

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO.

“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH PARA BRINDAR  
SERVICIO DE VOZ, VIDEO Y DATOS PARA LA URBANIZACIÓN LOS OLIVOS  
UBICADA EL SECTOR TOCTESOL EN LA PARROQUIA BORRERO DE LA  
CIUDAD DE AZOGUES.”

AUTOR:

JUAN DIEGO TINOCO ALVEAR

DIRECTOR:

ING. JONATHAN CORONEL.

CUENCA – ECUADOR

2011

**Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.**

**Cuenca, 11 de Agosto de 2011**

**JUAN DIEGO TINOCO ALVEAR**

## CERTIFICACION

Ing. Jonathan coronel

Director de tesis

Certifica

Que el trabajo de tesis “ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH PARA BRINDAR SERVICIO DE VOZ, VIDEO Y DATOS PARA LA URBANIZACIÓN LOS OLIVOS UBICADA EL SECTOR TOCTESOL EN LA PARROQUIA BORRERO DE LA CIUDAD DE AZOGUES.” Ha sido asesorado y revisado de acuerdo a los lineamientos establecidos en el protocolo inicial y al cronograma establecido, por lo que después de reunir los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, autorizo su presentación para los fines consiguientes.

**Cuenca, 1 de Septiembre de 2011**

**ING. JONATHAN CORONEL.**

## **INDICE:**

<b>CAPITULO 1: TECNOLOGIA FTTH.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del sistema FTTH.....	1
1.2 Características del sistema.....	1
1.3 Arquitecturas de red FTTH.....	6
1.4 Aplicaciones de FTTH.....	9
1.5 Ventajas y Desventajas de FTTH.....	11
<b>CAPITULO II: DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA FTTH.....</b>	<b>14</b>
2.1 Estudio de la demanda.....	14
2.2 Tecnologías PON.....	16
2.3 Tecnologías GPON.....	19
2.4 Elementos componentes de la red.....	28
2.5 Diseño de la Red.....	37
2.6 Equipos de Transmisión.....	65
2.7 Equipos de Abonado.....	67
2.8 Títulos Habilitantes.....	69
<b>CAPITULO III: ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO.....</b>	<b>74</b>
3.1 Análisis de Costo de Capital y Operación.....	74
3.2 Evaluación Financiero.....	83

## **CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1

Resultados.....88

4.2

Conclusiones.....89

**BIBLIOGRAFIA.....93**

## **CAPITULO I: TECNOLOGIA FTTH**

### **1.1 Descripción del sistema FTTH**

Las denominadas redes FTTH son sistemas compuestos fundamentalmente por fibra óptica que llegan hasta los usuarios. Esta arquitectura se está transformando en una realidad en muchas regiones del planeta con más de 8 millones de hogares conectados a la nube informática a través de este concepto de redes de nueva generación.

La tecnología FTTH es capaz de soportar toda la demanda de ancho de banda que se tendrá en el futuro, se considera como una red a prueba de tecnologías futuras, con aptitud para los servicios multimedia que se ofrecerán en el futuro inmediato. En la actualidad las operadoras telefónicas ya están migrando de las redes existentes ADSL (Línea del suscriptor digital asimétrica) tendidos de cableado de cobre, sistemas de cable operadoras a redes de fibra óptica. Actualmente las redes pasivas ópticas punto a multipunto PON son las más implementadas principalmente en mercados asiáticos y norte americanos.

### **1.2 Características del sistema**

Al ser un sistema nuevo, compuesto de fibra óptica y equipos ópticos, esta es una red que requiere de una inversión inicial considerable, con lo cual los diseñadores de una red deben buscar caminos para migrar hacia nuevas tecnologías y poder aprovechar todo el ancho de banda que la fibra óptica puede ofrecer y que las tecnologías GPON y EPON no están en capacidad de ofrecer, de manera que se garantice a futuro, el uso de la inversión en infraestructura, evitando cualquier cuello de congestión del servicio con el incremento de la demanda. Los sistemas FTTH tiene la capacidad de utilizar sistemas PON de siguiente generación la cual extendería el ancho de banda hasta hacerlo casi ilimitado.

Las ngPON (redes de próxima generación) que están en desarrollo y se tiene previsto que permanezca de esta forma en los próximos 5 a 8 años por lo que en la actualidad se deben utilizar las tecnologías de sistemas ópticos pasivos existentes considerando que una red FTTH en el futuro será la única solución a la demanda de servicios que se tendrá.

Con el uso de los sistemas PON disponibles se podrían tener redes FTTH con las siguientes características:

- Tasa alta de división (>64).
- Alta velocidad (>1Gbps).
- Alto ancho de banda por usuario (>100mbps).
- Transmisión Bidireccional, tasa de datos simétricos, acceso de una sola fibra.
- Larga alcance (>20Km).
- Pasivo.
- Alta capacidad de actualización.
- Manejo del sistema centralizado.
- Asignación dinámica de recursos.
- Protección básica incorporada. [1].

1.2.1 Pérdida de rendimientos por redes de cobre utilizados en la última milla.

Las redes “*interoffice*” (IOF) o “*Long haul*”, que se encargan del transporte de datos a largas distancias hasta el proveedor de servicios y desde estos, a los anillos de distribución, están construidas con fibra óptica, la cual puede transportar datos a una velocidad de entre 2 y 8 Gb/s por cada longitud de onda que se envíe a través de la fibra. Así mismo, actualmente los dispositivos caseros que se utilizan en aplicaciones de Internet y telecomunicaciones tienen la capacidad de operar a velocidades similares, esto es, de 2 a 8 Gb/s.

En las redes comúnmente usadas - las cuales son de cable de cobre o cable coaxial de cobre con tecnologías xDSL (*“digital subscriber line”*) - se produce un cuello de botella entre el distribuidor del servicio de comunicación y el usuario, pues estos dispositivos trabajan a velocidades de entre 8Mb/s a 40Mb/s, considerablemente inferior a la capacidad de entrega de datos que podría tenerse si se continuara con una red de última milla construida en fibra óptica.

Una respuesta adecuada al crecimiento de la demanda del servicio, un menor soporte técnico y mantenimiento a las redes, son entre otras las mejoras en las características que este sistema de fibra hasta el hogar puede brindar. Dado que el crecimiento de los ofertantes de servicios de TV por suscripción e Internet ha sufrido un interesante cambio, debido a que ahora este crecimiento es negativo, los precios de estos servicios son cada vez más bajos y la competencia entre empresas que ofrecen servicios de comunicación es cada día más fuerte, por lo que este tipo de red pone en ventaja a sus operadores frente a cualquier otro operador que utilice redes de cobre o sistemas inalámbricos, en parte o en la totalidad de su topografía.

### 1.2.2 Presión de los usuarios.

Desde un punto de vista global, una red de fibra óptica más que un lujo se convierte hoy en día en una necesidad. Actualmente el backbone de empresas de telecomunicaciones está subutilizado, dado el cuello de botella antes mencionado; la tasa de demanda de los usuarios está llegando a números expresados en gigabits, tanto en el campo de datos como en la parte de televisión debido a canales que se ofrecen en alta definición que son cada día más comunes y se están volviendo un estándar en la industria, por lo que, los usuarios presionan cada día más a sus operadores por un mayor ancho de banda, a un menor costo y con la mayor fiabilidad posible. Dado el cuello de botella que se forma en la



última milla de las redes convencionales, actualmente se está dando un control en el ancho de banda y la velocidad por parte de los operadores de ISP en horas pico, produciendo una latencia en el servicio que causa molestia en los usuarios ya que en realidad no se está dando el servicio ofrecido y necesario para las aplicaciones actuales en las que se usa el internet como video en vivo o bajo demanda, telemedicina, video conferencias, transmisión de voz, respaldo de datos, discos de almacenamiento virtuales, juegos en línea, entre otras aplicaciones de uso cotidiano el cual se ve restringido por no contar con un sistema de fibra óptica en la última milla.

La razón por la que muchas compañías están optando por sistemas FFTH es la televisión en alta definición, dado que se esta convirtiendo en estándar común de video. Mientras una transmisión de televisión convencional (bajo el estándar SDTV) requiere unos 20 Mb/s sin comprimir y unos 4Mb/s utilizando compresión MPEG-2 por canal, HDTV requiere 120 Mb/s sin comprimir y unos 15 o 19Mb/s con MPEG-2 [Poynton]. Dado este requerimiento de ancho de banda para transmitir televisión multicanal HDTV, se podría decir que esta opción esta fuera de alcance para sistemas DSL, exceptuando a los usuarios que estén extremadamente cerca de la cabecera de la red. Por ello, los cable operadores han optado por enviar a través de su red, solo el canal de alta definición que el usuario escoja bajo el sistema VoD(“*Video over Demand*”), sin ser esta la solución definitiva ante una inminente oferta masiva de este tipo de canales de televisión. Actualmente en transmisión de televisión de alta definición van a la cabeza operadoras que brindan servicio satelital teniendo un reducido número de canales para ofertar dado el costo de transmisión que esto representa y poniendo en amplia ventaja a operadores que tengan sistemas FTTH.

Otro aspecto que ya se ha convertido en un factor a considerar y que tiene igual importancia, es la creciente necesidad por una rápida respuesta de subida y bajada entre computadoras personales y centrales de datos como maquinas de búsqueda o discos duros virtuales, los cuales se están volviendo muy populares y tenderán en un futuro cercano a masificarse. El espacio de almacenamiento que estos discos duros virtuales tengan por usuario y su demanda, se convierte en un problema cuando los datos a los que se quiere acceder son de gran tamaño, por ejemplo documentos extensos, imágenes o peor aun libros y datos de aplicaciones concretas como planos técnicos de varias capas como proyectos enteros e incluso películas enteras. Un ejemplo de esto se da en Norte América donde las tiendas para rentar películas están cerrando debido a que el usuario puede rentar o comprar una película y bajarse de la red sin necesidad de levantarse del sofá.

Superar este cuello de botella en la última milla al sustituir estas redes, por redes de fibra óptica se considera que “sera tan significativo como constituir una segunda venida de la PC, siendo la primera en la década de 1980 por la revolución del uso personalizado de la computación”<sup>1</sup>

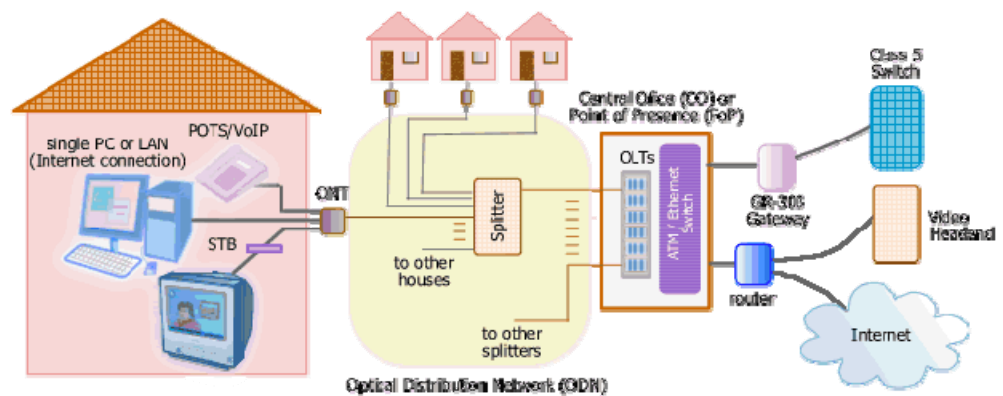
---

<sup>1</sup> GREEN, PAUL. Fiber to the home the new empowerment. Willey Interscience 2006

### 1.3 Arquitecturas de red FTTH

Las instalaciones FTTH se basan en dos arquitecturas, Una de una línea directa desde la planta hasta el hogar en una configuración Punto a Punto P2P (“*Peer to Peer*”) y otra de arquitectura Punto Multipunto P2MP, utilizando básicamente splitters en una red óptica pasiva, la cual puede utilizar básicamente Gigabit Ethernet o un Modo de Transferencia Asíncrona ATM.

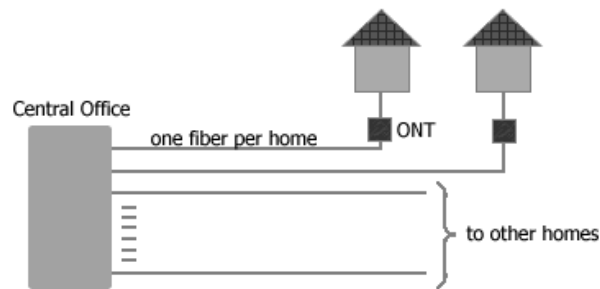
Una red óptica pasiva PON, como se verá detalladamente en el siguiente capítulo, está compuesta por splitters pasivos entre la central y el abonado. En pocas palabras se puede considerar que un sistema PON es una forma limitada de red completamente óptica que no tiene electrónica en su arquitectura, excepto en los extremos de la red, compuesta por “árboles” de vidrio que transmiten señales en longitudes de onda ampliamente espaciadas.



Figura[1.1] Distribución de una Red Óptica Pasiva

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

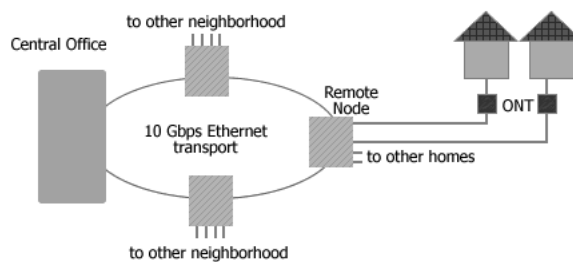
La arquitectura conocida como ODN está clasificada en “*Home Run*” Punto a Punto, Redes Estrella Pasivas también consideradas punto a punto. En el primer caso, una fibra sale desde la CO y va directamente hasta el abonado, aunque se podría creer que este sistema Punto a Punto como una opción más cara, sin embargo, algunos proveedores están considerando este tipo de redes ya que en la actualidad los cables de multifibras son casi tan económicos en materiales y costos de instalación que los cables de la misma longitud con una o pocas fibras. El problema de este tipo de topología es en la CO por puerto opto electrónico que se debería utilizar.



Figura[1.2] Esquema de fibra “*Home Run*”

Una fibra dedicada desde la CO hasta cada abonado

Fuente: “*Fiber to the Home. The new Empowerment*”

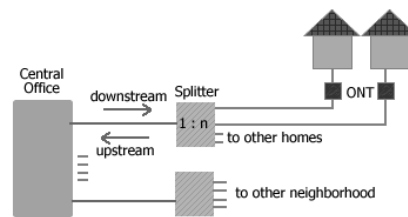


Figura[1.3] Esquema de fibra en estrella Ethernet activa

Una fibra dedicada desde un punto de acceso remoto hasta cada nodo y de ese punto a cada abonado

Fuente: “*Fiber to the Home. The new Empowerment*”

En una Red Ethernet en Estrella Activa, una fibra dedicada es extendida hasta el usuario desde un nodo remoto de acceso, el cual está conectado a través de una red Gigabit Ethernet óptica a la Oficina Central. Esta arquitectura es similar a típico DLC o Loop Digital Portador el cual entrega POTS/ISDN/DSN. En el caso de las redes FTTH se la suele denominar BLC Loop Portador de Banda ancha.



Figura[1.4] Esquema de fibra PON

Una fibra conectada a un splitter y de este punto a cada abonado

Fuente: *“Fiber to the Home. The new Empowerment”*

La Red Óptica Pasiva es la arquitectura más popular dado que no utiliza electrónica en su red, salvo en sus extremos y por lo tanto no necesita de una alimentación eléctrica para operar los componentes pasivos, además de que su mantenimiento es mucho más económico. Las arquitecturas “Home Run” y la Ethernet en Estrella Activa podrían ser útiles en cierto casos específicos pues pueden alcanzar distancias de hasta 80 Km desde la oficina central. La arquitectura PON puede alcanzar 20Km, más que suficiente en la mayoría de áreas urbanas donde se debería utilizar redes ópticas. Es por esta razón que se va a analizar las redes Ópticas pasivas PON en esta red FTTH.

#### 1.4 Aplicaciones de FTTH

Reemplazar todas las redes de cobre por fibra, no supone una tarea fácil cuando se ha invertido una cuantiosa cantidad de dinero en un material como el cobre que ha probado por mucho tiempo, ser efectivo al momento de brindar sistemas de comunicación. Diseñar redes híbridas con fibra óptica combinadas con pares trenzados de cobre o cable coaxial para muchos sería lo más lógico ya que se aprovecharía en parte la red existente de cobre, sin embargo y a pesar de que sistemas actuales ADSL o HFC son capaces de transportar decenas de megabits por segundo, estas son tecnologías que por su naturaleza híbrida generan, como ya se ha mencionado en este capítulo, un cuello de botella y la red de cobre instalada limita la distancia a la que puede llegar la señal, además de ser necesarios equipos adicionales en planta externa. Con una red FTTH se superan todos estos inconvenientes y por esto las aplicaciones son mucho amplias.

Gracias a que se pueden alcanzar distancias de 20 Km con redes ópticas pasivas, se considera que la aplicación más importante para este tipo de sistemas es en barrios residenciales suburbanos donde los hogares se encuentran relativamente dispersos, pues en este caso, la distancia a la OLT no representa un inconveniente ni restringe la capacidad del ancho de banda de la red debido a que una red de fibra óptica, no requiere una reingeniería por décadas, siendo por ello, una opción para redes nuevas que se construyen en sectores donde las redes de comunicaciones sean inexistentes o se vayan a reemplazar.

De la capacidad en el transporte que brinda la fibra óptica se deriva un análisis diferente para las aplicaciones que se le puede dar a este tipo de red, no solo su topología permite llegar a abonados que se encuentre alejados, sino también que dicha red no necesitaría cambios en su arquitectura por décadas, se incluyen además, como aplicaciones de esta red, a los servicios que puede brindar y para esto se ha considerado a las aplicaciones a las que se puede acceder sin problema y que para otras tecnologías no es posible. Una red PON puede tener una tasa de 1250 MB/s, mientras que tecnologías Legacy están entre los 8 y 50 Mb/s en el

mejor de los casos. Otra ventaja que se debe tomar en cuenta es que en las redes de fibra óptica se puede tener tasas de subida y bajada simétricas.

