar una mayor velocidad de Internet corporativo de banda ancha la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP-Chimborazo tendrá un mayor número de usuarios.

Para ello es indispensable crear estrategias para captar al mercado, esto se logrará con anuncios, afiches y personal tocando puerta a puerta para indicar la nueva tecnología adquirida para aumentar la velocidad del Internet corporativo de banda ancha y con esto lograr recuperar toda la inversión.



### **3.4 CONCLUSIÓN DE LA ENCUESTA**

Según los datos obtenidos en la encuesta acerca del proyecto investigado de la Tecnología GPON es factible en un alto porcentaje pero para las Empresas Publicas, Privadas y Unidades Educativas por ser quienes requieren el Internet a una velocidad a nivel de los GBPS sin descartar a los Cyber quienes serán usuarios a futuro por tener un limitante en su presupuesto en la actualidad.

## CAPITULO IV

### ○ DISEÑO DE LA RED ÓPTICA GPON EN EL SECTOR CENTRO DE RIOBAMBA

#### 4.1 ELEMENTOS QUE CONFORMAN O ESTÁ CONSTITUÍDO LA RED GPON

Un sistema de acceso GPON consta de tres partes:

- Un Terminal Óptico de Línea OLT.
- Una Unidad Terminal Óptica ONU o en su efecto una Terminación Óptica de Red ONT
- La Red de Distribución Óptica ODN (fibra óptica, divisores ópticos pasivos splitters, mufas o mangas, patch-cords, conectores, etc.).

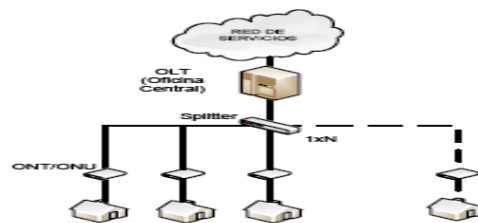


Figura 4.1 FTTH

#### 4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

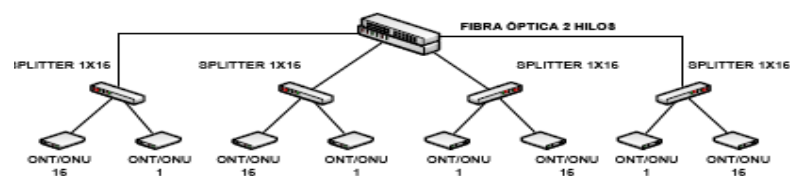
Para el dimensionamiento de la red, se ha de partir de las siguientes consideraciones:

1. Para obtener el número de los posibles usuarios iniciales se realizó una encuesta en el sector centro de Riobamba específicamente a las Instituciones Públicas, Privadas, Unidades Educativas y Cyber. Teniendo como un total de usuarios iniciales 22 Instituciones.

2. El presente diseño comprende la red física necesaria para el enlace de la red GPON comprendida entre la cabina OLT GPON y los equipos ONT GPON.
3. La red se plantea dentro de la infraestructura FTTH (figura 4.1), con lo cual se establece una conexión del usuario mediante un enlace total por fibra óptica de inicio a fin.
4. Las estaciones OLT estarán colocadas en sitios estratégicos que nos ayudarán a la formación de ramales para la expansión de la red en caso de ser requerido.

### 4.3 ESQUEMA DE RED GPON

La disposición de fibra óptica en el diseño, permite observar de cierta manera la interconexión de la red, que resulta necesaria para la conectividad de los usuario.



**Figura 4.2 Topología en árbol**

La figura 4.2 presenta la configuración de la red en base a la topología en árbol considerando como punto de partida los splitters del anillo principal. En esta disposición los splitters secundarios o de menor jerarquía van conectados a los splitters principales, con un orden semejante de capacidad de división óptica de 1x16 (entrada/salida) dado que el incremento de la distancia entre el Nodo y los usuarios a servir no supera el rango de longitud considerado de 20Km máximos desde la OLT GPON hasta la ONT GPON.

