

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS.

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN.**



TEMA:

**“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA FTTH EN LA PARROQUIA DE SAN
ANTONIO DE IBARRA PARA CNT-EP.”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN.**

AUTOR: SANTIAGO JAVIER MENESES NARVAEZ.

DIRECTOR: ING. EDGAR MAYA

IBARRA 2016

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.- Identificación de la obra

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto del repositorio digital institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participaren este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

Datos del contacto.	
Cedula de identidad.	100355929-9
Apellidos y nombres.	Meneses Narváez Santiago Javier.
Dirección.	Tobías Mena y Eduardo Dávila – Yuyucocha.
Email.	santysxm@gmail.com
Teléfono.	0969139461 – 0993010111

Datos de la obra.	
Titulo.	“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA FTTH EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA PARA CNT-EP.”
Autor.	Meneses Narváez Santiago Javier
Fecha.	Octubre 2016
Programa.	Pregrado
Titulo por el que opta.	Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación
Director.	Ing. Edgar Maya

2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo Santiago Javier Meneses Narváez con C.I. 100355929-9 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos. Para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la Ley de Educación Superior, artículo 144.

CONSTANCIA

Yo, SANTIAGO JAVIER MENESES NARVAEZ, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Octubre 2016

EL AUTOR:



.....
Santiago Javier Meneses Narváez
CI: 100355929-9

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo Santiago Javier Meneses Narváez, con cedula de identidad Nro. 100355929-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA FTTH EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA PARA CNT-EP.", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, quedando la Universidad Técnica del Norte facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi consideración de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia suscribo este documento en el momento en que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:



Santiago Javier Meneses Narváez.

C.I. 100355929-9

Ibarra, Octubre 2016

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación: “DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA FTTH EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA PARA CNT-EP.”, fue realizado en su totalidad por el Sr. Santiago Javier Meneses Narvález, bajo mi supervisión.

Ing. EDGAR MAYA

Director de tesis.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Santiago Javier Meneses Narvárez, con cedula de identidad Nro. 100355929-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y normativa vigente de la universidad Técnica del Norte.



Santiago Javier Meneses Narvárez.

C.I. 100355929-9

Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, a mi familia sobre todo a mi madre por brindarme su apoyo y confiar en mí, a mis hermanos por sus consejos y a mis amigos que de una u otra manera en determinado momento me dieron la mano.

Un agradecimiento especial al Ing. Edgar Maya, Ing. Robertho Marcillo, Ing Jorge Noguera, Econ. Winston Oviedo, Mauricio Torres por ser parte de este proyecto de titulación, por otro lado a todos mis maestros universitarios por darme las herramientas necesarias para desenvolverme en mi carrera profesional.

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación es dedicado a mi madre Fanny Narváez por su apoyo y esfuerzo constante día a día, dedico este trabajo también a mi padre y hermanos Juan, Luis, Oscar, Jhannet, Patricia, Paola, y Ronald que han sido un ejemplo y guía en mi vida.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo realizar el diseño de una red de fibra óptica que satisfaga las necesidades relacionadas a los servicios de telecomunicaciones en el sector de San Antonio de Ibarra, con lo cual se planea brindar servicios integrados o comúnmente conocidos como Triple Play.

Todo el diseño se ha desarrollado respetando las normas impuestas por la ITU-T G.984 así como la normativa actual de CNT-EP. Primero se considera realizar una explicación sobre los fundamentos que sirven como base para el diseño del proyecto, donde se hace énfasis en la normativa ITU-T G.984 y las tecnologías presentes.

Luego de concluir con la parte teórica se procede a realizar un estudio de la zona, para esta finalidad el sector se dividió en 16 distritos de estudio donde cada distrito tiene un Armario de distribución que puede brindar el servicio a 288 usuarios como mínimo.

El diseño de la red se plantea en tres etapas, la red troncal que constituye el tramo desde la OLT hasta los Armarios de distribución, el segundo tramo es la red de distribución que constituye desde los Armarios de cada distrito hasta las Cajas Terminales o NAP y por último el tramo final denominado Última Milla que inicia desde las Cajas terminales hasta el equipo ubicado en la casa del usuario, este equipo es la ONT.

Finalmente se realiza un análisis Costo- Beneficio donde se detalla las inversiones y gastos realizados, el beneficio no se analiza únicamente a nivel económico sino también a nivel social.

ABSTRACT

This present project has the objective to make a design of a fiber optic network that satisfies the needs related to telecommunications services in the area of San Antonio de Ibarra, which is projected to provide integrated services or commonly known like Triple Play.

The entire design has been developed in compliance with the standards imposed by G.984 ITU-T and the current rules of CNT-EP. First we consider do an explanation about some fundamentals that we consider the base for the project design, where the emphasis is on the ITU-T G standard and the technologies which are present in nowadays.

After concluding the theoretical part we proceed to do a study of the area, the parish was divided into 15 studio districts where each district which has provided services to 288 users.

The network design is proposed in three stages, the backbone which is the stretch from the OLT to the Distribution cabinets, the second stretch is the distribution network goes from the cabinets of each district until terminal boxes or NAP and finally the last stretch that is called last Mile which starts from terminals until the equipment boxes located in the user's home, this equipment is the ONT.

Finally, a cost-benefit analysis where investments and expenditure detailed is done, the benefit is not analyzed only economically but also socially.

PRESENTACIÓN

En el capítulo uno se realiza una introducción a la temática del proyecto de titulación donde se especifica el tema, problema, objetivos, alcance y justificación, este capítulo constituye la base para todo el desarrollo.

En el capítulo dos se plantea la base teórica que sustenta el planteamiento del diseño de la red de comunicaciones, donde se detallan las diferentes tecnologías y arquitecturas a usarse, así como también se realiza un análisis a la normativa que rige el despliegue de redes PON.

En el capítulo tres se desarrolla el diseño de la red de fibra óptica, para lo cual se ha dividido a la parroquia de San Antonio de Ibarra en 16 distritos de estudio, el diseño se plantea en tres etapas que son la Red Troncal, Red Distribución y Última Milla.

El capítulo cuatro hace referencia al Análisis Costo – Beneficio, donde se determina la rentabilidad del proyecto haciendo énfasis en parámetros financieros como son el VAN y el TIR, para luego analizar el beneficio obtenido.

En el capítulo cinco del proyecto se redactan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado con el desarrollo del proyecto dando un valor añadido al mismo.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
CONSTANCIA.....	¡Error! Marcador no definido.
CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	vi
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
PRESENTACIÓN.....	xii
ÍNDICE GENERAL	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
INDICE DE ECUACIONES.	xxiii
CAPÍTULO I	1
1. PRESENTACIÓN.....	1
1.1 Tema o título	1
1.2 Problema.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.	2
1.4 Alcance.....	3
1.5 Justificación.....	5

CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Introducción general	6
2.2 Fibra óptica	6
2.2.1 Características generales de la fibra óptica.....	9
2.2.2 Tipos de fibra óptica.....	10
2.2.3 Parámetros de la fibra óptica.....	15
2.2.3.1. Atenuación.....	15
2.2.3.2. Dispersión.....	16
2.3 Redes ópticas pasivas (PON).....	18
2.3.1 Introducción.....	18
2.3.2 Segmentos de redes ópticas pasivas (PON).....	19
2.3.3 Estructura y funcionamiento de redes ópticas pasivas (PON).....	21
2.3.4 Tipos de redes ópticas pasivas (PON).....	23
2.3.4.1.-APON.....	23
2.3.4.2. BPON.....	24
2.3.4.3. GPON.....	24
2.3.4.4.-EPON.....	30
2.3.5 Arquitecturas de red de acceso óptico.....	30
2.3.5.1. FTTX.....	30
2.3.5.2.-FTTH.....	31
2.3.5.3. FTTC.....	31
2.3.5.4.-FTTB.....	32
2.3.5.5. FTTN.....	32
2.3.6 Técnicas de multiplexación en un sistema de comunicación óptico.....	33
2.3.6.1. Time Division Multiplexing (TDM).....	33

2.3.6.2.-Frequency Division Multiplexing (FDM)	33
2.3.6.3.- Weavelength Division Multiplexing (WDM).....	34
2.3.7 Tecnologías y protocolos utilizados por las redes GPON.	34
2.3.7.1.- DBA (Dynamic Bandwidth Allocation).....	34
2.3.7.2.- ATM (Asynchronous Transfer Mode).....	34
2.3.7.3.- GEM (GPON Encapsulation Method).....	35
2.4 Tripe Play.....	35
2.4.1.- Introducción.....	35
2.4.2.- Elementos del sistema triple play.	36
2.4.2.1.- Distribuidores de servicios.	36
2.4.2.2.- Red de transporte.	36
2.2.2.3.- Red de acceso.	37
2.2.2.4.- Red de abonado.	37
CAPÍTULO III.....	38
3. DISEÑO.....	38
3.1.- Situación actual de la parroquia.....	38
3.1.1.- Ubicación.....	38
3.1.2.- Población.	39
3.1.3.- División Político administrativa.	42
3.1.4.- Mancha poblacional.....	44
3.1.5.- Población por rama de actividad.	46
3.1.6.- Servicios de telecomunicaciones.....	47
3.1.6.1. Telefonía fija.....	47
3.1.6.2. Banda ancha.	50
3.1.6.3. TV pagada.....	52
3.2.- Tabulación y Análisis de encuestas.	53

3.2.1.- Cálculo de la muestra.	54
3.2.2.- Análisis de la encuesta y resultados.	55
3.3.- Proyección demanda.	59
3.4.- Diseño.	62
3.4.1.- Esquema general GPON para la parroquia de San Antonio de Ibarra.	62
3.4.2.- Esquema lógico de la red.	67
3.4.3.- Esquema físico de la red.	69
3.4.3.1.- Ubicación de la OLT y Armarios de distribución.	71
3.4.3.2.- Red Canalizada.	72
3.4.3.3.- Red de postes.	73
3.4.3.4.- Red Troncal.	74
3.4.3.5.-Red Distribución.	78
3.4.4.- Cálculo de atenuación.	80
3.4.5.- Selección de Equipos.	87
3.3.5.1.- OLT. (Optical Line Terminal)	87
1.3.5.2.- ONT. (Optical Network Terminal)	90
1.3.5.3.-Armarios de distribución (FDC).	92
1.3.5.4. - SPLITTER.	94
1.3.5.5.- Mangas de empalme.	95
1.3.5.6. Cajas terminales.	97
1.3.5.7.- Fibra óptica.	99
1.3.5.8.- Herrajes.	100
CAPÍTULO IV.	102
4. ANALISIS COSTO BENEFICIO	102
4.1.- Introducción.	102
4.2.- Plan de servicios	103

4.3.- Inversión inicial.....	104
4.4.- Ingresos anuales.....	109
4.5.- Flujo de caja.....	115
4.6.- Periodo de recuperación.....	117
4.7.- VAN.....	118
4.8.- TIR.....	119
4.9.- RELACIÓN COSTO-BENEFICIO.....	120
4.10.- BENEFICIO SOCIAL.....	120
CAPÍTULO V.....	123
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
LINKOGRAFÍA.....	129
ANEXOS.....	130
ANEXO 1.....	131
ANEXO 2.....	137

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Constitución de la fibra óptica.....	7
Figura 2. Cable estructura holgada.	10
Figura 3. Cable estructura ajustada.....	11
Figura 4. Fibra multimodo.	12
Figura 5. Fibra monomodo.	12
Figura 6. Fibra multimodo índice gradual	13
Figura 7. Fibra multimodo índice escalonado.....	14
Figura 8. Fibra de modo único.	14
Figura 9. Dispersión den una fibra óptica.....	17
Figura 10. Dispersión cromática.	18
Figura 11. Segmentos de una PON.....	19
Figura 12. Componentes de una red PON.	21
Figura 13. Componentes principales de una red PON.....	22
Figura 14. Arquitectura básica de una red APON.	23
Figura 15. Arquitecturas de red.	26
Figura 16. Sistema dúplex únicamente en la OLT.....	27
Figura 17. Configuración Dual-parenting.....	28
Figura 18. Aplicaciones GPON.	28
Figura 19. Arquitectura básica EPON.	30
Figura 20. Estructura básica de una red FTTX.	31
Figura 21. Topologías FTTX.	32
Figura 22. Ubicación de San Antonio de Ibarra en Imbabura.	38
Figura 23. Plano San Antonio de Ibarra.....	39