Las aplicaciones son amplias e incluyen las nuevas tendencias de demanda en el sector de comunicaciones que están cobrando mucha fuerza y que en pocos años serán el común denominador. Entre estos servicios esta la Televisión de Alta definición (HD) y más aun cuando se trata de Alta Definición completa (Full HD), servicio que actualmente se puede ofrecer en sistemas de cable y satelitales, pero que se ven limitados por el número de canales que pueden ofrecer o en otros casos, se tiene que ofrecer un servicio dedicado con canales de alta definición bajo demanda, se envía un solo canal a la vez al abonado en lugar de un broadcast de todos los canales. Este tipo de servicio está cambiando debido a que la oferta de canales en Alta Definición es cada vez mayor y la tendencia es que, en el corto plazo, todos los canales se ofrezcan en este formato por lo que la fibra óptica es el único medio capaz de ofrecer un servicio de este tipo.

Otra innovación que requiere de la capacidad de transporte y simetría de las redes ópticas son los espacios de almacenamiento virtuales en la “nube”. Esta aplicación requiere una tasa de subida mayor a la que puede ofrecerse con una red de cobre, para poder almacenar y acceder a los archivos a una velocidad relativamente rápida. Las video llamadas son también muy utilizada en la actualidad y cada día el usuario desea una mayor calidad del video, lo cual se podría lograr únicamente con un mayor ancho de banda.

Estas son las aplicaciones en las cuales una red de fibra óptica que llegue hasta el hogar se convierte en una opción lógica para poder soportar todas las demandas futuras de los abonados, sin limitaciones en cuanto a distancia se trate y usando una menor cantidad de equipos.

## 1.5 Ventajas y Desventajas de FTTH

### 1.5.1 Deficiencias en las soluciones “legacy” DSL, Cable, e inalámbrico.

En tiempos anteriores al uso de la fibra óptica, las redes de comunicación utilizaban redes de cobre y enlaces microondas, las compañías de cable obtenían su señal de enlaces satelitales o microondas para gestionar los datos recibidos y redistribuirlos en su red hasta los abonados. Los primeros pasos en introducir la fibra óptica en redes de distribución de telecomunicaciones consistieron en hacer sistemas híbridos con cable coaxial (HFC), sistema que ha sido ampliamente desplegado por las compañías de cable.

El termino fibra hasta el nodo (FTTN) se usa a menudo para lo que esencialmente es una topología HFC y profundizando más aun en el concepto, el nodo HFC se convierte en una unidad óptica de red (ONU) para la línea de suscripción de muy alta velocidad (VDSL).

En la actualidad, el sistema HFC es aun la solución de banda ancha más usada por cable operadores, mientras que líneas asimétricas (ADSL) dominan las redes de telecomunicaciones. Sin embargo, todas estas redes tienen limitaciones en cuanto a los servicios que pueden ofrecer, en su ancho de banda y en la distancia que a la que tienen que estar sus usuarios desde el nodo. Por esta razón, los sistemas DSL han sido competitivamente exitosos pero mayormente cuando se usa para distancias relativamente cortas y tasas de bit bajas cuando comparadas con las capacidades de transporte que puede brindar la fibra óptica. Las líneas de suscripción digital (DSL), han pasado por numerosas generaciones que utilizan un procesamiento de las señales cada vez más complejas para exprimir las tasas de bits y alcanzar distancias considerables con la red tradicional de cobre instalada. Sin embargo, las distancias que se puede alcanzar con DSL son bastantes modestas, considerando las demandas emergentes, como por ejemplo HDTV. En el caso de sistemas DSLAM se podría alcanzar distancias más altas



retroalimentando cada línea con acondicionamiento, sin embargo, esta opción sería prohibitivamente cara para brindar servicios de comunicación y entretenimiento a particulares.

Todas estas limitaciones se resuelven al emplear redes FTTH asegurando un sistema lo suficientemente robusto como para soportar cualquier demanda en el futuro. Utilizando una red óptica pasiva se asegura la disminución de costos en equipos de regeneración de señal y que no se requiera sofisticados sistemas de procesamiento de la señal. Se considera que una red de este tipo podría ser funcional por un periodo considerable de tiempo y no será necesaria ninguna reingeniería en el sistema durante décadas. En la actualidad, las empresas que brindan servicios de telecomunicaciones utilizan redes de tecnología DSL paralelas a las redes de telecomunicaciones ya existentes para solventar la demanda actual del servicio, sin embargo, estas soluciones son parches ante deficiencias de redes de generaciones anteriores que no solventaran la demanda que se tendrá en el futuro inmediato. Esto pone a las redes FTTH en una categoría diferente a las redes DSL y sistemas de cable en las cuales, la electrónica sensible de protocolos interviene entre la cabecera y el suscriptor.

Una gran ventaja de la fibra óptica y sobre todo en el empleo de ésta en redes de última milla, es el espacio disponible y escalable para crecer en ancho de banda y la libertad de permitir “*crossstalk*” en la red. Está claro que la baja atenuación de la fibra óptica se traduce en transmisores de baja potencia y receptores relativamente insensibles, pero lo que realmente importa es que estas características derivan en reglas de diseño más permisibles para la instalación de la red, frente a los sistemas “*legacy*” a las que se debe tener un gran cuidado en el largo del segmento en lo que se refiere a la selección del cable, ajustes en el ecualizador y atenuador variable, siendo estas consideraciones las más importantes sin que sean las únicas.

La naturaleza pasiva de una red FTTH con una arquitectura PON y el hecho que la electrónica se encuentra únicamente en los extremos de la red, significa que el mantenimiento y reparación de estos sistemas se pueden realizar mucho más fácilmente y a menores costos, además de disminuir los daños en los equipos. Los operadores que ya han instalado versiones tempranas de tecnología PON (como redes BPON), tienen la ventaja sobre otros operadores que han instalado sistemas “*legacy*”, pues tan pronto como su red no abastezca a la demanda de datos, podrán actualizar su sistema a uno basado en ATM como el GPON o a uno basado en Ethernet, EPON, únicamente descargando remotamente software a todos sus ONUs desde la central OLT. Evidentemente esto pone en ventaja a las redes PON sobre las “*legacy*” que tendrían que realizar gastos en equipos e inclusive en la instalación de nuevas redes, cuando estas ya no abastezcan la demanda requerida. En un sistema FTTH, no se necesitara cambiar absolutamente nada en la planta externa, si es que se diera el caso de que con el sistema que se tenga no se abastezca a las tasa de bits cada vez mayores a los altos niveles de protocolos y servicios que se están introduciendo, la fibra óptica es el medio ideal para asegurarse que un cambio eventual en alguna parte del sistema construido, ocurra únicamente en la Oficina Central y en las instalaciones de la plata interna.

## **CAPITULO II: DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA FTTH**

### 2.1 Estudio de la demanda

En cuanto a la demanda de los servicios que se pretenden ofrecer a través de esta red propuesta, se plantearán varias tasas de transferencias y paquetes de datos para que los usuarios puedan tomar como base y escoger para el cálculo del ancho de banda.

En el Ecuador el crecimiento de internet, de las tecnologías de información y comunicación en general, han dado lugar a un acceso casi ilimitado de datos y herramientas que pueden ayudar al desarrollo de conocimientos en nuestra sociedad.

La demanda de internet en el país ha tenido un crecimiento sostenido desde 1996. Hasta el 2008, fecha hasta la que presentan datos, se registran 1191960 usuarios de internet, teniendo en cuenta que en el año 2000 existían 57627 usuarios representando un crecimiento del 2068,4% lo que demuestra que la demanda va en claro aumento sin ningún indicio de que esta tendencia disminuya.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Super Intendencia de Telecomunicaciones, crecimiento de la demanda de internet en el Ecuador.

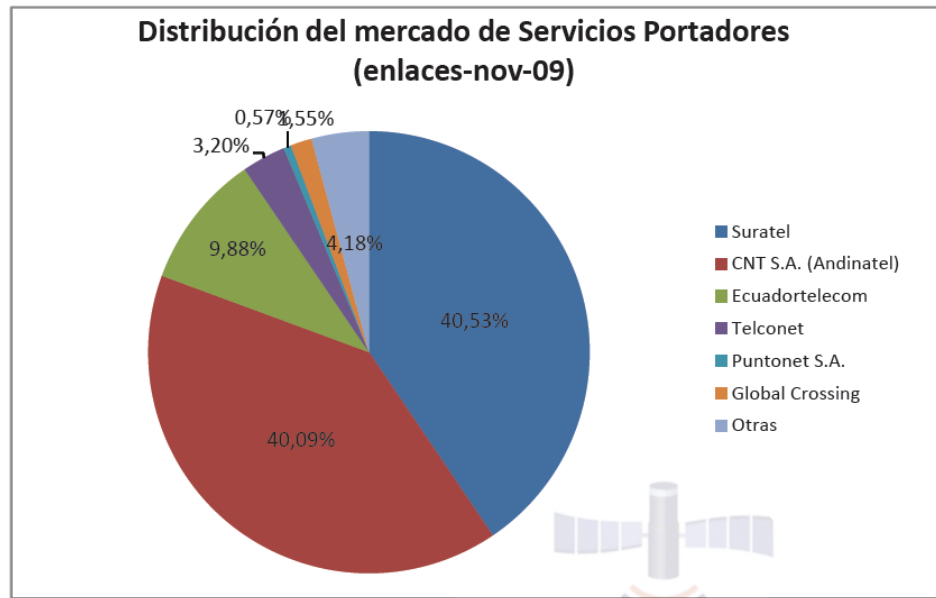


Figura [2.1] Porcentaje del mercado de los mayores Prestadores de servicios portadores.

*Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones de Ecuador*

El cuadro extraído de los archivos estadísticos de la superintendencia de telecomunicaciones, muestra el porcentaje del mercado que posee cada Empresa de servicios portadores de telecomunicaciones, ubicando a la empresa CNT-EP con el 40,9% del mercado nacional en noviembre del 2009, empresa pública que tiene un claro progreso en su infraestructura, capacidad de distribución de servicios y tecnología, en clara ventaja para asumir la creciente demanda.

Más allá del incremento sustancial en el número de usuarios de internet, está el aumento de la necesidad de un mayor ancho de banda. Esta tendencia es mucho mayor al crecimiento en usuarios, debido a los servicios que se ofertan y que requieren un ancho de banda mucho mayor. Video de alta definición, juegos de video, video conferencias y otras, son las aplicaciones que los usuarios de internet demandan en la actualidad y que consideran aplicaciones de internet rutinarias y en algunos caso indispensables. El almacenamiento de información en la “nube” ha sido el gran paso que han dado las grandes empresas informáticas en este año y amenaza con ser una de las razones primordiales por

las cuales el usuario necesitara un mayor ancho de banda que el actualmente ofertado. Google, Apple, Amazon y Microsoft, son algunas de las empresas que ya ofrecen servicios de almacenamientos seguros en la nube informática, librando a las computadoras y demás dispositivos electrónicos de unidades de almacenamiento extensas, siempre y cuando cuenten con conexión a la red. Según datos publicados por CISCO el consumo promedio de la población conectada a internet es de 1Gb por mes, cifra que se podría quintuplicar para el 2015.<sup>3</sup> Con una demanda de 5Gb por mes por cada usuario de internet e inclusive con 33Gb estimados para la misma fecha en Estados Unidos, demuestran la necesidad de una red capaz de soportar esta demanda proyectada.

## 2.2 Tecnologías PON

La tecnología PON es una arquitectura ya madura que ha pasado por varias evoluciones con estándares de calidad y operación bien delimitados por la ITU y la IEEE en algunos casos. La tecnología se divide básicamente en dos, la basada en ATM y la que se basa en Ethernet. La tecnología más utilizada en la actualidad es la GPON, que es el resultado de la evolución de redes PON que se manejan con ATM.

Las redes de fibra óptica pasivas utilizadas en su totalidad, incluyendo la última milla, toma impulso gracias a la reducción de la fibra óptica y el vertiginoso crecimiento de la demanda de datos en el área residencial.

Se debe tener en cuenta los componentes que en toda red PON van a existir. Como se dijo en el capítulo anterior, una red pasiva de fibra óptica no cambia en su estructura, de tal modo que su arquitectura básica no cambia.

---

<sup>3</sup> CISCO VISUAL NETWORKING INDEX. Forecast & Methodology 2010-2015

- La OAN (“*Optical Access Network*”), Red de Acceso Óptico, es el conjunto de enlaces de acceso.
- La OLT (“*Optical Line Termination*”), Terminación de Línea Óptica, brinda la interfaz de red entre la OAN y permite la conexión a una o varias ODN.
- La ODN (“*Optical Distribution Network*”), Red de Distribución Óptica, es la encargada de brindar comunicación entre la OLT y el usuario.
- El Splitter o divisor óptico pasivo, el cual se encarga de dividir la señal óptica y retransmitirla sin necesidad de alimentación.
- La ONU (“*Optical Network Unit*”), Unidad de Red Óptica es la que actúa como vínculo entre usuario y la OAN, va conectada a la ODN.

Todos estos elementos en conjunto forman una red Óptica Pasiva PON. Se puede decir que la OLT es la interface entre la red PON y el Backbone de la red, la ONU es la interfaz de servicio al usuario.

#### 2.2.1 Red APON/BPON:

Fue la primera Red óptica pasiva con estándar ITU, es el ITU-T G.983, la letra A proviene de ATM (“*Asynchronous Transfer Mode*”), la transmisión de datos se da en el canal de bajada por ráfagas de celdas ATM de 53 Bytes con 3 Bytes para identificación del equipo generador

de la señal ONU. Estas ráfagas se envían en tasas de transferencia que pueden estar en los 155.52 Mbps, los cuales se reparten entre el número de usuarios conectados al nodo. La principal desventaja reside en la incapacidad de manejar video, pues no tiene asignada una longitud de onda asignada para esto. Como evolución de esta Tecnología, en el 2002 se definió la BPON, esta red puede brindar distribución de video, Ethernet, VPL y multiplexación por longitud de onda (WDM) con lo que se logra un mayor ancho de banda, posee una arquitectura que puede ser simétrica o asimétrica con tasas que van de los 622Mbps (en el caso de la simétrica) y 155/622Mbps en el caso de una arquitectura asimétrica.

### 2.2.2 Red EPON.

Fue desarrollado por un grupo de estudio de la IEEE y aprobado en el documento IEEE 802.3ah, se basa en el transporte de tráfico Ethernet en lugar de celdas en ATM. Utiliza el mecanismo MPCP (*"Multi Point Control Protocol"*) el mismo que usa recursos como estados de máquina, temporizadores y mensajes para controlar el acceso a la topología punto-multipunto, las velocidades de transmisión que puede manejar esta arquitectura son 1.25/1.25 Gbps y 2.5/2.5Gbps.

Esta tecnología surgió como una alternativa para los proveedores de equipos, pues permitió brindar mejores costos y mayores anchos de banda, su desventaja se encuentra en el manejo de nuevos servicios, que se limita al usuario y no al operador.

### 2.3 Tecnologías GPON

Es una de las más recientes evoluciones en las redes PON, establecida en 2004 tiene las recomendaciones de la ITU-T G.984.X

La recomendación ITU, señala a una red GPON como “una red de acceso óptico flexible capaz de soportar los requerimientos en ancho de banda para empresas y servicios residenciales”<sup>4</sup>.

La sección óptica de un sistema de red GPON puede ser simétrica o asimétrica, la red debe ser capaz de proveer de manera flexible una banda angosta para servicios de telefonía con la apropiada temporización para la introducción.

Una red GPON apunta a transmisiones con velocidades mayores o iguales a 1.2 Gbit/s, en sistemas GPON se identifican dos velocidades de transmisión las cuales se pueden combinar de la siguiente forma:

- 1.2 Gbit/s de subida, 2.4 Gbit/s de bajada.
- 2.4 Gbit/s de subida, 2.4 Gbit/s de bajada.

Siendo la forma asimétrica la más comúnmente usada en implementaciones reales de redes FTTH. Es importante destacar que en estos sistemas el alcance lógico que se puede tener, entre la ONU/ONT y la OLT, es de 60Km. Sin embargo, este alcance se ve reducido por las limitaciones físicas del alcance máximo actual que se definen en las longitudes de 10Km y 20Km, siendo la primera distancia la máxima cuando se utilizan tasas de 1.25Gbit/s o superiores.

Las redes FTTH deben acomodar servicios que requieren un retraso de transferencia media máximo de 1.5ms. En cuanto al radio de división para una red GPON, cuan más grande sea este radio de división más atractivo será para los operadores; sin embargo mientras más grande sea el radio de división más

---

<sup>4</sup>Referencia del ANEXO B.



grande será la división óptica lo que crearía una necesidad de más potencia para soportar el alcance físico que se podría tener en la red.

Los radios de división llegan hasta un índice de 1:64 de forma práctica en la capa física con la tecnología actual. Sin embargo en anticipación a la evolución de estas tecnologías de redes pasivas la capa TC debe considerar divisiones de 1:128.

Con respecto a estas características, la recomendación ITU-T G.984.2 da las velocidades binarias nominales de la señal digital en la sección de requisitos de la capa dependiente del medio físico para sedes GPON, esta recomendación viene dada de la siguiente forma y da como referencia que debe ser múltiplo de 8 KHz

- 1244,16 Mbit/s – 155,52 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s – 622,08 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s – 1244,16 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s – 155,52 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s – 155,62 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s – 622,08 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s – 1244,16 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s – 2488,32 Mbit/s,

Esta tabla de velocidades y los parámetros de perdidas en el trayecto óptico están definidas en la recomendación ITU-T G.982 y se repiten en la especificación ITU-T G.984.2.

Así mismo se puede utilizar una transmisión bidireccional o la técnica de multiplicación por división de longitud de onda (WDM) en una sola fibra o se puede optar por una transmisión unidireccional en dos fibras. Para esto la recomendación da que en sentido descendente el intervalo de longitudes de onda de trabajo en los sistemas de una sola fibra será 1480-1500 nm. El intervalo de

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

La máxima penalización del trayecto óptico no deberá rebasar 1 dB considerado como la degradación total debida a las reflexiones, la interferencia entre símbolos, el ruido de partición de nodo y la fluctuación de láser. En sentido ascendente se puede aceptar un aumento de penalización del trayecto óptico debido a la dispersión a velocidades binarias de 622Mbits/s o superiores, siempre que en todo aumento de penalización en el trayecto por encima de 1dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o un aumento de la sensibilidad del receptor.