Cada splitter de 1x4 corresponde a un hilo óptico monomodo y éste a un puerto GPON y se disponen de los splitters de 1x16 en cada uno de las 4 salidas del splitter principal, completando los 64 usuarios máximos por un OLT GPON

### 4.4 SECTOR Y USUARIOS DE DISEÑO DE RED GPON

## **4.5 ELEMENTOS DE DISEÑO**

Para la construcción de la Red GPON se tiene las siguientes herramientas y equipos.

### **4.5.1 EQUIPAMIENTO**

El equipamiento de la Red GPON presume varios conjuntos de materiales, herramientas, accesorios y equipos que se describen a continuación:

#### **4.5.1.1 EQUIPOS DE TRANSPORTE**

- **Fibra Óptica**

El tipo de fibra óptica deberá ser monomodo con la protección secundaria en su recubrimiento tipo suelda con soporte de temperatura de -40' C a +70'C.

- **Splitter**

El acoplador de fibra óptica deberá ser tipo externa (outdoor), para montaje aéreo y disposición en cabina o gabinete para protección de agentes externos como lluvia, polvo y humedad

- **ONT**

Debe ser automáticos en la conexión al sistema de gestión mediante 1 entrada GPON, alimentados con fuentes de corriente alterna a 110V/220V a 60Hz. La velocidad a soportar están definidas en los valores 2.5 Gbps de bajada (downstream) y 1.25 Gbps de subida (upstream).

#### **4.5.1.2 EQUIPOS DE ENLACE**

- **Fuente de poder**

La fuente de poder o alimentación de los equipos OLT deben tener las siguientes Características.

- ✓ Rango de tensión: -48VDC
- ✓ Amperaje: 45-50 A
- ✓ Potencia: 100W

- **ODF**

Bandejas ODF, que servirán para la derivación.

Sus características serán:

- ✓ Contar con 12, 24, 36, 48, 72 puertos
- ✓ La temperatura de funcionamiento entre – 10°C a 70°C

- **OLT**

Equipo que deberá poseer lo siguiente:

- ✓ 2 slots UPLINK (enlace de subida) con soporte de 10Gb Ethernet y 1Gb Ethernet.
- ✓ Cada tarjeta UPLINK debe tener 2 puertos de 10Gb Ethernet y 8 puertos 1Gb Ethernet.
- ✓ 14 slots para módulo de acceso GPON/Ethernet
- ✓ En cada slot se dispondrá de tarjeta GPON con 4 puertos
- ✓ Rango de hasta 200Gbps por módulo UPLINK
- ✓ Velocidad de soporte GPON, de 2.5 Gbps de bajada y 1.25 Gbps de subida.
- ✓ Soporte a solución de Fibra Óptica de tipo punto-multipunto.

- **OTDR (Equipo de Medición de Fibra Óptica)**

- **Máquina Fusionadora de Fibra Óptica**

- **Rectificador**

- **Banco de baterías**

#### **4.5.1.3 MATERIALES**

- Triducto
- Manguera Corrugada
- Grapas
- Tapones Trifulcados
- Tapones de paso
- Tapones Ciegos
- Maleta de Herramientas

#### **4.5.1.4 CONECTORES**

- Pigtail
- Patch Cord

### **4.6 PLANO DE DISEÑO DE FIBRA ÓPTICA**

#### **4.7 PLANO DE LA UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS OLT ( Optical Line Termination)**

##### **i. CÁLCULO DE ATENUACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA**

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

$a_t$  = Atenuación Total

$L$  = longitud del cable en *Km*.

$a_L$  = coeficiente de atenuación en *dB/Km*

$n_e$  = número de empalmes

$a_e$  = atenuación por empalme

$n_c$  = número de conectores

$a_c$  = atenuación por conector

### **OLT1-OLT2 (Desde la CNT EP hasta el Consejo Provincial)**

$$L = 1.03460 \text{ km}$$

$$a_L = 0.25 \text{ dB/km}$$

$$n_e = 2$$

$$a_e = 0.1 \text{ dB}$$

$$n_c = 2$$

$$a_c = 0.5 \text{ dB}$$

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

$$a_t = ((1.03460 \text{ km})(0.25 \text{ dB/km})) + ((2)(0.1 \text{ dB})) + ((2)(0.5 \text{ dB}))$$

