



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED GPON PARA BRINDAR
SERVICIOS DE INTERNET Y TELEFONÍA FIJA EN EL SECTOR
“LOTIZACION INDUSTRIAL PASCUALES” UBICADA EN EL KM
16 ½ VÍA DAULE EN GUAYAQUIL”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

LISSETTE CAROLINA NIVELÓ ROMO
PEDRO EUFELIX SOLÍS PINCAY

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y fortaleza para culminar esta etapa.

A mis padres Wilson y Elizabeth por todo el apoyo necesario y el amor para mantenerme firme y fuerte.

A mis hermanas Geanella y Antonella quienes ven en mí un ejemplo de lucha y perseverancia.

A mis amigos queridos y a mi novio Adriano que han sido mi familia en esta ciudad y han estado a mi lado incondicionalmente.

A mi amigo Pedro por compartir conmigo este proyecto con mucha dedicación y esfuerzo.

Carolina Niveló Romo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de culminar con éxito este proyecto.

A mis Padres ISRAEL Y NELLY por el apoyo constante en todo este proceso importante para mí y ser parte de la culminación de una etapa más en mi vida.

A mis amigos y familiares que de un modo u otro me han ayudado sobre todo a mi amiga y compañera de proyecto Carolina Niveló que gracias a su apoyo hemos podido salir adelante.

Pedro Solís Pincay

DEDICATORIA

A mis padres que me han enseñado a perseverar y conseguir todo lo que me proponga.

A mis amigos y a mi novio que han compartido conmigo esta hermosa travesía y la satisfacción de llegar a la meta.

Al Voluntariado Universitario ESPOL y a la Rama Estudiantil IEEE – ESPOL por forjarme y contribuir en mi crecimiento personal.

A mi Dios y a mi Virgencita María Inmaculada porque junto a ellos todo es posible.

Carolina Niveló Romo

DEDICATORIA

Ante todo a Dios, que en todo momento de una u otra forma percibimos su apoyo incondicional.

A mi mamá Nelly por siempre darme ánimos en todo momento, ha sido un pilar fundamental en mi vida, aconsejándome y guiándome por el buen camino.

A mi papá Isael, hermanos y amigos cercanos que han estado junto a mí brindándome su confianza y fuerzas para seguir adelante durante el desarrollo de este proyecto.

Pedro Solís Pincay

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



MSc. Edison del Rosario

PROFESOR EVALUADOR

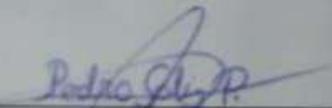


MSc. José Miguel Menéndez

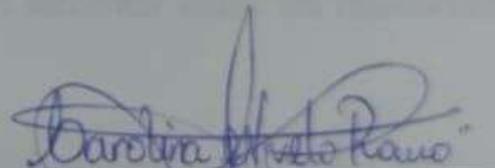
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la auditoría del contenido de este Trabajo de Titulación nos corresponden exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Pedro Solís Pincay



Carolina Niveló Romo

RESUMEN

Actualmente en nuestro país, la capacidad para brindar servicios de telecomunicaciones en su mayoría se encuentra implementada con tecnología basada en cobre, ya sea cable coaxial o cable par trenzado. Tomando en cuenta las diversas limitaciones que producen este tipo de tecnologías, ya sean limitaciones en el ancho de banda que impiden el crecimiento de las redes y de servicios de telecomunicaciones a futuro.

El presente proyecto tiene como objetivo realizar el análisis y diseño de una red G-PON o red óptica pasiva con capacidad de Gigabit en la zona industria “Lotización Industrial Pascuales” de la ciudad de Guayaquil, tanto de forma técnica, económica y regulatoria para poder realizar la evaluación de rentabilidad y ventajas de la misma para su futura implementación y de este modo solventar todas las necesidades del sector en estudio.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	vi
DECLARACIÓN EXPRESA	vii
RESUMEN	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
CAPÍTULO 1	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivo General.....	2
1.4 Objetivos Específicos	3
1.5 Alcance del Proyecto	3
1.6 Limitaciones del Proyecto.....	3
1.7 Ingresos Proyectados	4
1.8 Proyección de la Capacidad de Transmisión.....	12
1.9 ARPU.....	12
CAPÍTULO 2.....	14
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	14
2.1 Fibra Óptica	14
2.1.1 Tipos de Fibra Óptica	15
2.1.1.1 Fibras Monomodo	15
2.1.1.2 Fibras Multimodo.....	16

2.2	Redes y Tecnologías de Acceso	18
2.2.1	Clasificación de la Red de Acceso	19
2.2.1.1	Redes HFC.....	19
2.2.1.2	Redes PON	20
2.3	Redes G-PON.....	21
2.3.1	Fundamentos Básicos de las Redes G-PON	22
2.3.2	Estructura de una Red G-PON.....	22
2.3.2.1	OLT	23
2.3.2.2	ODF.....	24
2.3.2.3	ODN	25
2.3.2.4	ONU	25
2.3.3	Canalización de la Infraestructura.....	26
2.3.3.1	Multiplexación de Datos	26
2.3.4	Asignación de Ancho de Banda de una red G-PON.....	28
CAPÍTULO 3.....		29
3.	IMPLEMENTACION DE LA RED G-PON.....	29
3.1	Parámetros de Diseño	29
3.1.1	Escalabilidad de la red	30
3.1.2	Eficiencia de la Red.....	30
3.1.3	Marco Regulatorio	31

3.1.4	Normas para el tendido de Fibra Óptica.....	31
3.2	Área de Cobertura de la Red.....	35
3.2.1	Sectorización.....	35
3.2.2	Datos del sector	37
3.3	Diseño de la Red	40
3.3.1	Elementos de la red G-PON.....	41
3.3.2	Nodo.....	41
3.3.3	Topología de la red propuesta	42
3.3.4	Ruta de Conexión.....	43
3.3.5	Diseño Zonal de la Red.....	44
3.3.6	Pérdidas	48
3.3.6.1	Parámetros de Perdidas.....	48
3.3.6.2	Cálculo de Pérdidas y Rendimiento del Sistema.....	50
CAPÍTULO 4.....		52
4.	ANALISIS ECONOMICO.....	52
4.1	Demanda	52
4.2	Inversión Inicial.....	53
4.2.1	Componentes de la red	53
4.2.1.1	Equipos de Cabecera.....	53
4.2.1.2	Elementos de Red Troncal.....	54
4.2.1.3	Equipos del Nodo Central G-PON.....	54

4.2.1.4 Elementos de la Red de Distribución	55
4.2.2. Mano de Obra	57
4.2.3 Total de Inversión	57
4.3 Planes Telefonía Fija y Servicio de Datos	58
4.3.1 Telefonía Fija Corporativa por Fibra Óptica.....	58
4.3.2 Planes Servicios de Datos.....	58
4.3.2.1 Plan 1 Internet Pymes.....	58
4.3.2.2 Plan 2 Internet Corporativo	58
4.3.2.3 Plan 3 Data Center.....	59
4.4 Ingresos.....	59
4.4.1 Ingresos Servicios de Voz	59
4.4.2 Ingresos Servicios de Datos.....	60
4.4.3 Total Ingresos Proyectados.....	61
4.5 Tiempos de Ejecución del Proyecto.....	62
4.6 Gastos del Proyecto	63
4.7 Rentabilidad del Proyecto.....	65
4.7.1 Cálculo del Valor Actual Neto.....	66
4.7.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno	66
4.7.3 ¿Es viable el proyecto?	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67

BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	71

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1 Antecedentes

Con el transcurso del tiempo las redes de telecomunicaciones han ido innovándose según los requerimientos que se van presentando acorde a las necesidades de los usuarios. El sector Vía Daule es uno de los sectores más importantes en la urbe de Guayaquil ya que representa a una de las áreas industriales con mayor crecimiento futuro a nivel de infraestructura, lo cual es un motivo para garantizar que los servicios de telecomunicaciones con los que cuentan sean los ideales para poder solventar las necesidades que vayan presentando en su día a día.

Exactamente nos hemos localizado en el sector "Lotización Industrial Pascuales" ubicado en el kilómetro 16.5 de la Vía Daule, lugar en el que se encuentran concentradas la gran mayoría de industrias que aportan con grandes cifras económicas al desarrollo de nuestro país.

Dado que el sector es de gran interés comercial, el servicio requerido debe ser el mejor entre las tecnologías disponibles, es por este motivo que se lleva a cabo este estudio para poder analizar y comparar las diferentes gamas de nuevas tecnologías que existen en nuestro entorno.

Principalmente analizar la viabilidad de la implementación de redes PON (Passive Optical Network), de manera que esta tecnología cubra las falencias de las redes ya existentes y así brindar un mejor servicio al sector comercial abarcados dentro de nuestra área de estudio.

1.2 Justificación

Desde el punto de vista competitivo de las empresas que se dedican a proveer los diferentes servicios de telecomunicaciones tales como datos, internet, telefonía y televisión digital; surge la necesidad de brindar una alternativa que cumpla con los más altos estándares de comunicación y transmisión de datos.

Según datos estadísticos realizados por Cisco en Latino América, establecen que para el 2019 las proyecciones de conexión de ancho de banda estarían alrededor de:

- El 53% de las conexiones de banda ancha serán más rápidas que 5 Mbps, superando el 43% actual.
- El 33% de las conexiones de banda ancha serán más rápidas que 10 Mbps, superando el 27% actual.
- Y el 9.7% de las conexiones de banda ancha serán más rápidas que 50 Mbps, superando el 3.8% actual [1].

Debido a la baja calidad del servicio de internet y telefonía fija de las redes implementadas en cobre y brindadas por parte de las principales compañías ecuatorianas de telecomunicaciones, hemos encontrado la necesidad de realizar un análisis sobre la implementación de redes PON en el sector industrial de la ciudad de Guayaquil, ya que constantemente nos encontramos en un proceso de cambio y la tecnología se encuentra evolucionando constantemente dependiendo de las necesidades y la demanda de los usuarios.

Hoy en día la implementación de fibra óptica está en todo su apogeo dentro de nuestro país, dispone de una excelente calidad de servicio; sin embargo son limitadas las compañías que brindan los servicios de telecomunicaciones fijas mediante el uso de esta tecnología.

La finalidad del estudio de la implementación de redes PON es mejorar la baja calidad del servicio de internet y telefonía fija, brindar la opción al poder trabajar con una tecnología escalable y adaptable a los constantes cambios y avances tecnológicos, además de poder gozar de velocidades de transmisión mucho más altas a las que actualmente poseen las redes de cobre y minimizar la obsolescencia de esta inversión.

1.3 Objetivo General

Realizar el análisis y diseño de la implementación de redes con tecnología G-PON en el sector "Lotización industrial Pascuales" ubicado en el km 16.5 vía

Daule en la ciudad de Guayaquil analizando su factibilidad y viabilidad técnica y económica.

1.4 Objetivos Específicos

- Realizar la evaluación técnica para la implementación de una red G-PON para la provisión de los servicios múltiples de telecomunicaciones.
- Realizar la evaluación económica para la implementación de una red G-PON para la provisión de los servicios múltiples de telecomunicaciones
- Proponer un diseño óptimo de una red G-PON en el sector "Lotización Industrial Pascuales".

1.5 Alcance del Proyecto

Este proyecto se encuentra enfocado principalmente en realizar el análisis y diseño de la implementación de redes G-PON realizando inicialmente un análisis técnico, comercial y económico; para de esta manera poder brindar tecnología de punta que vaya acorde con los constantes avances que se presentan en nuestro medio.

Como muestra para realizar este estudio se ha considerado la zona industrial de la ciudad de Guayaquil, debido a que la densidad poblacional de empresas en este sector es muy alta. Específicamente hemos escogido el sector "Lotización Industrial Pascuales", el cual cuenta con un gran número de industrias los cuales serían nuestros principales clientes potenciales para poder realizar una futura implementación de tecnologías a base de fibra óptica, lo cual conlleva a cumplir con los más altos estándares de comunicación.

Además cabe recalcar que la Vía Daule es una zona en constante crecimiento lo cual permitiría expandir el servicio a clientes residenciales los cuales podrán acceder a los diferentes servicios que se puedan proveer mediante una red de nueva generación.

1.6 Limitaciones del Proyecto

Tal y como se ha indicado nuestro proyecto analiza la implementación de redes G-PON en la zona industrial de la ciudad de Guayaquil, específicamente analizamos el sector "Lotización Industrial Pascuales" ubicado en el kilómetro

16.5 Vía Daule, en el cual encontramos una amplia lista de empresas e industrias que serían nuestros potenciales clientes corporativos.

Debemos resaltar que para la realización de este análisis no se consideró tomar en cuenta a la población residencial aledaña a este sector, sin embargo debido a la capacidad limitante de los equipos y los medios económicos para brindar un ancho de banda que satisfaga a los clientes empresariales, se opta por separar a esta población para que se proceda a realizar un estudio posterior que pueda brindar los diferentes servicios de telecomunicaciones y en un futuro llegar a otros sectores vecinos.

1.7 Ingresos Proyectados

Dentro del sector "Lotización Industrial Pascuales" se visualiza la presencia de 31 empresas muy importantes, las cuales son nuestros principales clientes potenciales para poder brindar los servicios de voz y datos. Nuestro cliente potencial más importante es Cervecería Nacional debido al tamaño de su industria, razón por la cual se debería brindar un servicio de mejor calidad.

CLIENTES		SERVICIO VOZ	SERVICIO DATOS		
		# OFICINAS	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
1	Cervecería Nacional	50			1
2	Ferremundo	40			1
3	Inalecsa	40			1
4	Santos CMI	30			1
5	Big Cola	20	1		
6	Factory Tech	20	1		
7	Licosa	15	1		
8	Centro Acero	15		1	
9	Sidermet	15	1		
10	Mafrico	15		1	
11	Dermigon S.A.	15			1
12	Prodal Cia. Ltda	15			1
13	Empresa Intaco	15			1
14	Diversay S.A.	14			1
15	Pinturas Ultra	12		1	
16	Bagant	12			1
17	Tevcol S.A	12			1
18	Enatin	10	1		
19	Imeteco	10	1		
20	Inproel	10		1	
21	Bodegas Mabe	10			1
22	Elecdor S.A.	10		1	
23	Expotuna S.A.	10		1	
24	Pinturas Unidas S.A.	10			1
25	Inemca CA	7			1
26	Alumina S.A.	7			1
27	Subestación Eléctrica Pasc.	5		1	
28	Bodegas Bagant	5	1		
29	Faccrom S.A.	5	1		
30	Ecuatoriana de Radiadores	5		1	
31	Bloquera Vipresa	3	1		
TOTAL		462	9	8	14

Tabla 1: Estimación y Segmentación de Clientes y Servicios

Para obtener nuestro análisis económico se realiza una estimación de la demanda de servicios por parte del conjunto de empresas que se encuentran en este sector, categorizando el tipo de servicio que recibirán y determinar un mayor ancho de banda según el orden jerárquico de nuestros clientes, tomando como criterio fundamental el punto de vista del operador proveedor de los servicios de telecomunicaciones, con lo cual se podrá determinar la viabilidad de la implementación de nuevas tecnologías.

A continuación se muestra en la Tabla 2 las variables usadas para la estimación del número de activaciones del servicio de voz que se realizarán al mes, teniendo en cuenta que estas activaciones podrán realizarse vía remota sin la necesidad de la visita de un técnico hasta la empresa.

VARIABLES DE ESTIMACIÓN PARA ACTIVACIONES DEL SERVICIO DE VOZ POR MES	
Días hábiles en mes	20 días
Horas jornada	8 horas
Capacidad por día	6 al día
Activaciones por mes (días hábiles * capacidad por día)	120 al mes

Tabla 2: Variables de Estimación para Activaciones del Servicio de Voz

Igualmente se estima para las instalaciones del servicio de datos realizadas al mes, un total de seis instalaciones.

En la Tabla 3 se muestra un resumen de las variables de análisis usadas para la estimación de los ingresos proyectados en base a los servicios planificados. Además para la implementación de la red de fibra óptica que pueda brindar dichos servicios dentro de nuestro sector de estudio planificamos llegar a un total de 31 empresas, de las cuales se estima tienen un total de 462 oficinas; lo que significa la activación de 462 usuarios para el servicio de voz y por consiguiente la instalación del servicio datos a las 31 empresas.