El estándar ITU-T G.984.2 en su sección 8.2.8.12 define en cuadros los parámetros de la capa dependiente del medio físico y de las interfaces ópticas en sentido ascendente y descendente dando la atenuación permitida entre el OLT y la ONU; en el peor de los casos incluye no solo la atenuación de fibra sino pérdidas en los splitters, conectores, atenuadores ópticos si es que se usan y cualquier otro dispositivo pasivo más un margen de seguridad para cubrir cualquier splitter futuro o si se añadiera mas longitud de cable, cambios de atenuación por factores ambientales y posibles pérdidas por degradación en los conectores.

Clase A: 5 a 20db

Clase B: 10 a 25db

Clase C: 15 a 30db

La máxima diferencia atenuación entre ONUs debe ser de 15db.

El de potencia de lanzamiento para la comunicación con una sola fibra y 1.2Gb/s de bajada en dBm es:

Clase A: -4 a +1

Clase B: +1 a +6

Clase C: +5 a +9

En el mismo caso pero con una velocidad de bajada de 2.4 Gb/s se tiene:

Clase A: 0 a +4

Clase B: +5 a +9

Clase C: +3 a +7

Ahora en el caso que se tenga una velocidad de subida de 1.2 Gb/s:

Clase A: -3 a +2

Clase B: -2 a +3

Clase C: +2 a +7

La sensibilidad mínima del receptor/ sobrecarga mínima del receptor en dB:

A 1244 Mb/s

Clase A -25/-4

Clase B -25/-4

Clase C -26/-4

A 2488 Mb/s

Clase A -21/-1

Clase B -21/-1

Clase C -21/-1

Sensibilidad mínima de subida del receptor/sobrecargamínima del receptor a 1.2 Gb/s in dBm:

Clase A -24/-3

Clase B -28/-7

Clase C -29/-8

### 2.3.1 Tecnologías involucradas en las redes FTTH-GPON

Las redes GPON son una evolución de redes pasivas ópticas ATM, que utiliza tecnologías TDM en sentido descendente con periodos de transmisión fijos y TDMA en sentido ascendente. GPON utiliza un método de encapsulación de datos propio llamado GEM (“*GPON Encapsulation Method*”) la cual soporta cualquier tipo de servicio como Ethernet, ATM, TDM, etc. en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas síncronas de 125us. Además de esto, la tecnología GPON

emplea capacidades de OAM avanzadas (Operación, Administración y Mantenimiento), ofreciendo una potente gestión del servicio de extremo a extremo.

A consecuencia de la arquitectura en árbol que utiliza las redes GPON, se utiliza broadcasting para la señal de bajada y técnicas de seguridad de encriptación AES (*“Advanced Encryption Standard”*) para proteger de esta forma los datos que debido a la forma en la que de transporte llegan a todos los usuarios y deben estar codificadas para que la reciba solo el usuario que pide la información. Para utilizar de forma eficiente el ancho de banda con el que se puede contar en la fibra óptica en cualquier momento incluyendo los de más alto tráfico que la red pudiera tener, utiliza una técnica de Asignación Dinámica de Ancho de Banda o DBA (*“Dynamic Bandwidth Allocation”*).

#### 2.3.1.1 Asignación Dinámica de Ancho de Banda.

La Asignación dinámica de ancho de banda es una técnica por el cual el ancho de banda de tráfico es compartido según la demanda y de manera justa entre los usuarios. Es una forma de gestión del ancho de banda disponible, similar a la multiplexación estática, en donde la forma en la que comparte un enlace común se adapta al tráfico instantáneo que se tienen en los nodos conectados al enlace común.

Un algoritmo DBA puede mejorar significativamente el rendimiento de una red, mejora la flexibilidad en la respuesta de la arquitectura que se establezca para la red y permite al proveedor del servicio generar más ganancias de su red FTTH, sin aumentar el ancho de banda neto al aumentar el porcentaje de suscriptores que puede soportar el sistema, de una manera más simple, la asignación dinámica de ancho de banda, asigna el

ancho de banda que le corresponde a usuarios que no están utilizando el servicio y a aquellos que están conectados a la red, por lo que da cabida a un mayor número de usuarios potenciales con el mismo ancho de banda

#### 2.3.1.2 GPON Encapsulation Method GEM:

En las redes GPON (y en las BPON) 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 óptica PON, aunque su largo puede o no coincidir con la trama del usuario. De no coincidir la encapsulación es requerida se debe poner el paquete del usuario que podría ser más corto que la trama GPON dentro de esta o si la trama del usuario es más larga que la utilizada en GPON, se la deberá romper en fragmentos para transmitirlos parte por parte en tramas GPON sucesivas.

En la dirección de salida en un nodo, las tramas son colocadas juntas en una partición GEM, una cabecera es preparada e incluida para ser enviada a través el medio. Con esto, el método de encapsulación GPON permite transportar cualquier tipo de celda ya sea Ethernet, TDM o ATM.

En la recomendación ITU-T G.984.3, se define a este método de encapsulación como un esquema de transporte con mecanismo de tramas de longitud variable para transportar servicios sobre redes PON. El protocolo de convergencia de transmisión soporta tanto encapsulación GEM, para las tramas, como ATM, para el transporte de celdas, aunque esta última en las recomendaciones más recientes no es necesaria para ningún servicio de interés, por lo que deprecia el uso de ATM en el transporte.

En el sentido descendente la multiplexación del tráfico funcional es centralizado. La OLT multiplexa las tramas GEM hacia el medio de transmisión usando GEM Port-ID o identificación de puerto GEM (parte del protocolo de encapsulación) para identificar las tramas GEM que pertenecen a las diferentes conexiones lógicas de bajada. Cada ONU filtra y procesa las tramas que pertenecen únicamente a esta.

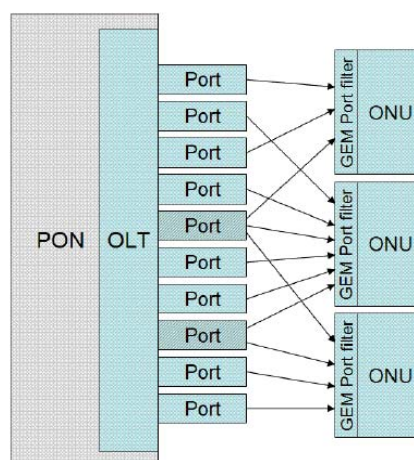


Figura [2.2] Multiplexación de bajada (Parte sombreada indica el multicas realizado por GEM).

Fuente: “ITU-T G.984.3 Capítulo 5”

En el caso del sentido ascendente se distribuye la funcionalidad de multiplexación de tráfico. La OLT asegura la transmisión de subida del tráfico que busca a las entidades dentro de las ONUs. La asignación del ancho de banda de subida de cada entidad es identificada por su asignación de IDs (“Allocs-IDs”). Las asignaciones de diferentes Alloc-IDs son multiplexadas en un tiempo especificado por el OLT en el mapa de ancho de banda transmitido en la bajada. Con cada asignación de ancho de banda,

la ONU usa el Port-ID como una llave para identificar la trama GEM que pertenece a cada conexión lógica de subida.

El identificador de puerto GEM o GEM Port-ID, es un número de 12 bits que es asignado por la OLT a cada conexión individual lógica; se debe tener en cuenta, además, que la trama GEM tiene una cabecera de 5 bytes seguida por la información de longitud variable.

#### 2.3.1.3 ATM

Es una técnica de “switchero” usada en redes de telecomunicaciones. Esta usa multiplexación por división de tiempo asíncrona y codifica los datos en pequeñas celdas de tamaño fijo, esto difiere de redes como las de internet o Ethernet LAN que usan tramas o paquetes de tamaños variables. Usa un modelo de conexión orientado, en el cual un circuito virtual debe ser establecido entre extremos donde los datos van a ser transmitidos para solo entonces comenzar con la transmisión. Este tipo de transferencia ya no está dentro de las recomendaciones de la ITU dado que se usa el método de encapsulación GEM.

#### 2.3.1.4 Wave Division Multiplexing.

Se trata de una tecnología que multiplexa varias señales ópticas portadoras en una sola fibra usando diferentes longitudes de onda (colores). WDM permite tener comunicaciones bidireccionales sobre la misma fibra y aumenta la capacidad de transporte del a fibra.

Un sistema WDM utiliza un multiplexador en el transmisor para unir señales y un demultiplexor en el extremo del receptor para



dividirlos, los sistemas WDM son utilizados en arquitecturas tanto activas como pasivas de fibra óptica.

#### 2.4 Elementos componentes de la red

La configuración típica de una Red GPON tienen elementos que se muestran en la siguiente figura se detallan a continuación

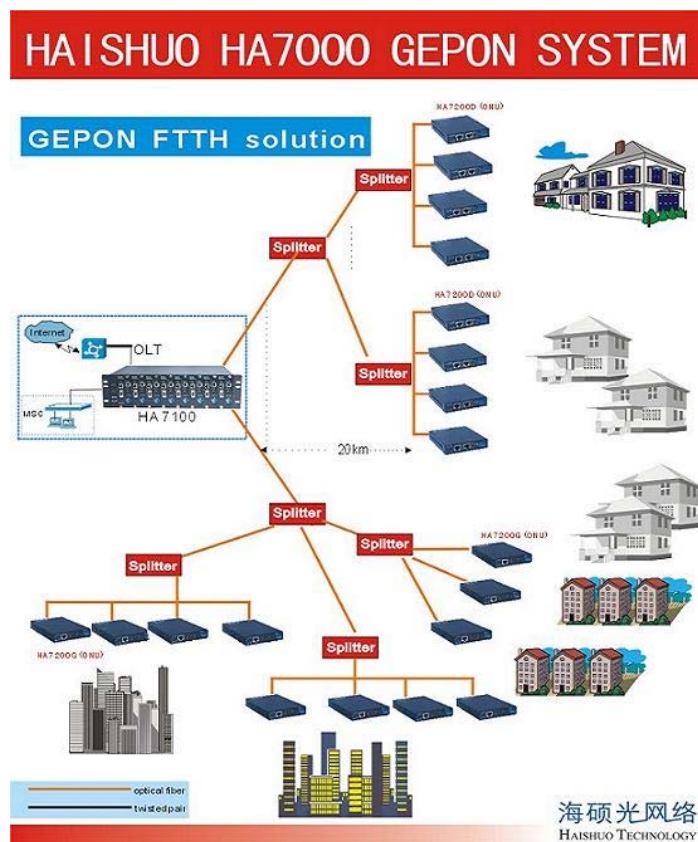


Figura [2.3] Esquema Básico de red GPON con componentes principales.

Fuente: "<http://www.haishuo.com/en/solution/support-00002.htm>"

#### 2.4.1 Fibra óptica.

Este medio dieléctrico hecho de sílica (dióxido de silicio) tiene increíbles capacidades pasabandas. Un ancho de banda de 25,000 GHz (35nm) está, en teoría, disponible y se podrían alcanzar velocidades de entre 10 y 100Gb/s por cada usuario al que le llegue una red con este material. No solo el ancho de banda que brinda este medio es importante, la baja atenuación que presenta (0.20db/km a 1.55um) y el bajo costo, que en la actualidad es inferior al cobre, el pequeño espacio físico que ocupa, el peso, la casi completa ausencia de cualquier mecanismo de envejecimiento, la inmunidad que tiene a los rayos y el hecho de que ningún medio superior ha sido desarrollado desde que la fibra de sílica fue introducido en 1965 vuelve válido al argumento de que una inversión en una red de fibra óptica será lo más permanente que vamos a tener en cuanto a medios de transporte todas estas ventajas.

Básicamente existen dos tipos de fibra óptica. La monomodo (SMF) que tiene la capacidad de propagar un solo haz de luz, su ventaja es que al transportar un solo haz se puede llegar más lejos y con una mayor cantidad de datos por ese haz de luz. La fibra multimodo (MMF), debido a un núcleo de mayor diámetro permite la circulación de varios haces de luz. Subsecuentemente existe otra forma de SMF recientemente introducida que se conoce como “*holey fiber*” o “*hole-assisted fiber*” esta fibra confina el haz de luz al guiarlos longitudinalmente aun que este tipo de fibra no es común en redes FTTH.

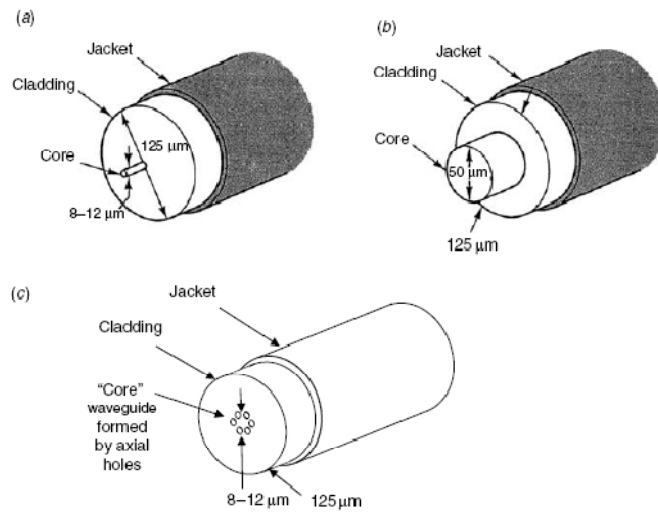


Figura [2.5]. Cortes Transversales de Fibra óptica. (a) Ejemplo de fibra Monomodo. (b) Fibra Multimodo. (c) Fibra “Holey”

Fuente: “*Fiber to the Home. The new Empowerment*”

En cuanto a este diseño, debido a las ventajas en precio que presenta la fibra monomodo y a la gran capacidad de ancho de banda que tiene esta fibra hacen que sea la fibra adecuada.

Las recomendaciones de la unión internacional de telecomunicaciones para las fibras monomodo se encuentran en la sección ITU-T G.65X de las cuales se ha extraído las partes de interés para el manejo de la fibra óptica.

ITU-T G.652: en esta sección se detalla la fibra monomodo, debe tener una longitud de onda de dispersión nula situada en los 1310nm, siendo ésta la región óptima de utilización y pudiendo utilizar la región de los 1550nm donde la fibra ya no será optimizada. Se pueden tener aplicaciones analógicas o digitales.

ITU-T G.653: esta sección da las características de la fibra con dispersión desplazada, con una longitud de onda de dispersión nula nominal cercana a los 1550nm y con un coeficiente de dispersión que aumenta monótonicamente junto con la longitud de onda. También se puede utilizar fuera de su ventana óptima en los 1310nm. Se deben efectuar arreglos si se quiere realizar una transmisión a longitudes de onda superiores que lleguen hasta los 1625nm.

ITU-T G.654 Aquí se detalla la fibra monomodo con corte desplazado cuya dispersión nula está situada en 1300nm donde su menor atenuación y la longitud de onda de corte desplazado esta en los 1550nm. Se utiliza en sistemas de transmisión de larga distancia terrestres o submarinos digitales por la baja atenuación que presentan.

ITU-T G.655 Fibra monomodo con dispersión desplazada No Nula, donde su dispersión cromática es mayor o diferente de Cero. Se utiliza la ventana 3 de 1550nm con lo cual se elimina el efecto no lineal generado por una mezcla de cuatro ondas, que puede ser perjudicial en DWDM. Se puede utilizar de forma óptima entre 1530nm y 1565nm con una tolerancia menor o igual a 1625nm.

#### 2.4.2 Amplificadores Ópticos.

Es inevitable la atenuación que sufre la señal cuando viaja por la fibra óptica entre el head-end OLT y la ONU del suscriptor, las pérdidas más significativas ocurren en los divisores de señal que se utilizan en las redes de arquitectura PON. Por ejemplo los divisores con relación 32:1 y tal como se ha discutido, los estándares y recomendaciones antes revisados imponen pérdidas no mayores a los de 15-dB; y de suceder esto se deberán utilizar amplificadores para compensar estas pérdidas. Cada acoplador o divisor tiene rangos típicos de 1.2dB para una relación de 1:4

y luego 2.0dB para una relación de 1:8. Entonces en un sistema con estos dos divisores se podría alcanzar valores superiores a los antes mencionados, por lo que sería necesario utilizar algún tipo de amplificadores ópticos.

Amplificadores económicos, convenientes y prácticos están disponibles en el mercado, los cuales tienen el principio de funcionamiento EDFA (“*Erdium-Doped Fiber Amplifier*”), aunque estos amplificadores se pueden utilizar únicamente en el rango comprendido entre los 1530nm hasta los 1560nm. Este tipo de amplificadores están formados por fibra óptica y no por otro tipo de tecnología, como espejos o lentes, que también son utilizados.

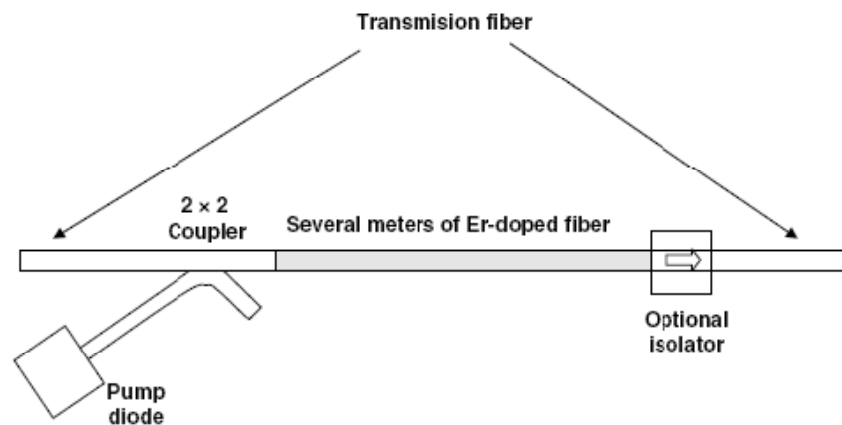


Figura [2.6] Esquema de un amplificador óptico de Erbidio (EDFA)

Fuente: “*Fiber to the Home. The new Empowerment*”

La forma en la que estos amplificadores funcionan se muestra en la figura [2.6]. La energía es incrementada debido a los átomos de erbidio que se encuentran dentro una sección de varios metros de este amplificador. Un laser denominado como de “Bombeo”, el cual se

encuentra típicamente en una longitud de onda entre los 980-1490nm, excita las impurezas de erbidium con lo cual se produce el incremento de la energía en la señal de interés.