$$a_t = 0.25865 + 0.2 + 1$$

$$a_t = 1.45865 \text{ dB}$$

### **OLT1-OLT3 (Desde la CNT EP hasta el Campus la Dolorosa de la UNACH)**

$$L = 1.58890 \text{ km}$$

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

$$a_t = ((1.58890 \text{ km})(0.25 \text{ dB/km})) + ((2)(0.1 \text{ dB})) + ((2)(0.5 \text{ dB}))$$

$$a_t = 0.337225 + 0.2 + 1$$

$$a_t = 1.537225 \text{ dB}$$

La **OTL1** se la colocará en la sala de transmisiones de la CNT EP por lo que se realiza solo un patch cord.

Por ser tramos pequeños y utilizar fibra monomodo la atenuación es baja, ya que el rango de transmisión es de (+5dB) (-5dB) aconsejando más bien utilizar atenuadores para no dañar el láser.

## CAPITULO V

### 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 5.1 EQUIPOS

Tabla 5.1 Costos de Equipos

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL
1	ODF de 12 puertos G.652	U	3	351,00	1053,00
2	Tarjeta OLT de 4 salidas GPON ITU-TG 984.X	U	3	5678,00	17034,00
3	ONT indoor con salida Ethernet 10/100/1000	U	22	244,00	5368,00
4	Splitters 1X4 GPON	U	3	237,00	711,00
5	Splitters 1X16 GPON	U	12	541,00	6492,00
6	Fibra Óptica Monomodo 12 hilos tipo G. 652	m	3127	2,42	7567,34
7	Suministro y fusión de pigtail fc/pc G652	U	36	7,49	269,64
8	Patch Cord duplex FC-FC G.652 5M	U	36	22,00	792,00
9	OTDR (Equipo de Medición de Fibra Óptica )	U	1	10000,00	10000,00
10	Máquina Fusionadora de Fibra Óptica	U	1	15000,00	15000,00
11	Rectificador de 110 VAC a -48 VDC	U	3	10000,00	30000,00
12	Banco de Baterías	U	3	15000,00	45000,00
<b>TOTAL</b>					139.286,98

#### 5.2 MATERIALES

Tabla 5.2 Costos de Materiales

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL
1	Identificador acrílico de fibra óptica canalizado 8x4 cm de 12 FO GPON CNT-EP telef. 262-001	U	57	5,17	294,69
2	Identificador acrílico de fibra óptica aéreo 12,5x 6 cm de 12 FO	U	57	5,78	329,46



	GPON CNT-EP telef. 262-001				
3	Instalación de escalerilla 0.15x1 m	m	5	21,98	109,90
4	Instalación de manguera corrugada	U	162	1,65	267,30
5	Triducto	m	4210	5,64	23744,40
6	Prueba unidireccional de transmisión fibra óptica (por punta, por fibra, en 1 ventana) + prueba de potencia	U	36	7,84	282,24
7	Subida a poste para fibra óptica	U	1	51,28	51,28
8	Suministro e instalación de rack de piso abierto 2,2m x 19'' de 44 unid.	U	3	213,72	641,16
9	suministro y ejecución de herraje tipo A para cable de fibra óptica ADSS	U	2	12,12	24,24
10	Suministro y ejecución de herraje tipo B para cable de fibra óptica ADSS	U	1	11,35	11,35
11	Grapa	U	162	0,64	103,68
12	Tapones Trifurcados	U	108	32,08	3464,64
13	Tapones Ciegos	U	216	5,25	1134,00
14	Tapones de paso	U	108	10,54	1138,32
15	Maleta de Herramientas básica	U	1	200,00	200,00
<b>TOTAL</b>					30.662,66

### 5.3 COSTOS ADICIONALES

**Tabla 5.3 Costos Adicionales**

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL
1	Pago de Energía Eléctrica	Mes	12	20,00	240,00
2	Pago a Técnico	Mes	12	600,00	7200,00
<b>TOTAL</b>					7440,00

**Nota:** En los costos está incluida la mano de obra.

## 5.4 COSTO TOTAL DE LA OBRA

Tabla 5.4 Costo Total de la Obra

1	Equipos	139286,98
2	Materiales	30662,66
3	Costos adicionales	7440,00
		<b>TOTAL: 177389,64</b>

El costo total de la implementación del diseño es de: **132472,9** (tabla 5.4) indicando que el diseño son los equipos iniciales ya que se deja abierta la posibilidad para más usuarios por lo cual no está tomada en cuenta el costo de fibra óptica para llegar a cada usuario final.