Empresas del Sector	Estimación de Oficinas	Activación Servicios de Voz por Mes	Instalación de Servicios de Datos por mes
31	462	120	6

Tabla 3: Variables de Análisis

Las referencias de precios usados en este análisis se basaron en la operadora estatal CNT EP, los cuales se los puede encontrar en su página web www.cnt.gob.ec visitada en el mes de Mayo 2015. Los valores mostrados son referidos por mes.

TELEFONIA FIJA	
Pensión Básica	12,00
Servicio Promedio	15,99
Servicio Centrex	1,50
Servicio1800	30,00

Tabla 4: Referencias de precios para el servicio de voz [2]

DATOS	
Plan 1 (Internet Pymes)	45,00
Plan 2 (Internet Corporativo)	149,50
Plan 3 (Data Center)	435,00

Tabla 5: Referencias de precios para el servicio de Internet [2]

TV	
Plan 1 (Promoción HD)	15,00
Plan 2 (Plan Masivo HD)	26,00
Plan 3 (Plan Fox + HD)	39,00

Tabla 6 Referencias de precios para el servicio de Tv [2]

Ingresos Proyectados Servicio de telefonía fija (VOZ).

En la siguiente tabla 7 se muestran los valores de ingreso por el servicio de voz en los primeros 5 años, teniendo en cuenta que el valor de instalación es de \$60, además de los parámetros antes mencionados como lo son la pensión básica, el servicio promedio, el servicio centrex y el servicio 1800.

Año	Total de Ingreso
1	176.972,22
2	168.892,56
3	168.892,56
4	168.892,56
5	168.892,56
Total	852.542,46

Tabla 7 Ingresos proyectados a 5 años para el servicio de voz

El valor de \$852.542,46 es el estimado total en los primeros 5 años de recaudación por el servicio de voz, este valor se ha calculado para las 462 oficinas ubicadas en las diferentes empresas que están dentro de nuestra área de estudio.

Partiendo del segundo año con valor \$168.892,56 calcularemos la cifra mensual promedio de ingresos, debido a que empezando desde ese año los ingresos anuales se estabilizan, dando el valor mensual de \$14.074,38 como observamos en la Tabla 8.

Ingreso año 2	Ingreso promedio mensual
168.892,56	14.074,38

Tabla 8 Ingreso promedio mensual para el servicio de voz

Ingresos Proyectados Servicio Datos (INTERNET).

En la tabla 9 se muestra los ingresos por los primeros cinco años del servicio de datos corporativo dependiendo del tipo de plan, asumiendo la segmentación por el servicio de datos la realizamos de esta manera:

- En el plan tipo 3 están las empresas más representativas con un total de 14.
- En el plan tipo 2 están las empresas medianas con un total de 8.
- Por ultimo están las empresas recientes y con pocos ingresos que estarán dentro del plan tipo 1 que es el más económico con un total de 9 empresas.

Año	Total de ingresos
1	90.691,00
2	92.292,00
3	92.292,00
4	92.292,00
5	92.292,00
TOTAL	459.859,00

Tabla 9: Ingreso proyectados a 5 años para el servicio de datos

El valor de \$459.859,00 es el estimado de ingresos por los primeros 5 años de recaudación por el servicio de datos, este valor se ha calculado para las 31 empresas ubicadas dentro de nuestra área de estudio.

Partiendo del segundo año con valor \$92.292,00 calcularemos la cifra mensual promedio de ingresos, debido a que partiendo de ese año se regularizan los valores proyectados, dando como resultado el valor mensual de \$7.691,00 en la tabla 10.

Ingreso año 2	Ingreso promedio mensual
92.292,00	7.691,00

Tabla 10: Ingreso promedio mensual para el servicio de datos

Ingresos Proyectados Servicio TV.

Para el servicio de televisión no haremos un análisis exhaustivo debido al sector comercial en el que nos encontramos no sería factible brindar este tipo de servicios que serían más rentable en un área residencial por el potencial de entretenimiento que posee.

De igual manera para el cálculo de los ingresos por el servicio de tv, se estiman de las instalaciones del servicio de datos pero con un 50% menos de la demanda actual en la Tabla 11 se muestra los ingresos proyectados por los primeros cinco años de servicio de Tv.

Año	Total de ingresos
1	3.042,00
2	3.276,00
3	3.276,00
4	3.276,00
5	3.276,00
TOTAL	16.146,00

Tabla 11: Ingreso promedio mensual para el servicio de Tv

Los valores que se muestran en los ingresos por el servicio de Tv, son relativamente bajos, por lo que tendríamos un promedio mensual de ingreso por este servicio de \$273,00 usando el valor de ingreso desde el año dos donde se regulariza este valor para los demás años.

Ingreso año 2	Ingreso promedio mensual
3.276,00	273,00

Tabla 12: Ingreso promedio mensual para el servicio de Tv

En la siguiente Tabla 13 se mostrara un resumen de los servicios analizados durante los primeros 5 años.

CLIENTES COMERCIALES	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año
SERVICIOS DE VOZ	176.972,22	168.892,56	168.892,56	168.892,56	168.892,56
SERVICIOS DE DATOS	90.691,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00
SERVICIOS DE TV	3.042,00	3.276,00	3.276,00	3.276,00	3.276,00
FLUJO DE CAJA	270.705,22	264.460,56	264.460,56	264.460,56	264.460,56

Tabla 13: Ingreso promedio anual para los diferentes servicios

En la Figura 1.1 observamos que el servicio de televisión no es rentable y no genera ingresos de mayor cantidad como los demás servicios así que daremos por descartado este servicio. Debido a que nos centramos en un sector plenamente comercial, para el servicio de Voz y datos, existe mayor flujo de ingresos y estos valores se mantienen constante a partir del segundo año de facturación.

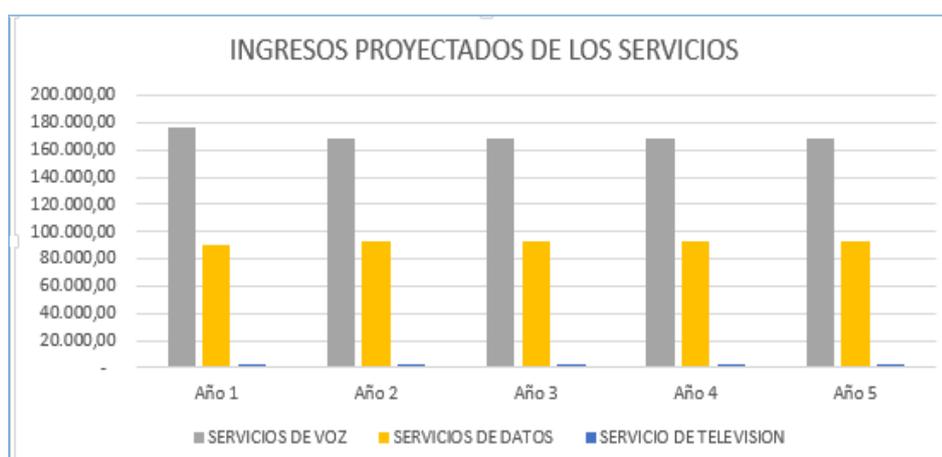


Figura 1.1: Ingresos proyectados sobre los servicios planificados.

1.8 Proyección de la Capacidad de Transmisión

Para la proyección de la capacidad de transmisión nos enfocaremos en el servicio de datos, el cual esta segmentado en 3 tipos: Básico, Medio, Premium con sus respectivas capacidades mostradas en el Anexo 6, dando una capacidad troncal total de 1.052,54 Mbps, asumiendo la compartición del canal 1:2 que reduce la capacidad a 526,27 Mbps.

Elegimos la velocidad de transmisión estándar de 155 Mbps (STM-1) de SDH (Synchronous Digital Hierarchy) que es un estándar internacional para las redes de telecomunicaciones de alta capacidad. En nuestro caso necesitaremos al menos tres STM-1, como se muestra en la Tabla 14.

Capacidad Troncal	1.052,54 Mbps
Canal compartido 1:2	526,27 Mbps
STM1	3,4

Tabla 14: Capacidad de transmisión

1.9 ARPU

Para poder tener una idea más clara del ingreso proyectado que se obtendrá realizando la implementación de una red G-PON para brindar los servicios de telecomunicaciones se procede a realizar el cálculo del ARPU (Ingreso Promedio por Usuario).

En la Tabla 15, se muestra el valor de ingreso medio anual y mensual por los servicios de voz y datos, estimados para un total de 31 empresas diferenciando tanto los puntos de activación del servicio de voz con un total de 462 para las 31 empresas y para el servicio de datos se mediría por la cantidad de empresas ubicadas en el sector.

Estos valores de ingreso son medidos por cada usuario y empresa respectivamente.

VALOR DEL ARPU	SERVICIO DE VOZ(Usuario)	SERVICIOS DE DATOS(Empresa)
ANUAL	265,59	2.966,83
MENSUAL	22,97	243,79

Tabla 15: ARPU mensual / anual de los servicios de Voz y Datos.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 Fibra Óptica

Las redes de fibra óptica han revolucionado el campo de las telecomunicaciones, debido a la gran demanda y necesidad por parte del usuario de adquirir servicios de gran calidad como: televisión, internet de alta velocidad y telefonía, para esto se requiere implementar redes de banda ancha, que permitan el transporte de estos servicios a un costos relativamente moderados.

Básicamente la fibra óptica está compuesta por una varilla delgada, flexible de vidrio o compuesta por otro material pero de índice de refracción muy alto.

FTTx conocido como (Fiber to the x), de donde se deriva una gama de fibra dependiendo del punto de terminación como se observa en la figura 2.1, a continuación citamos las más relevantes:

- FTTH (Fiber to the Home), fibra que llega hasta la casa u oficina del usuario.
- FTTC (Fiber to the Curb), fibra que termina en un punto de la calle, de donde se comenzara a distribuir a los usuarios por otros medios distintos como el cobre.
- FTTB (Fiber to the Building), fibra que termina en el edificio de los usuarios o en los alrededores del mismo.
- FTTN (Fiber to the Node), fibra que termina al llegar a un vecindario, a partir de ahí se usa otro medio para la distribución a sus usuarios.[3]

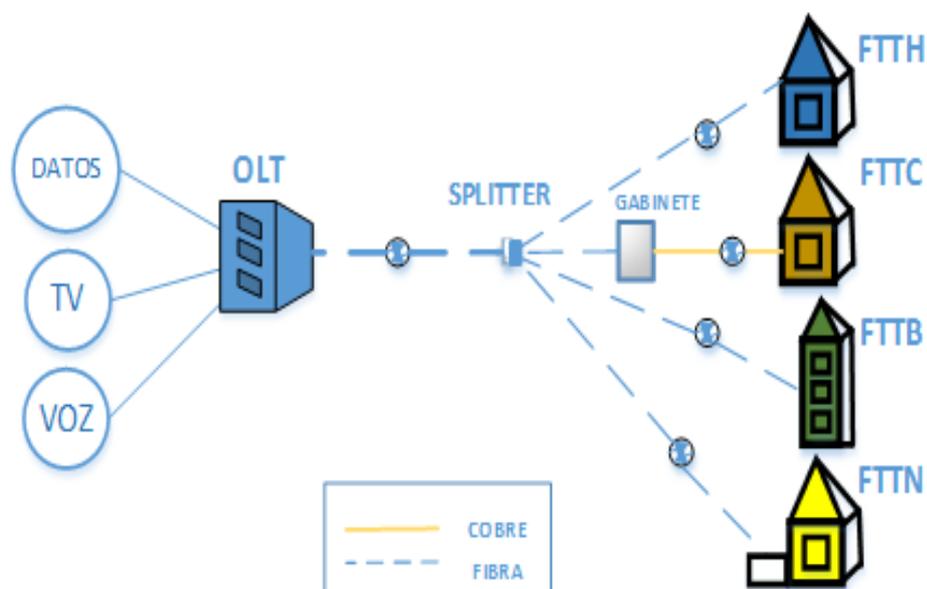


Figura 2.1: Red de fibra óptica dependiendo de la terminación.

2.1.1 Tipos de Fibra Óptica

Dependiendo del modo de propagación la fibra se clasifica en: monomodo y multimodo.

La referencia que se da al modo de propagación no es otra cosa que la dirección en la que viaja la luz a través del interior de la fibra. [4]

2.1.1.1 Fibras Monomodo

Una fibra monomodo, es aquella que solo propaga un modo de luz. Este tipo de fibras se obtienen reduciendo el diámetro del núcleo a $9\ \mu\text{m}$, la ventaja de este tipo de fibra es la capacidad que brinda para las altas transmisiones de datos a grandes distancias, ya que posee un ancho de banda aproximado a los $100\ \text{GHz/km}$ y como desventaja es lo complicado de su implementación en cualquier tipo de acoplamiento en la que se requiera utilizarla. [4]

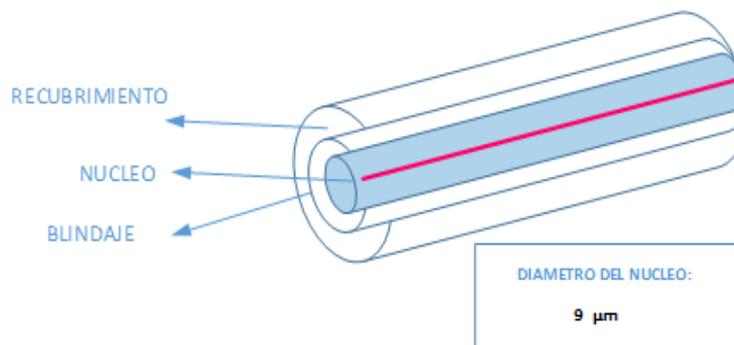


Figura 2.2: Fibra Monomodo

2.1.1.2 Fibras Multimodo

Una fibra multimodo como vemos en la figura 2.3, es aquella que propaga más de un modo de luz. Como ventaja es el costo en comparación a las fibras monomodos, pero como desventaja es que se limitan a distancias cortas alrededor de los 10 km. Este tipo de fibras se las clasifica según su índice de refracción en el núcleo, pueden ser: índice escalonado o de índice gradual. [4]

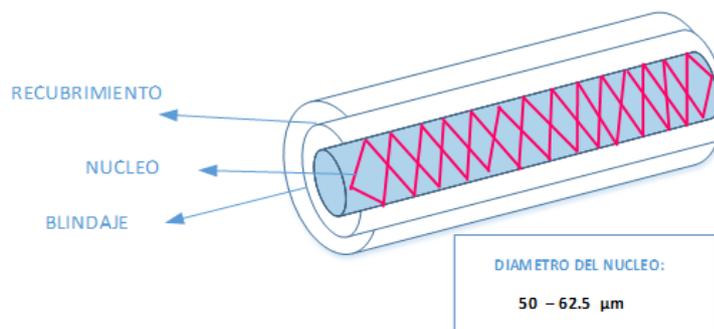


Figura 2.3: Fibra Multimodo

Las fibras multimodo de índice escalonado, son capaces de conducir los haces de luz consecutivamente y se reflejan con diversos ángulos sobre las paredes del núcleo, lo cual hace que viajen en distintas trayectoria y que alcancen diferentes distancias.

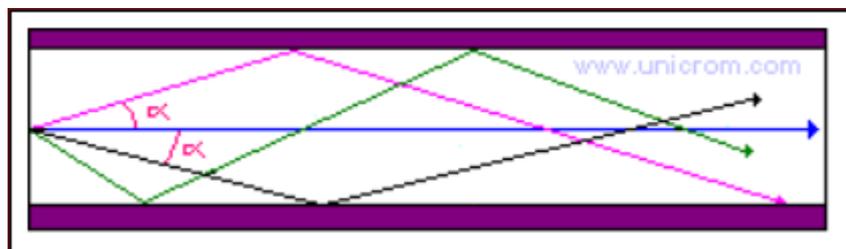


Figura 2.4: Propagación de una Fibra multimodo de índice escalonado [5]

Por otra parte las fibras multimodo de índice gradual, son capaces de refractar el haz de luz muchas veces, debido a que su núcleo está conformado por varias capas de materiales con diferentes índices de refracción. [4]

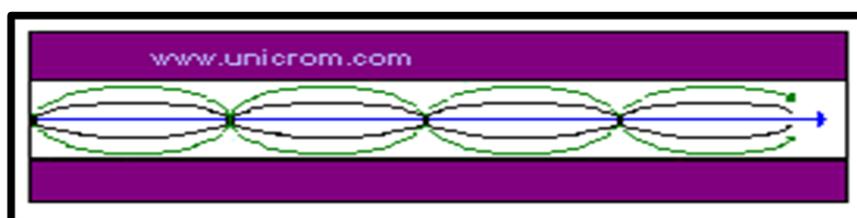


Figura 2.5: Propagación de una Fibra multimodo de índice gradual [5]

A continuación, compararemos mediante una tabla los tipos de fibra óptica antes mencionados mediante algunas características típicas de cada tipo de fibra óptica.