#### 2.4.3 Divisores y acopladores:

En redes anteriores a las FTTH, donde en la última milla se utilizan sistemas como DSL, Cable, HFC y FTTC, todos tienen importantes dispositivos electrónicos que deben ser energizados entre el head end y el suscriptor. Una red FTTH, como se ha destacado, carece de estos dispositivos y el único elemento activo que se debería utilizar sería un amplificador EDFA; el cual no solo es ópticamente transparente, sino que también es “transparente de protocolos”.

En sistemas PON; en lugar de dispositivos electrónicamente activos, se utilizan divisores, los cuales en la dirección contraria se les considera como acopladores o combinadores de señal. Se debe tener en cuenta que a pesar de ser un elemento pasivo que no disipa energía eléctrica, suman una importante atenuación a la señal y por lo tanto; costos extras al tener que adicionarse EDFAs.

Otra importante consideración a tener en cuenta es el comportamiento que tiene la luz lo que convierte en un desafío el hacer estos componentes más densos y pequeños. Una fibra óptica estándar, o guía de onda de unos 1300 o 1550nm, no debe tener un radio de curvatura menor a 2 o 3 cm, de lo contrario la radiación en el núcleo se verá combinada con otros modos y se perderá la señal. Mientras mayor sea la longitud de onda mayor será el problema que surge en este sentido y que se debe tener en cuenta en este tipo de elementos pasivos.

Existen en la actualidad dos tipos de divisores, los FBT (“*fused biconical taper*”) y los PLCs (“*planar lighthwave components*”). Los dispositivos

FBT se fabrican enrollando varias fibras entre sí, y luego mientras se calientan las fibras y se las funden unas con otras, se comprimen de forma que todas las fibras quedan muy juntas y con un extremo en común. Por otro lado los componentes PLC son fabricados mediante líneas de sílice litográficas sobre un sustrato metálico de silicón, en ambos casos la operación es la misma.

Típicamente los dispositivos FBT tienen relaciones 1:2, 1:3, 1:4; tienen pérdidas de inserción de 0.3dB, una pérdida de retorno de más de 55dB y un rechazo en cada canal de la señal proveniente de otros canales que va desde los 3.6dB hasta los 20dB. Los PLCs disponibles se encuentran en relaciones de hasta 1:32, pero requieren acoplamiento entre la fibra y el PLC tanto en la entrada como en la salida del dispositivo; a continuación se incluye una tabla de la atenuación que se inserta a la red.

*Pérdidas de Inserción Splitters*

<b>Relación de Split</b>	<b>Pérdida de inserción (dB)</b>
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14
1:32	17,5

Tabla [2.1] Relaciones de pérdida por inserción vs relación de división de la luz en los splitters.

*Fuente:*

*[http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_179\\_CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf)*

#### 2.4.4 Conectores y Uniones:

Muchas formas de conectores de fibras ópticas de un solo hilo han sido desarrolladas en los últimos años mejorando cada vez el costo, la atenuación, la reducción en la pérdida de retorno y los efectos de la supresión de polarización. El conector típico utilizado es el denominado FC el cual se ilustra en la figura [2.6]. Está se encuentra asegurada con un epóxico adhesivo en la férula por el cual ha sido alineado un agujero cuyo diámetro es ligeramente mayor que el diámetro de la fibra (típicamente 125um). Debido a que la unión de las dos partes del conector nunca están libres de reflexión, cada mitad del conector tiene una desviación no perpendicular del eje de 8 grados, con lo cual la unión del conector tendrá una desviación del eje total de 16 grados, la cual es lo suficientemente grande para que las reflexiones internas de la fibra no se produzcan en las longitudes de onda utilizadas en las redes FTTH, con lo que la luz reflectada se pierde en el conector.



Figura [2.6] Descripción de un conector de fibra óptica

Fuente: “*Fiber to the Home. The new Empowerment*”



Los conectores de fibra óptica tienen varios problemas que hacen que la opción de fusionar la fibra sea la más adecuada, cuando sea posible utilizar ésta. No solo que los costos de los conectores es mucho mayor, sino que las pérdidas son mayores y no se pueden instalar fácilmente para manejar cintas de fibra en el mismo estilo de un conector eléctrico multiconductor.

Típicamente, los conectores FC pueden tener una pérdida de 0.2dB y con una pérdida de retorno de 50 o 60dB, dependiendo de la configuración que se utilice. Se debe tener muy en cuenta que los conectores que estén cerca de una fuente de alta potencia, como un EDFA, están sujetos a daños severos con lo que la conexión se perdería.

Existen dos clases de uniones para la fibra óptica, la unión mecánica y la fusión de la misma. La unión mecánica viene en varias configuraciones geométricas que tienen como fin el unir con la mayor precisión a los ejes de la fibra; confinándola dentro de la unión con adhesivo epoxico. Existe una opción de conector que contiene un gel, el cual brinda la posibilidad de desmontar la unión. La unión de la fibra mediante fusión, por otra parte, son permanentes y se las hace con dispositivos especiales que funden el sílice del que la fibra está hecha; haciendo una suelda con una pérdida muy baja de entre 0.02 y 0.04dB frente a los 0.4 o 0.8dB que se tiene con el uso de uniones mecánicas, las cuales; sí se pueden tener en una cinta multifibra a diferencia de los conectores.

## 2.5 Diseño de la Red

### 2.5.1 Dimensionamiento de la Red.

La configuración de una red FTTH, como se ha visto; tiene un alcance físico máximo de 20km de distancia, se prevé que en el futuro este límite pueda ser extendido con el desarrollo de nuevos componentes ópticos, sin embargo; como se verá a continuación, éste análisis no será necesario puesto que las distancias sobre las cuales va a estar tendida nuestra red no son ni cercanas al máximo de 20km previsto para estas redes.

Para el dimensionamiento de la red se deberán tener en cuenta las siguientes premisas.

- El estudio tiene como finalidad el diseñar la red física FTTH para el enlace de fibra óptica entre la OLT GPON y los equipos del usuario ONT. Se considera que el prestador del servicio CNT EP brindará la gestión de los mismos, que llegaran hasta la unidad OLT.
- La red de fibra óptica será en su totalidad de tipo aéreo luego de poner en consideración a los dueños de la urbanización donde se emplazara esta red, los cuales han considerado pertinente esta opción, debido a que todos los tendidos subterráneos ya instalados en la obra (Agua potable, alcantarillado, sumideros, domiciliarias) están dispuestos de forma tal que dificultaría una eventual implementación real de esta red, además de que se tendría que romper las veredas con este fin.

- Se realizara una sectorización de la urbanización, considerando la capacidad por tarjeta GPON de la OLT, los splitters utilizados y la distribución de los lotes, se deberán tener puertos libres para una posible expansión de la demanda de puertos, sin embargo; al considerar un puerto por lote, el crecimiento en la demanda que se podría tener en el sector será muy reducido.
- Se tomará la postería ya planificada para el tendido eléctrico para la colocación de splitters, mufas, la colocación de la fibra óptica y cualquier otro dispositivo que se requiera.

#### 2.5.1.1 Sectorización y distribución de la Red FTTH

La sectorización se realiza teniendo en cuenta la disponibilidad de 32 suscriptores por cada salida de fibra óptica contemplada en el sistema a utilizar, distribuyéndolos en grupos de lotes adyacentes o cercanos entre sí. La unidad de terminación óptica OLT, se plantea ubicarla en la Comunidad educativa fiscal Leónidas García, donde se ubica el NODO conectado al backbone, propiedad de la empresa prestadora de los servicios CNT EP. De este se bifurcan  $N$  ramales principales, que dependerán del número de sectores a definirse en los planos de la lotización. Cada ramal principal tendrá un splitter con relación 1:4, y otro ramal secundario con una relación de división de 1:8, por cada splitter; se pretende dejar 2 conexiones de reserva de cada splitter secundario.

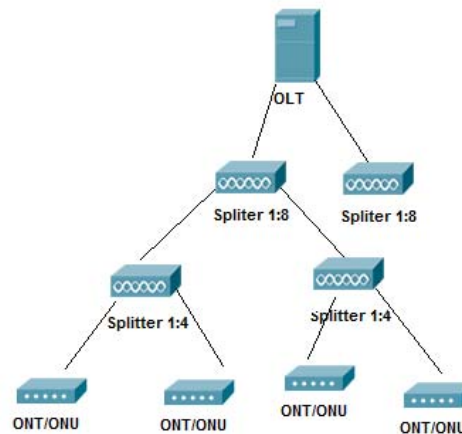


Figura [2.7] Configuración de Red en Árbol.

Fuente: Personal.

La figura [2.7] representa la configuración de red en árbol que se pretende realizar con los splitters, de la relación antes mencionada como splitters primarios teniendo en cuenta que; en principio se tiene planificada la ramificación secundaria dado que las distancias no sobrepasan las recomendaciones ITU, no se tendría ningún inconveniente, y se agruparían a los usuarios en cada splitter de 8 líneas, teniéndolos convenientemente cerca uno del otro, al tener menos splitters la atenuación en la señal baja y quedando entonces 6 usuarios y 2 puertos de reserva.

Al tener presupuestado el número total de domicilios dentro de la distribución del presente estudio, se considera que el tendido se realizará con una fibra monomodo de un hilo, dado que no se prevé un crecimiento que amerite tener fibras de reserva en el tendido y que con los puertos disponibles que quedaran en los splitters. La OLT utilizada en el Head-End tiene cabida para 22

tarjetas PON; dando un total de 704 suscriptores si se utilizan tarjetas para 32 usuarios cada una, sin embargo; se planea utilizar en el primer ramal un splitter principal con una relación de 1:4 y en el ramal secundario y final un splitter con relación de 1:8, dejando, como ya se ha mencionado; 2 puertos de reserva con lo que se tendrá un total de 24 usuarios por puerto GPON de la unidad OLT. Con ésta consideración se necesitaran 6 tarjetas GPON en el Headend, quedando 54 líneas ópticas de reserva y un 39.19% de los puertos iniciales instalados en el área.

#### 2.5.1.2 Delimitación y Discriminación de componentes de cada Sector.

Se han establecido 6 sectores principales para los que se han destinado un hilo de fibra a cada uno. De aquí se derivan 4 subsectores los cuales van a servir a seis usuarios en cada subsector.

##### 2.5.1.2.1 Sector 1:

Comprende el ramal principal 1 (definido en la planimetría con el tendido de color azul) ubicado en las calles D, C y 1, sus límites están en la calle 1 al norte, la calle Eloy Alfaro por el sur, la calle C al este y el lindero de la urbanización con la propiedad del Sr Octavio Idrovo al oeste.

Los tramos secundarios que salen del splitter ubicado en la intersección de las Calles D con la calle 1. Tiene 24 acometidas, de las cuales una tiene un splitter con una relación 1:4 y 4 splitters adicionales con relación 1:8.

#### 2.5.1.2.1.1 Discriminación de equipos por sector:

Éste es el sector más cercano a la OLT, por la topología de la urbanización, la forma en la que han dispuesto los elementos en los otros sectores es de forma similar, se tendrán dos splitters hasta llegar al usuario, como se verá en los cálculos respectivos de atenuación.

#### 2.5.1.2.2 Sector 2:

Comprende el Ramal principal 2 (definido en la planimetría con el tendido de color Rojo) ubicado en las calles A, 1 y 2, sus límites están al norte en la calle 2, la calle Eloy Alfaro por el sur, la propiedad del Sr Germán Arcos al este y la calle B al oeste.

Los tramos secundarios que salen del splitter ubicado en la intersección de las Calles A con la calle 1. Tiene 24 acometidas en total con todos sus ramales secundarios, de las cuales una tiene un splitter con una relación 1:4 y 4 splitters adicionales con relación 1:8.

#### 2.5.1.2.3 Sector 3:

Comprende el Ramal principal 3 (definido en la planimetría con el tendido de color Verde) ubicado en las calles A y 7, sus límites están al norte en la Quebrada del Abacay, la calle 2 al sur, la propiedad del Sr Germán Arcos al este y la calle B al oeste.

Los tramos secundarios que salen del splitter ubicado en la intersección de las Calles A con la calle 1. Tiene 24 acometidas en total con todos sus ramales secundarios, de

las cuales una tiene un splitter con una relación 1:4 y 4 splitters adicionales con relación 1:8.

#### 2.5.1.2.4 Sector 4:

Comprende el Ramal principal 4 (definido en la planimetría con el tendido de color Amarillo) ubicado en las calles D, 2, 3 y B, sus límites están al norte en la calle 3, la calle 2 al sur, la calle B al este y la Propiedad del Sr Octavio Idrovo al oeste.

Los tramos secundarios que salen del splitter ubicado en la intersección de las Calles A con la calle 1. Tiene 24 acometidas en total con todos sus ramales secundarios, de las cuales una tiene un splitter con una relación 1:4 y 4 splitters adicionales con relación 1:8.

#### 2.5.1.2.5 Sector 5:

Comprende el Ramal principal 5 (definido en la planimetría con el tendido de color Verde Claro) ubicado en las calles D y 4, sus límites están al norte en la calle 4, la Quebrada del Abacay al sur, la propiedad del Sr Ángel Mejía al este y la propiedad del Sr Germán Arcos al oeste.

Los tramos secundarios que salen del splitter ubicado en la intersección de las Calles A con la calle 1. Tiene 24 acometidas en total con todos sus ramales secundarios, de las cuales una tiene un splitter con una relación 1:4 y 4 splitters adicionales con relación 1:8.

#### 2.5.1.2.6 Sector 6:

Comprende el Ramal principal 6 (definido en la planimetría con el tendido de color Morado) ubicado en las calles D y 5, sus límites están al norte en la calle 5, en el parque infantil y la propiedad del Sr Manuel Remache al sur, la propiedad del Sr Ángel Mejía al este y la propiedad del Sr Germán Arcos al oeste.

Los tramos secundarios que salen del splitter ubicado en la intersección de las Calles A con la calle 1. Tiene 24 acometidas en total con todos sus ramales secundarios, de las cuales una tiene un splitter con una relación 1:4 y 4 splitters adicionales con relación 1:8.

#### 2.5.2 Cálculos Pertinentes al Estudio específico

Se debe considerar en el presente estudio que se ha estimado la instalación de un puerto por cada lote en la urbanización donde se va a implantar la red, se han dejado 2 puertos libres en cada splitter de relación 1:8 utilizado en cada ramal secundario, así mismo; se está considerando una tarjeta GPON de 32 usuarios cada una; hay que tener en cuenta que se podrían utilizar tarjetas de 64 usuarios, sin embargo; el OLT va a ser el mismo y se considera la opción menor para un posible uso de todas las capacidades de la OLT en el sector a futuro.



### 2.5.2.1 Dimensionamiento de Equipos:

Con éstas consideraciones dentro del análisis se tienen las siguientes cantidades de splitters por nodo.

Ramal 1		
Relación	Cantidad de splitters	ONTs por sub-ramal
1:4	1	
1:8	4	6
		24

Total ONTs

Ramal 2		
Relación	Cantidad de splitters	ONTs por sub-ramal
1:4	1	
1:8	4	6
		24

Total ONTs

Ramal 3		
Relación	Cantidad de splitters	Min/Max de ONTs por sub-ramal
1:4	1	
1:8	4	5/6
		23

Total ONTs

Ramal 4		
Relación	Cantidad de splitters	Min/Max de ONTs por sub-ramal
1:4	1	
1:8	4	5
		22

Total ONTs

Ramal 5		
Relación	Cantidad de splitters	Min/Max de ONTs por sub-ramal
1:4	1	
1:8	4	5/6
		22

Total ONTs

Ramal 6		
Relación	Cantidad de splitters	Min/Max de ONTs por sub-ramal
1:4	1	
1:8	4	5/6
		23

Total ONTs

### 2.5.2.2 Cálculos para el enlace.

Una vez que se tiene el número de conectores y splitters que van a aportar atenuación, se describen algunos puntos importantes dentro de los cálculos de la red.

#### 2.5.2.2.1 Ventanas de transmisión para la fibra óptica.

La información de desplaza a través de la fibra óptica en forma de un haz de luz con una longitud de onda específica, dependiendo de si el tipo de fibra es monomodo o multimodo, del tipo de equipo óptico que se tenga para la transmisión de la señal, éstas se encontraran dentro de una determinada ventana, la cual se utiliza para describir la propiedad de cada segmento de luz dentro del espectro lumínico donde ésta se encuentre, de ésta característica también va a depender la perdida de luz en el trayecto, por lo cual se debe definir las ventanas en las cuales la fibra óptica puede trabajar y la ventana en la cual los equipos que se utilizan en redes GPON trabajan.

Ventana	Rango de Longitud de onda	<b>L</b>
Primera	800nm-900nm	850nm
Segunda	1250nm-1350nm	1310nm
Tercera	1500nm-1600nm	1550nm

Tabla [2.2] Longitud de onda correspondiente a cada ventana. Fuente: Personal

Los equipos que se van a utilizar trabajarán en la segunda ventana, la tercera ventana también se utiliza pero no en este caso, ya que se la destina para la transmisión de TV analógica.

#### 2.5.2.2.2 Atenuación

Se define a atenuación de una señal como la pérdida de potencia de ésta al desplazarse por un medio de transmisión, en este caso la fibra óptica.

Esta pérdida de la potencia no se expresa como una unidad lineal, sino de manera logarítmica como Decibelios [dB] y Decibelios por Kilometro [dB/km]; dentro de las consideraciones que se tiene al momento de calcular la atenuación de la fibra óptica, están los intrínsecos como la composición del sílice de la fibra óptica que se está manejando, las impurezas que contiene y demás aspectos del tipo de fibra específica que se utilizara. Las extrínsecas por otra parte consideran aspectos externos a la fibra en sí, como empalmes, conectores, splitters y demás elementos que estén entre el tendido de la fibra óptica y no constituyan un elemento regenerador de la señal, además de curvaturas exageradas de la fibra y variaciones de temperatura.

#### 2.5.2.2.1 Coeficiente de atenuación.

Las normas ITU definen claramente que se debe especificar un valor máximo para la atenuación que tendrá para una o más longitudes, sin que estas rebasen el límite recomendado por esta misma organización. A continuación se presenta el cálculo donde se toma en consideración los puntos previamente citados en el presente capítulo, considerando las recomendaciones ITU y las atenuaciones de los diferentes elementos de la red.