## 5.5 TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

El análisis económico se lo va a realizar con una proyección de cinco años y un índice de crecimiento del 3% que vienen siendo la suma de un usuario por año, teniendo 22 como posibles usuarios iniciales.

Los costos de los equipos varían ya que al incrementarse un usuario por año, también se incrementa la compra de una ONT, los costos de los materiales se mantienen más no así el pago del Técnico que se incrementa 100,00 por año y también la energía eléctrica que se incrementa 10,00 por año ( tabla 5.5.)

Para el análisis de los ingresos se toma las consideraciones de proyectar para cinco años y el incremento de un usuario por año. Para lo cual se sugiere una cuota de inscripción de 200, 00 por usuario y un pago mensual de 300.00 (tabla 5.6. )

Tabla 5.5 Gastos

<b>GASTOS</b>									
<b>AÑO 1 (2011)</b>		<b>AÑO 2 (2012)</b>		<b>AÑO 3 (2013)</b>		<b>AÑO 4 (2014)</b>		<b>AÑO 5 (2015)</b>	
# de usuarios = 22		# de usuarios = 1		# de usuarios = 1		# de usuarios = 1		# de usuarios = 1	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Costo equipos	139286,98	Costo equipos más 244,00 de una ONT de nuevo usuario	244,00	Costo equipos más 244,00 de una ONT de nuevo usuario	244,00	Costo equipos más 244,00 de una ONT de nuevo usuario	244,00	Costo equipos más 244,00 de una ONT de nuevo usuario	244,00
Costo Materiales	30662,66	Costo Materiales	0	Costo Materiales	0	Costo Materiales	0	Costo Materiales	0
Pago de Técnico 600,00 mensuales	7200,00	Pago de Técnico 700,00 mensuales	8400,00	Pago de Técnico 800,00 mensuales	9600,00	Pago de Técnico 900,00 mensuales	10800,00	Pago de Técnico 1000,00 mensuales	12000,00
Pago de Energía Eléctrica 20,00 mensuales	240,00	Pago de Energía Eléctrica 30,00 mensuales	360,00	Pago de Energía Eléctrica 40,00 mensuales	480,00	Pago de Energía Eléctrica 50,00 mensuales	600,00	Pago de Energía Eléctrica 60,00 mensuales	720,00
<b>TOTAL = 177389,64</b>		<b>TOTAL =9004,00</b>		<b>TOTAL = 10324,00</b>		<b>TOTAL = 11644,00</b>		<b>TOTAL = 12964,00</b>	
<b>TOTAL EN 5 AÑOS: 221356,64</b>									

**Tabla 5.6 Ingresos con una mensualidad de 300,00**

<b>INGRESOS</b>									
<b>AÑO 1 (2011)</b>		<b>AÑO 2 (2012)</b>		<b>AÑO 3 (2013)</b>		<b>AÑO 4 (2014)</b>		<b>AÑO 5 (2015)</b>	
# de usuarios = 22		# de usuarios = 23		# de usuarios = 24		# de usuarios = 25		# de usuarios = 26	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Pago de Inscripción de 200,00	4400,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00
Pago mensual de 300,00	79200,000	Pago mensual de 300,00	82800,00	Pago mensual de 300,00	86400,00	Pago mensual de 300,00	90000,00	Pago mensual de 300,00	93600,00
<b>Total por año =83600,00</b>		<b>Total por año =83000,00</b>		<b>Total por año =86600,00</b>		<b>Total por año =90200,00</b>		<b>Total por año =93800,00</b>	
<b>TOTAL DE INGRESOS EN 3 AÑOS= 253200,00</b>									
<b>TOTAL DE INGRESOS EN 5 AÑOS: 437200,00</b>									