Características	Fibra Monomodo	Fibra Multimodo	
		Índice Escalonado	Índice Gradual
Ancho de Banda	100 GHz/ km	0.2 GHz/km	0.2 a 3 GHz/km
Propagación	Un modo se propaga por la fibra	Múltiples modos se propagan por la fibra	
Aplicaciones	Enlaces de Telecomunicaciones	Enlaces entre equipos	Troncales telefónicas
Diámetro del núcleo	2 a 78 μm	50 a 125 μm	50 a 125 μm
Costo	Elevado	Medio elevado	Poco elevado
Dispersión	Menor	Mayor	Mayor
Fuente Luminosa	Laser	Led o laser	Led o laser

Tabla 16: Algunas características de los tipos de fibra óptica

2.2 Redes y Tecnologías de Acceso

La parte más importante de una red de Telecomunicaciones, es la red de acceso con la cual se conecta los usuarios finales con la empresa proveedora de servicios.

La red de telecomunicaciones se clasifica en tres partes muy importantes que son:

- La red de acceso.
- La red troncal.
- La red de distribución.

La red de acceso como mencionamos anteriormente es la que une a las empresas que proporcionan los servicios a los usuarios finales, mientras que la red troncal es aquella que se encarga de transportar las señales a cualquier lugar que esté dentro del área de cobertura y por último la red de distribución es aquella donde se conmuta la información que se envía o recibe el usuario final.

2.2.1 Clasificación de la Red de Acceso

Las redes de acceso o también llamada red de última milla se dividen según el medio por el cual se transmiten:

- Red de acceso vía cobre.
- Red de acceso vía fibra óptica.
- Red de acceso inalámbrica.

Tradicionalmente en las Telecomunicaciones se comenzó a usar el cobre como elemento para formar un medio de transmisión de señales de voz, video y datos.

Las empresas operadoras de Telecomunicaciones usaban la tecnología DSL (Línea de Subscriptor Digital) para brindar servicios a los usuarios finales con mayor velocidad a través de la línea de red telefónica básica. Utilizando un modem que controlaba el envío y recepción de datos que luego pasaban por un splitter que permitía tanto el uso de servicios DSL y telefónico.

Las redes de acceso vía fibra óptica son aquellas que han ido evolucionando a través del tiempo hasta convertirse en una de las tecnologías más utilizadas porque permiten un mayor ancho de banda, además de su escalabilidad y costo de mantenimiento reducido en comparación a las redes de acceso de cobre.

2.2.1.1 Redes HFC

Este tipo de tecnología realiza la transportación de información hasta el nodo de distribución mediante el uso de fibra óptica para luego poder distribuirlo a los abonados mediante el uso de cable coaxial, lo cual lo convierte en una red híbrida.

Sin embargo el uso de las redes HFC (Hybrid Fibre Coaxial) requieren de un cuidado especial tanto en su operación como en su mantenimiento, debido a la cantidad de equipos que se deben mantener activos para poder brindar el servicio, equipos que debido

a la arquitectura de la red deben en su mayoría permanecer ubicados en los exteriores lo cual los convierte en equipos vulnerables debido a una gran cantidad de factores como las condiciones ambientales, descargas eléctricas fallas de la alimentación eléctrica de los equipos, robos, etc.

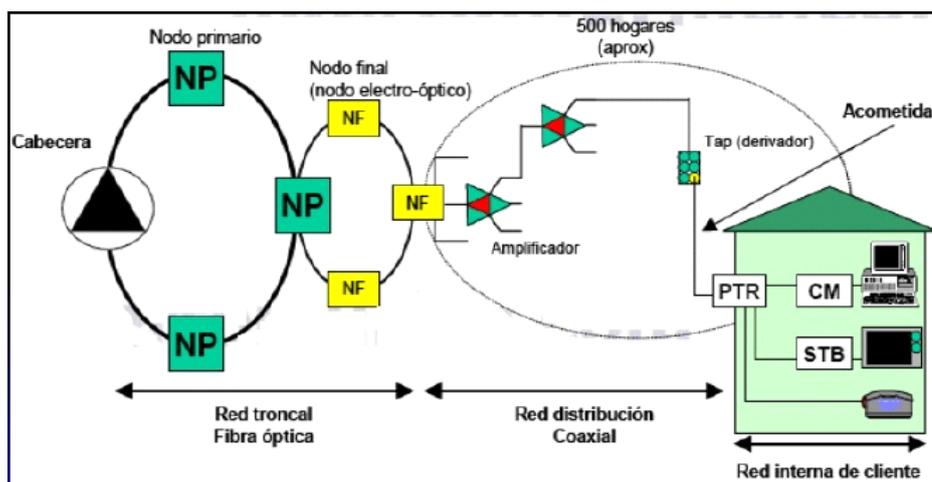


Figura 2.6: Topología de una red HFC [6]

2.2.1.2 Redes PON

Existen redes de fibra óptica clasificadas como activas o pasivas. Las redes pasivas poseen características de mayor rango que las activas desde el punto de vista de la capacidad y reducción de costo de operación, las redes PON es una de ellas que utiliza tecnología punto-multipunto, alcanzando distancias alrededor de 10 a 20 km.

Estas redes tienen una amplia gama de protocolos y estándares que son usados para clasificarlas.

En la siguiente tabla mostraremos una pequeña descripción de cada una de estos tipos de redes PON.

TIPO	ESTANDAR	CARACTERISTICAS RELEVANTES
APON	ITU-T G.893	*Transmisión basada en ATM (Asynchronous Transfer Mode). *Máxima tasa de 155 Mbps dividida entre ONUs. * Alcanza velocidades de hasta 622 Mbps
BPON	ITU-T G.983	* Basada en APON. * Da soporte a otros estándares de banda ancha. * Alcance máximo 20 km y posee radio de división máximo de 1:32.
EPON	IEEE 802.3ah	* Basada en la plataforma ETHERNET. * Máxima velocidad de trabajo de 1.25 Gbps. * Alcanza velocidades de hasta 622 Mbps. * Soporte TDM sobre paquetes.
G-PON	ITU-T G.984	* Transmisión basada en ATM. * Alcance máximo de 60 km (con 20 km de distancia máxima entre ONUs).
GEPON	IEEE 802.3ah	* Implementado sobre ETHERNET. * Posee características similares a la G-PON

Tabla 17: Descripción de los tipos de redes PON [4]

Debido a las características que poseen las redes G-PON se ha seleccionado sobre las demás tecnologías considerando la escalabilidad, el alcance máximo de la red.

2.3 Redes G-PON

Para nuestro estudio analizaremos un derivado de las redes PON, conocida como red G-PON, este tipo de red posee características importantes que necesitaremos para el desarrollo de este proyecto.

Con la aparición de esta nueva tecnología se busca brindar mayor ancho de banda, principalmente a los clientes corporativos, para quienes el servicio que poseen con tecnologías a base de cobre como lo son el cable coaxial Cable

Modem o ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) ha mostrado varias limitantes.

En el 2002 se presentó oficialmente la primera recomendación de G-PON, la ITU-T (Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union) G.984.1 ofreciendo mayor ancho de banda, hasta 2.488 Gbps, y una mayor eficiencia en el transporte de servicios basados en protocolo IP (Internet Protocol). A pesar de ser una tecnología que evolucionó notablemente, tenía el problema de la complejidad en sus componentes por lo cual hacerla comercial a corto plazo era hasta cierto punto imposible.

En el 2003 surge una nueva recomendación, la ITU-T G.984 a la cual conocemos como G-PON, en la que además de brindar soporte ATM, integra TDM (Time Division Multiplexing), SONET (Synchronous Optical Network) y Ethernet (10/100 Base T). [7]

2.3.1 Fundamentos Básicos de las Redes G-PON

Para cuando se empezó el estándar, se lo creó para que mediante un puerto podamos tener velocidades de hasta 1 Gigabit, es decir poder navegar a una velocidad de 1Gbps mediante un solo puerto. Antes con ADSL, ADSL+ tecnologías que usan el cobre como elemento de última milla lograron canales de datos de hasta 25 Mbps de ancho de banda. Al inicio G-PON comenzó con una velocidad de 1 Gbps por canal, hoy en día el estándar es 2,5 Gbps por puerto PON, lo que significa que con la tecnología G-PON el proveedor de servicio de datos o servicios de internet puede darnos un enlace de datos un enlace de internet de hasta 2.5 Gbps.

2.3.2 Estructura de una Red G-PON

La red G-PON está estructurada por varias secciones, las cuales interactúan directamente entre la empresa proveedora del servicio, el abonado o la empresa que se encuentra suscrita al servicio de transferencia de datos y la red física metropolitana desplegada.

Estas tres partes se encuentran estandarizadas con los nombres:

- OLT (Optical Line Termination)
- ODF (Optical Distribution Frame)
- ODN (Optical Distribution Network)
- ONU (Optical Networking Unit)

2.3.2.1 OLT

Denominado como Equipo Concentrador, la OLT provee enlaces de fibra óptica hacia la red del operador y hacia los usuarios, interconectando la red ODN con el proveedor de servicios y cumple con las funciones de conversión de señal eléctrica proveniente ya sea de una red MPLS (Multiprotocol Label Switching), del enlace WAN (Wide Area Network) a internet. Además coordina y sincroniza la multiplexación con los ONU (Optical Network Unit) que son los equipos finales de la red. Consta de varios puertos para líneas de la red G-PON, y cada uno de estos componentes soporta hasta 64 ONU. Aunque esto depende del proveedor, existen sistemas que pueden alojar hasta 7168 ONU's.

Los componentes de un equipo OLT son los siguientes:

- Chasis
- Tarjeta de ventiladores (fan tray)
- Alimentación Eléctrica
- Tarjetas de gestión y control
- Tarjetas de uplink (troncal)
- Tarjetas de servicios
- Tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía.

A continuación se muestra en la Figura 2.7 el equipo OLT Modelo ZXA10 C300 que usaremos en el diseño de la red.



Figura 2.7: Equipo OLT [8]

2.3.2.2 ODF

Denominado como Distribuidor de Fibra Óptica, debido a que es un elemento usado para la interconexión de la fibra óptica procedente de la OLT. Estos equipos facilitan la centralización y derivaciones de los cables de fibra óptica.

Una de las ventajas de estos equipos es que permite conectar una gran cantidad de cables de fibra óptica distribuyéndolos en espacios reducidos. Dependiendo de la característica del modelo del equipo, la ODF posee la capacidad de albergar hasta 2034 fibras, sin embargo este número puede ser variable. Como se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8: Equipo ODF [9]

2.3.2.3 ODN

Denominada como Red Óptica de Distribución, debido a que despliega la fibra óptica en el área metropolitana, de manera troncal como de acceso para ingresar a los inmuebles. La ODN es la red de fibra óptica existente entre la OLT y la ONU, se encuentra compuesta por los siguientes elementos:

- Cables de Fibra Óptica.
- Conectores y Empalmes.
- Elementos de distribución.
- Splitters.

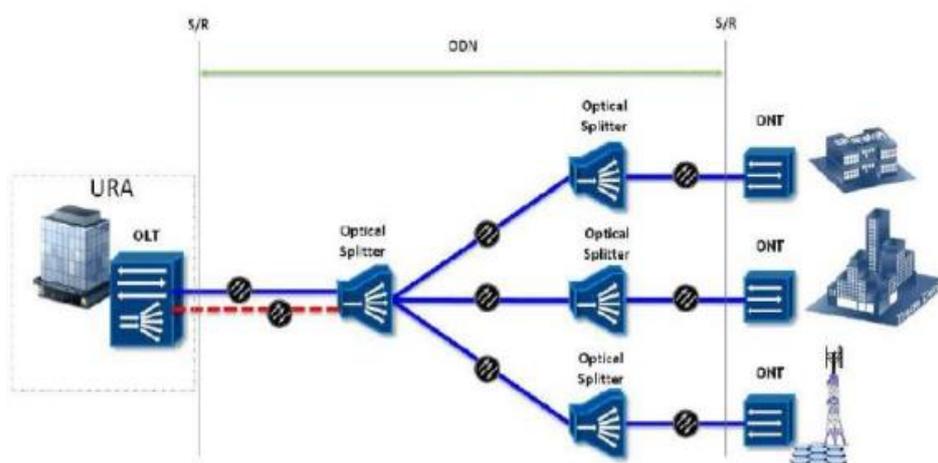


Figura 2.9: Diagrama ODN de una Red G-PON [10]

2.3.2.4 ONU

Denominado como Unidad Óptica de Red, el cual se interconecta entre la ODN y el usuario final. Se encarga de transportar los diferentes tipos de servicios como Voz IP, HDTV, entre otras, debido a la gran capacidad que soporta la red y el

equipo. La ONU es un terminal económico y de alto rendimiento, cumpliendo con un rol muy importante en la implementación de una red FTTx.

A continuación se muestra en la Figura 2.9 el equipo ONU Modelo ZXHN F600 que usaremos en el diseño de la red.



Figura 2.10: Equipo ONU [8]

2.3.3 Canalización de la Infraestructura

2.3.3.1 Multiplexación de Datos

El principio básico de G-PON es la utilización de la multiplexación por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM), lo cual facilita la comunicación bidireccional sobre una sola fibra.

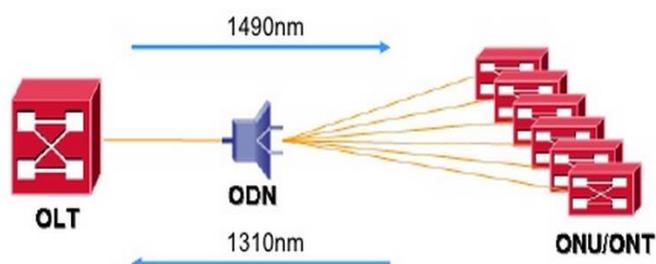


Figura 2.11: Multiplexacion [11]

Esto quiere decir que la OLT envía los paquetes a la ONU en la longitud de onda de 1490nm mientras que la ONU a la OLT transmite paquetes en la longitud de onda de 1310nm.

Para dividir las señales tanto de subida y bajada para múltiples usuarios en una sola fibra, la red G-PON adopta los siguientes mecanismos para la multiplexación:

- Downstream, la transmisión de los paquetes de datos se la realiza en broadcast, este mecanismo también es conocido como dirección de bajada.
- Upstream, la transmisión de los paquetes de datos es realizada mediante TDMA (Time Division Multiplexing Access), este mecanismo también es conocido como dirección de subida.

Downstream (Modo Broadcast)

La OLT envía el paquete número uno a la ONU número uno que es su destinatario, es decir en el modo broadcast la OLT envía el paquete uno a todas las ONU que están conectadas a ese puerto. Pero solo el destinatario que lleva un encabezado de este paquete es decir al cual está señalado como destinatario va a interpretar este paquete y va a dejar pasarlo.

Upstream (Modo TDMA)

El paquete número uno es transmitido por la ONU número uno, entonces por división de tiempo el paquete que es enviado primero va a llegar primero a la OLT y así sucesivamente con el resto de paquetes que sean enviados por el resto de ONUs.

2.3.4 Asignación de Ancho de Banda de una red G-PON

En comparación con el ancho de banda asignado de manera estática, DBA (*Dynamic Bandwidth Assignment*) mejora la utilización del ancho de banda ascendente ya que se adapta a los patrones de tráfico de las ONUs, haciendo que el ancho de banda sea más eficiente y dando beneficios como la posibilidad de agregar una mayor cantidad de usuarios.