#### 2.5.2.2.2 Atenuación en un enlace de Fibra óptica de tipo monomodo

Tomando como base la recomendación ITU-T G.652 para un enlace de fibra óptica, en el caso de tratarse de fibra óptica de tipo monomodo, la ecuación para el cálculo de la atenuación se deberá expresar de la siguiente manera:

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad [2.1]$$

Donde

$\alpha$  Es el Coeficiente de atenuación típico de la fibra óptica.

$\alpha_s$  Atenuación media por empalme.

$\alpha_c$  Atenuación media de conectores de línea

$x$  Número de empalmes por enlace

y Número de conectores de línea de un enlace (en caso de q existieran).

*L* Longitud del enlace.

En esta ecuación no se consideran varios parámetros que dan lugar a atenuaciones de agentes externos a la fibra, como son empalmes suplementarios, envejecimiento entre otras pérdidas, además de las generadas por equipos al momento de intervenir en la red. Las pérdidas debido a la absorción de los rayos ultravioletas e infrarrojos se despreciaran para casos en los que la longitud de onda sea mayor a 100nm como es el caso de estudio.

#### 2.5.2.3 Mejor y peor Caso del enlace.

En las redes de fibra óptica, la determinación de la atenuación no es dependiente del ancho de banda que pudiera manejar dicha red. Como se ha visto es proporcional a la distancia que se tenga y al número de elementos pasivos incluidos dentro del tendido de fibra.

##### 2.5.2.3.1 Mejor caso del enlace

Tomando en cuenta la distribución que va a tener el tendido de fibra en la urbanización donde se propone implantarla, se tiene el esquema del mejor caso de la conexión de fibra óptica.

Sobre el esquema definido como el del mejor caso dentro de esta distribución específica, están los elementos necesarios para llegar desde el abonado hasta las ONT más próximas.

Se debe tener en cuenta datos adicionales que se adicionarán a la atenuación en la fibra dependiendo de cada caso de estudio, variando en volúmenes y características:

Atenuación de Splitters.

Atenuación de conectores y empalmes

Atenuación debido al Ambiente e instalación.

Utilizando la Ecuación [2.1] se inicia con los cálculos para determinar la atenuación del mejor caso del tendido.

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad [2.1]$$

$$\alpha_{1310nm} = 0.4dB/Km$$

$$\alpha_s = 0.1dB$$

$$\alpha_c = 0.1dB$$

$$x = 0$$

$$y = 1$$

$$L = 0.432 \text{ Km}$$

$$A(dB) = 0.4 * 0.432 + 0.1 * 0 + 0.1 * 1$$

$$A(dB) = 0.2728 \text{ [2.2]}$$

Además de esta atenuación en la fibra óptica, empalmes y conectores mecánicos, se deben sumar las atenuaciones ocasionadas por los splitters de cada tipo que se ponen en el trayecto, considerando que cada splitter de relación 1:8 tiene una atenuación de 11 dB y el de relación 1:4 una de 7,2 dB; también se debe incluir el margen de seguridad por factores externos o los antes citados factores extrínsecos de 1dB, se tendrá la siguiente ecuación:

$$A_T(dB) = A + A_{s4} + A_{s8} + A_E \text{ [2.3]}$$

En donde:

*A = Atenuacion de la Fibra*

*A<sub>s4</sub> = Atenuacion presentada en el splitter 1:4*

*A<sub>s8</sub> = Atenuacion presentada en el splitter 1:8*

*A<sub>E</sub> = Atenuacion por agentes Externos*

Por lo tanto:

$$A_T(dB) = 0.2728 + 7,2 + 11 + 1$$

$$A_T(dB) = 19.4728 \text{ [2.4]}$$



### 2.5.2.3.1 Peor caso del enlace

Este escenario se tiene en el subramal ubicado en la calle 7 teniendo en cuenta que es la más lejana de la OLT, se encuentra a 744 metros, los conectores utilizados, splitters y demás elementos sin embargo son los mismos.

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad [2.5]$$

$$\alpha_{1310nm} = 0.4dB/Km$$

$$\alpha_s = 0.1dB$$

$$\alpha_c = 0.1dB$$

$$x = 0$$

$$y = 1$$

$$L = 0.744$$

$$A(dB) = 0.4 * 0.744 + 0.1 * 0 + 0.1 * 1$$

$$A(dB) = 0.3976 \quad [2.6]$$

Como Atenuación en el peor caso se tiene una variación sólo en la Atenuación de la fibra óptica y el resto de atenuaciones permanecen iguales.

$$A_T(dB) = A + A_{s4} + A_{s8} + A_E \quad [2.7]$$

$$A_T(dB) = 0.3976 + 7,2 + 11 + 1$$

$$A_T(dB) = 19.5976 [2.8]$$

Una vez realizados los cálculos de los rangos de atenuación que se tendrá en el sistema, se utiliza la sensibilidad de las OLT que se van a utilizar para determinar si la atenuación producida en la línea sobrepasa la sensibilidad del equipo. De aquí y utilizando la potencia de transmisión del equipo se tiene la siguiente fórmula:

$$\beta - A_T = A_R [2.9]$$

Donde:

$\beta$  Es la sensibilidad de la OLT

$A_T$  Atenuacion total del enlace

$A_R$  Atenuacion de retorno

Por lo tanto:

$$28dBm - 19.5976dBm = 8.4024dbm [2.9]$$

En el peor caso de la red planteada se tiene una atenuación de retorno de 8.40 dBm como muestra la ecuación [2.9], con lo que se puede ver que no existe ningún problema en cuanto a la atenuación del sistema y los equipos que se pretenden utilizar, lo cual era de esperar pues se están utilizando

únicamente dos splitters desde la OLT hasta llegar al abonado, y la distancia en el peor caso de la red es considerablemente menor a los 20Km recomendados por la ITU.

### 2.5.3 Calculo de ancho de Banda.

#### 2.5.3.1 Ancho de banda para IPTV

*“Internet Protocol Television”* es un sistema a través del cual se entrega el servicio de televisión aplicando las redes y métodos utilizados en Internet, específicamente con protocolos de comunicación de internet sobre una infraestructura de red de paquetes conmutados. Se utiliza una conexión de banda ancha de internet en lugar del método tradicional de envío de televisión. Este servicio requiere usualmente un ancho de banda de entre 1.5 y 6MB, pues se trata de la entrega de video en tiempo real, y en el caso de este estudio de video de alta definición, lo que requerirá de un ancho de banda aun mayor.

El estándar de compresión de video MPEG-4 es el más reciente y que más fuerza ha cobrado para la transmisión de video de manera eficiente, manteniendo la calidad deseada sobre el protocolo de internet.

Tipo de Video	Resolución, Tasa de cuadros	Tasas de datos Requeridos
Contenido Móvil (3g)	176X144, 10-24 fps	50-160 Kbps
Internet/Definición Estándar	640X480, 24fps	1-2 Mbps
Alta Definición (HD)	1280X720, 24fps	5-6 Mbps
Full Alta Definición (full HD)	1920X1080, 24fps	7-8 Mbps

Tabla [2.3] Niveles de calidad de imagen con tasa de datos requerida.

*Fuente: “Análisis de alternativas de arquitecturas de transporte para IPTV. De VILLARREAL ALVAREZ ANDRES DAVID”*

Los anchos de banda necesarios para proporcionar el servicio de IPTV son diversos, a pesar de poder ofrecer un Broadcast de televisión digital, inclusive si es de alta definición, se realizará el cálculo de ancho de banda para el número total de canales que se tendrán disponibles en la red y en la modalidad de video bajo demanda; el video será enviado a cada abonado según el canal que ponga en ese momento.

Se puede establecer tres tipos de calidad en el video que se planea enviar, el video Estándar, el HD y el full HD, descartando el formato 3G reservado para dispositivos móviles y de mucha menor calidad; dada la oferta actual del mercado se realizaran paquetes de oferta de canales en modo estándar de video junto con canales en HD, cada día

más ofertados por los operadores de cable. Se consideraran 40 canales de formato estándar y 10 canales HD. Para los canales estándar se requiere 2 Mbps y para los HD un ancho de banda de 6 Mbps por cada canal, de forma que el ancho de banda total para IPTV será:

$$IPTVBW = (2Mbps * 40) + (6Mbps * 10) [2.10]$$

$$IPTVBW = 140Mps[2.11]$$

De forma general se tendrán los 50 canales disponibles en la red, sin embargo; cada usuario tendrá acceso a los canales dependiendo del paquete que escoja, los cuales se plantearan en el siguiente capítulo concerniente al análisis Económico; se debe hacer énfasis en que cada abonado accederá a un canal a la vez, por lo que aquí se diferencia el ancho de banda total requerido para todos los canales que se distribuirán y el ancho de banda que consumirá el abonado a la vez, por lo que será de 6Mbps por cada terminal de TV que este tenga.

#### 2.5.3.2 Ancho de banda para VoIP

Se utilizara un códec G.711. La elección de la duración del paquete o lo que es lo mismo la frecuencia de los paquetes, es un compromiso entre ancho de banda y calidad. Una baja duración requiere de más ancho de banda, pero si la duración se incrementa, el retardo del sistema aumenta y es más susceptible a la pérdida de paquetes. El valor típico de este parámetro es de veinte milisegundos.

Datos:

Códec G.711

$T_t=0.125ms$

Duración Paquete= 20ms.

$Cr=1$

Cálculo de tasa de paquetes (Pr):

$$Pr = \frac{1}{\text{duracion\_paquete}} = \frac{1}{20ms} = 50 \text{ pps} \quad [2.12]$$

Cálculo de la longitud de la trama:

$$L_t(\text{bytes}) = \frac{T_t * 8000 \frac{\text{bytes}}{\text{seg}}}{Cr} = \frac{0.125ms * 8000}{1} = 1 \text{ byte} \quad [2.13]$$

Cálculo de tramas/paquete(N):

$$N = \frac{\text{duracion\_paquete}}{\text{duracion\_trama}} = \frac{20ms}{0.125ms} = 160 \quad [2.14]$$

Cálculo del encabezado (H):

H=Encabezado (IP+UDP+RTP)+Encabezado (Ethernet)

$$H=20+8+12+38=78 \text{ bytes} \quad [2.15]$$

Cálculo de la longitud del paquete (Pl):

$$Pl = H + Lt * N + 78 + (1 * 160) = 238 \text{ bytes.} [2.15]$$

Cálculo del ancho de banda por usuario:

$$BW (bps) = Pl * Pr * 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}} + 238 * 50 * 8 = 95.2 \text{ Kbps} [2.16]$$

Este es el ancho de banda para un usuario en un solo sentido, el ancho de banda total es dos veces el ancho de banda por usuario.

$$BWT = 2 * BW = 2 * 95.2 \text{ Kbps} = 190.4 \text{ Kbps.} [2.17]$$

Consideramos supresión de silencio y obtenemos:

$$BWT = 50\% (BW) = 95.2 \text{ Kbps.} [2.18]$$

Análisis de tráfico por usuario de VoIP:

El tráfico se puede sacar directamente en base al ancho de banda por usuario, un programa que sirve para este propósito específico se puede encontrar en el internet y nos da como resultado **150mE por usuario.**

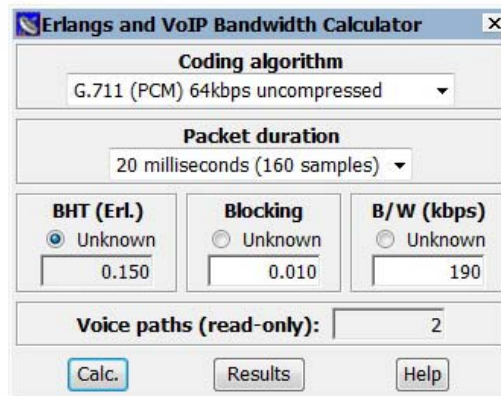


Figura [2.8] Calcula de Erlangs para VoIP.

Fuente:” <http://www.erlang.com/calculator/eipb/>”

En esta calculadora de tráfico debemos seleccionar el tipo de códec que estamos usando, el ancho de banda total sin considerar supresión de silencio y cuál es la probabilidad de bloqueo del sistema, que en caso de nuestro medio no debe ser mayor al 1%.

Calculo del tráfico Total:

Se obtiene multiplicando el tráfico por usuario con el número de usuarios, en nuestro caso **138**.

$$E_t = 0.150 * 138 = 20.7E \quad [2.19]$$

Cálculo de número de circuitos totales:

**30 circuitos**

El resultado es obtenido de una calculadora que se encuentra en el internet.



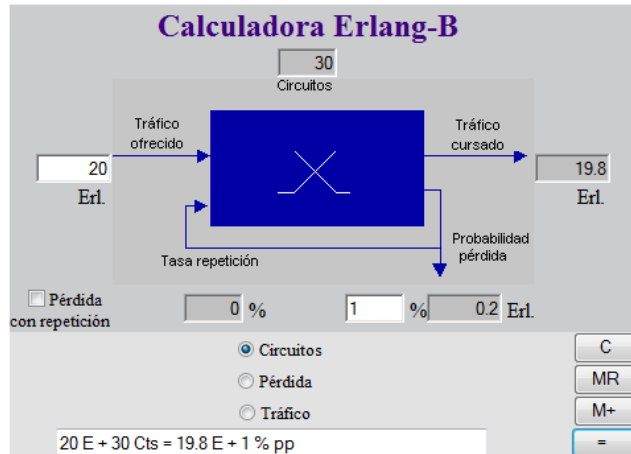


Figura [2.9] Calculadora de Circuitos para Erlang B.

Fuente:

“<http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/cerlangb.htm>”

Cálculo de ancho de banda Total:

A partir del numero de circuitos totales es:  $95.2 \cdot 30 = 2856$  Kbps

***BWT= 2.856 Mbps [2.20]***

La calidad de voz se mide mediante el parámetro denominado MOs, se obtiene de una prueba denominada ACR (“*absolute Category Rating*”), en la cual se realizan pruebas de audición a un grupo heterogéneo, con grabaciones diferentes, las que se califican con una puntuación en el rango de 1 a 5 y luego se obtiene la elección del códec, siendo necesario evaluar, para cada caso, el ancho de banda requerido, el retardo y la calidad.

#### 2.5.3.4 Ancho de banda para Internet

Se ha planteado para el cálculo del ancho de banda de internet tener varios paquetes para los usuarios, una oferta básica de 700Kbps de bajada y 350Kbps de subida, un plan intermedio de 1.5 Mbps de bajada y 700kbps de subida, y uno de 3Mbps de bajada y 1.5Mbps de subida, considerando que el mayor ancho de banda en la actualidad se dedica para el video, el cual ha sido considerado dentro del paquete de IPTV, y se podrían ofrecer dentro de este paquete el de Internet TV, el cual actualmente es ofertado en los mercados internacionales por empresas como Google, Apple o Sony; nuevas tendencias antes citadas como el archivo de datos en la nube será considerado dentro del paquete de datos de 3Mbps ofrecido, y se entiende que en la actualidad la tasa de transferencia ofrecida será suficiente. De esta forma se ha definido que el paquete intermedio de 1.5 Mbps de internet será demandado por el 50% de los usuarios, y el 50% restante se dividirá de manera equitativa entre los otros dos servicios.

$$3\text{Mbps} * 34 = 102\text{Mbps}$$

$$1.5\text{Mbps} * 69\text{usrs} = 103.5 \text{ Mbps}$$

$$700\text{Kbps} * 36 = 25.2\text{Mbps}$$

Se considera una tasa de reutilización de ancho de banda de 8 a 1, con lo que se tendrán los siguientes resultados:

Servicio Básico:  $25.2/8= 3.15\text{Mbps}$ .

Medio:  $103.5/8= 12.93\text{Mbps}$ .

Máximo:  $102/8= 12.75\text{Mbps}$ .

Ancho de banda total para internet:

$\text{IntBWb}=3.15+12.93+12.75= 28.83\text{Mbps}$  de Bajada de datos hacia el usuario. [2.20]

Para los datos de subida se tienen los siguientes cálculos:

$1.5\text{Mbps} \times 34 = 51\text{Mbps}$

$700\text{Kbps} \times 69\text{usrs} = 48.3\text{Mbps}$

$350\text{Kbps} \times 36 = 12.6\text{Mbps}$

Considerando la misma tasa de reutilización de 1 a 8:

Servicio Básico:  $12.6/8=1.575\text{Mbps}$ .

Medio:  $48.3/8= 6.037\text{Mbps}$ .

Máximo:  $51/8= 6.375\text{Mbps}$ .

Ancho de banda total para internet:

$\text{IntBW}_s = 1.575+6.037+6.375 = 13.987\text{Mbps}$  de Subida de datos hacia la oficina central. [2.21]

El ancho de banda total es:

$$\text{IntBW}=\text{IntBWb}+\text{IntBws. [2.22]}$$

$$\text{IntBW}=28.83+13.987$$

$$\textbf{IntBW =42.817Mbps [2.23]}$$

Se debe tener en cuenta que la red propuesta será la única que ofrecerá estos servicios en el sector si es que se excluyen a los servicios inalámbricos, que desde el punto de vista de éste documento; no tendrá competencia con las capacidades del sistema actual en lo concerniente a precios y capacidad para brindar los servicios citados.

Por lo tanto:

Ancho de Banda TV:

$$\text{IPTVBW}=140\text{Mbps}$$

Ancho de Banda Voz:

$$\text{VoIPBW}= 2.856\text{Mbps}$$

Ancho de Banda internet:

$$\text{IntBW}=42.817\text{Mbps}$$

Para el ancho de banda total necesario para la prestación de los servicios planteados se tiene:

$$TBW= IPTVBW+VoIPBW+IntBW [2.24]$$

$$TBW=140Mbps+2.856Mbps+42.817Mbps$$

$$TBW=185.673Mbps [2.25]$$

Se tiene este ancho de banda máximo en una red con la capacidad de transportar 1.2Gbps holgadamente, por lo que se tiene, con la arquitectura actual, un amplio rango de crecimiento capaz de satisfacer un crecimiento tanto en número de abonados y terminales, como en la demanda de servicios de cada uno de estos y que, como se ha dicho, tiene una clara tendencia a aumentar motivo por el cual se ha planteado esta red.