**Tabla 5.7 Ingresos con una mensualidad de 200,00**

<b>INGRESOS</b>									
<b>AÑO 1 (2011)</b>		<b>AÑO 2 (2012)</b>		<b>AÑO 3 (2013)</b>		<b>AÑO 4 (2014)</b>		<b>AÑO 5 (2015)</b>	
# de usuarios = 22		# de usuarios = 23		# de usuarios = 24		# de usuarios = 25		# de usuarios = 26	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Pago de Inscripción de 200,00	4400,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00	Pago de Inscripción de 200,00	200,00
Pago mensual de 200,00	52800,00	Pago mensual de 200,00	55200,00	Pago mensual de 200,00	57600,00	Pago mensual de 200,00	60000,00	Pago mensual de 200,00	62400,00
<b>Total por año =57200,00</b>		<b>Total por año =55400,00</b>		<b>Total por año =57800,00</b>		<b>Total por año =60200,00</b>		<b>Total por año =62600,00</b>	
<b>TOTAL DE INGRESOS EN 5 AÑOS: 293200,00</b>									

Se realizó el análisis de costo total de la obra para cinco años que es el tiempo al que nosotros proyectamos (tabla 5.5), teniendo como una inversión total de **221356,64** cantidad que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP-Chimborazo debe recuperar en el mismo tiempo. Para lo cual se estableció una cuota de inscripción de 200,00 y 300,00 mensuales por usuario (tabla 5.6) la cual nos demuestra que la inversión es recuperada en tres años ya que tenemos un total de **253200,00** teniendo en cinco años un total de **437200,00**.

Observando que el proyecto es factible y que la inversión se recupera en poco tiempo se decide bajar la mensualidad a 200, 00 (tabla 5.7) proyectado en cinco años, teniendo una respuesta favorable ya que tenemos un total de **293200,00** lo que hace que la inversión esté recuperada en el tiempo indicado.

## **CAPITULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- Al disponer de la Tecnología GPON que ofrece una alta velocidad y ancho de banda se dispone de los servicios de telefonía, Internet, video conferencia en tiempo real e IPTV.
- Una vez realizada la encuesta se determinó que existen un total de 22 posibles usuarios iniciales que requieren de la Tecnología GPON, dejando abierta la posibilidad para más usuarios a futuro como por ejemplo con 26 usuarios considerando un índice de crecimiento del 3% que es relativamente baja
- Al realizar el diseño se estableció la trayectoria por donde irá la fibra óptica y la ubicación de los equipos iniciales para una mejor distribución a los usuarios finales para lo cual también se realizó los tramites correspondientes en las Instituciones que estarán ubicados dichos equipos las mismas que en la Universidad Nacional de Chimborazo tuvo una respuesta favorable, mientras que en el H. Consejo Provincial existió más bien una negativa por el momento indicando que se dará apertura en los meses siguientes.
- Mediante el análisis económico de la obra proyectado para cinco años con una mensualidad de 300,00 por usuario se determina que el proyecto es factible, ya que se recupera en su totalidad la inversión realizada en tres años, teniendo más bien en cinco años una ganancia para la empresa pudiendo bajar el costo de la mensualidad hasta 200,00 por usuario como mínimo.

- Los costos se han abaratado sustancialmente en virtud que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP- Chimborazo cuenta con canalización existente en donde irá el tendido de la fibra óptica hasta conectar los equipos OLT ya que caso contrario la obra tendría un costo mayor.



## **RECOMENDACIONES**

- Por la necesidad que poseen los usuarios del sector centro de Riobamba de tener un Internet de mayor velocidad se recomienda a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP- Chimborazo la implementación de la Tecnológica GPON en el menor tiempo posible y a su vez considerar la ampliación de esta tecnología en una mayor área de cobertura que podría ser toda la ciudad.
- Al demostrarse que el proyecto es rentable antes de concluir la vida útil del mismo se recomienda su implementación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CNT: Conceptos de fibra óptica. Unidad de fibra óptica última milla

VALLEJO Alex (2005). “Zarpes de Banda Ancha”

CNT: Resumen de precios de

## **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

<http://www.wikipedia.org/wiki/GPON>

<http://www.adslzone.net/noticia175-gpon-la-tecnologia-de-fibra-optica-que-dejara-obsoleto-al-lento-dsl.html> - España

<http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com>

<http://www.alcatel-lucent.com>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**ENCUESTA**

**NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN:**

.....