Figura 24. Pirámide poblacional San Antonio de Ibarra por edad.....	40
Figura 25. División Político administrativa San Antonio de Ibarra.....	43
Figura 26. Asentamientos humanos.....	44
Figura 27. Áreas geográficas.	45
Figura 28. Mancha Poblacional.	46
Figura 29. Población por rama de actividad.	47
Figura 30. Porcentaje de telefonía fija en la parroquia año 2010.	48
Figura 31. Estimado porcentual de clientes Telefonía fija que cubre CNT 2015.....	49
Figura 32. Disponibilidad de hogares con internet.	50
Figura 33. Estimado porcentual de clientes de BA que cubre CNT 2015.	51
Figura 34. Estimado porcentual de clientes con TV residencial en San Antonio de Ibarra. ...	52
Figura 35. Estimado porcentual de servicios en San Antonio de Ibarra.....	53
Figura 36. Modelo y arquitectura de una red GPON.	63
Figura 37. Descripción de la infraestructura GPON en la ODN.....	64
Figura 38. Esquema para despliegues de redes GPON.....	65
Figura 39. Ubicación OLT.....	68
Figura 40. Esquema lógico de la red.....	68
Figura 41. Área de estudio- San Antonio de Ibarra.	69
Figura 42. Área de estudio por distritos.....	70
Figura 43. Tramo canalizado OLT-D1.	73
Figura 44. Postes existente Distrito uno.	74
Figura 45. Red troncal.....	75
Figura 46. Recorrido OLT-D1.	77
Figura 47. Recorrido OLT-D6.....	78
Figura 48. Red distribución D1.....	79
Figura 49. Armario D14- OLT.....	80

Figura 50. Tramo inicial OLT-D_14	81
Figura 51. Tramo final OLT-D_14	82
Figura 52. Distancia Armario D14- abonado más lejano.	83
Figura 53. Elementos que intervienen en el presupuesto óptico.....	86
Figura 54. Distribución slot OLT.....	89
Figura 55. OLT Huawei MA5600T	91
Figura 56. Huawei HG8245.....	91
Figura 57. FDC Tyco 288.....	93
Figura 58. Conexión interna splitter.	94
Figura 59. Splitter Tyco.	95
Figura 60. Manga de empalme.....	97
Figura 61. Caja terminal óptica.....	98
Figura 62. Herraje tipo A.	101
Figura 63. Herraje tipo B.	101
Figura 64. Planes de servicio	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Diámetros de núcleo más usados.	8
Tabla 2	Ventanas de transmisión de la fibra óptica.	16
Tabla 3	Niveles de potencia óptica para sistemas 2.4Gbit/s down y 1.2Gbit/s up.	29
Tabla 4	Balance de atenuación en GPON.	29
Tabla 5	Población San Antonio de Ibarra.	40
Tabla 6	Crecimiento poblacional.	41
Tabla 7	Tipo de viviendas.	42
Tabla 8	Porcentaje de viviendas con servicios de telecomunicaciones año 2015.	48
Tabla 9	Estimado porcentual de servicios en San Antonio de Ibarra.	52
Tabla 10	Crecimiento abonados Telefonía fija CNT-EP nivel nacional.	59
Tabla 11	Crecimiento abonados Banda Ancha nivel nacional.	60
Tabla 12	Abonados CNT 2015 San Antonio de Ibarra.	61
Tabla 13	Proyección usuarios 20 años.	61
Tabla 14	Proyecciones 2035.	62
Tabla 15	Ubicación OLT-Armarios.	71
Tabla 16	Distancias OLT-Armarios de distribución.	76
Tabla 17	Distancia cliente más lejano.	84
Tabla 18	Valores de atenuación.	84
Tabla 19	Atenuación de splitter.	85
Tabla 20	Calculo de atenuación.	86
Tabla 21	Comparación técnica OLT.	88
Tabla 22	Comparación técnica ONT.	90
Tabla 23	Comparación técnica FDC.	92

Tabla 24 Comparación técnica splitter.	94
Tabla 25 Comparación técnica Cajas de empalme.	96
Tabla 26 Comparación técnica Cajas terminales.	98
Tabla 27 Comparación técnica Fibra Óptica.	99
Tabla 28 Tabla de gastos supuestos.....	104
Tabla 29 Presupuestos de inversión.	109
Tabla 30 Volúmenes de obra.....	110
Tabla 31 Costos instalación y servicio.....	111
Tabla 32 Ingresos año uno	112
Tabla 33 Ingresos año dos	113
Tabla 34 Ingresos año tres	114
Tabla 35 Ingresos año cuatro	115
Tabla 36 Ingresos año cinco.	1174
Tabla 37 Flujo de caja.....	117
Tabla 38 Periodo de recuperación.....	117

INDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1. Formula cálculo crecimiento poblacional.	40
Ecuación 2. Fórmula para calcular número de hogares.	49
Ecuación 3. Fórmula para calcular % de cobertura CNT 2015.	50
Ecuación 4. Fórmula para calcular % de cobertura CNT.	51
Ecuación 5. Ecuación para determinar la muestra poblacional.	54
Ecuación 6. Fórmula para el cálculo del crecimiento de abonados.	60
Ecuación 7. Fórmula de cálculo VAN.	119
Ecuación 8. Fórmula de cálculo TIR.	120

CAPÍTULO I

1. PRESENTACIÓN

1.1 Tema o título

Diseño de una red de fibra óptica FTTH en la parroquia de San Antonio de Ibarra para CNT-EP.

1.2 Problema

El desarrollo constante de la tecnología se despliega a pasos acelerados, uno de los objetivos de este progreso es mejorar la prestación de diferentes servicios como TV, internet, telefonía, entre otros, para así obtener servicios más eficientes, baratos y asequibles; debido a que las necesidades y exigencias de los usuarios cada vez son más elevadas, las redes actuales no satisfacen la demanda que ellos necesitan siendo las limitaciones principales el ancho de banda, velocidades de transmisión y cobertura de las mismas.

Los servicios de voz y datos que CNT-EP entrega a los usuarios hoy en día en San Antonio de Ibarra son por medio de ADSL, en la actualidad el número de hogares que tienen acceso a estos servicios son 2904 a telefonía y 1358 a internet, lo cual equivale alrededor del 50% de la población según datos de CNT-EP, teniendo en cuenta que la demanda de estos servicios va en aumento, la migración de una red ADSL a GPON es imprescindible ya que esta red tiene mejores prestaciones como mayores anchos de banda y velocidades de transmisión.

CNT-EP es una empresa que siempre está a la par con las nuevas tecnologías en el campo de las comunicaciones, teniendo en cuenta el crecimiento acelerado de la población lo

cual implica mayor demanda en servicios, es recomendable la migración de las redes actuales ADSL a redes GPON, ya que estas redes poseen mejores prestaciones como soporte para múltiples servicios y mayores coberturas, dejando a un lado la utilización de ADSL.

La parroquia de San Antonio de Ibarra cuenta con una población aproximada de 17522 personas, sector en el cual 2904 hogares tienen acceso a telefonía y 1358 hogares a internet, por lo cual la demanda de estos servicios en la parroquia es muy considerable y progresivo, de aquí nace la necesidad de realizar un diseño para migrar de lo que actualmente son las redes ADSL a GPON.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar una red de fibra óptica FTTH usando el estándar GPON que permita brindar los servicios de voz, datos y video en el sector de San Antonio de Ibarra para CNT-EP.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Describir los parámetros fundamentales del estándar GPON así como las diferentes tecnologías de acceso, protocolos y componentes que se involucran en estas redes al proveer servicios integrados como lo son voz, datos y video a través de fibra óptica, para lo cual se empleara diferentes fuentes bibliográficas que sirvan como fundamento para obtener los conocimientos necesarios en el proceso de desarrollo.
- Evaluar el mercado de consumo actual en cuanto a servicios de voz, datos y video se refiere encuestando a los habitantes de la parroquia de San Antonio de Ibarra para obtener información sobre la demanda existente.

- Presentar un diseño de la red de fibra óptica FTTH usando el estándar GPON que sirva como referencia para futuras implementaciones de CNT-EP.
- Determinar la factibilidad costo-beneficio en base a las consideraciones del presente diseño lo cual justifique el uso de redes de fibra óptica como redes de acceso.

1.4 Alcance

Para el correcto diseño de una red FTTH se debe comprender bien los conceptos involucrados en esta área de desarrollo, por lo cual para el presente proyecto se comenzará detallando los tipos de Redes Ópticas Pasivas (PON) y el estándar GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) G.984.1 que es el estándar que rige el diseño de este tipo de redes de fibra óptica, consecutivamente se explicarán las diferentes arquitecturas FTTx con las cuales se puede llegar a los usuarios finales, los protocolos usados en la transmisión de información, componentes pasivos y activos involucrados en este tipo de redes ópticas, y por último se hablará de cómo se realiza la multiplexación de servicios.

Se realizará un estudio técnico-económico del mercado actual en la parroquia de San Antonio de Ibarra, mediante el cual se obtendrá datos relacionados con el nivel de satisfacción que tienen los usuarios por los servicios adquiridos en cuanto a voz, datos y video se refiere, también se evaluará la disponibilidad económica de la población al pagar por dichos beneficios; otro aspecto importante a valorar es el número de hogares que estarían dispuestos a adquirir servicios integrados, así como futuros posibles clientes; todo esto se realizará mediante la elaboración de encuestas de las cuales se obtendrá la información necesaria para determinar la demanda existente y en base a eso hacer una proyección de la misma, esto proporcionará el criterio para establecer parámetros mínimos de la necesidad actual en la red, esta etapa del proyecto es muy importante ya que de esto dependerá el alcance del diseño de la red FTTH.

El presente diseño se desarrollará tomando en cuenta el estudio de mercado realizado con anterioridad así como las recomendaciones planteadas por la UIT en el estándar GPON G.984.1, además se debe considerar que la arquitectura de acceso con la cual se trabajará es FTTH. Entendiendo los aspectos anteriormente mencionados se comenzará la elaboración del diseño detallando los diagramas tanto lógico como físico de la red en los cuales se especificará la distancia y el recorrido que sigue la fibra; las características y ubicación de cada uno de los componentes involucrados como la OLT, ONT, splitters; los cálculos respectivos para el presupuesto del enlace; elección del tipo de fibra a usar en cada tramo de la red; tipo de tendido a usarse en el trayecto el cual puede ser aéreo o subterráneo.

Para el desarrollo del diseño debe tenerse en cuenta el punto de interconexión de la red FTTH con CNT-EP ya que en ese punto se ubicará la OLT (Optical Line Terminal) para ofrecer los diferentes servicios solicitados por el usuario. CNT-EP cuenta con una Oficina Central en San Antonio de Ibarra, la cual se encuentra ubicada en la calle Luis Enrique Cevallos entre 27 de Noviembre y Antonio José de Sucre, entre las características principales de la OLT además de ser un elemento activo de la red es que cuenta con varios puertos PON y desde cada puerto se puede brindar el servicio hasta 32 usuarios finales.

Para evidenciar las ventajas de la migración a redes GPON se determinará la factibilidad costo-beneficio, donde el análisis se desarrollará desde dos puntos de vista, el primer lugar se analizará la parte económica del proyecto para luego continuar con lo social; en la parte económica se evaluará parámetros como costos de mantenimiento de la red, costos de instalación de la fibra, equipos activos, costos de personal, entre otros; en la parte social se analizarán el impacto de la ejecución del proyecto versus no ejecutarlo en el sector, donde se considera el beneficio obtenido por los habitantes de San Antonio de Ibarra.

1.5 Justificación

Uno de los objetivos de La Universidad Técnica del Norte es formar profesionales altamente competitivos que desarrollen procesos científicos tecnológicos y de innovación, por lo cual el presente proyecto que consiste en el “Diseño de una Red de fibra óptica FTTH en la parroquia de San Antonio de Ibarra para CNT-EP” pretende enfocarse y desarrollarse en las áreas impartidas en clase.

CNT-EP se proyecta como una empresa líder al momento de brindar servicios relacionados al campo de las telecomunicaciones, proporcionando soluciones integrales y de alta calidad a los usuarios, por lo cual siempre debe estar a la par con las nuevas tecnologías desarrolladas al momento de brindar dichos servicios, un ejemplo de esto es la fibra óptica, tecnología que en la actualidad se está posicionando como la mejor opción al momento de brindar servicios integrados.

Las redes de fibra óptica son en la actualidad la mejor opción al momento de brindar servicios integrados como lo son voz datos y video, todo esto es por las altas prestaciones que tiene este medio de transmisión, prestaciones como gran ancho de banda, velocidades altas de transmisión, entre otras; estas redes ópticas se están desplegando a nivel global con el único propósito de satisfacer las necesidades cada vez más elevadas de los usuarios.

La naturaleza innata de los seres humanos siempre es mejorar, ya sea a nivel social, económico, académico, entre otros, en el aspecto académico un estudiante para poder superarse debe culminar etapas en su vida estudiantil; el desarrollo de un plan de tesis sin duda es un paso más a cumplir en el ciclo universitario, dicho plan de tesis debe ser elaborado en una área con la cual el estudiante se sienta cómodo y a gusto para lograr tener éxito.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción general

El desarrollo constante de la tecnología relacionada al sector de la telecomunicaciones se ha dado de una manera acelerada, todo esto es debido a la exigencia cada vez más elevada de los usuarios en cuanto a servicios de comunicaciones, por lo que se hace necesario contar con sistemas de comunicaciones con mejores características, uno de los medios de transmisión que en la actualidad está en auge por cumplir características como mejores capacidades de transmisión y mayores alcances, es la fibra óptica.