Este método posee dos modos de operación [12]:

- SR (Status Reporting)- DBA: Constantemente recopila información de los reportes DBA y enviando el resultado del algoritmo que se obtiene en la forma de BW Map a las ONUs.

Fundamentado en BW Map, cada ONU se encarga de enviar datos de manera ascendente en slots de tiempo a sí mismo, siendo esta la manera en cómo se utiliza el ancho de banda ascendente.
- NSR (Non Status Reporting)-DBA: Predice el ancho de banda que se asigna a cada ONU basándose en el tráfico desde las ONUs sin hacer uso de los reportes generados por ellas.
 - Paso 1: Se encarga de monitorear la cantidad de paquetes de datos que recibe la OLT dentro de un intervalo de tiempo específico.
 - Paso 2: Se procede a usar el resultado real obtenido en el monitoreo del paso 1 para proceder a calcular la tasa de utilización.
 - Paso 3: Se reconoce el estado de congestión, realizando una comparación de la tasa de utilización con los respectivos límites específicos.

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACION DE LA RED G-PON.

En este capítulo se realiza el estudio para ofrecer los servicios de telecomunicaciones mediante el diseño de la red G-PON sobre el sector de la Lotización Industrial Pascuales en la ciudad de Guayaquil.

Con esto se pretende obtener un mayor provecho de la red, buscando ventajas sobre la competencia, considerando que los usuarios finales buscan empresas que brinden servicios de calidad y sobre todo a costos reducidos. Mediante el uso de cables de fibra se añade a la red mayor seguridad, mayor ancho de banda y reducción de fallas de servicio.

La red propuesta en este proyecto considera los parámetros y tasas de transmisiones estipuladas en la norma ITU-T G.984.3 para la red G-PON.

PARAMETROS		
Máxima distancia lógica	60 km	
Máxima distancia física	20 km	
Relación de Splitter	1:64 hasta 1:128	
TASAS DE TRANSMISION	SUBIDA	BAJADA
Asimétrico	1.24416 Gbps	2.48832 Gbps
Simétrico	2.48832 Gbps	2.48832 Gbps

Tabla 18: Parámetros de una red G-PON [12]

3.1 Parámetros de Diseño

Para realizar el diseño de la red óptica pasiva tomaremos en cuenta que el área analizada ya dispone de servicios con otros tipos de tecnología por lo que resaltaremos que el uso de la fibra óptica en la arquitectura G-PON debe generar un valor agregado o un factor diferenciador del servicio.

Los elementos para el diseño de la red a considerar son:

3.1.1 Escalabilidad de la red

Debido a las altas demandas de los usuarios y de las empresas de obtener un servicio de calidad que satisfagan las necesidades actuales y futuras, se diseña una red de fibra óptica con tecnología G-PON que consta de mejores beneficios que usar cable de cobre en operación presenta anchos de banda sumamente limitados y no satisfacen los requerimientos actuales ni futuros.

Dentro del sector de estudio residen 31 empresas categorizadas desde las grandes hasta las pequeñas con un aproximado de 462 usuarios y cuya prioridad la demanda de ancho de banda de cada una de ellas.

Considerando la tecnología G-PON se espera que más empresas aledañas a nuestro sector se incluyan al pasar los años, debido a que la tecnología escogida es compatible con las futuras evoluciones como son las tecnologías XG-PON y WDM-PON.

3.1.2 Eficiencia de la Red

En la comparación de los tipos de redes PON descrita en el capítulo 2, la red G-PON es la más eficiente basada en tecnología punto a multipunto si la usamos el protocolo de transporte GEM (Gigabit Passive Optical Network Encapsulation Method) permitiría mayor flexibilidad y transmisión de paquetes a lo largo de los enlaces TDM. [13]

Entre los tipos de redes PON, la tecnología G-PON es la más eficiente, rápida y confiable como podemos observar en la Tabla 19 obtiene el mayor porcentaje en tasas de tráfico entre los servicios.

ITU-T	Ascendente	Descendente
BPON	83%	80%
EPON	61%	73%
G-PON	93%	94%

Tabla 19: Porcentaje de eficiencia en redes PON [13]

En el sentido ascendente el algoritmo DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) mejora el rendimiento del ancho de banda, ya que lo reasigna con cada uno de los terminal ONUs, esto permitirá a las empresas proveedoras de los servicios controlar el tráfico necesario o indispensable, en nuestro caso sería mediante un previo requerimiento por parte de las empresas que soliciten mayor capacidad de la red, cuando esta no esté operando a su máxima capacidad y además teniendo en cuenta que las otras empresas adyacentes no estén usando al mismo tiempo DBA.

3.1.3 Marco Regulatorio

Dado que nuestra área de análisis está ubicada dentro de la ciudad de Guayaquil, si se implementara el diseño de la red G-PON, tendríamos que sujetarnos a las normas y reglamentos ya establecidos para poder hacer uso del espacio y elementos ya existentes en el área.

Únicamente podrán instalar líneas de telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil las empresas que hayan obtenido la concesión correspondiente por parte de estado y cuenten con los permisos ambientales del Sistema Único de Manejo Ambiental. [14]

Las instituciones que intervienen y que rigen estas normativas son: Ministerio de Telecomunicaciones, Municipalidad de Guayaquil, CNEL EP, Fideicomiso de Telecomunicaciones. Estas instituciones se encargan de regular y hacer que se cumplan las disposiciones previstas en sus respectivas ordenanzas las cuales están decretadas por cada una de estas entidades.

3.1.4 Normas para el tendido de Fibra Óptica

En la actualidad existen dos clases de tendido de fibra vía:

- Aéreo.
- Subterráneo.

Existen instituciones las cuales ejercen ciertas disposiciones técnicas para mantener el orden al instalar redes alámbricas de

telecomunicaciones dentro de la ciudad de Guayaquil, la misma en donde se encuentra localizada la zona de nuestro proyecto.

Instituciones como la Corporación Nacional de Electricidad y la M.I. Municipalidad de Guayaquil regulan el uso de los postes los cuales serán usados (arrendados) para el tendido de la fibra óptica vía aérea o subterránea.

A continuación describiremos algunos lineamientos descritos por la CNEL EP en relación a las dimensiones y tipo de postes en la Tabla 20.

Altura de Postes	Descripción
9 m	Solo se admiten elementos pasivos: taps, splitters, etc. En estos tipos de postes además solo está permitido colocar cables de acceso o distribución.
11 m	Se admite colocar cables que forman la red troncal y elementos tanto activos como pasivos como máximo 2 de cada tipo.
18 m	Se admite instalar cables de la red troncal mas no elementos tanto pasivos como activos
Se prohíbe colocar algún tipo de elemento de red de telecomunicaciones sobre postes de tipo ornamentales, alumbrado público, torres de subtransmisión, etc.	

Tabla 20: Norma sobre el tamaño de los postes [15]

Además existen normativas sobre la distancias de los cables de red de telecomunicaciones en postes de alumbrado público de alta o baja tensión. La ARCOTEL ente regulador en el TITULO II Art. 4 menciona lo siguiente:

- Los cables de redes alámbricas aéreas deberán mantener una distancia vertical al piso de mínimo 4 metros y una separación

mínima de 50 cm por debajo del tendido eléctrico de baja tensión.

- Se prohíbe la instalación de más de tres cables en cada poste independiente de la tecnología, por cada empresa dueña de la red alámbrica aérea de telecomunicaciones.

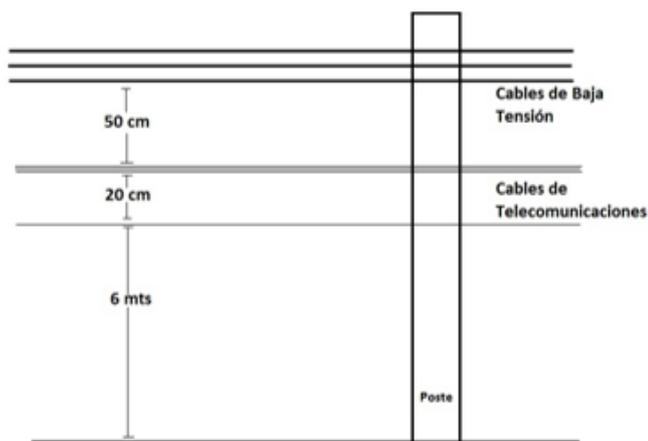


Figura 3.1: Distancias para la Instalación de Cableado en Postes [15]

Como observamos en la gráfica 3.1 la separación entre cables de telecomunicaciones deben estar distanciados por lo menos 20 cm. Además pueden estar ubicados a seis metros sobre el nivel del suelo, por encima de los llamados cables de dispersión.

La red destinada a los usuarios finales los cables en postes no tiene valor económico alguno por el arrendamiento de dicho espacio, tampoco se cobrara por el número de cables que pasen por el mismo, resolución decretada por la CNEL EP.

Para el paso de cables de acceso del tipo fibra óptica se destina la cantidad de 8 postes por tramo como máximo y de cable coaxial el paso por 4 postes hasta el usuario final.

Referente al tendido de tecnología alámbrica vía subterránea y al uso de infraestructura de este tipo, se debe comunicar a la entidad pertinente en este caso al municipio de Guayaquil y al departamento correspondiente, encargado del tema solicitar un permiso de soterramiento para realizar cualquier tipo de trabajo sobre la vía pública (calzada), para ello las redes de telecomunicaciones soterradas deben cumplir ciertos requisitos como:

- Las redes de telecomunicaciones soterradas deber viajar en ducto flexibles o lisos tipo PVC, contar con un peso de diámetro nominal referido a 110 mm, ser instaladas por debajo las aceras o calzadas.
- El pozo de revisión en donde terminaran estos ductos tendrán una dimensión de 1.50x1.00x0.80 m. [14]

El método de tendido subterráneo en comparación con el aéreo, es mejor da un aspecto más ordenado y limpio a la ciudad, sin tanta contaminación visual de la que tanto se habla. Protege de mejor manera a las redes de telecomunicaciones tanto de cobre como las de fibra de agentes externos corrosivos que puedan averiar dichas redes y afectar el buen desempeño de las mismas. Pero requiere de un análisis de canalización para la red más profundo por lo que optaremos del tendido de la fibra óptica vía aérea.



Figura 3.2: Infraestructura, Fibra óptica subterránea

3.2 Área de Cobertura de la Red

3.2.1 Sectorización

Para el diseño de nuestra red, nos ubicamos en el km 16.5 vía Daule de la ciudad de Guayaquil, sector conocido como “Lotización Industrial Pascuales” como observamos en la Figura 3.3, nuestra área de análisis comprende en su totalidad empresas, por lo tanto es una zona plenamente comercial, en ella se ha establecido la cantidad de 31 empresas activas, es decir operando hasta el momento, obteniendo un 462 abonados aunque a futuro se espera un crecimiento considerable.



Figura 3.3: Zona de Estudio

En el análisis de la zona antes mencionada, damos por descartado el sector residenciales aledaños como el conjunto residencial Beata Mercedes Molina, también la zona urbana ubicada en la parte norte. En sí mismo estos dos sectores serian un tema de proyecto a futuro que podría implementarse partiendo del nuestro.



Figura 3.4: Zonas cercanas a la de análisis

3.2.2 Datos del sector

A continuación se especificara los datos del área y perímetro del sector de análisis como también las dimensiones de cada tramo limitante del área.

Area Output

2082892.127 m²
2.083 km²
514.694 Acres
208.289 Hectares
22420064.328 Feet²

Total Area Output

2082892.127 m²
2.083 km²
514.694 Acres
208.289 Hectares
22420064.328 Feet²

Perimeter Output

6339.827 m
6.340 km

Figura 3.5: Datos del sector

Como observamos en la Figura 3.5 nuestro sector cuenta con un área total de 2.083 km² y un perímetro de 6.340 km estos valores fueron calculador a partir de la página www.freemaptools.com añadiendo tanto la latitud como longitud del sector vista en la Tabla 21.

Longitud	79° 56' 59.63" O
Latitud	2° 03' 45.48" S
Inclinacion	40 °
Alcance	2310 m

Tabla 21: Datos del área de cobertura

Las longitudes de cada tramo del sector como observamos en la Figura 3.6 es un aproximado al valor real ya que nos da un total de 6.68 km de perímetro en relación al calculado vía web de 6.340 km aproximadamente.



Figura 3.6: Perímetro del sector

Las coordenadas de los puntos limitantes del área comprendida solo del sector corporativo están detalladas en la Tabla 22 en total son nueve los cuales consolidan el área de análisis.

SIMBOLO	NOMBRE	LATITUD(S)	LONGITUD (O)
	A	2° 3'21.35"	79°57'19.90"
	B	2° 3'19.96"	79°57'8.22"
	C	2° 3'8.82"	79°57'11.63"
	D	2° 3'2.55"	79°56'48.93"
	E	2° 3'59.31"	79°56'35.25"
	F	2° 4'6.91"	79°57'15.69"
	G	2° 3'53.49"	79°57'30.35"
	H	2° 3'39.43"	79°57'21.53"
	I	2° 3'37.92"	79°57'16.54"

Tabla 22: Coordenadas de los Puntos Límites del Área

3.3 Diseño de la Red

En el capítulo 2 seleccionamos los equipos a usar para el diseño de la red. El equipo OLT es de la marca ZTE modelo C300 cada uno de estos puertos soporta como máximo 128 ONUs, por lo que usaremos un puerto G-PON de este equipo, ya que fácilmente cubrirá más de las 31 empresas que están dentro del área de cobertura con un solo puerto, esta cantidad es aceptable ya que nos da la opción de escalabilidad de la red para la inserción de más empresas con un solo hilo de la fibra que llegara a las respectivas ONUs a cada empresa a partir de ahí seguirá el respectivo cuarto de red de la empresa para comenzar la distribución interna hacia las oficinas ver la Figura 3.7.

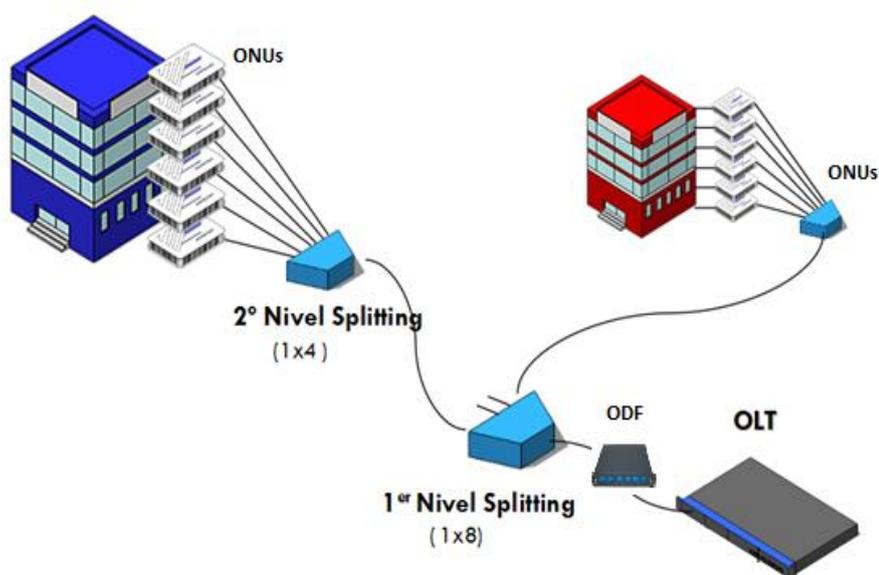


Figura 3.7: Esquema de la red G-PON.

3.3.1 Elementos de la red G-PON

Los elementos pasivos y activos de nuestra red G-pon se muestran en la Tabla 23, la red de tendido aéreo de fibra óptica se instalara cable monomodo G655 lo mismo para la red troncal de conexión que une los nodos se usara cable monomodo ya que posee beneficios por ser económico y mayor protección de la fibra contra agentes externos. En la Tabla 23 se mostrara los equipos que se utilizaron en el diseño antes mostrado.

EQUIPOS	CANTIDAD	DISTANCIA [m]
OLT	1	-
ONU	31	-
ODF	1	-
Splitter 1:8	1	-
Splitter 1:4	8	-
Cable monomodo (Red Troncal + distribución)	1	6340
Varios	N/D	-

Tabla 23: Equipos de la red G-PON

3.3.2 Nodo

Dentro del diseño de la red pasiva, tomaremos en cuenta el área donde residirá el elemento activo OLT, del cual parten las fibras hacia los usuarios finales. La ubicación del OLT podría ser adquirida o arrendada, se recomienda que sea arrendada por la poca disponibilidad de locales o terrenos en el sector.