**ENCUESTA**

**Instrucción:**

**Lea determinada cada pregunta y marque con una X la(s) respuesta(s) que crea conveniente**

**1.- ¿Qué tipo de negocio posee?**

- a) Empresa Pública
- b) Empresa Privada
- c) Unidad Educativa
- d) Cyber

**2.- ¿Cuántas computadoras posee?**

- a) 10
- b) 30
- c) 50
- d) 100
- e) 150

**3.- ¿En qué tarea utiliza su servicio de Internet de banda ancha?**

- a) subir y bajar datos
- b) consultas
- c) correo electrónico

**4.- ¿Está satisfecho con la velocidad del servicio de Internet de banda ancha que posee?**

SI .....

NO.....

**5.- Al disponer de la tecnología GPON usted puede tener servicio de telefonía, datos, Internet, video conferencia en tiempo real, IPTV entre otras por lo tanto ¿ Está interesado en esta tecnología de alta velocidad y ancho de banda?**

SI .....

NO.....

**6.- ¿ A qué velocidad le gustaría que fuera su Internet de banda ancha?**

- a) 1 MBPS
- b) 2 MBPS
- c) 4 MBPS
- d) 5 MBPS
- e) 10 MBPS
- f) 2.4 GBPS

**7.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de Internet de banda ancha?**

- d) 300 dólares
- e) 500 dólares
- f) 1000 dólares

**8.- ¿Cree usted que la Universidad Nacional de Chimborazo conjuntamente con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones debería realizar un estudio para mejorar el servicio de Internet de banda ancha?**

SI .....

NO.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

**ANEXO 2**

**PLANO DE LA CIUDAD DE**

**RIOBAMBA**

## **ANEXO 3**

# **TRAMITES PARA EL ESTUDIO DE LA UBICACIÓN ADECUADA DE LOS EQUIPOS EN EL CONSEJO PROVINCIAL Y EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



Riobamba, 6 de Enero de 2011

Master.

Edison Riera

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Presente.-

De mi consideración:

Yo, Raquel Maritza Chávez Chávez portadora de la Cédula N° 060325002-8  
Tesis de la Facultad de Ingeniería de la Escuela de Electrónica y  
Telecomunicaciones me dirijo a usted para expresarle un cordial y atento saludo, a  
la vez desearle éxitos en sus funciones laborales.

Como requisito para mi título universitario estoy desarrollando un proyecto de  
Investigación en coordinación con la Corporación Nacional de  
Telecomunicaciones EP-Chimborazo acerca del Estudio y Diseño para la  
implementación de una Red GPON en el sector centro de Riobamba para la CNT  
EP- Chimborazo aprobada por el Consejo Directivo con la Resolución 537-HCD-  
03-06-2010, y considerando que el Campus la Dolorosa de la Universidad  
Nacional de Chimborazo está ubicado en un lugar estratégico para dicha  
investigación solicito a usted muy comedidamente me autorice la posible  
instalación de los equipos que permitirán tener una mejor y mayor velocidad de  
datos, audio, video IPTV y telefonía.

Segura de tener su favorable aceptación anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente;

Raquel Chávez

060325002-8

## **ANEXO 4**

# **CONTESTACIÓN A LOS TRÁMITES DEL H. CONSEJO PROVINCIAL Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

## **ANEXO 5**

# **ABAL DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES EP- CHIMBORAZO**

## **ANEXO 6**

# **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA MONOMODO G.652**





## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Divino Niño y a la Santísima Virgen María por su infinita gracia, a la Universidad Nacional de Chimborazo, a todos los Docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica en especial a los Ingenieros Wilson Baldeón y Daniel Santillán, a mi Asesor del Proyecto Ingeniero Marco Nolivos, a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP-Chimborazo, al Tecnólogo Willian Goyes y a todas las personas que colaboraron para el feliz término de éste trabajo.