Las redes PON (Passive Optical Network) son redes que usan como medio de transmisión la fibra óptica, estas redes permiten brindar a los usuarios una gama de servicios como son voz, datos y video por un mismo medio de transmisión.

2.2 Fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión usado en las telecomunicaciones, este medio de transmisión se ha convertido en uno de los más usados, debido a las grandes ventajas que ofrece, como la disminución de ruido e interferencias, resistencia a la corrosión y variaciones de temperaturas pero sobre todo su gran ancho de banda.

La fibra óptica es un hilo muy fino similar a un cabello humano, constituido principalmente por material dieléctrico (material que no tiene conductividad) transparentes como el vidrio o plástico, por medio de este hilo se envían pulsos de luz, convencionalmente

un pulso de luz indica un bit en 1 y la ausencia de luz indica un bit en cero. Los rayos de luz que se propagan a través del hilo de fibra se rigen a la ley de Snell. Este medio de transmisión se comporta como una guía de onda en donde la luz es insertada por un extremo de la fibra y circula a lo largo de la misma reflejándose contra las paredes hasta llegar al otro extremo.

El principio en el que se basa la transmisión en una fibra óptica se conoce como “Principio de reflexión interna total” o TIR. (Vallejo, 2013, pág. 30)

La fibra óptica está constituida principalmente por tres elementos básicos que son el núcleo, revestimiento y la cubierta o recubrimiento tal como se muestra en la Figura 1.

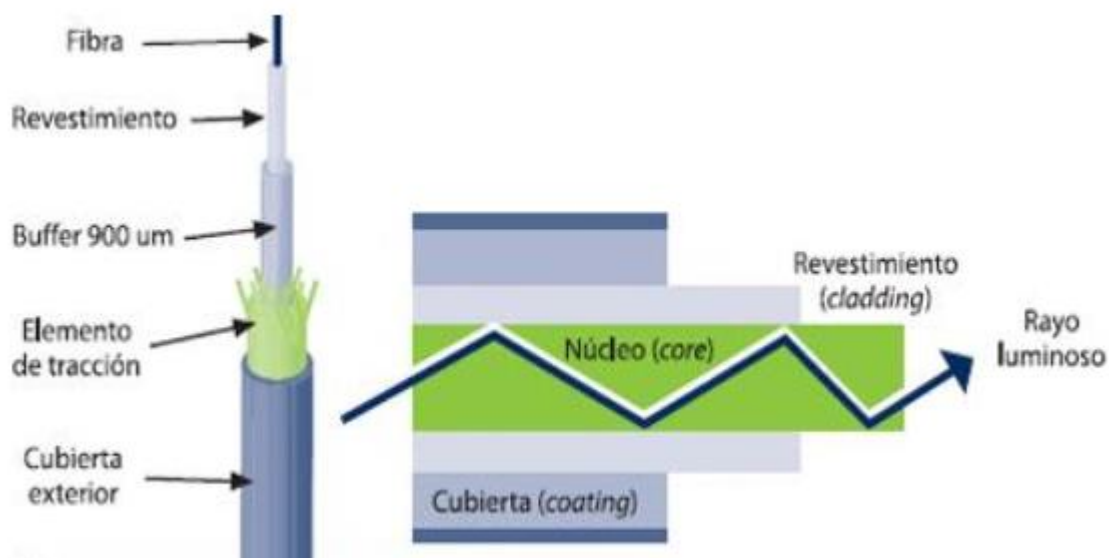


Figura 1. Constitución de la fibra óptica.

Fuente: Illescas (2012).

El núcleo de la fibra está compuesto de dióxido de silicio y es por donde se transporta la información constituye la parte central de la fibra, tiene un índice de refracción mayor al del revestimiento, el diámetro del núcleo de la fibra varía en un rango entre 8 y 125 micrómetros. (Alumia & Paladines, 2014, pág. 6)

En la Tabla 1 se muestra los cinco grupos de fibra más usados según el diámetro del núcleo.

Tabla 1

Diámetros de núcleo más usados.

Diámetro Núcleo	Diámetro Revestimiento	Tipo de Propagación	Longitud de Onda de Transmisión	Características
8 a 10 um	125 um	Monomodo	1550/1330 nm	Transmisión de datos de alta velocidad en largas distancias. Aumento de costos en su implementación.
50 um	125 um	Multimodo	850/1310 nm	Pequeña apertura numérica que hace que la potencia de la fuente sea menor.
62.5 um	125 um	Multimodo	850 nm	Una de las más utilizadas en la actualidad para transmisiones.
85 um	125 um	Multimodo	850 nm	Buena captación de las señales de luz debido a su mayor diámetro en el núcleo.
100 um	125 um	Multimodo	850 nm	Mucho más fácil de empalmar, menor atenuación

Fuente: Tomado de Alumia & Paladines (2014).

El revestimiento se encarga de cubrir el núcleo de la fibra, este tiene un índice de refracción menor al del núcleo con lo que se consigue que las ondas de luz queden confinadas en el mismo.

La cubierta exterior está fabricada de un plástico que brinda protección al núcleo y revestimiento así como resistencia mecánica para el tendido de la fibra, también sirve para identificación a través de un código.

2.2.1 Características generales de la fibra óptica.

Ancho de banda: El ancho de banda que la fibra óptica tiene es bastante elevado en comparación con otros medios de transmisión como lo son el cable UTP/STP y coaxial. La tasa de transmisión está en el orden de los Gbps, en redes GPON se tiene un valor de 2.4 Gbps.

Distancia: La baja atenuación de la fibra óptica permite alcanzar distancias bastante considerables sin necesidad de repetidores, en redes GPON esta distancia llega hasta los 20Km.

Integridad de datos: La transmisión de datos por fibra óptica tiene un BER menor a $10E^{-11}$, esta característica permite que no sea necesario implementar métodos de corrección de errores por lo que se acelera la velocidad de transferencia. (Vallejo, 2013, pág. 27)

Duración: la fibra óptica es resistente a la corrosión y altas temperaturas y su estructura permite soportar esfuerzos elevados de tensión en la instalación.

Seguridad: Debido a que la fibra óptica no produce radiación electromagnética es resistente a acciones intrusivas de escucha. La fibra óptica también es resistente a efectos electromagnéticos externos por lo que es apta para usar en ambientes industriales. (Vallejo, 2013, pág. 27)

2.2.2 Tipos de fibra óptica.

Existen diferentes formas de clasificar a las fibras ópticas basándose en diferentes criterios, entre los cuales está el diseño, composición y el modo de propagación.

Por su construcción básica o diseño.

Cable de estructura holgada: Tiene como núcleo un miembro central o refuerzo el cual está rodeado por varios tubos de fibra y una cubierta protectora. Cada tubo de fibra tiene dentro hilos de fibra, cada tubo esta generalmente lleno de un gel protector, véase Figura 2, de esta forma el tubo holgado aísla las fibras de fuerzas mecánicas externas. (Vallejo, 2013, pág. 31)

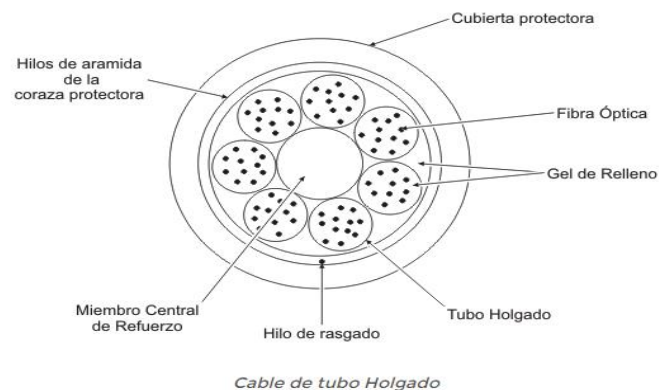


Figura 2. Cable estructura holgada.

Fuente: ANONIMO. (2005). *Tipos de fibras ópticas*. Recuperado de: <http://goo.gl/nIKyeb>

Este tipo de cables son usados en instalaciones exteriores pueden ser aéreas o subterráneas de preferencia horizontales, no es recomendable para instalaciones verticales por el gel interno que contiene ya que provoca derrame del mismo o movimiento de las fibras.

Cable de estructura ajustada: Contiene varias fibras con protección secundaria las cuales rodean el miembro central de refuerzo, todo está cubierto por una protección exterior.

(Vallejo, 2013, pág. 31) La protección secundaria consiste en una cubierta plástica con diámetro de 900um y espesor alrededor de 1mm, véase Figura 3, su función es proteger la fibra e identificar en base a su recubrimiento.

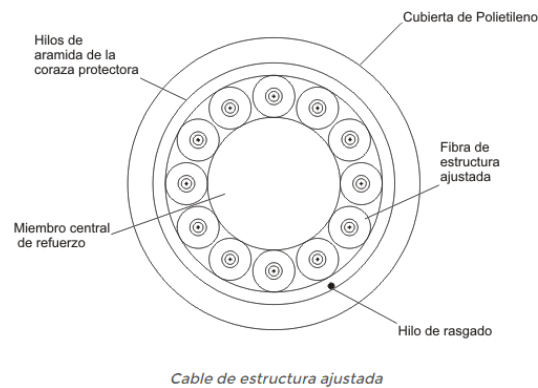


Figura 3. Cable estructura ajustada.

Fuente: ANONIMO. (2005). *Tipos de fibras ópticas*. Recuperado de: <http://goo.gl/nIKyeb>

Por su composición.

- Plástica: fibra óptica con núcleo de plástico y manto de vidrio.
- PCS (Plastic Clad Silica): Fibra óptica con núcleo de vidrio y manto plástico.
- SCS (Silica Clad Silica): Fibra con núcleo de silicio y manto de silicio.

Las fibras de plástico poseen algunas ventajas sobre las fibras de vidrio como es mayor flexibilidad, menor costo y peso, mayor resistencia a la presión, entre otras. La principal desventaja es la alta atenuación en comparación con fibras de vidrio ya que no propagan luz tan eficientemente. (Pabon, 2009, pág. 23)

Por el modo de propagación de luz.

Una de las formas de clasificar a las fibras ópticas es por su modo de propagar los rayos de luz emitidos. Las fibras multimodo son fibras que permiten la transmisión de diferentes modos o rayos de luz a lo largo de la fibra tal como se muestra en la Figura 4, la fibra monomodo por otro lado permite únicamente que un solo rayo de luz viaje a lo largo de la misma, véase Figura 5.

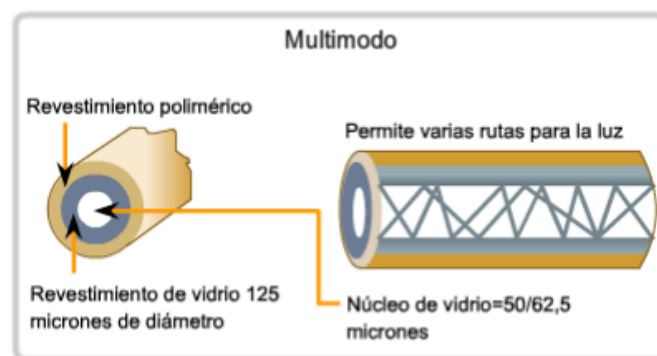


Figura 4. Fibra multimodo.

Fuente: Illescas (2012).



Figura 5. Fibra monomodo.

Fuente: Illescas (2012).

La fibra multimodo es sensitiva a la dispersión modal y se utiliza en aplicaciones en cortas distancias. (Alumia & Paladines, 2014, pág. 8) A su vez la fibra multimodo tiene una

subdivisión según el índice de refracción en multimodo de índice gradual y multimodo de índice escalonado.

La fibra de índice gradual se caracteriza por que su índice de refracción no es constante en el núcleo, decrece al desplazarse desde el centro del núcleo hasta el revestimiento, el resultado de esto es que los rayos de luz recorren la fibra describiendo trayectos ondulados tal como se muestra en la Figura 6. (Alumia & Paladines, 2014, pág. 8) Los rayos de luz viajan a diferentes velocidades de propagación pero llegan aproximadamente al mismo tiempo al otro extremo de la fibra por lo cual la dispersión modal en este tipo de fibras se reduce.

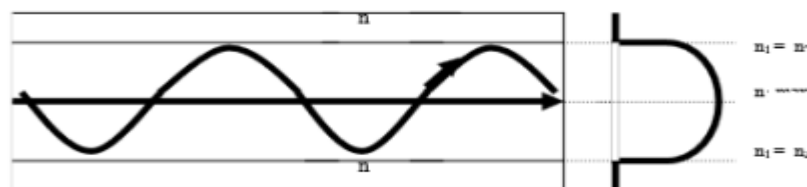


Figura 6. Fibra multimodo índice gradual

Fuente: Alumia & Paladines (2014).

La característica esencial de la fibra multimodo de índice escalonado es que el índice de refracción es constante en todo el núcleo y superior al índice de refracción del revestimiento, los rayos de luz viajan a lo largo de la fibra en forma de zigzag, véase Figura 7. (Alumia & Paladines, 2014, pág. 8) La dispersión modal en este tipo de fibra es mayor que en las fibras multimodo de índice gradual, esto es un limitante en la velocidad de transmisión.