Analizando el sector inicialmente se debe abarcar la cantidad de 462 usuarios con posibilidad de crecimiento del mismo, las empresas localizadas dentro de la cobertura distan una de otras, pocos metros por lo que la OLT deberá colocarse dentro del área mencionada. Se considera un ancho de banda suficiente para satisfacer las necesidades de cada una

de las 31 empresas en el sector dependiendo del tipo de servicio que se requiera.

3.3.3 Topología de la red propuesta

Como observamos en la Figura 3.9, usamos la topología tipo árbol, ya que es una de las más usadas en la actualidad además posee algunos beneficios como:

- Dentro de la red reduce pérdidas que se pudieran presentar tanto de equipos o agentes externos.
- Es eficiente ya que posee arquitectura punto a multipunto.

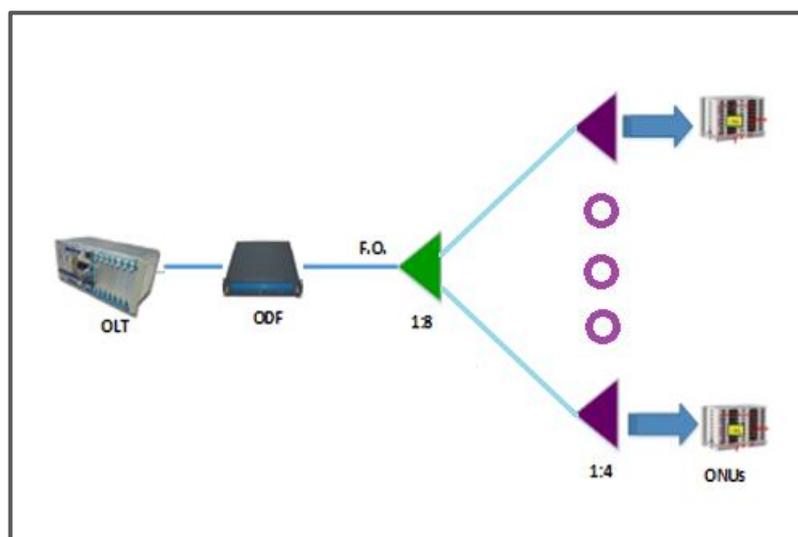


Figura 3.8: Diseño de la Red G-PON.

En este esquema se consideró el uso de un solo hilo de fibra óptica, el cual sale del equipo OLT a la ODF y este pasa al primer nivel de Splitter de relación 1:8 que a su vez llega hasta el segundo nivel de splitter de relación 1:4, abarcando por un solo puerto G-PON la cantidad de 32 ONUs que no llega a la máxima capacidad del equipo OLT que es de 128 ONUs

anteriormente mencionado dando hacia la posibilidad de escalabilidad de la red.

3.3.4 Ruta de Conexión

La ruta de conexión está en el interior de nuestra área de cobertura como señalamos en la Figura 3.8, dado que el tendido de fibra óptica canalizado de la empresa estatal CNT EP pasa frente a la vía principal y además existe un nodo de dicha empresa ubicado a solo 48m de esta vía, exactamente en la empresa Ecuatoriana de Radiadores, este punto será tomado en cuenta para la ruta de la red troncal que va hacia nuestro nodo central. La distancia de nuestro nodo central (OLT) hasta el nodo CNT es de 1.16 km.



Figura 3.9: Red Troncal Conexión.

3.3.5 Diseño Zonal de la Red

A continuación mostramos la distribución de la fibra óptica hacia las 31 empresas, que se ubican dentro de nuestra área de cobertura. Dada la Figura 3.10 en ella se indica la simbología utilizada.



Figura 3.10: Simbología para el Diseño.

El despliegue en cada tramo de la red, señalada en la Figura 3.11, observamos la ruta de distribución de la fibra hasta cada empresa de la zona, los 8 splitter de relación 4:1 se conecta con la red troncal al igual que el único splitter de 8:1, trazando la ruta mostrada.



Figura 3.11: Interconexión y Distribución de la Fibra Óptica

Como se mencionó anteriormente el tendido de la fibra óptica será vía aérea, dentro de nuestra zona de análisis utilizaremos los postes de tendido eléctrico instalados en la zona como observamos en la Figura 3.12.

No utilizaremos el tendido de fibra óptica vía subterránea, ya que se tendría que pedir los respectivos permisos a las entidades pertinentes para usar o instalar una ruta de canalización.

Si instalamos la ruta canalizada para el paso de fibra óptica, se debería realizar mediante una obra civil planificada sobre la zona de análisis, esta sería costosa y además afectaría el entorno del lugar.

Para el tendido de fibra óptica vía aérea se hará uso de la cantidad de 53 postes de tendido eléctrico de la zona abarcando una distancia total de 5.18 km, teniendo en cuenta que la separación de cada poste será como máximo de 100 m de longitud.



Figura 3.12: Tendido Aéreo de la Fibra Óptica

3.3.6 Pérdidas

3.3.6.1 Parámetros de Pérdidas

A continuación realizaremos el cálculo de pérdidas del enlace de fibra óptica, para determinar el rendimiento de la red tomando en cuenta sus elementos activos como pasivos distribuidos uniformemente.

Como observamos en la Figura 3.13 realizaremos el análisis a partir de la OLT hasta llegar a ONU.

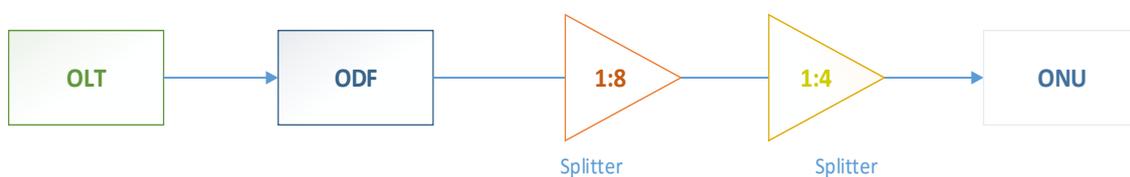


Figura 3.13: Enlace desde la OLT al usuario final.

Se tomara en cuenta para el cálculo de las perdidas los siguientes puntos:

- 1.- Longitud de la Fibra óptica.
- 2.- Empalme.
- 3.- Conectores.
- 4.- Inserciones.

Para realizar el cálculo de la atenuación de la señal utilizaremos la siguiente fórmula:

$$A_T = A_F N_F + A_C N_C + A_{FO} L_{FO} + A_S N_S \quad (3.1)$$

Donde:

$A_F = \text{Atenuación por fusión}$

$N_F = \text{Número de fusiones}$

$A_C = \text{Atenuación por conectores}$

$N_C = \text{Número de conectores}$

$A_{FO} = \text{Atenuación por fibra óptica}$

$L_{FO} = \text{Longitud del cable de fibra óptica}$

$A_S = \text{Atenuación por Splitters}$

$N_S = \text{Número de Splitters}$

Además necesitaremos de información adicional de los elementos usados en el diseño de la red, mostrados en la Tabla 24.

Elemento	Atenuación
Fibra Óptica 1550 nm (Km)	-0.3 dB
Empalme por fusión	-0.03 dB
Pérdidas inserción (conector)	-0.5 dB
Splitter 1:8	-11 dB
Splitter 1:4	-7.2 dB

Tabla 24: Pérdidas de la red de distribución

Para realizar este cálculo se tomó en cuenta la distancia de la OLT al splitter más lejano de la red G-PON que está a 2.50 km, haciendo una estimación ya que las distancia son relativamente variables, dando una pérdida de 20.01 dB.

$$A_T = (0.03)(2) + (0.5)(2) + (0.3dB)(2.50km) + 11 + 7.2 = 20.01 \text{ dB}$$

3.3.6.2 Cálculo de Pérdidas y Rendimiento del Sistema

Calculando el Link Budget teniendo en cuenta los parámetros de los equipo OLT y ONU y como ejemplo seleccionamos los equipos de la marca ZTE seleccionados.

Potencia de salida OLT	+5 dBm
Sensibilidad del Equipo ONU	-28 dBm

Tabla 25: Pérdidas de los equipos activos (Tx - Rx)

$$LB = \text{Potencia TX} - \text{Sensibilidad RX}$$

$$LB = +5 - (-28)$$

$$LB = 33 \text{ dBm.}$$

Luego calculamos el rendimiento del sistema que no es más que restar el Link Budget con el valor total de las atenuaciones y considerando un margen de error de 3 dB.

$$\text{Rendimiento} = LB - A_t - \text{Margen de Error}$$

$$\text{Rendimiento} = 33 - 20.1 - 3$$

$$\text{Rendimiento} = 9.9 \text{ dB.}$$

Como resultado el rendimiento nos dio un valor mayor a cero, esto quiere decir que nuestro sistema levantara y es rentable por lo cual podrá solventar las necesidades de cada empresa ubicada en nuestra área de análisis.

CAPÍTULO 4

4. ANALISIS ECONOMICO

Para la implementación de un proyecto de telecomunicaciones es fundamental realizar no solamente el análisis de tecnologías, sino también es importante determinar su viabilidad económica. Como lo es en el caso de la implementación de la red G-PON en la Lotización Industrial Pascuales, es necesario determinar la rentabilidad del proyecto a futuro y la escalabilidad del mismo. Así también se analiza el tiempo que se requerirá para la implementación del proyecto, ya que mediante la proyección en el tiempo se obtendrán los diferentes costos que influyen en la realización del mismo.

4.1 Demanda

Tal y como se ha venido realizando el análisis de la implementación de este proyecto, es importante recalcar que las 31 empresas detectadas en nuestro sector son empresas muy reconocidas en nuestro país, ya que al ser industrias poseen la tendencia de crecimiento lo cual nos lleva a dar la apertura de poder abarcar un mayor número de clientes y usuarios a futuro.

Debido a estas circunstancias la oportunidad de brindar una mejor cobertura de los servicios de telecomunicaciones con tecnología de mejor calidad nos lleva a evaluar la demanda de la implementación de una red óptica pasiva teniendo en cuenta que alrededor del sector Lotización Industrial Pascuales se encuentran un gran número de empresas que podrían tener acceso a esta tecnología, como lo son el caso de Unilever Andina del Ecuador, Colgate-Palmolive Ecuador, La Fabril, Ambev, etc., industrias que se encuentran en un constante desarrollo y que deben acoplarse a la vanguardia de las innovaciones de las telecomunicaciones.

Por estos motivos, la demanda del diseño de una red de fibra óptica que brinde mayor cobertura y mayor calidad de comunicación es factible para el sector industrial de la ciudad de Guayaquil. Una vez analizados estos parámetros procedemos a realizar el análisis de la viabilidad económica de la implementación.

4.2 Inversión Inicial

Se conoce como inversión inicial del proyecto al monto de dinero requerido para efectuar la construcción de la red de fibra óptica pasiva, que en el caso de la implementación de una red G-PON incluyen los precios de los componentes de la red como lo son:

- Equipos de Cabecera
- Red Troncal
- Nodo Central
- Red de Distribución

4.2.1 Componentes de la red

Para poder obtener un valor muy aproximado a la realidad de la implementación de esta red de telecomunicaciones, ha sido necesario desglosar los valores de los componentes de la red en la cual se detallan los equipos necesarios, sus costos y la cantidad requerida siguiendo el diseño realizado en el capítulo anterior.

4.2.1.1 Equipos de Cabecera

Dentro de los equipos que componen la cabecera se encuentran la OLT y un chasis en el cual se inserta la misma, este equipo ya incluye: la tarjeta de 8 puertos G-PON más la tarjeta controladora. Cabe mencionar que este equipo se encontrará ubicado en un espacio físico acondicionado para el funcionamiento del mismo.

EQUIPOS CABECERA				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OLT	ZTE ZXA10 C300 G-PON 8 puertos Modelo GTO	1	\$ 9546,00	\$ 9546,00
TOTAL				\$ 9546,00

Tabla 26: Equipos de cabecera

4.2.1.2 Elementos de Red Troncal

Dentro de los equipos que componen la red troncal se incluye la fibra óptica monomodo tendida en un total de 12 postes sujetos por 12 herrajes, además de dos mangas ubicadas una a la altura del Nodo Central y otra ubicada a la altura del Nodo de conexión CNT el mismo que se encuentra ubicado en el sector de Ecuatoriana de Radiadores.

ELEMENTOS RED TRONCAL				
ELEMENTOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Red Troncal	Fibra Monomodo (metros)	1160	\$ 1,15	\$ 1.334,00
	Uso de Postes CNEL	12	\$ 10,00	\$ 120,00
	Mangas	2	\$ 45,00	\$ 90,00
	Herrajes Postes	12	\$ 2,00	\$ 24,00
TOTAL				\$ 1.568,00

Tabla 27: Elementos red troncal

4.2.1.3 Equipos del Nodo Central G-PON

Dentro de los equipos que componen el nodo central se encuentran la ODF y demás equipos eléctricos y electrónicos que permiten el correcto funcionamiento de la misma. Al igual que los equipos de cabecera la ODF se encontrará en el mismo espacio físico donde se instalarán los equipos de cabecera.

INVERSIÓN IMPLEMENTACIÓN NODO CENTRAL				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Nodo Central	Generador	1	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
	ONU	32	\$ 80,00	\$ 2.480,00
	ODF	1	\$ 600,00	\$ 600,00
	Negociador Espacio Físico	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
	Acondicionamiento Lugar	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
	Aire Acondicionado	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
	Acondicionamiento Acceso	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Banco de Baterías	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Material de Trabajo	varios	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
TOTAL				\$ 13.980,00

Tabla 28: Inversión nodo central

4.2.1.4 Elementos de la Red de Distribución

Dentro de los equipos que componen la red de distribución se encuentran los splitters tanto de primer nivel como los de segundo nivel, las ONUs que se encontrarán en cada empresa y cada empresa será responsable del diseño interno de su red. Así también se incluye la fibra óptica tendida en todos los tramos de distribución lo cual incluye además 53 postes y 53 herrajes en los cuales se sostendrá la fibra.

ELEMENTOS RED DISTRIBUCIÓN				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Red Distribución	Fibra Monomodo (metros)	5180	\$ 1,15	\$ 5.957,00
	Material de Trabajo	varios	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Uso de Postes CNEL	53	\$ 10,00	\$ 530,00
	Herrajes Postes	53	\$ 2,00	\$ 106,00
	Splitter 1:4	8	\$ 50,00	\$ 400,00
	Splitter 1:8	1	\$ 25,00	\$ 25,00
TOTAL				\$ 8.018,00

Tabla 29: Elementos red distribución

El precio total de la compra de equipos y materiales se obtiene de la suma de todos los precios mencionados anteriormente, lo cual incluye los equipos de telecomunicaciones como los materiales usados para realizar su instalación.

PRECIO TOTAL EQUIPOS Y MATERIALES	
DESCRIPCION	PRECIOS
Equipos de Cabecera	\$ 9.946,00
Equipos de Red Troncal	\$ 1.568,00
Equipos del Nodo Central G-PON	\$ 13.980,00
Equipos Red de Distribución	\$ 8.018,00
TOTAL	\$ 33.112,00

Tabla 30: Precio total equipos/materiales

4.2.2. Mano de Obra

Para la implementación de un proyecto de telecomunicaciones es necesario analizar el monto requerido para la instalación de estos equipos, lo cual se considera como mano de obra, ya que serán los encargados de acondicionar el espacio y los equipos para su posterior funcionamiento.

PRECIO TOTAL MANO DE OBRA	
DESCRIPCION	PRECIOS
Instalación de Equipos	\$ 15.000,00
Tendido de Fibra óptica	\$ 9.500,00
TOTAL	\$ 24.500,00

Tabla 31: Precio mano de obra

4.2.3 Total de Inversión

Una vez realizadas las estimaciones de inversión de los equipos de telecomunicaciones, los materiales y la mano de obra obtenemos el total de dinero que es necesario para poder implementar la red de fibra óptica en el sector de estudio.