#### 2.5.3.5 Capacidad de transporte de Ancho de Banda

La capacidad de transporte del sistema planteado se basa en que se tiene una capacidad de 32 usuarios por puerto GPON con dos niveles de splitters, como se plantea, y un nodo con capacidad de contener a 8 puertos de este tipo, con lo que se podría tener con un solo nodo a 256 usuarios. Teniendo además un sistema de 1.2Gbps, quiere decir que se podría repartir estos usuarios potenciales teniendo un ancho de banda dedicado por usuario de aproximadamente 40Mbps<sup>5</sup>, teniendo las consideraciones de los cálculos anteriores de anchos de banda únicamente

---

<sup>5</sup> ABREU, MARCELO. Características Generales de una red FTTH. 2007

como comprobación de que se pueden ofrecer todos estos servicios de manera holgada dentro del sistema, y sobre todo para solicitar el ancho de banda necesario a la empresa CNT EP la cual brindara el servicio sobre la red plateada.

## 2.6 Equipos de Transmisión

### 2.6.1 Terminación de Línea Óptica (*“Optical Line Termination OLT”*)

Este equipo modular es el que se encarga de la transmisión desde la oficina central donde se adquieren todos los servicios hasta el abonado, puede soportar hasta 22 tarjetas PON de hasta 32 suscriptores cada uno con un total de 704.

Estas unidades no solo que portan tarjetas que se puede reemplazar para ejecutar protocolos BPON, GPON o EPON, sino también soporta labores de gestión, soporte y supervisión usualmente basadas en interfaces graficas *“point and click”* que incluye los diagnósticos usuales que los estándares demanden. Podría soportar también servicio de TV analógica para lo cual la banda de 1550nm está reservada, sin embargo; no se estima este servicio dentro del estudio ya que se brindara un paquete de IPTV dado el inminente apagón analógico que el mundo está experimentando.

### 2.6.2 Fuente de poder

Se requiere de una fuente de alimentación para los equipos que se encontraran en la oficina central con un rango de tensión de

48VDC, un amperaje de entre 45 y 50 A. por lo tanto una potencia mínima de 100W dependiendo del número de tarjetas acopladas en la OLT.

### 2.6.3 Accesorios de Montaje

Para la instalación de la fibra óptica y demás equipos se debe considerar los accesorios necesarios para la instalación de todos los equipos, un buen diseño y sobre todo al momento de licitar un trabajo de este tipo dependerá, también; de que tan cercano este la estimación de estos accesorios para determinar la calidad del estudio realizado. Se debe considerar pinzas, soportes, pernos, grapas, abrazaderas y herrajería.

### 2.6.4 Mufa y ODF

Las Mufas o mangas son contenedores plásticos que se ubican en el poste donde van ubicados splitters, cada mufa depende el numero de hilos por fibra que se tenga.

La ODF es una bandeja destinada a la derivación de fibras ópticas, se pueden utilizar varios tipos de conectores y es necesario cuando se quiere distribuir la red desde una fibra de varios hilos a varias con un número menor de hilos por cada cable.

### 2.6.5 Consideraciones de Instalación de la red

Existen ciertos parámetros estandarizados para el tendido de fibra óptica. Se puede instalar la fibra óptica con cable de guarda o con fibra auto soportada. En este contexto se proyecta la utilización de

fibra auto soportada dado su simple instalación, el tendido puede darse en zonas del poste más accesibles, posee una menor carga de rotura que el que tiene el cable de guarda, lo que hace más fácil de manipular. Se deberá tener en cuenta la flecha de los conductores, posiciones entre los postes, velocidad máxima del viento del sector, la carga máxima que se tendrá para poder determinar el tipo de accesorios que se deberán utilizar, revisando las características dadas por el constructor.

Otra consideración a tomar en cuenta es que, de darse el caso, al realizar un empalme de fibra se deberá poner atención en la ubicación para la caja de empalme, es decir; en que poste deberá ubicarse.

## 2.7 Equipos de Abonado

### *“Optical Subscriber Network Unit”* ONU

Tanto la OLT como la ONU son los dispositivos que demarcan los extremos de la red compuesta por fibra óptica, dependiendo si es una red híbrida o no, desde este punto saldrán redes de cobre hacia los abonados o, si se tratan de redes FTTH como es el caso de este estudio, la ONU llegará directamente hasta el abonado para conectar directamente a los equipos de este. Una unidad ONU típicamente tendrá cuatro conectores RJ-11 que podrán soportar 4 líneas telefónicas diferentes, conectores RJ-9 para conexiones de TV analógica y una conexión RJ-45 para una línea CAT-5 que lleve datos Ethernet y VoIP, por lo que éste será nuestro puerto de interés.

Estas unidades ópticas típicamente se ubican en exteriores del domicilio, aunque en países como Japón, están en el interior de los domicilios, lo



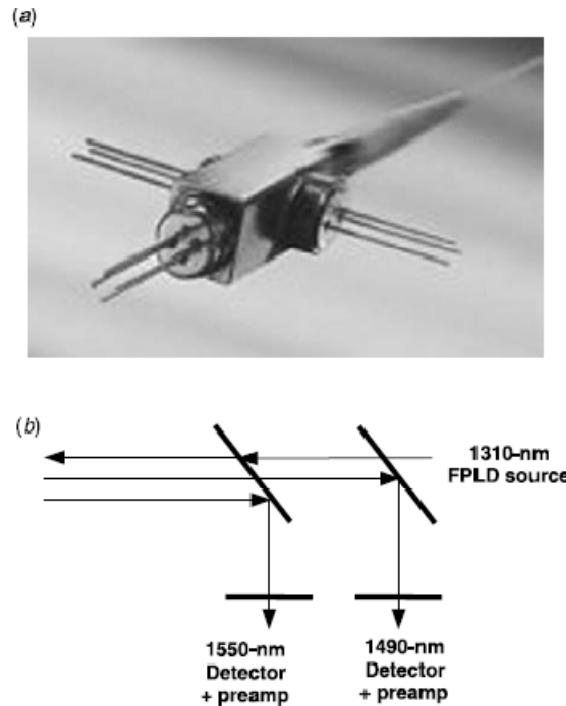
más cerca posible de los dispositivos que usaran el servicio de internet y datos de alta velocidad. En la figura [2.10] se muestra la configuración típica de una ONU con un protector plástico adicional, el cual se obviaría si es que la ONU se coloca al interior de las viviendas. Es importante minimizar el costo por suscriptor en cuanto a equipos se trata, pues a diferencia de los que se ubicaran en la oficina central estos serán cargados directamente al usuario. La ONU consta de un diodo laser Fabry-Perot de bajo costo para una señal de subida de 1310nm, un fotodetector estándar PINFET para señales de bajada con una longitud de onda de 1490nm y una longitud de onda adicional para el transporte de Tv analógica.



Figura [2.10] ONU con caja protectoraprotector para exteriores.

Fuente: “<http://www.lightwaveonline.com/about-us/lightwave-issue-archives/issue/premier-products-54885802.html>”

Para una máxima economización del costo y espacio, es común integrar varias de estas funciones en un solo componente “*triplexer*” en la tarjeta de circuitos de la ONU. Este elemento contiene el laser de 1310nm y los PINFETs separados a 149nm. El otro extremo contiene una señal de 1550nm, el cual se podría utilizar para el transporte de televisión analógica, sin embargo se optara por el uso de un “*diplexer*” como se hace en Japón.



Figura[2.11] Triplexer de una ONU, (a) imagen del triplexer típico, (b) Configuración del triplexer

Fuente: “*Fiber to the Home. The new Empowerment*”

## 2.8 Títulos Habilitantes

### 2.8.1 CONATEL

Las entidades reguladoras del Ecuador para las telecomunicaciones es la CONATEL y SENATEL, siendo las encargadas de normar, regular, administrar y controlar al sector de las telecomunicaciones, se debe tener en cuenta las normativas de estos entes reguladores y hacer cumplir el presente estudio de acuerdo con lo que dicte el Conatel.

Durante todo el desarrollo del estudio se ha tenido en cuenta las recomendaciones de la ITU, y dado que en el Ecuador acoge estas recomendaciones dentro de su normativa, se entiende que el diseño realizado caerá dentro de las regulaciones establecidas, dejando como

aporte adicional al análisis de las obligaciones de los portadores de servicios de telecomunicaciones, así como la revisión del otorgamiento de las concesiones para brindar estos servicios.

## 2.8.2 Ámbito de reglamentación correspondiente al estudio

La concesión para la prestación de servicios portadores de telecomunicaciones en el Ecuador “comprende el derecho para la instalación, modificación, ampliación y operación de las redes alámbricas e inalámbricas necesarias para proveer tales servicios, de conformidad con las condiciones establecidas en el título habilitante y la normativa vigente”<sup>6</sup>.

### 2.8.2.1 Prestación de Servicios Portadores de Telecomunicaciones

En referencia al anexo D “los Servicios portadores son los servicios que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos de red”, utilizando infraestructura que pudiera ser de carácter privado brindando la capacidad necesaria para transportar el medio y el enrutamiento hasta el abonado haciendo una de intermediario. Para brindar este servicio es necesario tener un título habilitante el cual se lo celebra, en el Ecuador, con el órgano de control público Senatel en forma de concesión. El área de cobertura para estos servicios será nacional y con conexión al exterior tomando en cuenta que el CONATEL podrá otorgar concesiones regionales cuando lo considere conveniente.

---

<sup>6</sup> ANEXO D

### 2.8.2.2 Concesión de Servicios.

Debido a que la red planteada no requiere del uso de un recurso limitado, el contrato de concesión para esta red podrá ser autorizada por el consejo nacional de telecomunicaciones, para suscribirla con la secretaria nacional de telecomunicaciones sin necesidad de un proceso de concurso para la adjudicación con una duración de 15 años, renovable por el mismo periodo siempre y cuando se presente una solicitud del concesionario con 5 años de anticipación a la fecha de vencimiento.

A continuación se cita textualmente los requisitos necesarios para la concesión extraído del reglamento para la prestación de servicios portadores.

- a) Identificación y generales de ley del solicitante sea una persona jurídica presentara la escritura de constitución y nombramiento del representante legal;
- b) Descripción del servicio propuesto;
- c) Proyecto técnico que describa la topología de la red, sus elementos, equipos, su localización geográfica y la demostración de su capacidad;
- d) Plan mínimo de inversiones;
- e) La identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios;
- f) Determinación de los puntos de interconexión que sean requeridos;
- g) Informe de la superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas

incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas; y,

- h) En caso de solicitudes para renovación de títulos habilitantes deberá acompañarse una certificación de cumplimiento del objeto del contrato de la secretaria Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones.<sup>7</sup>

Tomando en cuenta estos requisitos los puntos b, c, d y f se cumplen dentro del presente estudio siendo el punto e del reglamento no aplicable; en cuanto a los demás puntos son de carácter administrativo y se deberán aclarar de acuerdo a los contratantes de existir el ánimo de construir la red planteada.

#### 2.8.2.4 Obligaciones básicas del concesionario

Es deber del concesionario de servicios portadores cumplir con ciertos parámetros exigidos por los órganos reguladores y fiscalizadores de telecomunicaciones del Ecuador, caso contrario la concesión no será entregada o el contrato podría ser terminado unilateralmente por lo que es importante considerarlos en este estudio.

Es importante considerar que esta red, una vez instalada, se considerara una red pública de telecomunicaciones, los prestadores del servicio portador estará en la obligación de interconectar sus redes la cuales serán consideradas como públicas, la interconexión y conexión se permitirá en condiciones en igualdad de condiciones, no discriminación, neutralidad y de

---

<sup>7</sup> ANEXO D

libre y leal competencia con prestadores de servicios de reventa, servicios de valor agregado y redes privadas que lo soliciten a cambio de la debida retribución; el prestador está obligado a determinar los puntos de interconexión de sus redes, esta implicara el intercambio de tráfico entre los operadores interconectados, se deberá contar con los mecanismos necesarios para la medición del trafico cursado, en el presente estudio se puede realizar esta medición con la OLT, por lo que cumple con este requisito necesario para la liquidación de los cargos por el trafico cursado. Así mismo se deberá entregar mensualmente a la superintendencia de telecomunicaciones la información del tráfico con fines de control y certificación de la operación de los servicios portadores concesionados, esta información tendrá el carácter de confidencial.

Los prestadores deberán disponer de los medios técnicos necesarios que garanticen el secreto del contenido de las telecomunicaciones y se debe tener en cuenta que el plazo máximo de inicio de operaciones de los servicios será de 360 días a partir del día siguiente al del otorgamiento de los títulos habilitantes. Se deberá instalar equipos que garanticen los parámetros mínimos de calidad que consten en el contrato de concesión y continuidad del servicio, de acuerdo a la naturaleza de concesión. Las redes de telecomunicaciones de los prestadores de servicios portadores tendrán una arquitectura abierta. Es importante también resaltar que la prestación de servicios sin el título habilitante correspondiente acarreará la sanción establecida por la legislación vigente.

## **CAPITULO III: ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO**

### **3.1 Análisis de Costo de Capital y Operación**

Dentro del presente estudio se requiere hacer un análisis económico a fin de determinar la viabilidad del proyecto o no. Se considerara en este punto del análisis en primer lugar los proveedores de equipos que se pretenden utilizar y sus antecedentes. El costo de los servicios que se deben contratar a la empresa CNT en las distintas tasas de datos que ofertan para el respectivo análisis de viabilidad.

#### **3.1.1 Fabricantes proveedores de Equipos.**

##### **3.1.1.1 HUAWEI.**

Se perfila como líder en telecomunicaciones de última generación en la región, abastece a 45 de los 50 principales operadores del mundo dando cobertura con sus equipos a más de mil millones de usuarios y en el área de FTTx y GPON es el líder en el mercado. La ventaja que tiene Huawei sobre sus competidores es el precio reducido de sus equipos con una calidad similar.

Ofrece todos los equipos necesarios para la presente red, debido a que Huawei trabaja desde hace algún tiempo con la empresa CNT se tendrá compatibilidad total de equipos siendo una ventaja mas para equipar a la red con estos equipos.

### 3.1.2 Equipos.

#### 3.1.2.1 OLT.

##### SmartAX MA5603T

Esta OLT es considerada como la primera plataforma de acceso “Todo en uno”, podría proveer DSL y acceso óptico integrado. Puede servir con ADSL2+ de alta densidad, VDSL, POTS, ISDN, GPON y fibra de P2P Ethernet, triple play y servicios TDM/ATM/ETHERNET para empresas.

Esta OLT ofrece también interfaces “*Backhaul*” móvil de alta densidad GE/10GE para equipos de acceso remoto. Ayuda a simplificar la arquitectura de las redes. Existen dos tipos de Chasis, uno largo que tiene 16 ranuras de servicio (5600T) y otro intermedio que tiene 6 ranuras de servicio (5603T)

Soporta escenarios FTTC/FTTB/FTTH/FTTO/FTTM.

En cuanto a servicios incluye la capacidad de distribución de IPTV, canales multicast 8K y 4K multicast, un alta QoS soportando 3 niveles (diferente ISP/servicio/usuario) garantizando la OLT en su totalidad, acceso tradicional E1 y soporta servicios locales de auto-swicheo el cual cumple con los requisitos de empresas o redes de campus.

Entre sus parámetros más importantes se tiene un a velocidad de transmisión de 2.5Gbit/s-1.5Gbit/s en Tx y Rx, una longitud de onda central de 1490nm de Tx y 1310nm en Rx. Potencia óptica de 1.5 a 5 dBm, radio de extinción de 10dBm, sensibilidad máxima de recepción -28dBm, una potencia de sobrecarga de -8dBm y por todos estos parámetros cumple con la recomendación ITU-T G.984.2 CLASE B+.



### 3.1.2.2 ONT.

Echo Life HG861.

Esta ONT para interiores está destinada específicamente para aplicaciones FTTH que utilice tecnología GPON, banda ultra ancha es suministrada para el hogar a través de este terminal óptico. Tiene un puerto GE/FE-adaptador Ethernet y un puerto CATV. Tiene altas capacidades para VoIP, Internet y servicios de video HD.

Es un dispositivo “*Plug and Play*” y los servicios tanto de internet como de IPTV pueden ser activados con un solo click, además la configuración en el campo no es requerida y se puede realizar diagnósticos remotos. Capacidades de reenvío de alto rendimiento que provee una solución óptima para terminales siendo orientada al futuro para capacidades FTTH de despliegue masivo.

Tiene un rango de transmisión de 2.5Gb/s y 1.5Gb/s en Tx y Rx respectivamente con una longitud de onda central de 1490nm en Tx y 1310nm en Rx. Con los mismos parámetros de atenuación que la OLT

### 3.1.2.3 Splitters.

Spliter Huawei SPL9109 Series.

Splitters desde 1:2 hasta 2:64 con pequeño tamaño y para propósitos generales. Puede ser instalada en una caja de conectores, gabinetes de conectores ópticos, o mangas de fibras ópticas. Tiene un alto nivel de protección ya que están diseñadas para exteriores.

Descripción	Unidades		
Relación		1:4	1:8
Longitud de onda de operación	nm	1310/1460/1600	1310/1460/1600
Perdidas por inserción (Max)	dB	3.6	7.5
Uniformidad (Max)	dB	1	1
Perdida de retorno (Min)	dB	55	55
Directividad (Min)	dB	55	55
Polarización (Max)	dB	0.2	0.3
potencia total de entrada	mW	300	300
Tipo de conector		SC/APC	SC/APC

Tabla [3.1] Parámetros de splitters a utilizar

Fuente: *Personal.*

#### 3.1.2.4 Mangas.

Fibrain Optical Clouser FB 8000.XX.

Las mangas o MUFAS que se han presupuestado en el presente análisis son de marca Fibrain, protegen las fibras ópticas en donde se tienen conexiones y derivaciones, se puede instalar bajo tierra, en redes aéreas, montadas en paredes, pedestales o directamente enterradas, es aplicable para fibras mono modo y fibras tipo cinta.

Especificaciones:

Tiene un rango de temperatura de -40 a +50 grados Celsius.

Una capacidad máxima de 240 núcleos (24 núcleos en la manga utilizada).

Se puede utilizar para cables con diámetro de 6mm, 17.5mm y 23mm.