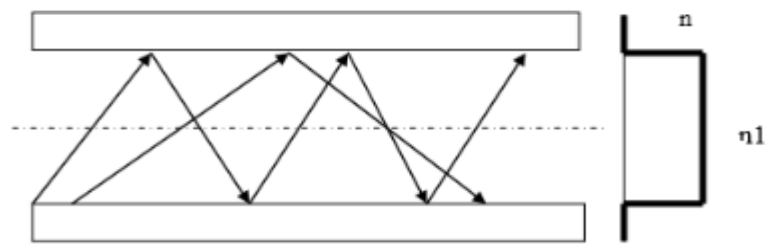


Figura 7. Fibra multimodo índice escalonado.

Fuente: Alumia & Paladines (2014).

La fibra de Modo único o monomodo tiene el núcleo de menor diámetro comparado con la fibra multimodo, en este tipo de fibra se propaga un solo modo o haz de luz el cual sigue un trayecto por medio de la fibra tal como se muestra en la Figura 8, este tipo de fibra es usada para largas distancias y es capaz de llevar mayor información que las fibras multimodo por su gran ancho de banda, la principal desventaja es su costo y difícil manipulación. (Alumia & Paladines, 2014, pág. 9)

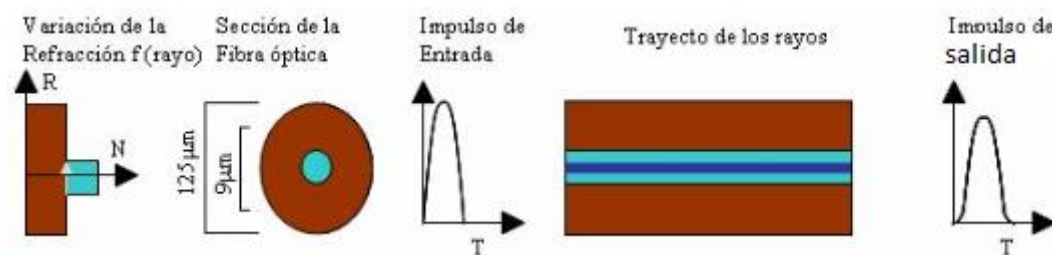


Figura 8. Fibra de modo único.

Fuente: Hinojosa (2007).

2.2.3 Parámetros de la fibra óptica.

2.2.3.1. Atenuación.

La transmisión de datos en una fibra óptica no es 100% eficaz, la pérdida de luz en la transmisión es llamada atenuación. (Pabon, 2009, pág. 14) La atenuación en la fibra óptica se manifiesta con pérdida de potencia de la señal óptica conforme aumenta la distancia, la unidad en la que se expresa la atenuación es db/Km.

Diferentes son los factores que influyen en la atenuación como son la absorción por materiales dentro de la fibra, disipación de la luz fuera del núcleo de la fibra, pérdidas de luz causada por factores ambientales, empalmes, tipo de fibra y longitud de onda a la que se desea transmitir entre otras. Las principales pérdidas que se presentan en las fibras ópticas son las pérdidas por absorción y dispersión.

Las pérdidas por absorción pueden ser tres.

- Absorción por rayos ultravioletas,
- Absorción por rayos infrarrojos,
- Absorción por la presencia de iones hidroxilo OH,

Estas pérdidas hacen que la luz se convierta en calor, los dos primeros tipos de absorción se da debido a la interacción entre los fotones que viajan por la fibra y las moléculas que constituyen el núcleo. La tercera causa es debido a la presencia de iones hidroxilo OH- los cuales constituyen impurezas causadas por partículas de vapor de agua atrapadas en el vidrio durante el proceso de fabricación. (Vallejo, 2013, pág. 41) Hoy en día mediante técnicas sofisticadas de fabricación se ha logrado reducir este tipo de pérdidas al punto de no ser un problema significativo.

Las pérdidas por dispersión o scattering de Rayleigh y Mie están relacionadas con irregularidades físicas en las fibras ópticas, estas irregularidades causan cambios en el índice de refracción de la luz, lo cual provoca que una parte del rayo de luz se vaya a la cubierta lo que se conoce como fenómeno de difracción. (Vallejo, 2013, pág. 41)

En la Tabla 2 se observa que las fibras ópticas presentan una atenuación menor en ciertos valores del espectro lumínico a las cuales se les denomina ventanas de transmisión.

Tabla 2

Ventanas de transmisión de la fibra óptica.

	1° ventana.	2° ventana.	3° ventana.	4° ventana.	5° ventana.
		Banda O	Banda C	Banda L	Banda S
Rango nm.	800-900	1250-1350	1500-1600	1600-1660	1350-1500
λ central nm.	850	1310	1550	1625	1470
Atenuación db/Km.	2.5	0.38	0.25	0.20	0.30

Fuente: Vallejo (2013).

2.2.3.2. Dispersión.

La dispersión es el fenómeno en el cual un pulso de entrada se deforma y ensancha a medida que se propaga por una fibra óptica lo cual causa distorsión en la información, esto se da debido a los diferentes tiempos de desplazamiento de los distintos rayos de luz a través de la fibra, la dispersión se expresa en [ns/Km]. Existen tres tipos de dispersión que a continuación se detalla.

- Dispersión modal.
- Dispersión cromática.
- Dispersión por modo de polarización.

La dispersión modal está presente en las fibras multimodo, es causada por la diferencia de tiempos de propagación en los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra, esta dispersión se reduce considerablemente usando fibras de índice gradual. (Pabon, 2009) Si el esparcimiento o ensanchamiento del pulso es lo suficientemente severo los pulsos pueden solaparse causando interferencia intersimbólica (ISI), véase Figura 9.



Figura 9. Dispersión den una fibra óptica.

Fuente: Pabón (2009).

La dispersión cromática afecta tanto a fibras monomodo y multimodo y es el resultado de que el espectro de luz que facilita la fuente, contiene componentes a distintas longitudes de onda lo cual limita la velocidad de transmisión en la fibra. (Pabon, 2009, pág. 16)

La dispersión cromática afecta directamente el ancho de banda y la forma de las señales ópticas, todo esto debido a que las diferentes longitudes de ondas llegan al receptor en tiempos diferentes lo cual provoca el ensanchamiento de los pulsos, véase Figura 10.

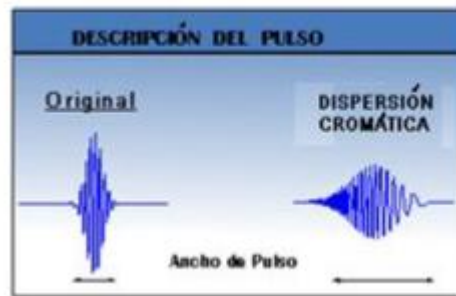


Figura 10. Dispersión cromática.

Fuente: Alumia & Paladines (2014).

La única forma de contrarrestar los efectos de la dispersión cromática es tratar de trabajar con una fuente de luz más pura (luz con una sola longitud de onda).

La dispersión por modo de polarización PMD afectan principalmente a fibras monomodo, esta dispersión afecta la transferencia de bits a altas velocidades deformando los pulsos, aquí los componentes de un modo que se introduce en una fibra se desplazan con diferente velocidad llegando al otro extremo de la fibra a tiempos diferentes. (Vallejo, 2013, pág. 44)

Esto es el resultado de la asimetría del núcleo de la fibra, PMD es de relevancia en sistemas de muy alta velocidad de transmisión por encima de los 10Gbps.

2.3 Redes ópticas pasivas (PON).

2.3.1 Introducción.

Una red PON es una red que posee únicamente elementos pasivos entre la oficina central (OC) y los usuarios, introduciendo en medio de la red divisores ópticos pasivos o splitters que guían el tráfico por la red, la fibra se lleva desde un terminal de línea óptica (OLT)

hasta a un centro de distribución de fibra (ODN), en este punto se encuentran divisores ópticos los cuales dirigen las conexiones a los abonados en las ONT. (Añasco, 2013, pág. 75)

Una red PON se encuentra compuesta generalmente por diferentes segmentos tal como se muestran en la siguiente Figura 11.



Figura 11. Segmentos de una PON.

Fuente: Furukawa (2015).

2.3.2 Segmentos de redes ópticas pasivas (PON).

- **Sala de Equipos/Cabecera:** local donde están instalados el equipo de transmisión óptica (OLT), responsable por la transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión. (Villacís, 2013, pág. 13)
- **Red Óptica Troncal/Feeder:** Está constituida por los cables que llevan la señal desde la Sala de Equipos hasta los centros de distribución. (Furukawa, 2015,

pág. 2) Es recomendable que estos cables vayan subterráneamente y en las instalaciones aéreas vayan devanados por mensajero.

- **Puntos de distribución:** En las redes PON se usa la topología Estrella-Distribuida con el objetivo de optimizar la fibra, los centros de distribución hacen la división de la señal óptica en áreas más distantes de la central, disminuyendo en número de fibras ópticas para atender estos accesos. En este punto son instaladas cajas de empalme o pequeños armarios ópticos de distribución asociados a divisores ópticos. (Furukawa, 2015, pág. 2)
- **Red Óptica de Distribución:** Formada por fibra, esta lleva la señal de los centros de distribución a las áreas específicas de atención. Conjuntamente con estos cables son utilizados cajas de empalme para derivación de las fibras con el objetivo de tener una distribución mejorada de la señal. Cajas de empalme también nombradas NAP/Network Access Point, son puestos para la distribución de la señal realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red terminal, véase Figura 12, conocida como red de bajada. (Furukawa, 2015, pág. 3)
- **Red Óptica de acometida:** Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras. A partir de la caja de empalme terminal-NAP, llevan la señal óptica hasta el abonado. El elemento de sustentación normalmente es usado para sujetar el cable del abonado en la casa/edificio. (Furukawa, 2015, pág. 3)

- **Red Interna:** A partir del O DIO (Distribuidor Interno Óptico) son usadas extensiones ópticas para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del abonado. (Furukawa, 2015, pág. 4)

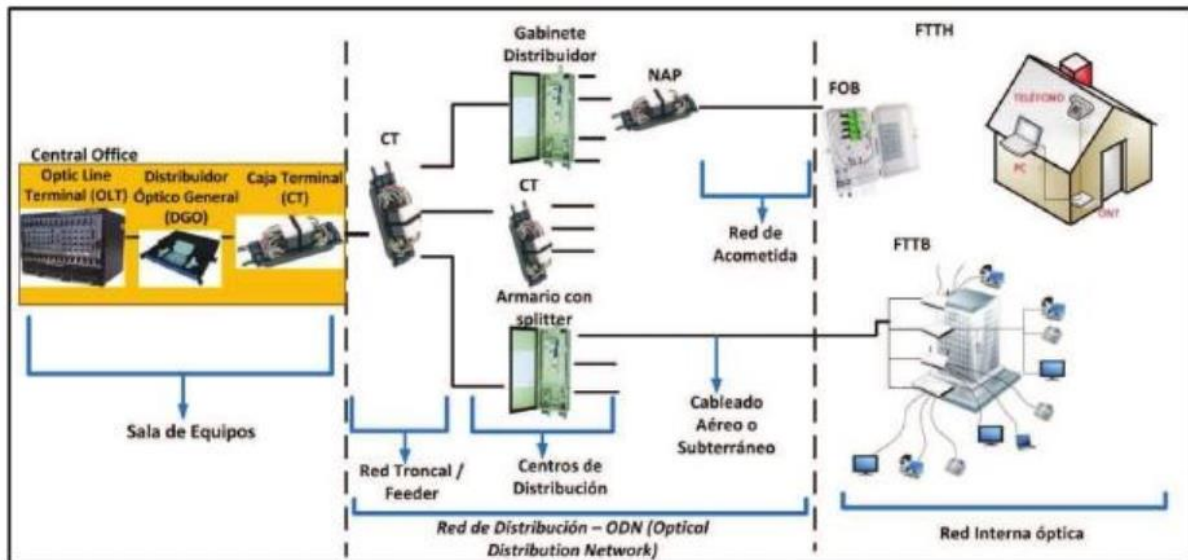


Figura 12. Componentes de una red PON.

Fuente: Villacís (2013).

2.3.3 Estructura y funcionamiento de redes ópticas pasivas (PON).

Una red óptica pasiva está formada por los siguientes elementos:

- OLT (Optical Line Terminal) se encuentra en la OC, desde la OLT parten las fibras hacia los abonados.
- Splitter.
- ONT u ONU ubicada en el hogar o edificio.