INVERSION	
DESCRIPCION	PRECIOS
Equipos y Materiales	\$ 33.112,00
Mano de Obra	\$ 24.500,00
TOTAL	\$ 57.612,00

Tabla 32: Inversión del proyecto

4.3 Planes Telefonía Fija y Servicio de Datos

4.3.1 Telefonía Fija Corporativa por Fibra Óptica

El plan de Telefonía Fija Corporativa por Fibra Óptica será brindado para las 31 empresas encontradas en nuestro sector de estudio, este plan incluye:

- Servicio de Telefonía por Fibra
- Servicio Centrex
- Servicio 1800

El mismo tendrá un valor de \$59,49, cabe recalcar que los datos y tarifas obtenidas están basadas en los planes de telefonía brindados por CNT EP a Enero del 2015.

4.3.2 Planes Servicios de Datos

4.3.2.1 Plan 1 Internet Pymes

El plan Internet Pymes será el plan para aquellas empresas que formen parte de la pequeña o mediana industria, diseñado para bajar información a gran velocidad. El ancho de banda que ofrece es de 15 Mb y se estima que 9 de las 31 empresas que hemos encontrado en el sector de estudio tengan acceso a este plan de internet.

El mismo tendrá un costo de \$45, cabe recalcar que los datos y tarifas obtenidas están basadas en los planes de internet corporativo brindados por CNT EP a Enero del 2015.

4.3.2.2 Plan 2 Internet Corporativo

El plan Internet Corporativo será el plan para aquellas empresas que requieran un servicio de internet simétrico, seguro y confiable para el uso de aplicaciones críticas y bidireccionales. El ancho de banda que ofrece es de 24 Mb y se estima que 8 de las 31 empresas que hemos encontrado en el sector de estudio tengan acceso a este plan de internet.

El mismo tendrá un costo de \$149.50, cabe recalcar que los datos y tarifas obtenidas están basadas en los planes de internet corporativo brindados por CNT EP a Enero del 2015.

4.3.2.3 Plan 3 Data Center

El plan Data Center será el plan para aquellas empresas que trabajen con un mayor almacenamiento y procesamiento de datos, ofreciendo un alto rendimiento de la red. El ancho de banda que ofrece es de 48 Mb y se estima que 8 de las 31 empresas que hemos encontrado en el sector de estudio tengan acceso a este plan de internet.

El mismo tendrá un costo de \$435, cabe recalcar que los datos y tarifas obtenidas están basadas en los planes de internet corporativo brindados por CNT EP a Enero del 2015.

4.4 Ingresos

Al igual que el análisis de los costos de inversión para la implementación de una red G-PON es necesario hacer un análisis de los ingresos que generen la realización de este proyecto. Los mismos han sido analizados haciendo referencia a los precios de los planes de telefonía fija y servicios de datos de los que gozarán nuestros clientes potenciales del sector Lotización Industrial Pascuales.

4.4.1 Ingresos Servicios de Voz

Inicialmente realizamos el análisis de los ingresos para el servicio de voz en el primer año, considerando las instalaciones de los puntos de telefonía además de la facturación por el servicio durante cada mes. Para más detalle revisar el Anexo 2.

PROYECCION ACTIVACION SERVICIOS DE VOZ					
Instalación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Puntos en Servicio	462	462	462	462	462
Servicio Centrex	31	31	31	31	31
Servicio1800	15	15	15	15	15
PROYECCION INGRESOS SERVICIOS DE VOZ					
Facturación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Instalación	27.720,00	-	-	-	-
Pensión Básica	58.536,00	66.528,00	66.528,00	66.528,00	66.528,00
Servicio Promedio / fibra	77.999,22	88.648,56	88.648,56	88.648,56	88.648,56
Servicio Centrex	7.317,00	8.316,00	8.316,00	8.316,00	8.316,00
Servicio1800	5.400,00	5.400,00	5.400,00	5.400,00	5.400,00
Subtotal	176.972,22	168.892,56	168.892,56	168.892,56	168.892,56

Tabla 33: Proyección Usuarios Servicios de Voz

Una vez considerados los ingresos a obtenerse en el primer año se puede realizar una proyección de los ingresos para un período de cinco años.

Como observamos en la Tabla 33 solamente para el primer año se presentan ingresos por motivos de instalación.

4.4.2 Ingresos Servicios de Datos

De igual manera realizamos el análisis de los ingresos para el servicio de datos en el primer año, considerando las instalaciones de los puntos de telefonía además de la facturación por el servicio durante cada mes.

PROYECCIÓN INSTALACION SERVICIOS DE DATOS					
Instalación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Puntos en Servicio	31	31	31	31	31
Plan 1	9	9	9	9	9
Plan 2	8	8	8	8	8
Plan 3	14	14	14	14	14
PROYECCIÓN INGRESOS SERVICIOS DE DATOS					
Facturación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Instalación	-				
Plan 1	4.455,00	4.860,00	4.860,00	4.860,00	4.860,00
Plan 2	13.156,00	14.352,00	14.352,00	14.352,00	14.352,00
Plan 3	73.080,00	73.080,00	73.080,00	73.080,00	73.080,00
Subtotal	90.691,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00

Tabla 34: Proyección Ingresos Servicios de Datos

Una vez considerados los ingresos a obtenerse en el primer año se puede realizar una proyección de los ingresos para un período de cinco años.

4.4.3 Total Ingresos Proyectados

Al calcular la proyección de los ingresos tanto para el servicio de voz como para el servicio de datos, es posible obtener la proyección total para estos servicios.

INGRESOS PROYECTADOS					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
SERVICIOS DE VOZ	176.972,22	168.892,56	168.892,56	168.892,56	168.892,56
SERVICIOS DE DATOS	90.691,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00
TOTAL	267.663,22	261.184,56	261.184,56	261.184,56	261.184,56

Tabla 35: Ingresos proyectados

4.5 Tiempos de Ejecución del Proyecto



Figura 4.1: Diagrama de Gantt

La gestión de un proyecto de telecomunicaciones requiere de la planificación y orden en las tareas que nos llevarán a realizar la implementación de este proyecto. Se realizan varios estudios y representaciones gráficas que nos ayudan a planificar mejor todas nuestras ideas y tareas aprovechando al máximo nuestros recursos y tiempos. El Diagrama de Gantt es una de las herramientas más recomendadas para la planificación de un proyecto de telecomunicaciones.

Inicialmente en nuestro proyecto se muestra el Planteamiento del Problema, el cual tiene una duración de dos semanas, tiempo en el cual se analizan todas las necesidades a ser cubiertas. Seguidamente se muestra el Estudio de Demanda con una duración de dos meses, tiempo en el cual se define cual sería la magnitud de la inversión y por consiguiente el volumen de la producción y los costos operativos. Posteriormente se muestra el tiempo que se requerirá para realizar el Diseño de la red, el cual tiene una duración de un mes, en este tiempo se analiza

cual sería la tecnología más conveniente a utilizar y las rutas para proceder a la instalación de los equipos.

Seguidamente se muestra el detalle de Ingeniería, tiempo en el que se analiza en detalle todos los componentes de la red, equipos, redes de distribución y troncales.

Para realizar las Revisiones y Cambios se estima un tiempo dos semanas y para la Elaboración de Contrato se estima un tiempo de un mes.

Para proceder con las actividades de Contratación se estima un tiempo de cien días, y para la Infraestructura Civil se tomará un mes, para la Planta Externa se tomará un tiempo de tres meses, actividades que iniciarán al mismo tiempo pero tendrán diferentes tiempos de culminación; y para la implementación de la Planta Interna se estima un tiempo de cuatro meses.

Para la instalación y adecuación de los espacios y equipos de las Troncales se estima un tiempo de una semana.

Y finalmente para el tiempo de Proceso de Ventas se estima un alrededor de dos meses. Además se considera que el mes para el inicio de las activaciones de los servicios es el mes en el que culmina el proceso de ventas.

4.6 Gastos del Proyecto

Adicional al análisis del precio total de la inversión a realizarse para la implementación de este proyecto, es necesario realizar el análisis de los gastos de control y diseño de la red, mano de obra, arriendo de espacio físico y postes, etc.

Gastos del Proyecto	Cantidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Enlace Internacional STM1	3.4	\$108.649,70	\$108.649,70	\$108.649,70	\$108.649,70	\$108.649,70
Personal Técnico	4	\$ 38.400,00	\$ 38.400,00	\$ 38.400,00	\$ 38.400,00	\$ 38.400,00
Personal de Control y Diseño	2	\$ 28.800,00				
Movilización y Transporte		\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00
Gestión Comercial y Publicidad		\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
Arriendos de Espacio	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Caja Chica		\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00
Uso de Postes	65	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00
TOTAL		\$234.449,70	\$205.649,70	\$205.649,70	\$205.649,70	\$205.649,70

Tabla 36: Gastos totales del proyecto

Mediante los cálculos realizados previamente en el capítulo 1 donde obtenemos que para nuestra red se necesitarán 3 Enlaces Internacionales STM1, dan como resultado un costo de conexión internacional en nuestro Nodo Central tendrá un valor de \$108.649.70.

Dentro de los gastos de Personal Técnico se ha estimado el requerimiento de 4 técnicos que cubrirán un valor de \$600 mensuales por cada uno de ellos, los mismos que serán divididos en cuadrillas para poder brindar un mejor sistema de operación supliendo las necesidades que surjan en los diferentes puntos de la red. Así también se ha estimado el gasto del Personal de Control y Diseño en el cual se han destinado 2 ingenieros como personal de diseño, control y fiscalización de la red.

Para el gasto de Movilización y Transporte se ha estimado un valor de \$19200 anuales lo cual incluirán el alquiler de los carros destinados para el uso del personal técnico además dentro de la contratación de las camionetas se incluirán los gastos de mantenimiento y los servicios de un chofer para cada camioneta.

Dentro de los gastos de Gestión Comercial y Publicidad incluyen 1 asesor comercial con una remuneración mensual de \$500, más \$500 que incluyen gastos de publicidad.

Así también dentro del monto de gastos de Arriendos de Espacio incluyen los gastos del espacio físico para la ubicación de los diferentes equipos así como los gastos del servicio de energía eléctrica que se incurran. Además del gasto por el Uso de Postes de la CNEL EP que incluyen un total de 65 postes dentro del tendido de fibra en nuestro diseño de red, y finalmente un valor de Caja Chica para gastos varios.

4.7 Rentabilidad del Proyecto

Como lo hemos venido analizando a lo largo de este capítulo el cálculo de la rentabilidad del proyecto es fundamental, para que aquellos inversionistas interesados en realizar la implementación del presente proyecto tengan una base sólida de los resultados que puede esperarse a corto y largo plazo.

Para poder determinar la viabilidad del proyecto es necesario hacer uso de indicadores que nos den una respuesta certera de la evaluación económica, en este caso realizamos el cálculo del VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno). Para esto es necesario realizar un análisis del Flujo Neto para un período de 5 años, el cual se lo obtiene de la resta de los ingresos y los gastos que involucren la implementación de la red G-PON. Para más detalle Anexo 10.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS	\$ 267.663,22	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56
GASTOS	\$ 234.449,70	\$ 205.649,70	\$ 205.649,70	\$ 205.649,70	\$ 205.649,70
FLUJO	\$ 33.213,52	\$ 55.534,86	\$ 55.534,86	\$ 55.534,86	\$ 55.534,86

Tabla 37: Flujo neto proyectado

4.7.1 Cálculo del Valor Actual Neto

Se considera al VAN como al retorno económico en términos absolutos, al descontar los flujos futuros de un proyecto, originados previo a una inversión realizada.

Para nuestro caso hemos tomado los flujos de caja obtenidos en un período de cinco años, además de considerar una tasa de interés del 10% establecida dentro del mercado. Dando como resultado un total de \$ 190.228,67 lo cual nos indica que la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida, es decir el proyecto es una propuesta que puede aceptarse para su implementación.

4.7.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Se considera a la TIR como la tasa a la cual los flujos de caja se hacen equivalentes a la inversión, y que implica el supuesto de una oportunidad para reinvertir. En otras palabras podemos decir que la TIR es la tasa de descuento con la cual el valor actual neto es igual a cero.

Para nuestro caso el cálculo de la TIR nos da como resultado un valor de 74%. Como sabemos que a mayor TIR, mayor rentabilidad este valor nos indica que nuestro proyecto es rentable a largo plazo.

4.7.3 ¿Es viable el proyecto?

Al obtener un valor actual neto positivo y una tasa interna de retorno del 90% podemos llegar a la conclusión de que efectivamente el proyecto es viable, es decir en menos de 5 años se recuperará el valor invertido al inicio del proyecto. Lo cual nos brinda la oportunidad de hacer expansión de la red para poder llegar a una mayor cantidad de usuarios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A continuación describimos algunas conclusiones que son importantes y de gran interés en donde se explica básicamente la funcionalidad del diseño y análisis de una red de fibra óptica con tecnología G-PON.

1. Una vez culminado el análisis y diseño de una nueva tecnología de fibra óptica en el sector “Lotización Industrial Pascuales” de la ciudad de Guayaquil, se puede concluir que la red G-PON brinda facilidad tanto en su implementación como en su mantenimiento y además solucionara todas las necesidades previstas del sector como la falta de una buena infraestructura de red y conectividad con mayor ancho de banda actual.
2. La red G-PON ofrece ventajas sobre las tecnologías que se encuentran ya implementadas en el sector de estudio, entre las más importantes que nos dan la oportunidad de competir frente a las empresas de telecomunicaciones con mayor ancho de banda brindando la facilidad de poder adaptarse a los constantes avances tecnológicos, además la escalabilidad de la red ofrece la oportunidad de expansión llegando a más usuarios.
3. G-PON además de ofrecer las ventajas antes mencionadas brinda mayor seguridad a la red, dando confiabilidad y la certeza de que la red es capaz de soportar varios tipos de servicios, así también nos brinda tasas de pérdidas muchos menores, factor indispensable para brindar un mejor servicio a los usuarios.
4. Además sin duda alguna el análisis económico del proyecto nos ayudó a constatar si la futura implementación del proyecto es viable o no, gracias al valor de la TIR que obtuvimos y al cálculo del tiempo de recuperación de la inversión inicial del proyecto que es de casi 1 año y medio se concluye que la ejecución de este proyecto es viable y rentable a la vez.

Recomendaciones

Las recomendaciones que presentamos a continuación se enfocan en la correcta aplicación de las normas y parámetros de diseño de una red de fibra óptica que inicia desde la instalación de los equipos hasta la futura implementación del proyecto.

1. Debido a que la red G-PON es una red diseñada para poder alcanzar distancias que lleguen a los 20 kilómetros, en aquellas zonas donde exista una gran densidad de usuarios, será necesario usar splitters ópticos que posean una mayor cantidad de salidas, lo cual nos lleva a tomar en cuenta que a mayor cantidad de salidas, mayor es la pérdida por splitters, por lo cual se recomienda que en sectores donde haya mayor densidad de usuarios se coloque el nodo central cerca de este punto para así reducir las pérdidas por splitters.
2. La red G-PON puede ser distribuida vía aérea o por canalización, por ello es necesario considerar que para aquellos sectores que no sean sometidos a próximos planes de mejora urbana la red de fibra sea distribuida por canalización, de lo contrario que sea tendida vía aérea.
3. Para la adquisición de los equipos de la red G-PON es necesario pedirlos con mucho tiempo de anticipación ya que estos equipos son más económicos en el extranjero sin embargo debido a los trámites de envío y aduana puede demorar la entrega, lo cual retrasaría la implementación de los mismos. Aunque para el análisis de este proyecto se tomó en consideración todos los costos de envío e impuestos de aduana.
4. Tener en cuenta que en este proyecto se distribuyó la fibra vía aérea debido a que por ser un sector comercial, sería muy difícil llegar a un acuerdo con las diferentes empresa involucradas, de realizar dentro del sector un levantamiento de obra civil para realizar los ductos y pasar la fibra por soterramiento, ya que esto afectaría la estabilidad de la zona y se tendría problemas legales que ocasionarían retrasos en la futura implementación del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cisco, «VNI Forecast Highlights,» [En línea]. Available: http://www.cisco.com/web/solutions/sp/vni/vni_forecast_highlights/index.html%20%200. [Último acceso: 20 Agosto 2015].
- [2] CNT EP, «Planes Corporativos,» 28 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://www.cnt.gob.ec/>. [Último acceso: 27 Mayo 2015].
- [3] R. Millan, «Tecnologías de banda ancha por fibra óptica,» [En línea]. Available: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>. [Último acceso: 2 Junio 2015].
- [4] R. N. G. V. Miguel Loo, «DISEÑO D EUNA RED OPTICA PASIVA DE ACCESO PARA UNA URBANIZACION UBICADA EN LA VIA A SAMBORONDON,» [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/15949>. [Último acceso: 22 Junio 2015].
- [5] E. Unicrom, «Fibra Óptica, multimodo indice gradual, escalonado,» [En línea]. Available: http://www.unicrom.com/art_FibraOptica_multimodo_gradual_transmision_usos.asp. [Último acceso: 24 Junio 2015].
- [6] D. José, «Estudio de Factibilidad y Diseño de una Red HFC para Aplicaciones Triple Play para la Empresa Parabólica del Norte en la Ciudad de Atuntaqui,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.repositorio.espe.edu.ec>. [Último acceso: 30 Junio 2015].
- [7] J. N. Kristell Aguilar, «ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA MIGRACIÓN DE REDES HFC A REDES G-PON,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec>. [Último acceso: 5 Julio 2015].
- [8] ZTE, «Network Infrastructure,» [En línea]. Available: http://enterprise.zte.com.cn/en/products/network_Infrastructure/broadband_access/xpon_onu/201312/t20131209_414454.html. [Último acceso: 10 Julio 2015].