Es sellado a prueba de aire con una presión de 100Kpa después de 24 horas de inmovilidad.

Resistencia de aislamiento  $>2 \times 10^4$  MW.

Resistencia de voltaje de 15KvDC/1min.

Type	Size (mm)? xH	Single Max. Capacity (core)	Quantity of the splice try	The diameter of the suitable optic cable
FB 8000.XX	260x465	240	1-10	6-? 17.5 (?23)mm
Weight kg.	Entrances	Airproof type	Material	Reinforced core
5.45	7	Heat shrink	ABS, PC	Steel wire

Tabla [3.2] Especificaciones de manga Fibrain

Fuente: "<http://www.fibrain.com/oferta.php?o=18>"

### 3.1.2.5 ODF.

ODF 3U Huawei.

Es primordialmente utilizado para conectar y organizar fibras y cables ópticos; Huawei provee ODFs con tres capacidades diferentes dependiendo del tamaño físico y capacidad del número de fibras que se tengan, con configuración modular en un rack normalizado de 19" con bandejas de 8 fibras y con sub-bandejas.

El modelo a utilizar tiene una capacidad para 16 empalmes, 8 conectores de tipo SC.

### 3.1.2.5 Conectores.

Fibrain SC/APC series.

El conector de canal de suscripción (SC) es conocido por su mecanismo de aseguramiento, el cual da un click audible cuando es conectado o desconectado con un sistema "*Push-Pull*", con lo que previene el desalineamiento rotacional. Combina un ángulo de contacto físico de la férula con un ángulo de 8grados como se menciona en el capítulo anterior.

El fabricante de conectores Fibrain recomienda estos conectores para redes, aplicaciones de telecomunicaciones, redes de procesamiento de datos y para aplicaciones industriales, militares y medicas. Entre las características de este conector se puede mencionar que cumple con normas ANSI, IEC, Telcordia, TIA/EIA, NTT; registra bajas perdidas de inserción y un diseño a prueba de tirones. Con una llave de precisión anti rotación y resistente a la corrosión.

Specification:	
Fiber:	SM
Diameter (mm):	Ø0.9, Ø2.0, Ø3.0
Insertion Loss min(dB):	Ø0.15
Insertion Loss typ(dB):	Ø0.25
Return Loss (dB):	Ø60
Repeatability (dB):	Ø0.10
Durability:	>1000 0,2dB max increase
Operating Temperature (°C):	-20~+70
Storage Temperature (°C):	-40~+80

Tabla [3.3] Especificaciones para los conectores a utilizar

Fuente:” <http://www.fibrain.com/oferta.php?o=60>”

### 3.1.3 Análisis de Costos de Equipos.

Una vez especificados los elementos principales de la red que se van a utilizar se indican los precios de los equipos necesarios para la implementación de la red propuesta.

### 3.1.3.1 Enlace:

COD.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
M.1	Fuente de poder principal	U	1	850	850
M.2	Fuente de poder de respaldo	U	1	850	850
M.3	ODF 24 puertos para rack de 19"	U	1	1450	1450
M.4	Chasis OLT 16 ranuras	U	1	1675	1675
M.5	Tarjeta OLT de 4 salidas GPON G984.X	U	2	5583	11166
M.6	Tarjeta OLT de enlace UPLINK de 10GB	U	1	5583	5583
<b>Total</b>					<b>21574</b>

Tabla [3.4]

Fuente: *Personal*

Nótese que el chasis OLT se presupuesta uno de 16 ranuras siendo necesario el más pequeño disponible, sin embargo debido a la pequeña diferencia de precios y la disponibilidad en el mercado se ha dispuesto en el presupuesto el chasis mas grande.

### 3.1.3.2 Transporte.

COD.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	
				UNIT.	TOTAL
M.7	Fibra óptica monomodo de 1 hilo tipo G.652	m	4815	1.3	6259.5
M.8	Fibra óptica monomodo de 8 hilos tipo G.652	m	556	2.1	1167.6
M.9	Mufa	U	1	1650	1650
M.10	Splitters con relación 1:4	U	6	237	1422
M.11	Splitters con relación 1:8	U	24	376	9024
M.12	ONT indoor	U	138	244	33672
				<b>Total</b>	<b>53195.1</b>

Tabla [3.5].

Fuente: *Personal.*

### 3.1.3.3 Instalación.

COD.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	
				UNIT.	TOTAL
M.15	Pinzas Soporte de Fibra óptica	u	130	2.5	325
M.16	soporte para Clousures	u	30	3.3	99
M.17	grapras de suspensión de Fibra óptica	u	130	1.4	182
M.18	Clousures	u	30	83	2490
				<b>Total</b>	<b>3096</b>

Tabla [3.6].

Fuente: *Personal.*

### 3.1.4 Análisis de Mano de obra.

COD.	DESCRIPCION DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
T.1	Montaje y Programación de OLT	u	1	1800	1800
T.2	Armado de rack de fibra óptica y accesorios	u	1	220	220
T.3	Montaje y armado de Splitters 1:4	u	24	60	1440
T.4	Montaje y armado de Splitters 1:8	u	6	95	570
T.5	Pruebas de atenuación de Fibra óptica	u	1	90	90
T.6	Tendido de fibra óptica con manguera y sujeción de postes	m	5371	0.63	3383.73
T.7	Armado de MUFA	u	1	436	436
T.8	Armado e instalación de ONT	u	138	29	4002
T.9	Armado y montaje de ODF	u	1	470	470
	Conexión, fusión y organización de fibras en ODF			<b>Total</b>	<b>12411.73</b>

Tabla [3.7].

Fuente: *Personal*.

### 3.1.5 Costo Total de implantación de la Red.

Si sumamos los costos de materiales en la red de transporte, en planta, materiales de instalación y la mano de obra requerida tenemos el costo total para poder compararlo con el valor de una red de tecnología antigua, y así mismo; obtener la rentabilidad que esta red podría tener.

Costo Transporte	53195
Costo Enlace	21574
Costo Instalación	3096
Costo Mano de obra	12411
<b>TOTAL</b>	<b>90276</b>

Para el cálculo de la tasa interna de retorno y el valor actual neto se considera un 25% del ingreso neto en obligaciones tributarias y un gasto del 10% en mantenimiento a la red y costos extras.

### 3.2 Evaluación Financiera.

#### 3.2.1 Ingresos.

Los ingresos netos se han calculado en función a los tres servicios que se ofrecerán: Voz, Video e Internet; se han diferenciado tres diferentes rubros para el internet, donde dependerá del ancho de banda que se utilice y dependiendo del número de canales al cual se accederá en el caso de la Televisión. En el caso de la telefonía IP se está considerando el 100% de los usuarios. De esta forma se estimaran los ingresos obtenidos para ingresar en los cálculos de la tasa interna de retorno.



SERVICIOS	TIPO	PROCENTAJE DE USUSARIOS DE CADA SERVICIO	COSTO	USUSARIOS	TOTAL
Internet					
	Básico	25	18	34.5	621
	Medio	50	29	69	2001
	Máximo	25	45	34.5	1552.5
Telefonía					
	Básico	100	19	138	2622
IPTV					
	Básico	25	14	34.5	483
	Medio	50	24	69	1656
	Máximo	25	32	34.5	1104
Total					10039.5

Tabla [3.8].

Fuente: *Personal.*

### 3.2.2 Valor Actual Neto (VAN).

El valor actual neto permite calcular, mediante todos los flujos de caja futuros, la rentabilidad de un proyecto considerando la inversión inicial y todos los gastos futuros que se consideran tener. De esta manera con el VAN se podrá estimar si es que vale la pena realizar la inversión en el proyecto o hacerlo en otra inversión segura y con un riesgo mucho menor.

Es muy importante para la valoración de inversiones a pesar de las limitaciones que pudiera tener por no considerar las circunstancias imprevistas o excepcionales del mercado. Si su valor es mayor a cero entonces el proyecto será un proyecto rentable.



Dentro del cálculo del Valor Neto Actual se consideran los saldos finales de cada año más la depreciación calculada, llamada salvamento en la tabla mencionada.

De este flujo se deriva el cálculo teniendo que considerar una tasa de descuento que en este caso será 0 dado el tipo de proyecto que se lleva a cabo.

<b>VALOR ACTUAL NETO</b>	\$ 451,933.44
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	0%

Tabla [3.10].

Fuente: *Personal*.

### 3.2.3 Tasa Interna de Retorno (TIR).

La tasa interna de retorno es la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero, se utiliza para decidir si la inversión en un determinado proyecto puede ser aceptada o no, se compara con el riesgo que podría tener el proyecto, de manera que si es un proyecto muy riesgoso la tasa interna de retorno tendrá que ser muy alta y si el negocio se considera de bajo riesgo esta tasa podría ser baja.

En este caso la tasa Interna de retorno para este negocio es del 48%, bastante alto considerando que la red planteada será entregada a la CNT para su gestión y manejo el número de abonados proyectados en el estudio es bastante conservador, de donde este valor es bastante prometedor desde el punto de vista económico. Al cabo del primer año se recuperara la inversión total estimada y en el quinto año se tendrá un saldo mayor a \$254000.

<b>TASA EFECTIVA DE IMPUESTO</b>	0.25
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>	48%
<b>TIEMPO RETORNO INVERSION</b>	1

Tabla [3.11].

Fuente: *Personal*.

#### 3.2.4 Depreciación.

De acuerdo con los cálculos realizados en la tabla [3.11] se tendrá en 5 años una depreciación de la red de \$22569 que se han estimado en los cálculos del TIR y el VAN. Esta suma no es representativa sobre las cifras de ingresos que se tendrán, los equipos y demás elementos de la red tendrán una duración mucho mayor a la considerada en el análisis económico por ser de última generación, soportar la demanda que se tendrá en un futuro por lo que no será necesario hacer mayores inversiones para servir al mismo número de abonados con mejores servicios.

## **CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 4.1 Resultados

Se ha obtenido un proyecto de última generación que se podría implantar sin problema en una zona con un claro crecimiento urbanístico y con un gran futuro para brindar servicios digitales que requieran un ancho de banda que en la actualidad se pudieran considerar elevados, ya que todo el sector en donde se ubica el proyecto claramente es una zona residencial para la clase económica media y alta.

Se proyecta una red para una urbanización con 138 abonados fijos como mínimo debido a la ausencia de competencia en el sector. Se ha calculado un ancho de banda total para todo el sistema de 186Mbps en la actualidad, teniendo una red que podría soportar holgadamente y sin el cambio de ninguno de sus elementos hasta 1.2Gbps. La distancia a la cual se podría llegar con un sistema de este tipo es de 20KM, se tiene una distancia máxima en el peor de los casos una distancia al nodo, donde se ubicaran los equipos, de 744 metros que claramente es una distancia extremadamente corta para este tipo de tecnología. Las atenuaciones nunca sobrepasan el máximo permitido por las recomendaciones de la ITU junto con las demás recomendaciones pertinentes al presente estudio.

En cuanto a los datos económicos se ha realizado el análisis con todos los equipos necesarios para la implementación de la obra incluyendo la terminal para el usuario, la cual por lo general suele ser asumida por el mismo; este rubro solamente suma \$37674 incluyendo los costos de instalación; los materiales y el tendido de la red de transporte, así como los equipos de Enlace tienen un costo de \$52602 obteniendo así un total teórico de \$90276. El ingreso neto se considera que ronda los \$10040 mensuales una vez que se tenga el 100% de usuarios utilizando los diferentes servicios ofertados. Se considero para el análisis económico que se iniciara con el 50% de los usuarios para al cuarto año

de operación alcanzar el 100% de usuarios dado que este tiempo es prudencial para que la red implantada pueda mostrar todas sus capacidades de transporte de datos, mientras que las redes competidoras se verán para la fecha saturadas y no podrán ofrecer los mismos servicios. El valor actual neto de la red se estima en \$451933.4 y la Tasa interna de retorno esta en el 48%.

#### 4.2 Conclusiones.

Es una realidad que en el futuro medio e inmediato se necesitaran tasas de dato mucho mayores donde las redes Legacy se verán saturadas, en la otra mano las redes que utilizan Fibra óptica en la última milla se liberan del cuello de botella y la que ahora se considera como baja velocidad de las redes híbridas, con redes FTTH se pueden conseguir anchas de banda teóricamente ilimitados y que en la práctica exceden por mucho el ancho de banda que se proyecta utilizar en el futuro, inclusive en los casos más críticos donde el ancho de banda que se requerirá se estima que podría ser muy elevado. Las redes enteramente conformadas por filamentos de silicio como medio de transporte tienen actualmente un alcance de 20Km sin que el ancho de banda disponible se vea afectado, representando otra clara ventaja sobre las redes legacy. Las redes FTTH GPON, como la propuesta en este documento, utilizan únicamente elementos pasivos en la planta externa, esta característica convierte a las redes GPON en sistemas que no necesitan de electrónica compleja en la planta externa, susceptible a daños o envejecimiento acelerado, tampoco serán necesarios cuartos o casilleros climatizados para mantener a estos equipos en buenas condiciones y se tiene como resultado una red robusta, duradera y con un muy bajo costo de mantenimiento.

Claramente este tipo de redes es muy superior a las redes que utilizan cobre en su arquitectura y redes activas que tienen electrónica compleja en la planta externa, incluyendo las redes de fibra óptica. Es claro entonces que las empresas

que brindan servicios de telecomunicaciones deben considerar este tipo de redes, más aun si es que se trata de una red nueva que no tiene ningún tipo de elemento antiguo en su arquitectura, como es el caso de la urbanización donde se plantea implantar este sistema donde recién la obra civil está en construcción y no existen redes de telefonía ni de televisión alámbrica, por lo que es coherente la utilización de esta tecnología que, a pesar de tener un costo de inversión inicial más elevado, se justificara dado el tiempo real que podrá operar esta red sin alteraciones y comparado con el tiempo de duración y los servicios que podrían operar las redes Legacy.

Para el diseño de esta red se tomo en cuenta a la Urbanización Los Olivos que actualmente se construye en el sector de Toctesol, toda la planimetría que se ha utilizado es la aprobada por el municipio de azogues y por la empresa eléctrica de azogues, esto para la referencia de la ubicación de los postes, los equipos de planta interna se localizaran en el nodo de fibra óptica que tiene la empresa CNT EP a 300 metros del ingreso a la urbanización.

El área de cobertura de la red que se ha diseñado es total para el sector planteado originalmente, los usuarios de este sector serán de una clase económica heterogénea, de un nivel medio y medio-alto, que demandan servicios de comunicaciones en las tres formas planteadas en este documento, por lo que se justifica el plantear una red que desde un inicio pueda llegar a un 100% de los posibles clientes.

Luego de considerar varias opciones en la arquitectura de la red, el diseño de la misma se realizó con splitters de relación 1:4 en un primer nivel y con splitters 1:8 en el segundo nivel para llegar al abonado, de esta forma se tienen 6 sectores primarios y 24 secundarios, los cuales pueden servir hasta 8 usuarios cada uno. En la OLT se tienen 2 tarjetas de 4 salidas cada una, con lo que queda de reserva 2 salidas para servir a 64 usuarios cada una. Así mismo se ha diseñado la red para que cada salida sirva a 32 usuarios, se debe tener en cuenta que cada

salida de las tarjetas OLT que se presupuestaron podrían soportar hasta a 64 usuarios cada una.

Se debe considerar el costo final de todo el sistema plantado que ronda los \$90000, como se menciona en el punto anterior, el costo sin los equipos de los abonados es de \$52600, cifra que se debe tomar en cuenta al compararla con la oferta presentada para la construcción de una red de telefonía de cobre en el mismo lugar; esta propuesta está en \$30000, cifra considerablemente menor pero que, se debe resaltar, brindara únicamente telefonía e internet de un ancho de banda mucho menor al planteado en este diseño, para brindar el servicio de televisión por cable se tendrá que tender una red totalmente nueva que por lo menos rondara el mismo valor, con lo que ya sobre pasaría el valor estimado de esta red mostrando así que no resulta más costosa al mirarla desde esa perspectiva. Además cabe resaltar que de los resultados del análisis económico realizado, aunque la empresa CNT pusiera todos los equipos de los abonados e inclusive la red misma, la rentabilidad de esta será alta y resulta mucho más conveniente la instalación de esta red sobre una de tecnología antigua.

Es importante proponer la instalación de redes de este tipo en lugar de redes de cobre en lugares que se vayan urbanizando. La forma en que la CNT opera al ser empresa pública con respecto a redes de telefonía, es que los constructores de las urbanizaciones construyan la red y al finalizar esta sea entregada a la empresa CNT para su manejo y administración, motivo por el cual se quiere resaltar la recomendación de que se comience a exigir, a los constructores de estas obras, redes de estas tecnologías capaces de soportar las demandas que se tendrán a futuro, ya que de lo contrario en pocos años, este tipo de redes resultaran costosas y representarían una pérdida para la empresa, mientras que los clientes no estarán satisfechos. La CNT tiene la capacidad de ofrecer servicios de alta calidad donde se requieran tasas de transferencia de datos elevadas y su mayor problema son sus redes de última milla, problema que se ve resuelto con este tipo de redes, motivo por el cual se debe comenzar a pensar en redes pasivas de



fibra óptica que, como se ve, no resultan mucho más costosas si se comparan las capacidades, el reducido mantenimiento de las mismas y el prolongado tiempo de duración sin que se tenga que alterar la infraestructura de esta.

## **Bibliografía:**

GREEN, PAUL. Fiber to the home the new empowerment. Willey Interscience 2006

[http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/03/110314\\_1126\\_internet\\_velocidad\\_acceso\\_neutralidad\\_dc.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/03/110314_1126_internet_velocidad_acceso_neutralidad_dc.shtml)

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

[http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white\\_paper\\_c11-481360\\_ns827\\_Networking\\_Solutions\\_White\\_Paper.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html)

[http://www.proasetel.com/paginas/articulos/mercado\\_internet.htm](http://www.proasetel.com/paginas/articulos/mercado_internet.htm)

<http://www.erlang.com/calculator/eipb/>

[http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/historico\\_acceso\\_internet\\_97\\_2008.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/historico_acceso_internet_97_2008.pdf)

[http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_APON\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APON_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf)

<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

Recomendaciones ITU-T G.652: Características de las fibras y cables óptico monomodo

Recomendaciones ITU-T G.984.X: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits

Reglamento para la presentación de servicios portadores ( Resolución 388-14-CONATEL-2001).