La transmisión se realiza entre la OLT y la ONU/ONT que se comunican a través del divisor óptico o splitter, su función depende si el canal es ascendente o descendente. (Pabon, 2009, pág. 48)

Canal descendente o downstream:

En el canal descendente una red PON es una red punto multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que el splitter se encarga de repartir y filtrar hacia el usuario los contenidos que van dirigidos a él. En este procedimiento se usa TDM. (Villacís, 2013, pág. 15)

Canal ascendente o upstream:

En una red ascendente una red PON es punto-punto donde diferentes ONU's transmiten a la OLT se usa TDMA controlados por la OLT. (Villacís, 2013, pág. 16)

Para que no se produzca interferencias entre los canales upstream y downstream se usa dos longitudes de onda superpuestas usando WDM tal como se muestra en la Figura 13, al usar longitudes de ondas diferentes es necesario usar filtros ópticos para separarlas después. (Pabon, 2009, pág. 49)

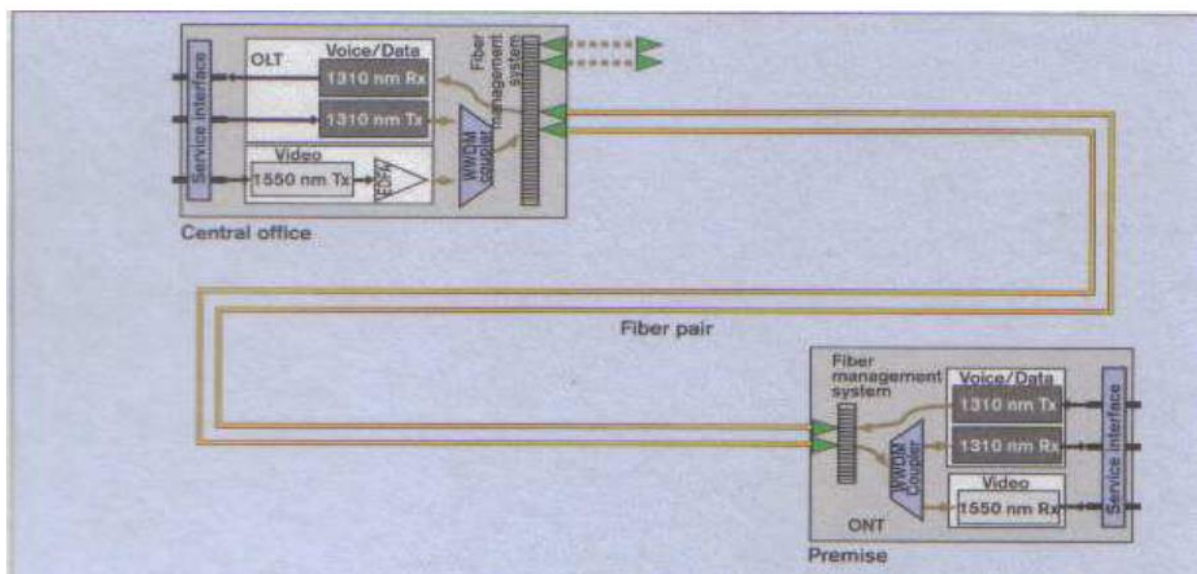


Figura 13. Componentes principales de una red PON.

Fuente: Pabón (2009).

2.3.4 Tipos de redes ópticas pasivas (PON).

2.3.4.1.-APON.

Sus siglas A-PON o ATM-PON ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network) cuyas especificaciones están definidas en el estándar ITU-T G.983, fue el primer estándar desarrollado para redes PON. Las primeras especificaciones fueron desarrolladas por el comité FSAN(Full Service Access Network) grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificar en el acceso de banda ancha a las viviendas. APON usa ATM como protocolo de señalización en capa 2 (enlace de datos), véase Figura 14, además se adecua a distintas arquitecturas de redes FTTX. (Guevara, s.f., pág. 1)

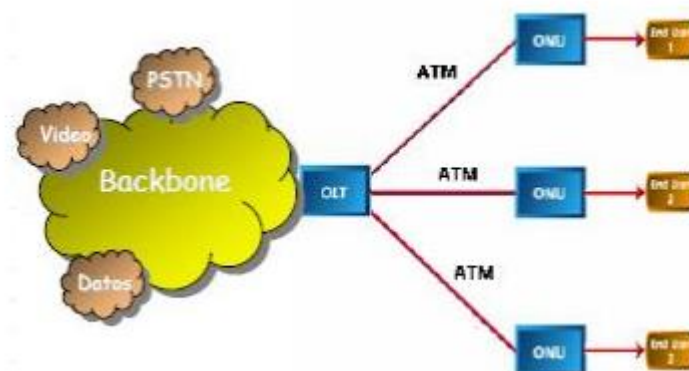


Figura 14. Arquitectura básica de una red APON.

Obtenido de: Guevara (s.f.).

La transmisión de datos en el canal de bajada se da por una corriente de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes para identificación del equipo generador ONU. Estas ráfagas van a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre el número de usuarios (ONU's) que están conectados al nodo óptico. (Guevara, s.f., pág. 1)

En el canal de subida, la trama está compuesta por 54 celdas ATM en las cuales hay dos celdas PLOAM (Capa Física – Operación de administración y mantenimiento) las cuales guardan información sobre los destinos de cada celda, operación administración y mantenimiento de la red. (Guevara, s.f., pág. 1)

2.3.4.2. BPON.

Está basado en el estándar APON, sus especificaciones están el ITU-T G.983 y su principal diferencia con APON es que puede soportar estándares de banda ancha y ofrecer servicios como distribución de video. Broadband-PON se especifica en los estándares G.983.1 hasta G.983.8, este estándar define una arquitectura simétrica es decir que la velocidad para la transmisión de datos en el canal de bajada y subida son iguales (155 Mbps), el estándar fue modificado para aceptar tráfico asimétrico de 622 Mbps en el canal descendente y 155 Mbps en el canal ascendente, también admite tráfico simétrico igual a 622 Mbps, pero tiene un costo elevado y limitaciones técnicas. (Vallejo, 2013, pág. 8)

2.3.4.3. GPON.

En este apartado se tratara sobre las recomendaciones ITU-T G.984.X que va desde la ITU-T G.984.1 hasta ITU-G 984.7, estas recomendaciones dan una orientación al momento de tomar decisiones en el despliegue de redes PON. Es importante señalar que no todas las recomendaciones tratan sobre despliegues de redes de fibra óptica sino también muchas hacen relación a lo que son fabricantes de elementos PON.

ITU-T G.984.1. Características Generales.

ITU-T G.984.2. Especificación de la capa dependiente de medios físicos.

ITU-T G.984.3 Especificación de la capa de convergencia de medios de transmisión.

ITU-T G.984.4 Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica.

ITU-T G.984.5 Bandas de mejora.

ITU-T G.984.6 GPON de largo alcance.

ITU-T G.984.7 GPON de largo alcance.

A continuación se incluyen algunas definiciones que son de suma importancia para entender todo lo referente al despliegue de redes ópticas pasivas.

- Red de acceso óptico (OAN, optical Access network): es el conjunto de enlaces que comparten las mismas interfaces en el lado de red (o lado de la OLT), la OAN puede tener varias ODN conectadas a la misma OLT. (UIT-T G.984.1, 2008, pág. 2)
- Red de distribución óptica (ODN, optical distribution network): es la red que proporciona los medios de transmisión necesarios para comunicar la OLT con los usuarios. (UIT-T G.984.1, 2008, pág. 2)
- Terminación de línea óptica (OLT, optical line termination): proporciona la interfaz en el lado de red de la OAN. (UIT-T G.984.1, 2008, pág. 2)
- Terminación de red óptica (ONT, optical network termination): ONU usada para FTTH.
- Unidad de red óptica (ONU, optical network unit): proporciona la interfaz en el lado de usuario de la OAN y está conectada a la ODN.
- Sentido descendente: señales transmitidas desde la OLT hasta las ONU.

- Sentido ascendente: señales transmitidas desde la ONU hasta las OLT.

La Figura 15 muestra diferentes arquitecturas para PON donde la red de acceso óptico OAN es diferente para todas ellas.

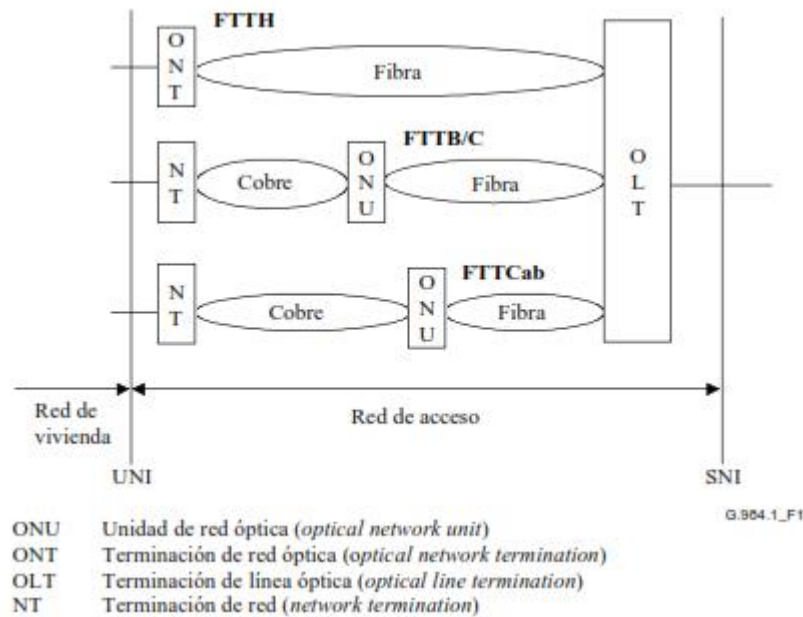


Figura 15. Arquitecturas de red.

Fuente: UIT-T G-984.1 (2008).

GPON apunta básicamente a velocidades superiores a 1.2 Gbits/s con lo cual se tiene en la actualidad dos combinaciones posibles para subida y bajada.

- 1.2 Gbits/s up, 2.4 Gbits/s down.
- 2.4 Gbits/s up, 2.4 Gbits/s down.

En cuanto al alcance de la red se define al alcance lógico máximo en 60 km y el alcance físico en 20 Km. (UIT-T G.984.1, 2008, pág. 7)

La relación de división con la tecnología actual permite una división en el nivel de splitter 1:64 como máximo. (UIT-T G.984.1, 2008, pág. 8) Esto indica que los equipos en el lado de la OLT

permiten hasta 64 ONT por cada puerto PON, CNT-EP actualmente trabaja con 32 ONT por cada puerto de la OLT.

La fiabilidad de la red PON es un criterio muy importante a tener en cuenta al momento de desplegar redes de fibra óptica, a esto se le llama “Protección en la sección PON” este apartado de las recomendaciones ITU-G984.1 considera algunas posibilidades al momento de tener fiabilidad en la red en caso de fallos, la configuración más usada es la que usa un splitter relación 2:N, donde se prioriza un respaldo entre la OLT y el primer nivel de splitter tal como se observa en la Figura 16.

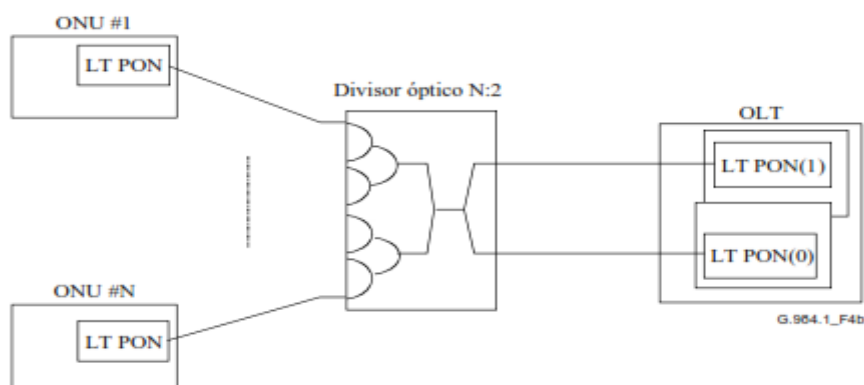


Figura 16. Sistema dúplex únicamente en la OLT.

Fuente: UIT-T G-984.1 (2008).

Dual-parenting es un método de fiabilidad en el despliegue de redes pon en el que la protección PON se implementa usando dos terminaciones OLT o dos equipos OLT separados, esta configuración es más confiable pero a la vez más costosa, véase Figura 17.

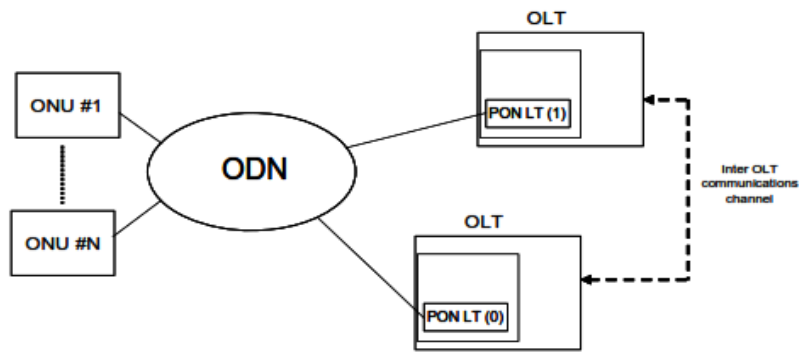


Figura 17. Configuración Dual-parenting.

Fuente: UIT-T G-984.1 (2008).