- [9] webinars, «Cuadro de distribución para redes de fibra Óptica,» [En línea]. Available: <http://www.fibraopticahoy.com/cuadro-de-distribucion-para-redes-de-fibra-optica/>. [Último acceso: 15 Julio 2015].
- [10] [En línea]. Available: Fuente: <http://es.slideshare.net/quereimba/gpon-fundamentos>.
- [11] P. C. Alulima Enrique, «Diseño de una Red GPON para la localidad de Vilcabamba,» [En línea]. Available: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20Paladines_Bravo_Cesar_Augusto\(Para%20subir%20al%20dspace\).pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20Paladines_Bravo_Cesar_Augusto(Para%20subir%20al%20dspace).pdf). [Último acceso: 28 Junio 2015].
- [12] H. Technologies, «GPON Fundamentos,» [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/quereimba/gpon-fundamentos>. [Último acceso: 2015].
- [13] ITU-T, «Redes Ópticas Pasivas con Capacidad de Gigabits: Especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión, Recomendación ITU-T G.984.3,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>. [Último acceso: 2015].
- [14] R. F. Larrea Juan, «Propuesta de factibilidad técnico económico para la implementación de una red de acceso con tecnología de Gpon para brindar el servicio de triple play en la ciudad de cuenca,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1608/12/UPS-CT002285.pdf>.
- [15] M.I. Municipalidad de. Guayaquil, «Ordenanza que Regula la Instalación de Postes y Líneas de Media y Baja Tensión de Energía Eléctrica y de Telecomunicaciones Aéreas y subterráneas en el Cantón Guayaquil, Capítulos III y IV,» 2012.
- [16] CNEL, «Normas Técnicas para la Instalación de Redes de Telecomunicaciones en la Infraestructura de la Eléctrica de Guayaquil,» 2013.

ANEXOS

Anexo 1: Segmentación de clientes del área en estudio

CLIENTES		SERVICIO VOZ	SERVICIO DATOS		
		# OFICINAS	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
1	Cervecería Nacional	50			1
2	Ferremundo	40			1
3	Inalecsa	40			1
4	Santos CMI	30			1
5	Big Cola	20	1		
6	Factory Tech	20	1		
7	Licosa	15	1		
8	Centro Acero	15		1	
9	Sidermet	15	1		
10	Mafrico	15		1	
11	Dermigon S.A.	15			1
12	Prodal Cia. Ltda	15			1
13	Empresa Intaco	15			1
14	Diversay S.A.	14			1
15	Pinturas Ultra	12		1	
16	Bagant	12			1
17	Tevcol S.A	12			1
18	Enatin	10	1		
19	Imeteco	10	1		
20	Inproel	10		1	
21	Bodegas Mabe	10			1
22	Elecdor S.A.	10		1	
23	Expotuna S.A.	10		1	
24	Pinturas Unidas S.A.	10			1
25	Inemca CA	7			1
26	Alumina S.A.	7			1
27	Subestación Eléctrica Pasc.	5		1	
28	Bodegas Bagant	5	1		
29	Faccrom S.A.	5	1		
30	Ecuatoriana de Radiadores	5		1	
31	Bloquera Vipresa	3	1		
TOTAL		462	9	8	14

Anexo 2: Ingresos proyectados del servicio de voz por Mes y Año

SERVICIOS DE VOZ		Mes											
Activación de Líneas de Voz		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Instalaciones/Mes		120	120	120	102								
Puntos en Servicio		120	240	360	462	462	462	462	462	462	462	462	462
Servicio Centrex		31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Servicio1800	50%	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Facturación		Valor (\$)											
Instalación	60,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00	6.120,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Pensión Básica	12,00	1.440,00	2.880,00	4.320,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00	5.544,00
Servicio Promedio / fibra	15,99	1.918,80	3.837,60	5.756,40	7.387,38	7.387,38	7.387,38	7.387,38	7.387,38	7.387,38	7.387,38	7.387,38	7.387,38
Servicio Centrex	1,50	180,00	360,00	540,00	693,00	693,00	693,00	693,00	693,00	693,00	693,00	693,00	693,00
Servicio1800	30,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
Subtotal		11.188,80	14.727,60	18.266,40	20.194,38	14.074,38	14.074,38	14.074,38	14.074,38	14.074,38	14.074,38	14.074,38	14.074,38

PROYECCIÓN SERVICIOS DE VOZ						
Instalación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Instalaciones/Mes						
Puntos en Servicio	462	462	462	462	462	2310
Servicio Centrex	31	31	31	31	31	155
Servicio1800	15	15	15	15	15	75
Facturación						
Instalación	27.720,00	-	-	-	-	27.720,00
Pensión Básica	58.536,00	66.528,00	66.528,00	66.528,00	66.528,00	324.648,00
Servicio Promedio / fibra	77.999,22	88.648,56	88.648,56	88.648,56	88.648,56	432.593,46
Servicio Centrex	7.317,00	8.316,00	8.316,00	8.316,00	8.316,00	40.581,00
Servicio1800	5.400,00	5.400,00	5.400,00	5.400,00	5.400,00	27.000,00
Subtotal	176.972,22	168.892,56	168.892,56	168.892,56	168.892,56	852.542,46

Anexo 3: Ingresos proyectados del servicio de Datos por Mes y Año

SERVICIOS DE DATOS		Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Instalaciones/Mes		6	6	6	6	6	6	1						
Puntos en Servicio		6	12	18	24	30	31	31	31	31	31	31	31	31
Plan 1			9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Plan 2			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Plan 3		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Facturación	Valor (\$)													
Instalación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plan 1	45,00	-	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00	405,00
Plan 2	149,50	-	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00
Plan 3	435,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00	6.090,00
Subtotal		6.090,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00	7.691,00

PROYECCIÓN SERVICIOS DE DATOS						
Instalación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Instalaciones/Mes						
Puntos en Servicio		31	31	31	31	31
Plan 1		9	9	9	9	9
Plan 2		8	8	8	8	8
Plan 3		14	14	14	14	14
Facturación						
Instalación		-				-
Plan 1		4.455,00	4.860,00	4.860,00	4.860,00	23.895,00
Plan 2		13.156,00	14.352,00	14.352,00	14.352,00	70.564,00
Plan 3		73.080,00	73.080,00	73.080,00	73.080,00	365.400,00
Subtotal		90.691,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00	459.859,00

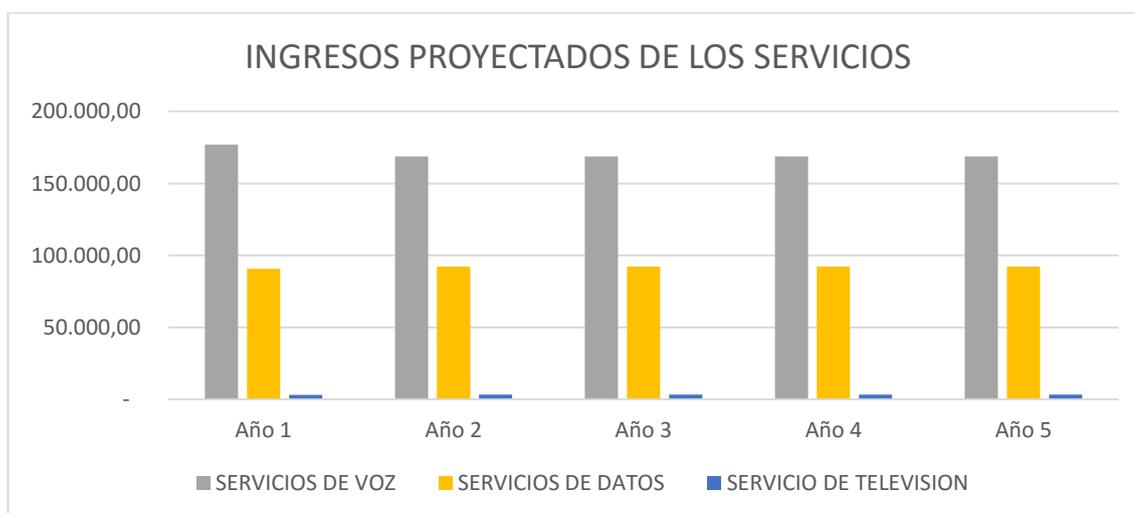
Anexo 4: Ingresos proyectados del servicio de Tv por Mes y Año

SERVICIO DE TELEVISION			Mes												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Instalaciones/Mes	50%		3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Puntos en Servicio			3	6	9	12	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Plan 1	10%	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Plan 2	30%	0	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Plan 3	60%	3	5	7	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Facturación		Valor(\$)													
	Instalación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plan 1	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plan 2	26,00	-	26,00	52,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00
	Plan 3	39,00	117,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00
Subtotal			117,00	221,00	247,00	273,00	273,00	273,00	273,00	273,00	273,00	273,00	273,00	273,00	273,00

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
SERVICIO DE TELEVISION						
Facturación						
	Instalación	-	-	-	-	-
	Plan 1	-	-	-	-	-
	Plan 2	780,00	936,00	936,00	936,00	936,00
	Plan 3	2.262,00	2.340,00	2.340,00	2.340,00	2.340,00
		-	-	-	-	-
Subtotal		3.042,00	3.276,00	3.276,00	3.276,00	3.276,00

Anexo 5: Grafico de columnas los servicios planificados.

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
CLIENTES COMERCIALES INGRESOS PROYECTADOS						
2.4	SERVICIOS DE VOZ	176.972,22	168.892,56	168.892,56	168.892,56	168.892,56
2.5	SERVICIOS DE DATOS	90.691,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00	92.292,00
2.6	SERVICIO DE TELEVISION	3.042,00	3.276,00	3.276,00	3.276,00	3.276,00
	Flujo de Caja	270.705,22	264.460,56	264.460,56	264.460,56	264.460,56
	Flujo de Caja sin serv. Tv	267.663,22	261.184,56	261.184,56	261.184,56	261.184,56



Anexo 6: Capacidad de transmisión

PROYECCIÓN CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN					
Sector		Lotización Industrial Pascuales			
Ubicación		Km 16.5 Vía Daule			
Tipo de Clientes		Comerciales			
Servicio		Corporativo			
Cantidad de Empr	31	Oficinas Estimadas	462		
Servicios				Capacidades	
Voz Fijo	Paquete Mensual	Requerimiento Estimado	Puertos	Kbps	Kbps
	Instalación			64	29.568
	Pensión Básica	100%	462		
	Trafico Adicional				
Trafico Internacional					
Datos	Servicio Básico	9		15.360	138.240
	Servicio Medio	8		24.576	196.608
	Servicio Premium	14		49.152	688.128
Televisión Digital H	Básico	0			-
	PPV	0			-
Total(Kbps)					1.052.544
Total(Mbps)					1028
					256,96875
Capacidad Troncal				1.052,54	Mbps
Canal compartido 1: 2				526,27	Mbps
STM1				3,4	

Anexo 7: Detalle de los equipos involucrados con sus respectivo valor económico para el diseño de la red G-PON

Equipos Nodo Central				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Nodo Central	Generador	1	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
	ONU	31	\$ 80,00	\$ 2.480,00
	ODF	1	\$ 600,00	\$ 600,00
	Negociador Espacio Físico	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
	Acondicionamiento Lugar	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
	Aire Acondicionado	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
	Acondicionamiento Acceso	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Banco de Baterías	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Material de Trabajo	varios	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
TOTAL				\$ 13.980,00

Equipos de Cabecera				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OLT	ZTE ZXA10 C300 G-PON 8 puertos Modelo GTO	1	\$ 9.546,00	\$ 9.546,00
TOTAL				\$ 9.546,00

Equipos Red Troncal				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Red Troncal	Fibra Monomodo (metros)	1160	\$ 1,15	\$ 1.334,00
	Uso de Postes CNEL	12	\$ 10,00	\$ 120,00
	Mangas	2	\$ 45,00	\$ 90,00
	Herrajes Postes	12	\$ 2,00	\$ 24,00
TOTAL				\$ 1.568,00

Equipos Red Distribución				
EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Red Distribución	Fibra Monomodo (metros)	5180	\$ 1,15	\$ 5.957,00
	Material de Trabajo	varios	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Uso de Postes CNEL	53	\$ 10,00	\$ 530,00
	Herrajes Postes	53	\$ 2,00	\$ 106,00
	Splitter 1:4	8	\$ 50,00	\$ 400,00
	Splitter 1:8	1	\$ 25,00	\$ 25,00
TOTAL				\$ 8.018,00

Anexo 8: Valores económicos involucrados en el diseño de la red G-PON

PRECIO TOTAL EQUIPOS Y MATERIALES	
DESCRIPCION	PRECIOS
Equipos de Cabecera	\$ 9.546,00
Equipos de Red Troncal	\$ 1.568,00
Equipos del Nodo Central GPON	\$ 13.980,00
Equipos Red de Distribución	\$ 8.018,00
TOTAL	\$ 33.112,00

PRECIO TOTAL MANO DE OBRA	
DESCRIPCION	PRECIOS
Instalación de Equipos	\$ 15.000,00
Tendido de Fibra óptica	\$ 9.500,00
TOTAL	\$ 24.500,00

INVERSION	
DESCRIPCION	PRECIOS
Equipos y Materiales	\$ 33.112,00
Mano de Obra	\$ 24.500,00
TOTAL	\$ 57.612,00

Anexo 9: Egresos Operativos involucrados en el diseño de la red

Gastos Operativos	Cantidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Personal Técnico	4	\$ 28.800,00	\$ 28.800,00	\$ 28.800,00	\$ 28.800,00	\$ 28.800,00
Personal de Implementación, Control, y Diseño	2	\$ 28.800,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Movilización y Transporte		\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00
Gestión Comercial y Publicidad		\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
Arriendos de Espacio	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Caja Chica		\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00
Uso de Postes		\$ 7.800,00	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00	\$ 7.800,00
Enlace Internacional STM1	3,4	\$ 108.649,70	\$ 108.649,70	\$ 108.649,70	\$ 108.649,70	\$ 108.649,70
TOTAL		\$ 224.849,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70