[http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_bandwidth\\_allocation](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_bandwidth_allocation)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Atenuaci%C3%B3n>

[http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_179\\_Caractersticasgeneralesr  
edfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_Caractersticasgeneralesr<br/>edfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf)

[http://en.wikipedia.org/wiki/IPTV#Architecture\\_of\\_IPTV](http://en.wikipedia.org/wiki/IPTV#Architecture_of_IPTV)

[http://www.idris.com.ar/larent/pdf/ART0001%20-  
%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf](http://www.idris.com.ar/larent/pdf/ART0001%20-<br/>%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf)

[http://www.webadictos.com.mx/2011/06/02/el-uso-de-internet-se-cuadruplicara-para-  
el-2015-segun-cisco/](http://www.webadictos.com.mx/2011/06/02/el-uso-de-internet-se-cuadruplicara-para-<br/>el-2015-segun-cisco/)

<http://www.haishuo.com/en/solution/support-00002.htm>

<http://www.fibrain.com/oferta.php?o=18>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_neto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto)

# **Reglamento para la prestación de servicios portadores**

**(RESOLUCIÓN 388-14-CONATEL-2001)**

## **CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES - CONATEL**

Considerando:

Que la Ley 2000-4, publicada en el Registro Oficial S. 34 de 13 de marzo del 2000, dispone que todos los servicios de telecomunicaciones se presten en libre competencia;

Que el literal d) del innumerado tercero del artículo 10 de la Ley Reformatoria a la Especial de Telecomunicaciones faculta al Consejo Nacional de Telecomunicaciones a expedir normas de carácter general;

Que el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicado en el Registro Oficial 404 de 4 de septiembre del 2001, establece un marco jurídico acorde con el nuevo entorno de libre competencia y un régimen nuevo para la generalidad de los servicios de telecomunicaciones;

Que el cambio a un entorno de libre competencia sumado a los adelantos tecnológicos ha desarrollado nueva variedad de servicios con otros requerimientos y necesidades;

Que la actual legislación referente a dichos servicios no permite el desarrollo de nuevos servicios en el nuevo entorno de libre competencia; y,

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones, en uso de la atribución que le confiere el artículo 10 de la "Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones", promulgada según Registro Oficial 770 del 30 de agosto de 1995,

Resuelve:

**EXPEDIR EL SIGUIENTE: REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PORTADORES.**

### **Capítulo I DISPOSICIONES GENERALES**

**Art.1.-**El presente reglamento tiene por objeto establecer las normas y procedimientos, aplicables a la prestación de servicios portadores de telecomunicaciones.

**Art.2.-**Las definiciones de los términos técnicos usados en el presente reglamento serán las establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reglamento General.

**Art.3.-**Servicios portadores son los servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos de red. Los servicios portadores se pueden prestar en dos modalidades: bajo redes conmutadas y bajo redes no conmutadas.

**Art.4.-**La prestación de servicios portadores, requiere de un título habilitante, que será la concesión, otorgado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones. Toda concesión comprende las dos modalidades de los servicios portadores.

El área de cobertura para la prestación de servicios portadores será nacional y con conexión al exterior.

El CONATEL, dentro de las políticas de desarrollo del sector, podrá otorgar concesiones regionales cuando lo considere conveniente.

## **Capítulo II DE LAS CONCESIONES**

**Art.5.-**La concesión para la prestación de servicios portadores comprende el derecho para la instalación, modificación, ampliación y operación de las redes alámbricas e inalámbricas necesarias para proveer tales servicios, de conformidad con las condiciones establecidas en el título habilitante y la normativa vigente.

Los contratos para la prestación de servicios portadores que celebre un concesionario con operadores internacionales serán notificados a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, la cual procederá a inscribirlo en el registro correspondiente. Los contratos regirán a partir de la fecha que se estipule en el contrato.

**Art.6.-**En el evento de que el número de solicitudes de concesión para la prestación de servicios portadores supere aquellas que puedan ser otorgadas o requieran del uso de un recurso limitado de acuerdo a informe o solicitud de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, podrá convocar a procesos públicos competitivos.

En cualquier otro caso, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones podrá autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para que suscriba los contratos de concesión de servicios portadores sin necesidad de un proceso competitivo de adjudicación.

**Art.7.-**El plazo de duración de los títulos habilitantes de servicios portadores será de quince (15) años, renovable por igual período a solicitud escrita del concesionario presentada con cinco (5) años de anticipación a la fecha de vencimiento y con sujeción al, reglamento pertinente.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones autorizará las renovaciones de títulos habilitantes para la prestación de servicios portadores.

**Art.8.-**Los contratos de concesión de servicios portadores celebrados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones pueden legalmente terminar por las siguientes causas:

- a. Cumplimiento del plazo contractual, si éste no ha sido renovado de conformidad con el procedimiento del reglamento general a la ley. En este caso la terminación operará sin formalidad alguna;
- b. Mutuo acuerdo de las partes, siempre que no se afecte a terceros, previo informe de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;
- c. Terminación del contrato judicialmente declarada;
- d. Sentencia judicial ejecutoriada que declare la nulidad del contrato; y,
- e. Declaración unilateral de terminación anticipada del contrato por parte del Consejo Nacional de Telecomunicaciones en caso de incumplimiento por parte del concesionario.

**Art.9.-Terminación por mutuo acuerdo.-** El contrato se podrá dar por terminado de mutuo acuerdo, cuando por circunstancias imprevistas, técnicas, económicas o causas de fuerza mayor o caso fortuito debidamente justificados ante el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, no fuere posible ejecutar total o parcialmente el contrato. Las partes podrán, por mutuo acuerdo, convenir en la extinción de todas las obligaciones contractuales, en el estado de ejecución en que se encuentren. La voluntad del concesionario deberá ser expresada mediante solicitud escrita.

**Art. 10.- Terminación unilateral.-** Previo informe de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones podrá declarar terminado anticipada y unilateralmente el contrato, en los siguientes casos:

- a. Por disolución o liquidación de la persona jurídica concesionaria;
- b. Quiebra o insolvencia del concesionario;
- c. Incumplimiento de los plazos establecidos en el contrato, respecto a la operación e instalación del servicio;
- d. Mora en el pago a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones o a la Superintendencia de Telecomunicaciones, de acuerdo a su competencia, por más de noventa (90) días de las obligaciones económicas correspondientes;
- e. Por traspasar, ceder, arrendar o enajenar total o parcialmente a terceras personas, los derechos establecidos en el contrato, sin previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, respaldada por el informe técnico emitido para el efecto por la Superintendencia de Telecomunicaciones;
- f. Por cualquiera de las causales establecidas en el contrato de concesión; y,
- g. Por imposición definitiva de la sanción de cancelación de la concesión de acuerdo a lo establecido en la ley.

**Art. 11.-** Una vez verificada una causal de terminación unilateral de contrato, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones notificará al concesionario sobre la causal o causales que originan la terminación y sobre la decisión de dar por terminado el contrato unilateralmente. Con la notificación se adjuntarán los informes o resoluciones de los organismos pertinentes que verifiquen que el concesionario ha incurrido en una de las causales previstas en el artículo precedente. Luego de transcurrido el plazo que se señale en la notificación, con o sin la contestación del concesionario, se remitirá el expediente al Consejo Nacional de Telecomunicaciones para la resolución correspondiente. En caso de que la resolución sea de terminación unilateral de la concesión, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, de acuerdo a los procedimientos constantes en el instructivo interno, procederá a la ejecución de un plan de transferencia de usuarios a otros concesionarios, para mantener la continuidad del servicio.

### **Capítulo III**

## **DE LA TRAMITACIÓN DE LAS SOLICITUDES DE CONCESIÓN**

**Art. 12.-**El solicitante de una concesión para la prestación de servicios portadores deberá presentar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones una petición acompañada con la siguiente información:

- a. Identificación y generales de ley del solicitante; en caso de que el solicitante sea una persona jurídica presentará la escritura de constitución y nombramiento del representante legal;
- b. Descripción del servicio propuesto;
- c. Proyecto técnico que describa la topología de la red, sus elementos, equipos, su localización geográfica y la demostración de su capacidad;
- d. Plan mínimo de inversiones;
- e. La identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios;
- f. Determinación de los puntos de interconexión requeridos;
- g. Informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas; y,
- h. En caso de solicitudes para renovación de títulos habilitantes deberá acompañarse una certificación de cumplimiento del objeto del contrato de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Toda la información anterior, salvo la descrita en las letras a), g) y h) será considerada confidencial.

En caso de que la prestación del servicio incluya el uso de espectro radioeléctrico, deberá solicitarse el título habilitante respectivo; y se tramitará conjuntamente con el correspondiente para la prestación de servicios portadores.

**Art. 13.-**Los procedimientos para el trámite de las concesiones seguirán lo dispuesto en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones.

### **Capítulo IV**

## **DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DEL SERVICIO**

**Art. 14.-** Los concesionarios de servicios portadores podrán ofrecer sus servicios a cualquier persona natural o jurídica que lo solicite.

La concesión de portadores no involucra la concesión para prestar otros servicios de telecomunicaciones en especial servicios finales.

Para la prestación de los servicios portadores y la consecuente transmisión de signos, señales, imágenes, voz y datos, entre puntos de terminación de una red definidos, los prestadores del servicio portador podrán usar uno o más segmentos de su propia red, uno o más segmentos de otras redes públicas conmutadas o no conmutadas y el alquiler de circuitos, para lo cual se suscribirá un acuerdo comercial entre las partes.

El medio a utilizarse en la transmisión podrá ser alámbrico o inalámbrico.

Los prestadores de servicios portadores podrán establecer las redes que se requieran para la prestación de servicios portadores. Estas serán redes públicas de telecomunicaciones.

**Art. 15.-** Los prestadores de servicios portadores estarán obligados a interconectar sus redes públicas de telecomunicaciones. De igual forma permitirán la conexión de los prestadores de servicios de reventa, servicios de valor agregado y redes privadas que lo soliciten. La interconexión y conexión se permitirán en condiciones de igualdad, no discriminación, neutralidad y de libre y leal competencia, a cambio de la debida retribución.

En estas mismas condiciones, los operadores de servicios portadores, tendrán derecho a la interconexión con otras redes públicas de telecomunicaciones.

Los prestadores de servicios portadores se encuentran obligados a determinar los puntos de interconexión de sus redes. La interconexión implicará el intercambio de tráfico entre los operadores interconectados, quienes deberán contar con los mecanismos necesarios para la medición del tráfico cursado y sus cargos se liquidarán de acuerdo a los convenios.

Las condiciones de interconexión o conexión entre redes de distintos operadores serán acordadas por las partes. En caso de que las partes no puedan llegar a acuerdos intervendrá la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones de conformidad con el reglamento correspondiente.

**Art. 16.-** El concesionario, para la prestación de servicios portadores, deberá garantizar la privacidad y confidencialidad del contenido de la información que se curse a través de sus redes.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones dictará normas técnicas de general aplicación y parámetros de calidad de cumplimiento obligatorio que formarán parte de los correspondientes títulos habilitantes.

**Art. 17.-** Cuando la construcción de la red pública de telecomunicaciones para prestar servicios portadores requiera hacer uso de bienes públicos, será responsabilidad del concesionario tramitar ante las municipalidades y otros organismos o entidades, los respectivos permisos para la imposición de servidumbres.

**Art. 18.-** La Superintendencia de Telecomunicaciones designará representantes que asistan a las pruebas de puesta en servicio de la red del servicio portador con el objeto de comprobar que éstas se ajustan a las especificaciones técnicas establecidas en el contrato de concesión.

Las modificaciones y ampliaciones debidamente autorizadas se notificarán a Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones para el cumplimiento de las funciones de administración y control que les corresponden.

La Superintendencia de Telecomunicaciones podrá exigir modificaciones de las instalaciones y la repetición de pruebas de puesta en servicio, si demostrare que estas instalaciones o las condiciones de funcionamiento de la red, no se ajustan a dichas especificaciones técnicas.

El concesionario y la Superintendencia de Telecomunicaciones acordarán un cronograma de cumplimiento obligatorio para la realización de las pruebas, previa a la suscripción del acta de puesta en funcionamiento, como requisito para la operación comercial del servicio.



**Art. 19.-** Para los fines de control, el concesionario de servicios portadores entregará mensualmente a la Superintendencia de Telecomunicaciones la información para verificar la cabal operación de los servicios portadores concesionados, de acuerdo con el formato que se establezca para el efecto. Dicha información podrá ser exigida por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones cuando lo considere conveniente y en todo caso tendrá el carácter de confidencial.

Toda modificación o ampliación deberá ser notificada a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones por parte del concesionario de servicios portadores, para el registro correspondiente o, cuando sea necesario, para el otorgamiento de otro título habilitante.

**Art. 20.-** Los prestadores de servicios portadores deberán establecer y mantener sistemas de contabilidad de acuerdo con principios y normas de general aceptación.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones podrá solicitar al operador la presentación de los estados financieros auditados. De igual forma se podrá solicitar la desagregación de los mismos de conformidad con las normas que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones dicte para el efecto, para evitar la existencia de subsidios cruzados.

**Art. 21.-** La Superintendencia ejercerá el control de acuerdo a lo establecido en la ley, los reglamentos y los respectivos títulos habilitantes, y juzgará las infracciones con arreglo a lo establecido en la ley.

Los concesionarios deberán brindar a la Superintendencia las facilidades necesarias para la realización de las inspecciones y proporcionarle la información indispensable para los fines de las auditorías y control.

## **Capítulo V DE LOS DERECHOS DE CONCESIÓN Y LAS TARIFAS**

**Art. 22.-** Los derechos de concesión para los servicios portadores se determinarán de la siguiente manera:

1. Para servicios que se concesionan a través de procesos públicos competitivos, el valor se obtendrá como consecuencia de dicho proceso.
2. Para servicios que se concesionan directamente, el valor lo establecerá el Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

En todo caso los derechos de concesión deberán obtener un trato igualitario a todos los operadores para la prestación de servicios portadores, en condiciones equivalentes.

**Art. 23.-** Los costos de administración de contratos, registro, servicios de control y gestión serán retribuidos mediante derechos fijados por los organismos competentes, en función de los gastos que demanden dichas tareas para los organismos de administración y control.

**Art. 24.-** El pago de los derechos de concesión no exime al concesionario del pago de las tarifas por uso de frecuencias que establezca el Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

**Art. 25.-** Las tarifas para los servicios portadores serán reguladas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones cuando existan distorsiones a la libre competencia en un determinado mercado.

## **Capítulo VI**

### **DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL CONCESIONARIO Y DEL USUARIO**

**Art. 26.-** Derechos y obligaciones del usuario:

1. Solo podrán conectarse a la red equipos terminales de telecomunicaciones que tengan el correspondiente certificado de homologación de conformidad con el reglamento de homologación.
2. Las condiciones de la prestación de los servicios portadores incluyendo los derechos y obligaciones de los usuarios y del concesionario se harán constar en el respectivo contrato de concesión.
3. Las relaciones entre el concesionario y sus clientes se regirán por un contrato escrito el cual deberá contener los servicios ofrecidos, las normas de calidad y las condiciones económicas bajo las cuales se ofrecen, con sujeción a las normas de la Ley Orgánica de Defensa al Consumidor.

**Art. 27.-** Derechos y obligaciones del concesionario.

1. Los prestadores de servicios portadores tienen el derecho a la aplicación del principio de trato igualitario, no discriminatorio, neutral y de libre y leal competencia.
2. Disponer de los medios técnicos necesarios que garanticen el secreto del contenido de las telecomunicaciones.
3. Proveer sus servicios en un plazo razonable, siempre que fuere técnica y económicamente posible.
4. El plazo máximo de inicio de operaciones de los servicios concesionados será de 360 días contados a partir del día siguiente al del otorgamiento de los títulos habilitantes. De incumplirse este plazo se procederá con la terminación unilateral del contrato.

**Art. 28.-** Los prestadores de servicios portadores deberán instalar equipos que garanticen los parámetros mínimos de calidad que consten en el contrato de concesión y continuidad del servicio, de acuerdo a la naturaleza de la concesión.

Las redes de telecomunicaciones de los prestadores de servicios portadores tendrán una arquitectura abierta.

La prestación de servicios sin el título habilitante correspondiente acarreará la sanción establecida por la legislación vigente.

## **Capítulo VII**

### **PRÁCTICAS EN CONTRA DE LA LIBRE COMPETENCIA**

**Art. 29.-** La competencia desleal y las prácticas que afecten la libre competencia serán sancionadas de conformidad a la ley.

## **DISPOSICIONES FINALES**

**Disposición Primera.-** La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones procederá, a la elaboración de la Norma Técnica y de Calidad del Servicio para la prestación de los servicios portadores, que se incluirá en los contratos de concesión.

**Disposición Segunda.-** El Reglamento para la Prestación de Servicios Portadores contenido en la Resolución del Consejo Nacional de Telecomunicaciones No. 84-20-CONATEL-96, Registro Oficial No. S-1008; 10 de agosto 1996 queda derogado a partir de la fecha de entrada en vigencia de este reglamento.

**Disposición Tercera.-** En el caso de que los actuales operadores de servicios portadores readecuen sus contratos al presente reglamento se respetarán los derechos adquiridos por las partes.

**Disposición Cuarta.-** El presente reglamento entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

### **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**Disposición Única.-** En cumplimiento de lo dispuesto en la disposición transitoria primera del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial 404 de 4 de septiembre del 2001, el acceso a la red de internet podrá realizarse a través de los servicios portadores, debidamente concesionados, por cualquier medio, tecnología de transmisión y protocolo.

Dado en Quito, 19 de Septiembre del 2001.

### **FUENTES DE LA PRESENTE EDICIÓN DEL REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PORTADORES**

1.- Resolución 388-14 CONATEL-2001 (Registro Oficial 426, 4-X-2001).

Fuente: FIEL Magister 7.1 (c). Derechos Reservados. 2004.

<http://www.edicioneslegales.com/>

Esta versión de la norma legal no equivale ni sustituye o reemplaza a la publicada en el Registro Oficial Ecuatoriano, por lo tanto el usuario asume bajo su entera responsabilidad el uso de esta información.