En la actualidad los sistemas GPON se usan para dos aplicaciones, una es pleno servicio con superposición de video y otra es para sistemas puramente digitales, observe la Figura 18.

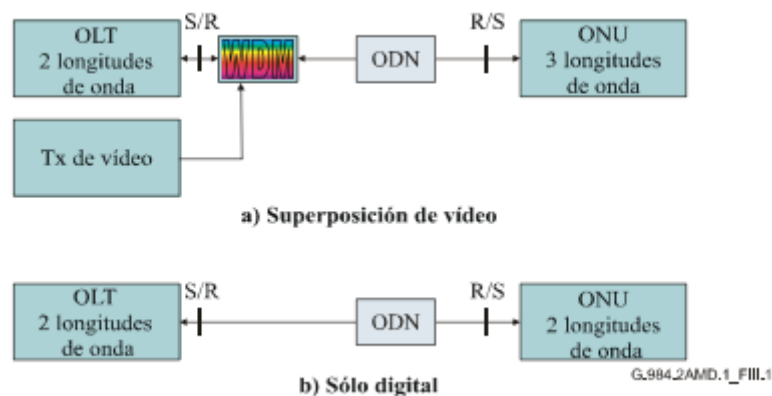


Figura 18. Aplicaciones GPON.

Fuente: UIT-T G-984.1 (2008).

En la Tabla 3 se puede observar los niveles de potencia y sensibilidad para los cuales tanto la ONU como la OLT pueden trabajar adecuadamente, además en la Tabla 4 se muestra los niveles de atenuación máximos y mínimos para los cuales trabaja una red GPON.

Tabla 3

Niveles de potencia óptica para sistemas 2.4 Gbit/s down y 1.2 Gbit/s up.

CARACTERÍSTICAS.	UNIDAD.	VALOR.
OLT		
Mínima potencia media inyectada.	Dbm	+1.5
Máxima potencia media inyectada.	Dbm	+5
Mínima sensibilidad.	Dbm	-28
ONU		
Mínima potencia media inyectada.	Dbm	+0.5
Máxima potencia media inyectada.	Dbm	+5
Mínima sensibilidad.	Dbm	-27

Fuente: UIT-T G-984.1.

Tabla 4

Balace de atenuación en GPON.

Característica.	Unidad.	Monofibra.
Mínima Atenuación óptica 1490nm.	dB	13
Mínima Atenuación óptica 1310nm.	dB	13
Mínima Atenuación óptica 1550nm.	dB	13
Máxima Atenuación óptica 1490nm.	dB	28
Máxima Atenuación óptica 1310nm.	dB	28
Máxima Atenuación óptica 15500nm.	dB	28

Fuente: UIT-T G-984.1.

En el método de transmisión se usa la técnica WDM para la transmisión bidireccional en una sola fibra o bien transmisión unidireccional en dos fibras.

2.3.4.4.-EPON.

Ethernet – PON es un sistema desarrollado por la IEEE llamado Ethernet en la última milla (EFM), se basa en el transporte de tráfico Ethernet reemplazando lo que son celdas ATM, que en ciertos casos resulta ser ineficiente. EPON se apega a la norma IEEE 802.3 y funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONU's que se interconectan a cada OLT, véase Figura 19. Una ventaja de este sistema es que ofrece QoS en el canal Downstream y Upstream (Guevara, s.f.)

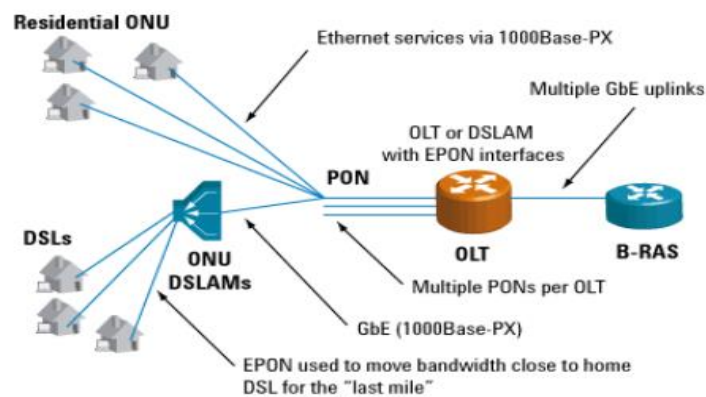


Figura 19. Arquitectura básica EPON.

Fuente: Guevara (s.f.).

2.3.5 Arquitecturas de red de acceso óptico.

2.3.5.1. FTTH.

Es un término genérico usado para las redes ópticas pasivas, en la Figura 20 se muestra la estructura básica de una red FTTH que contiene los elementos básicos de una red PON como son la OLT (Optical Line Termination), ONT (Optical Network Terminal), ODN (Optical Network Distribution).

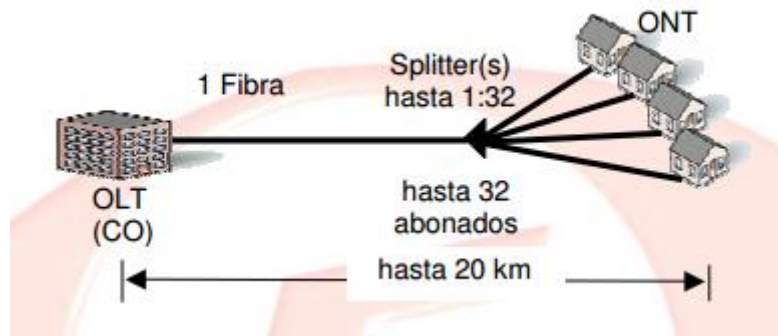


Figura 20. Estructura básica de una red FTTX.

Fuente: Furukawa (2015).

La Figura 15 muestra las diferentes arquitecturas disponibles que van desde la fibra hasta la vivienda (FTTH), pasando por la fibra hasta el edificio y la cera (FTTB/FTTC), hasta llegar con fibra hasta el nodo o cabina (FTTCab o FTTN). (UIT-T G.984.1, 2008, pág. 4)

2.3.5.2.-FTTH

En esta arquitectura la fibra ingresa hasta la residencia u oficina del abonado, para los enlaces se usa topología tipo estrella el cual consta de uno o dos hilos de fibras dedicados a cada usuario, con esto se obtiene un mayor ancho de banda a cada usuario. La principal desventaja es que se necesita un cable con mayor número de fibras, véase Figura 21. (Vallejo, 2013, pág. 17)

2.3.5.3. FTTC

Según (Vallejo, 2013, pág. 16) en la arquitectura FTTC (Fiber to the Curb) se define el enlace desde la OC hasta un cajetín cercano al usuario máximo 300mts, para la conexión de red entre el usuario final y el cajetín se usa cable de cobre tal como se muestra en la Figura 21.

FTTC es un sistema que usa técnicas TDM, el ancho de banda dependerá del nivel de splitteo (1:2, 1:8, 1:32, etc.), se puede entregar un ancho de banda desde 100Kbps hasta 100Mbps por suscriptor.

2.3.5.4.-FTTB

Esta se caracteriza porque la fibra llega hasta la entrada al edificio, a partir de ese punto el acceso a cada usuario se da mediante una red de cableado estructurado, los splitters son ubicados en el cuarto de telecomunicaciones de cada edificio y dependiendo del número de suscriptores. El ancho de banda que proporciona esta arquitectura es de 50Mbps a 100Mbps por abonado. (Vallejo, 2013, pág. 16)

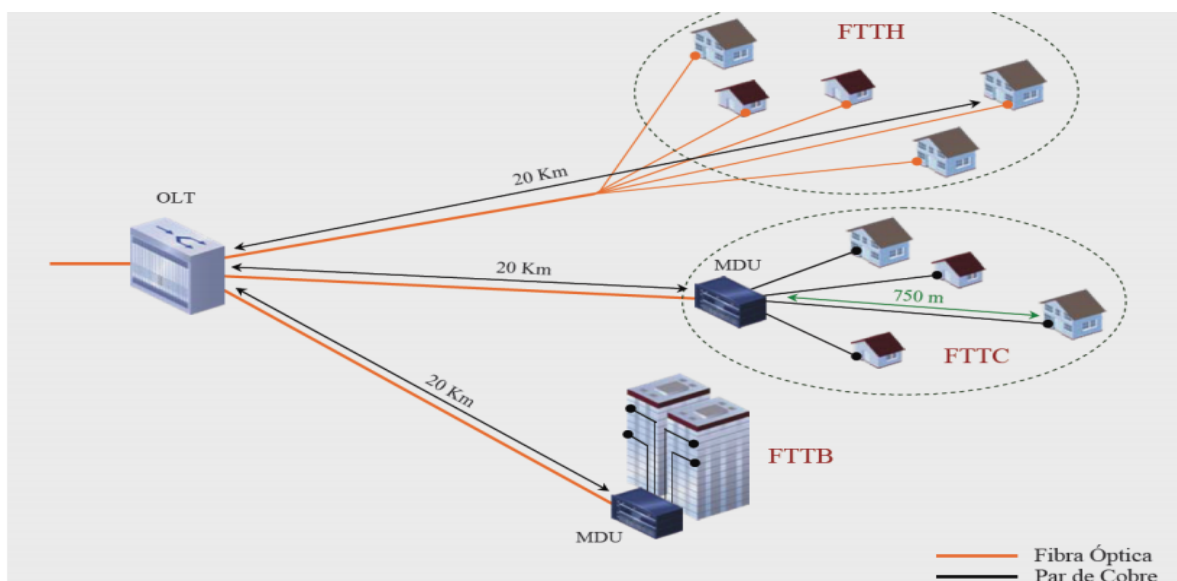


Figura 21. Topologías FTTX.

Fuente: Añasco (2013).

2.3.5.5. FTTN

Según (Añasco, 2013) en este diseño de telecomunicaciones la fibra la fibra termina en una cabina o armario de la calle, el último tramo es por medio de cable coaxial o par trenzado,

la gran diferencia con FTTC (Fiber to the Curb) es el área que cubre, FTTN cubre un área hasta de 1500 metros mientras FTTC una área hasta de 300m.

FTTN a menudo usa la infraestructura de par trenzado o cable coaxial par el servicio de última milla, por esta razón FTTN es menos costosa, pero a largo plazo su potencial de ancho de banda es limitado.

2.3.6 Técnicas de multiplexación en un sistema de comunicación óptico.

2.3.6.1. *Time Division Multiplexing (TDM)*

Este tipo de multiplexación consiste en asignar un canal de comunicación durante un espacio corto de tiempo o llamado slot de tiempo a cada usuario, el conjunto de slot de tiempo formará una trama. (Villacís, 2013, pág. 6)

Usando TDM se llega a alcanzar velocidades de transmisión de hasta 10 Gbps, se puede mejorar esta velocidad usando técnicas OTDM (Optical Time Division Multiplexing) la diferencia entre OTDM con TDM es que OTDM se usa solo en sistemas ópticos.

2.3.6.2.-*Frequency Division Multiplexing (FDM)*

En la multiplexación FDM se divide el espectro de frecuencias de la señal entre el número de canales lógicos, a cada usuario se le asigna una banda de frecuencias diferente. Para evitar interferencias entre bandas de frecuencias adyacentes se usa bandas de guarda, es muy usado en sistemas analógicos. (Villacís, 2013, pág. 7)

2.3.6.3.- *Weavelength Division Multiplexing (WDM)*

Existe una relación íntima entre frecuencia y longitud de onda, WDM es una variación de FDM, en esta técnica de multiplexación se transmite señales de varias fibras ópticas a través de una sola, asignando a cada señal diferente longitud de onda. (Villacís, 2013, pág. 7)

2.3.7 Tecnologías y protocolos utilizados por las redes GPON.

2.3.7.1.- *DBA (Dynamic Bandwidth Allocation)*

La Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA), es una técnica por la cual el ancho de banda de un medio de comunicación compartido puede ser asignado de forma adecuada y dependiendo de la necesidad entre diferentes usuarios. Su funcionalidad rescata algunas de las opciones de redes compartidas cuando varios usuarios pertenecientes a una red no se hallan conectados, aquellos que si lo están se benefician con una mayor capacidad para la transmisión de datos, dando cabida a esa información en los intervalos no utilizados del ancho de banda. (Añasco, 2013, pág. 84)

2.3.7.2.- *ATM (Asynchronous Transfer Mode)*

ATM es una tecnología de transmisión de datos digital, implementado como un protocolo de red por conmutación de paquetes de tamaño fijo, con ventaja sobre IP en el aprovechamiento de las cualidades de la conmutación de circuitos y de paquetes para la transmisión en tiempo real de la información, en un modelo de la conexión orientada con el establecimiento de un circuito virtual entre los puntos de enlace previo al intercambio de datos. Se considera a este protocolo como base de funcionamiento en la estructura centra (backbone) de la red pública conmutada de telefonía PSTN. (Añasco, 2013, pág. 85)

2.3.7.3.- GEM (GPON Encapsulation Method).