Anexo 10: Flujo Neto Acumulado y Calculo del VAN & TIR

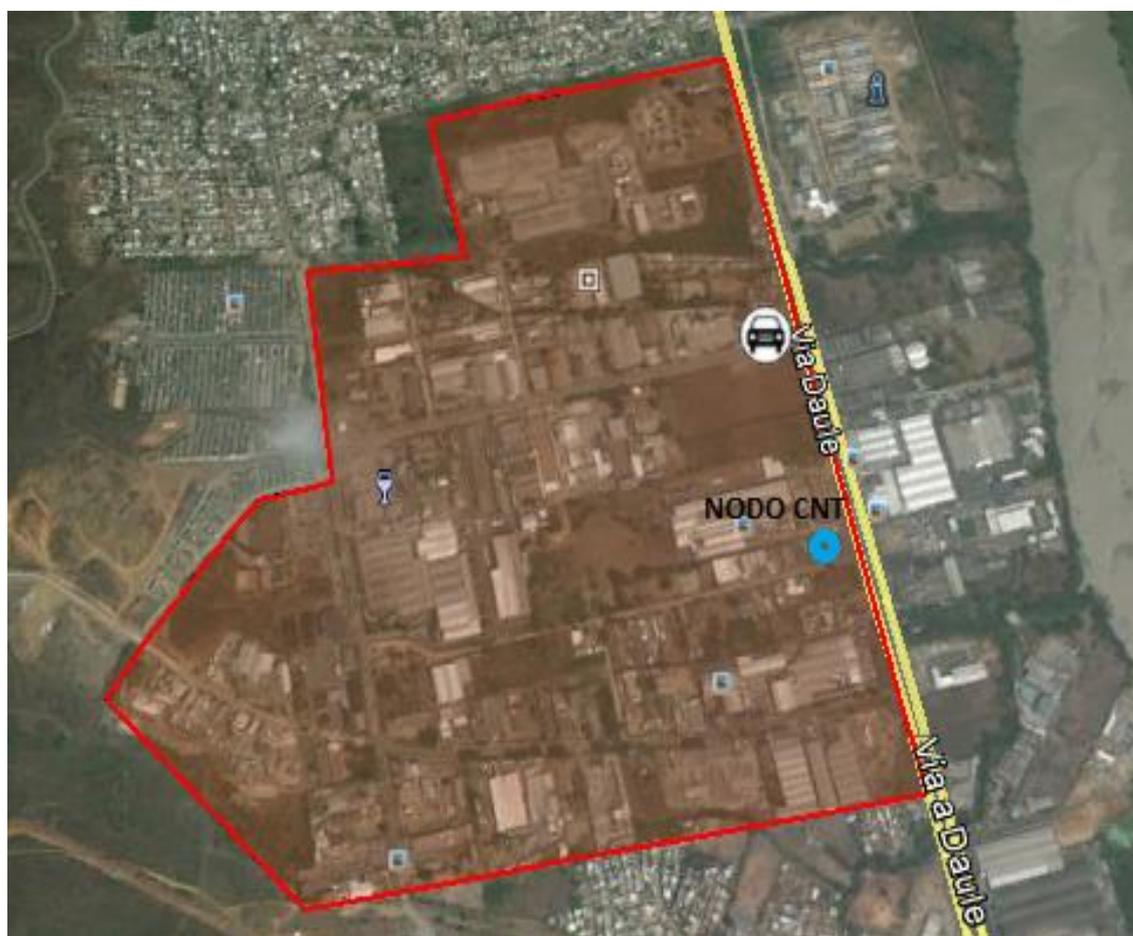
INGRESOS PROYECTADOS						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
TOTAL		267663,22	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56

Gastos del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
TOTAL		\$ 224.849,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		\$ 267.663,22	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56	\$ 261.184,56
inversiones	\$ (57.612,00)					
GASTOS		\$ 224.849,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70	\$ 196.049,70
FLUJO NETO	\$ (57.612,00)	\$ 42.813,52	\$ 65.134,86	\$ 65.134,86	\$ 65.134,86	\$ 65.134,86
Flujo Neto Acumulado	\$ (57.612,00)	\$ (14.798,48)	\$ 50.336,37	\$ 115.471,23	\$ 180.606,09	\$ 245.740,94

Periodo	5 años
tasa de descuento	10%
VAN Flujo	\$ 226.620,23
TIR	90%
Recuperación Inversión	1,23 años

Anexo 11: Lotización Industrial Pascuales Zona de Estudio



Anexo 12: Zonas aledañas posible expansión del proyecto



Anexo 13: Coordenadas y datos del área de estudio

Area Output

2082892.127 m²
2.083 km²
 514.694 Acres
 208.289 Hectares
 22420064.328 Feet²

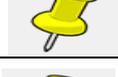
Total Area Output

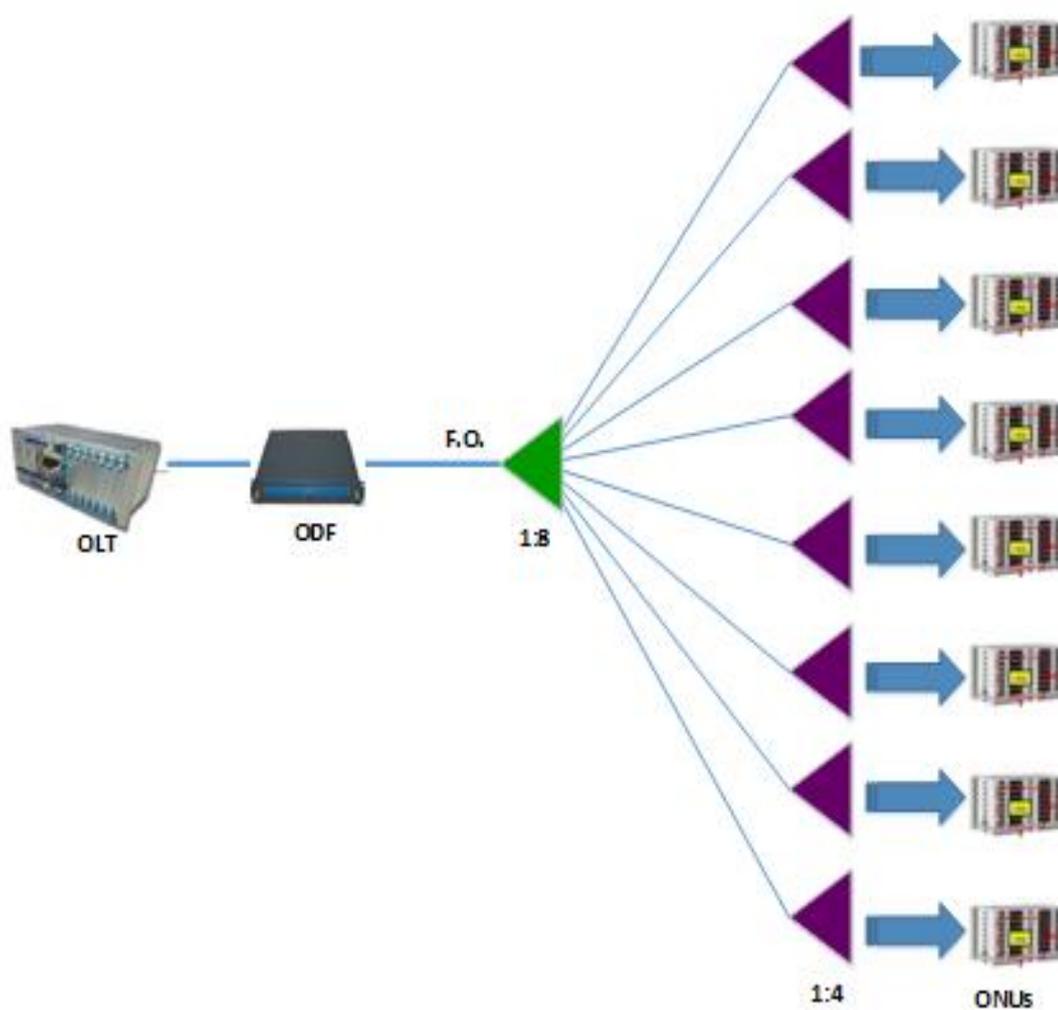
2082892.127 m²
 2.083 km²
 514.694 Acres
 208.289 Hectares
 22420064.328 Feet²

Perimeter Output

6339.827 m
6.340 km

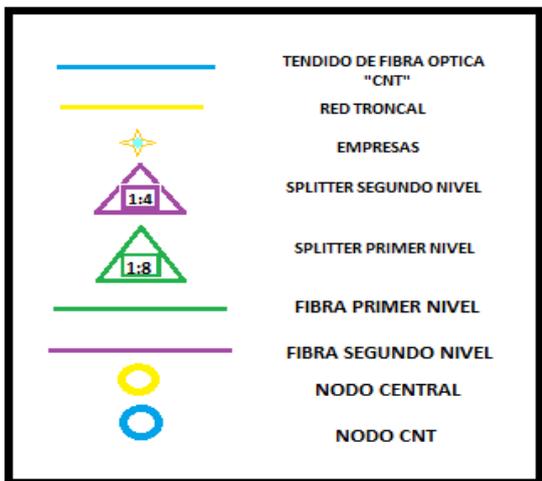
Longitud	79° 56' 59.63" O
Latitud	2° 03' 45.48" S
Inclinacion	40 °
Alcance	2310 m

SIMBOLO	NOMBRE	LATITUD(S)	LONGITUD (O)
	A	2° 3'21.35"	79°57'19.90"
	B	2° 3'19.96"	79°57'8.22"
	C	2° 3'8.82"	79°57'11.63"
	D	2° 3'2.55"	79°56'48.93"
	E	2° 3'59.31"	79°56'35.25"
	F	2° 4'6.91"	79°57'15.69"
	G	2° 3'53.49"	79°57'30.35"
	H	2° 3'39.43"	79°57'21.53"
	I	2° 3'37.92"	79°57'16.54"

Anexo 14: Esquema del diseño de la red G-PON

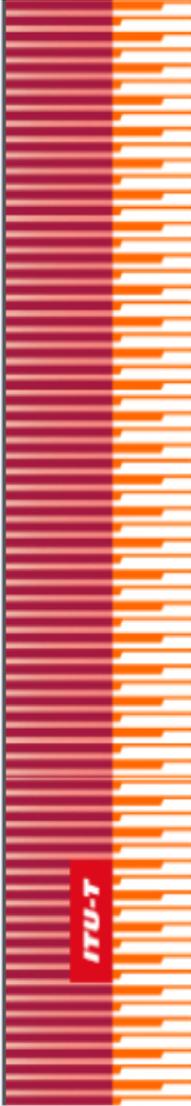
Anexo 15: Despliegue de la red troncal y la red de distribución





Anexo 16: Tendido de la fibra óptica vía aérea

Anexo 17: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión



International Telecommunication Union

ITU-T

TELECOMMUNICATION
STANDARDIZATION SECTOR
OF ITU

G.984.3
(01/2014)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital sections and digital line system – Optical line
systems for local and access networks

Recommendation ITU-T G.984.3



Anexo 18: Detalle del equipo de cabecera (OLT) [8]



ZXA10 C300 Optical Access Convergence Equipment Hardware Description

Version: V2.0.0

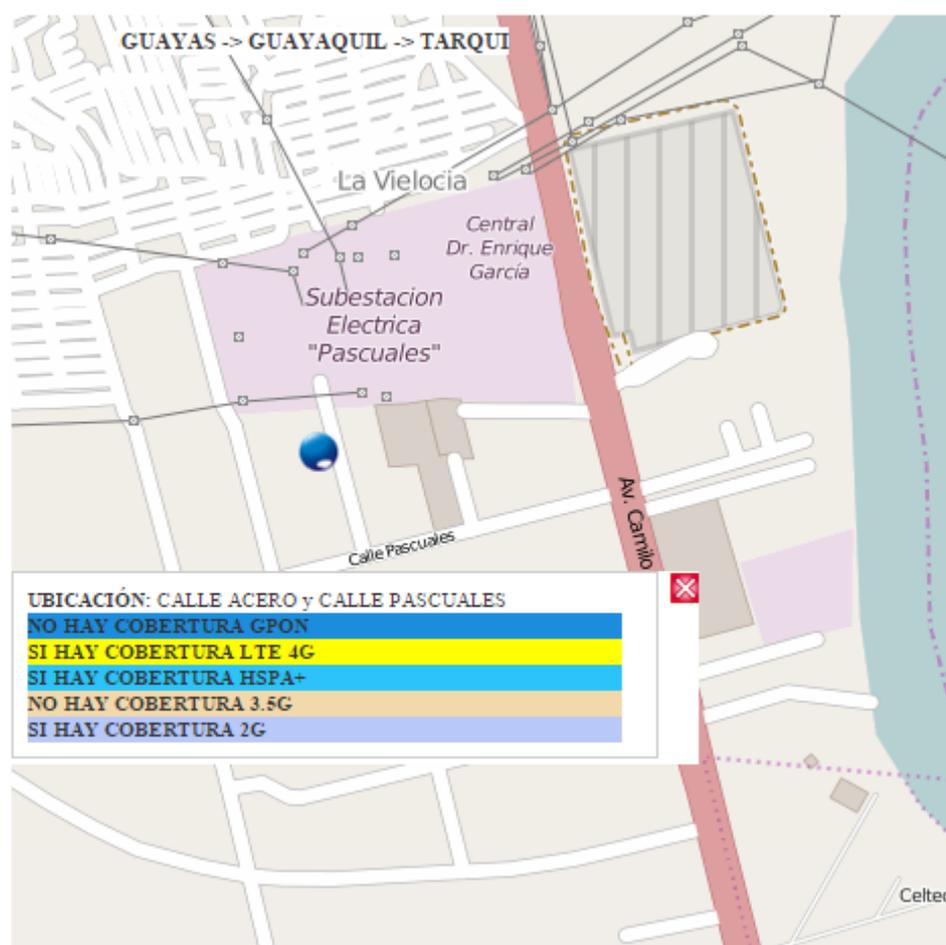
ZTE CORPORATION
No. 55, Hi-tech Road South, ShenZhen, P.R.China
Postcode: 518057
Tel: +86-755-26771900
Fax: +86-755-26770801
URL: <http://ensupport.zte.com.cn>
E-mail: support@zte.com.cn

Anexo 19: Detalle del equipo ONU [8]The ZTE logo consists of the letters 'ZTE' in a bold, blue, sans-serif font, followed by the Chinese characters '中兴' in a black, sans-serif font.

**ZXHN F600
GPON ONT
User Manual**

ZTE CORPORATION

Anexo 20: La zona “Lotización Industrial Pascuales” no cuenta con tecnología G-PON por el momento, para mayor información <http://gis.cnt.com.ec/apppublico/>



Anexo 21:**ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA**

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonados Digital Asimétrica)
APON	Asynchronous Transfer Mode Over Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva de Módulo de Transferencia Asíncrono)
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
ARPU	Average Revenue Per User (Ingreso Promedio por Usuario)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Módulo de Transferencia Asíncrono)
BPON	Broadband Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)
BW Map	Bandwidth Map (Mapa de Anchura de Banda)
CNEL EP	Corporación Nacional de Electricidad EP
CNT EP	Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP

DBA	Dynamic Bandwidth Assignment (Asignación Dinámica de Anchura de Banda)
DSL	Digital Subscriber Line (Línea de Subscriptor Digital)
EPON	Ethernet Passive Optical Networking (Ethernet sobre redes ópticas pasivas)
FO	Optical Fiber (Fibra Óptica)
GEM	Gigabit Passive Optical Network Encapsulation Method (Método de Encapsulamiento de Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabits)
G-PON	Gigabit Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabits)
HFC	Hybrid Fibre Coaxial (Híbrido de Fibra y Coaxial)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
ITU-T	Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

FTTB	Fiber to the Building (Fibra Hasta el Edificio)
FTTC	Fiber to the Curv (Fibra Hasta la Cabina)
FTTH	Fiber to the Home (Fibra Hasta el Hogar)
FTTN	Fiber to the Node (Fibra Hasta el Nodo)
FTTx	Fiber to the x (Fibra Hasta)
M.I.	Muy Ilustre
MPLS	Multiprotocol Label Switching (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo)
NSR	Non Status Reporting (Sin Información de Estado)
ODF	Optical Distribution Frame (Repartidor Óptico)
ODN	Optical Distribution Network (Red de Distribución Óptica)
OLT	Optical Line Termination (Terminación de Línea Óptica)
ONU	Optical Network Unit (Unidad de Red Óptica)
PON	Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva)
SDH	(Synchronous Digital Hierarchy)
SONET	Synchronous Optical Network (Red Óptica Síncrona)
SR	Status Reporting (Informe de Estado)

STM	Synchronous Transport Module (Módulo de Transporte Síncrono)
TDM	Time Division Multiplexing (Multiplexación por División en el Tiempo)
TDMA	Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División en el Tiempo)
TIR	Internal Rate of Return (Tasa Interna de Retorno)
VAN	Net Present Value (Valor Actual Neto)
WDM	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por División de Longitud de Onda)
XG-PON	10G-PON (10Gigabit PON)