Este protocolo de información define las maneras de encapsular la información de longitud variable de diversas señales para transportar por redes SDH (Jerarquía Digital Sincrona) u OTN (Oracle Technology Network). El método de encapsulación que usa GPON permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) por lo que es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125ms. Sirve para optimizar las tecnologías PON de manera que no solo ofrece mayor ancho de banda, sino también más eficiencia y la posibilidad de permitir a las redes continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. (Añasco, 2013, pág. 85)

2.4 Tripe Play.

2.4.1.- Introducción.

La industria tecnológica de las telecomunicaciones y los servicios que esta presta, tienden a un progreso y evolución constante y acelerado, muchos servicios que hace unas décadas no existían hoy en día son de alta demanda como mensajes de voz, mensajes de texto, video sobre demanda, voz sobre IP, video conferencia entre otros, hoy en día todos estos servicios tienden a unificarse sobre un mismo medio para mejorar su calidad y versatilidad de las comunicaciones.

Toda esta revolución tecnológica relacionada al campo de las telecomunicaciones ha provocado que los servicios básicos de comunicación como lo son telefonía, televisión e internet se unifiquen y puedan ser brindados al usuario a través de un medio único de

comunicación de forma simultánea, esta convergencia de servicios por un mismo medio de comunicación es llamada Triple Play. (Añasco, 2013, pág. 21)

Triple Play posibilita un servicio más personalizado al usuario debido a que el cliente dispone de los servicios y contenidos que él desea usar en el momento idóneo para él, además posibilita un abaratamiento en los mismos. (Añasco, 2013, pág. 23)

2.4.2.- Elementos del sistema triple play.

Según (Sabando, 2014) el sistema triple play debe contar con una infraestructura de red integrada por los distribuidores de servicios, la red de transferencia, la red de acceso y las de abonado.

2.4.2.1.- Distribuidores de servicios.

Estos poseen un equipamiento para gestionar las funciones multimedia necesarias para instaurar comunicaciones con el cliente. Por ejemplo en la televisión por cable se toma la señal del distribuidor y se codifica de la misma forma que se hace con los videos grabados y una vez digitalizado se organiza en paquetes para su envío.

2.4.2.2.- Red de transporte.

Esta etapa contiene los componentes necesarios para transportar la información multimedia a su destino. Tiene un primer tramo constituido por la red troncal que se encarga de transportar en ambas direcciones una gran cantidad de información digital con calidad de servicio.

2.2.2.3.- Red de acceso.

En esta etapa se realizan las labores de envío de información, en especial la multiplexación de los datos que vienen de diversos distribuidores de servicio o suscriptores.

2.2.2.4.- Red de abonado.

Contienen los equipos terminales de la red, en este tramo es posible ejecutar tareas de administración y mantenimiento. A esta red se conectan computadoras y equipos telefónicos.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO

3.1.- Situación actual de la parroquia

3.1.1.- Ubicación.

San Antonio de Ibarra es una parroquia ubicada en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura, véase Figura 22, esta localidad se encuentra a una altura que oscila entre los 2120 y 4600 msnm a las faldas del volcán Imbabura. La parroquia cuenta con una superficie de 28.75 Km² y su población según el último censo realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos.) en el año 2010 es de 17522 habitantes.



Figura 22. Ubicación de San Antonio de Ibarra en Imbabura.

Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

En la Figura 23 se observa los límites parroquiales de San Antonio de Ibarra.

- Al norte limita con la parroquia San Jose de Chaltura y La parroquia Imbaya pertenecientes al cantón Antonio Ante.

- Al oriente con la cabecera cantonal de Ibarra.
- Al sur con la cabecera cantonal de Ibarra.
- Al poniente con la Parroquia San Francisco de Natabuela perteneciente al cantón Antonio Ante.

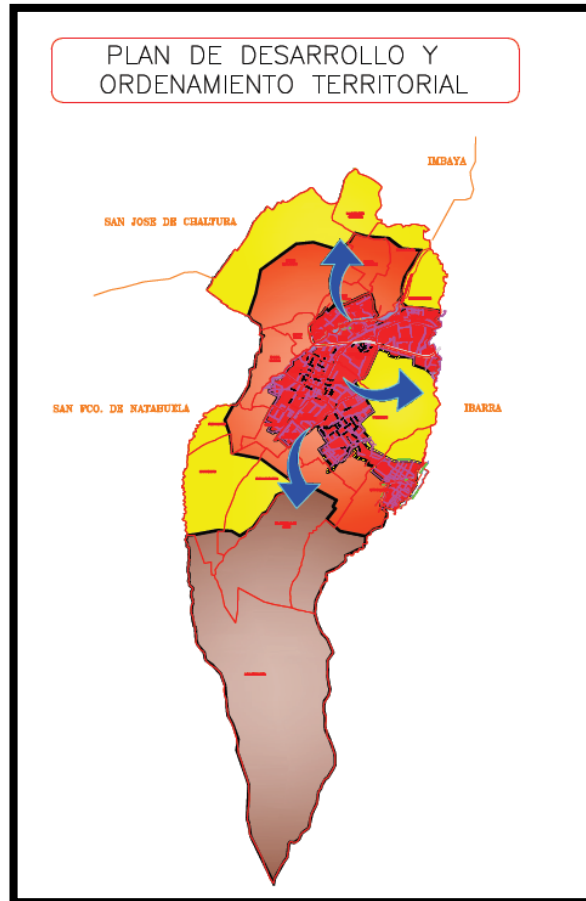


Figura 23. Plano San Antonio de Ibarra.

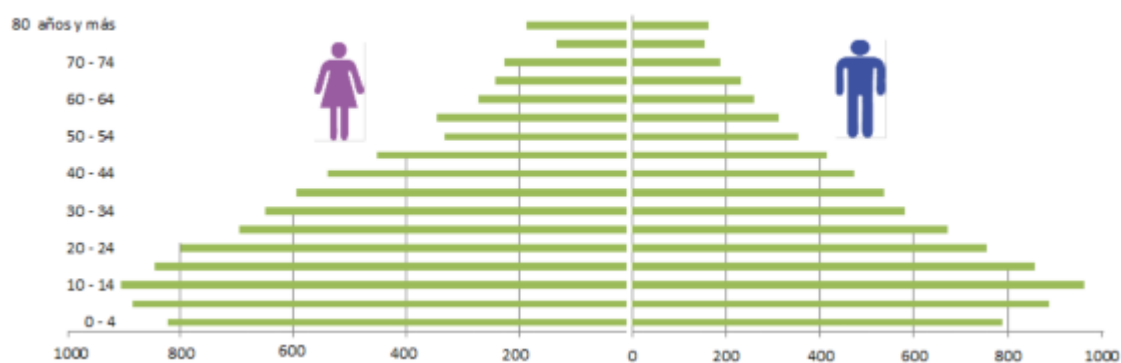
Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

3.1.2.- Población.

La población de San Antonio de Ibarra según el último censo realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos.) en el año 2010 es de 17522 habitantes tal como se observa en la Tabla 5, de los cuales la población predominante es niños y adolescentes, véase Figura 24.

Tabla 5*Población San Antonio de Ibarra.*

SEXO	POBLACION	PORCENTAJE
Hombre	8595	49.05%
Mujer	8927	50.95%
Total	17522	100%

Fuente: INEC 2010.**Figura 24.** Pirámide poblacional San Antonio de Ibarra por edad.*Fuente: INEC 2010.*

La tasa de crecimiento por año en la parroquia según datos obtenidos del GAD San Antonio de Ibarra es del 2.5% anual, por lo que la proyección poblacional para el 2035 sería de 32484 personas, véase Tabla 6. Para determinar el crecimiento poblacional se utilizó la Ecuación 1 que es la fórmula de cálculo según la Revista Colombiana de estadística (1980).

$$P(t) = P_0(1 + i)^t \quad (1)$$

Donde:

P (t): Población proyectada en el tiempo.

Po: Población actual.

i: tasa de crecimiento anual.

t: tiempo.

- Ecuación para t = 25 años.

$$P(t) = 17522(1 + 0.025)^{25}$$

Tabla 6

Crecimiento poblacional.

PROYECCION DE POBLACIÓN PARROQUIAL.					
AÑO	2010	2015	2020	2032	2035
POBLACIÓN	17522	19825	22430	30165	32484

Fuente: GAD-San Antonio de Ibarra.

El total de viviendas presentes en el sector es de 4528 viviendas entre las cuales se puede identificar casa/villa, departamento, mediagua entre otros, véase Tabla 7.

Tabla 7*Tipo de viviendas.*

Área	TIPO DE LA VIVIENDA								Total
	Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	
Área						-			
Rural	3.734	215	147	425		1	2	4	4.528
Total	3.734	215	147	425	-	1	2	4	4.528

Fuente: INEC 2010.

Luego del censo realizado en el 2010 por el INEC se pudo determinar que el número de hogares sobrepasa al número de viviendas llegando a existir en la parroquia un total de 4616 hogares.

3.1.3.- División Político administrativa.

Según el GAD-San Miguel de Ibarra la parroquia de San Antonio de Ibarra se encuentra fragmentada en 30 secciones territoriales entre los cuales están barrios ciudadelas y comunidades, en la Figura 25 se puede observar más detalladamente esta división.

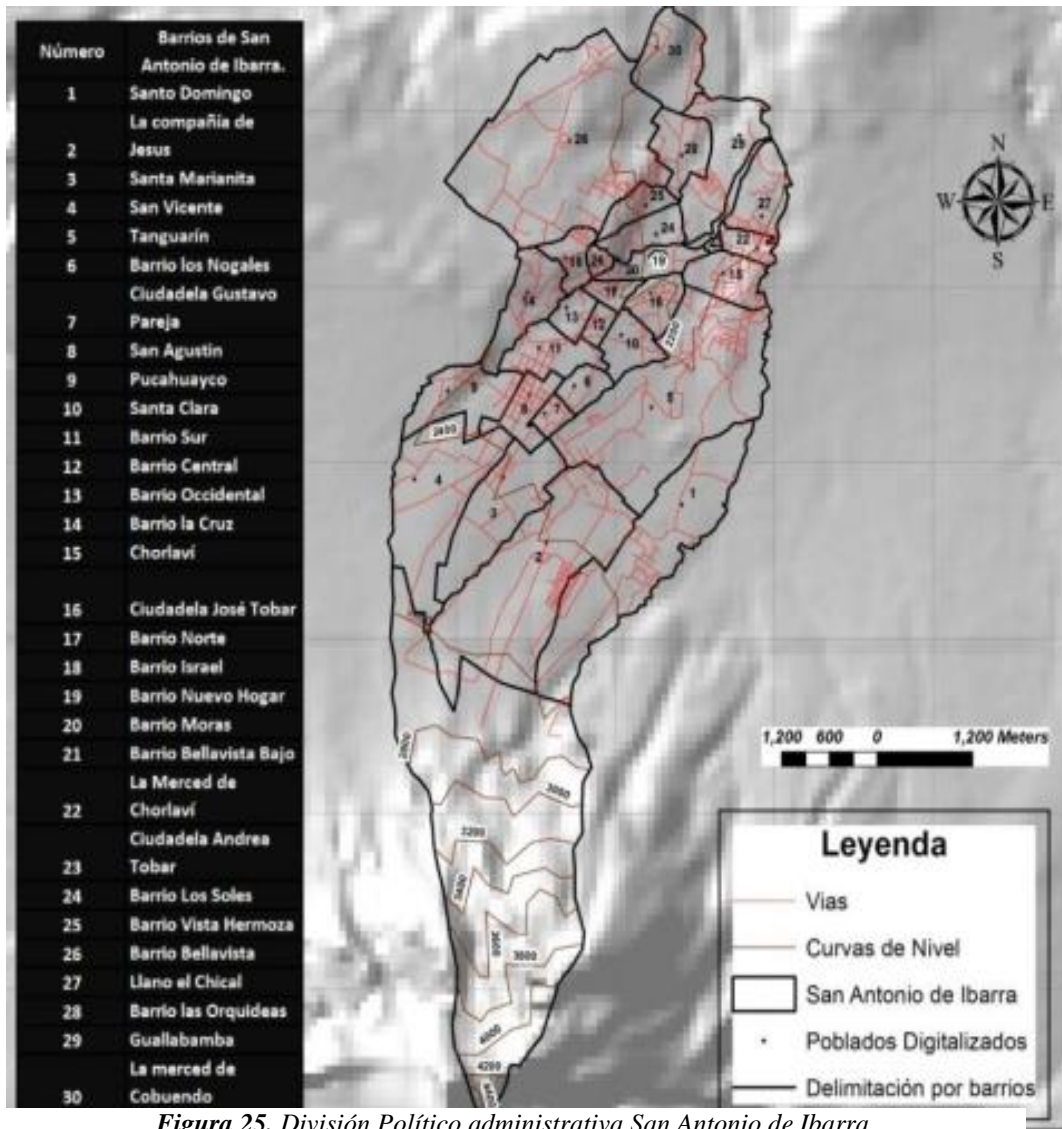


Figura 25. División Político administrativa San Antonio de Ibarra.

Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

3.1.4.- Mancha poblacional.

La mancha poblacional hace referencia a los sectores donde se encuentra la mayor concentración de población, para efectos de estudio se define en San Antonio de Ibarra tres secciones en base a los asentamientos humanos, véase Figura 26.

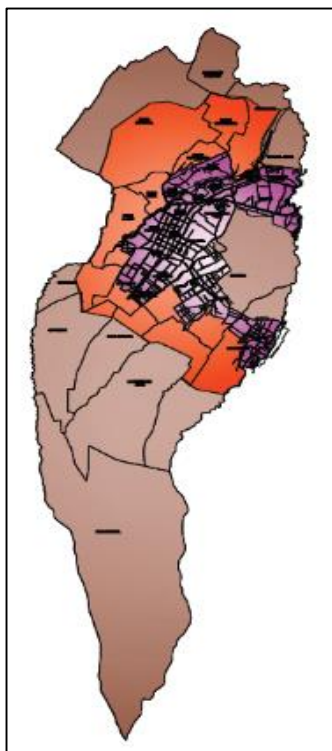


Figura 26. Asentamientos humanos.

Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

El área de color violeta corresponde a la denominada “Mancha Poblacional” que es el sector con la mayor cantidad de personas, la sección naranja del mapa corresponde al área de transición, es decir son sectores que tienen tendencia a un incremento y consolidación poblacional, por último el área de color café corresponde a la denominada área rural que son sectores con déficit de infraestructura y déficit de servicios, también territorios de la parroquia donde no existen asentamientos humanos.

En la Figura 27 se observa el porcentaje de asentamientos humanos perteneciente a cada área.

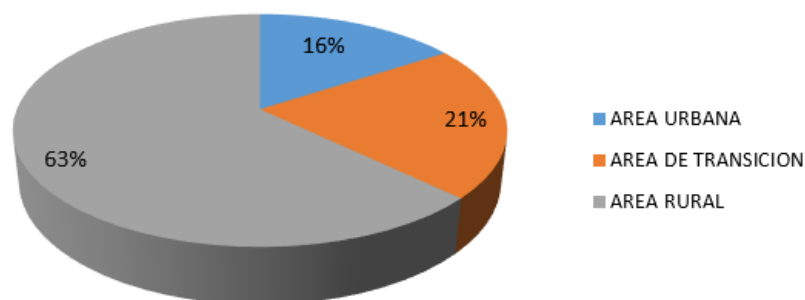


Figura 27. Áreas geográficas.

Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

El área urbana está compuesta por barrios muy populares como son el Barrio Central, Chorlavi, Barrio Nuevo Hogar, Barrio Moras, Barrio Bellavista Bajo, Barrio los Soles, Ciudadela José Tobar, Barrio Norte, Barrio Occidental, Santa Clara, Barrio Sur, Barrio Nogales, Ciudadela Gustavo Pareja, San Agustín, parte de Santo Domingo y Tanguarin.

Cabe destacar que el presente plano es el mismo con el que trabaja CNT-EP en la actualidad para realizar el despliegue de su red de comunicaciones. En la Figura 28 se observa la sección de San Antonio de Ibarra perteneciente a la denominada mancha poblacional.

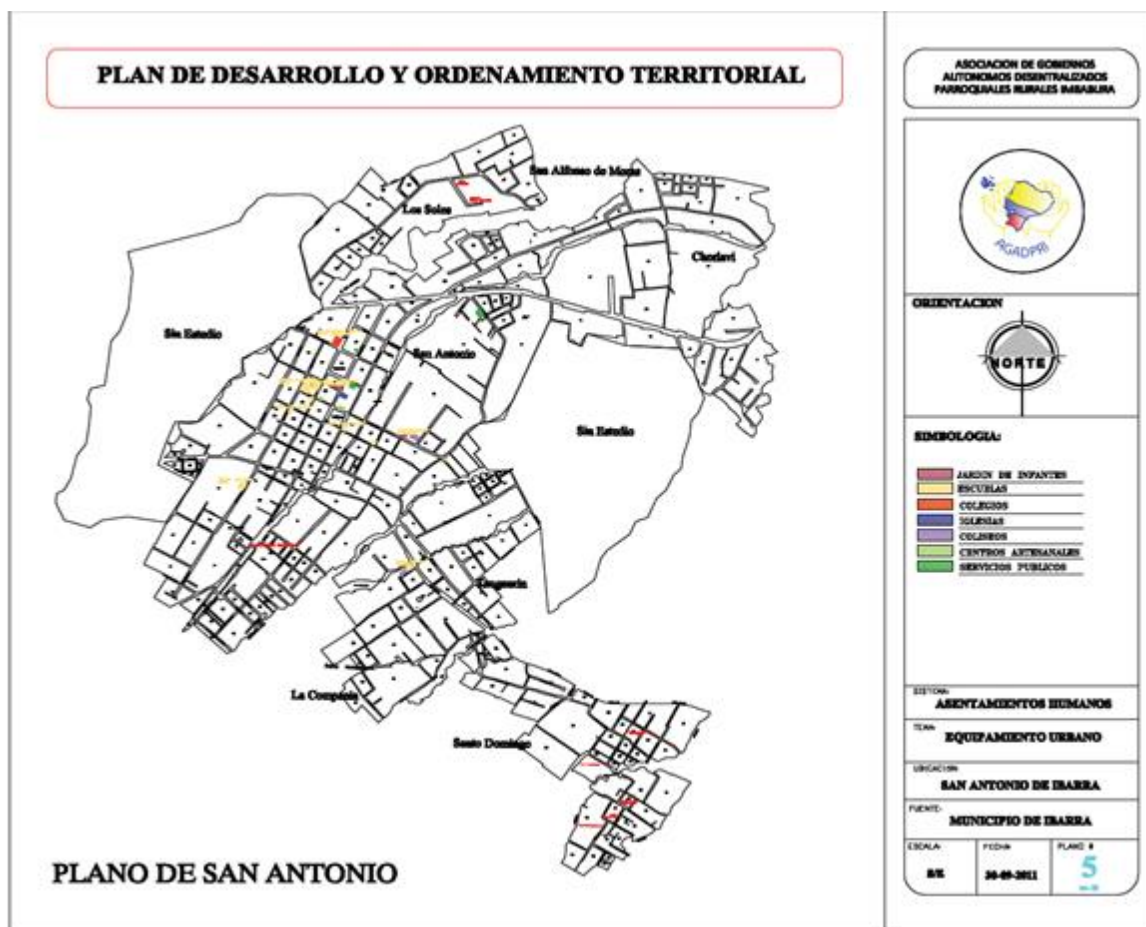


Figura 28. Mancha Poblacional.

Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

3.1.5.- Población por rama de actividad.

Según el censo realizado en el año 2010 por el INEC las principales actividades a las que se dedica la mayoría de la población son industria manufacturera con 2062 personas, la segunda actividad en la que se desarrolla la población es el comercio al por mayor y menor con 1053 personas, y por último la tercera actividad que destaca es la producción agropecuaria con 986 pobladores involucrados, véase Figura 29.

La población económicamente activa en San Antonio de Ibarra llega a un total de 7521 personas de las cuales 4626 personas son hombres y 2895 mujeres. (INEC, 2010)

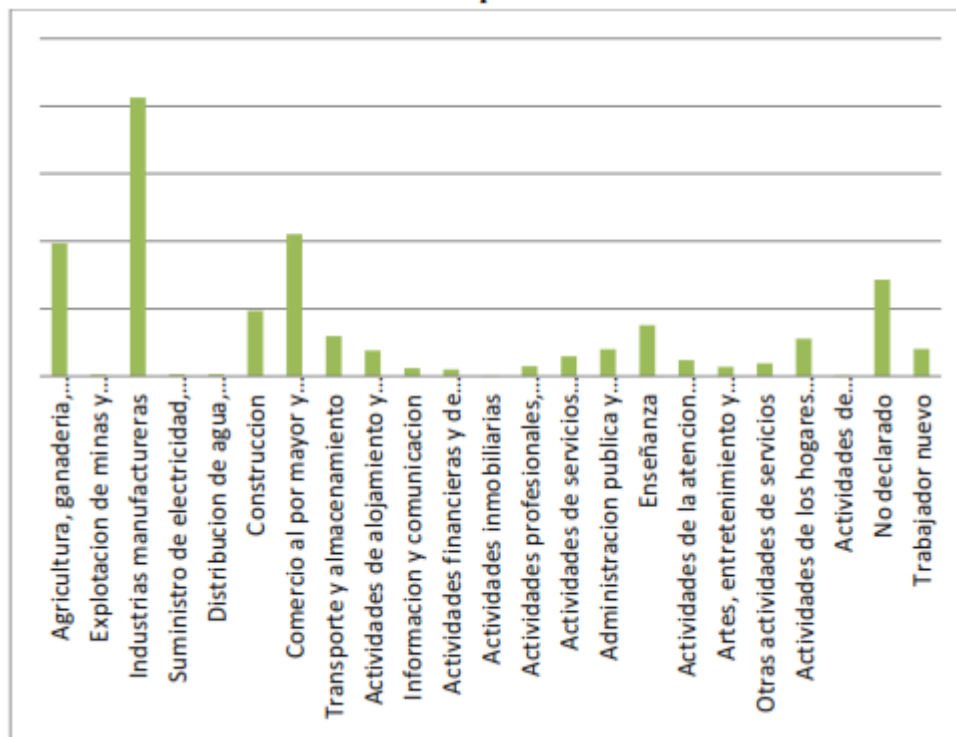


Figura 29. Población por rama de actividad.

Fuente: INEC 2010

3.1.6.- Servicios de telecomunicaciones.

3.1.6.1. Telefonía fija.

La parroquia de San Antonio de Ibarra según el censo realizado por el INEC en el año 2010 contaba con 2106 líneas telefónicas disponibles lo cual corresponde al 46% de la población, lo cual nos deja con un déficit de 2510 hogares sin línea telefónica que corresponde al 54% del total de hogares, véase Figura 30.



Figura 30. Porcentaje de telefonía fija en la parroquia año 2010.

Fuente: INEC 2010.

En la tabla 8 se puede observar datos proporcionados por el GAD-San Antonio de Ibarra, según estos datos en el 2015 el nivel de cobertura relacionado con la telefonía fija y satelital asciende del 46% al 85%.

Tabla 8

Porcentaje de viviendas con servicios de telecomunicaciones año 2015.

TIPO DE SERVICIO	ACCESO AL SERVICIO AÑO 2010.	ACCESO AL SERVICIO AÑO 2015.	DEFICIT ACTUAL
Internet	8.51%	78%	22%
Telefonía Fija y Satelital	45.62%	85%	15%
Telefonía Celular	75.63%	97%	3%

Fuente: GAD-San Antonio de Ibarra 2015.

CNT-EP en la actualidad cuenta con 2904 líneas telefónicas ubicadas en San Antonio de Ibarra, con lo cual se convierte en la empresa líder en brindar el servicio de telefonía fija en el sector ya que abarca cerca de un 70% del total de clientes en el sector, ver Figura 31.

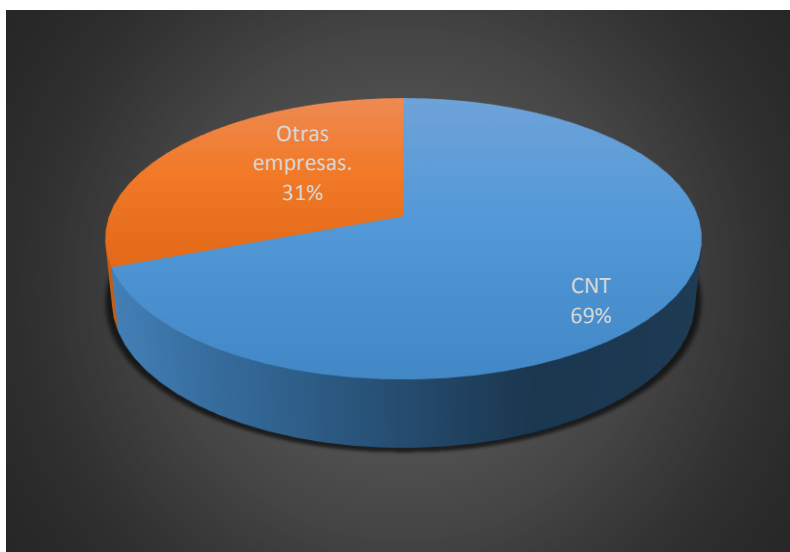


Figura 31. Estimado porcentual de clientes Telefonía fija que cubre CNT 2015.

Fuente: GAD-San Antonio de Ibarra 2015.

Cálculo del porcentaje estimado de cobertura Telefonía fija CNT en el 2015.

- El promedio de personas por hogar según el último censo realizado por el INEC en el 2010 es 4 personas por hogar, basándose en esto se calcula un estimado de hogares para el 2015, véase Ecuación 2.

$$\frac{19825 \text{ (número de personas 2015)}}{4 \text{ (número promedio de personas por hogar)}} = 4956 \text{ (# estimado de hogares en el 2015)} \quad (2)$$

- De 4956 hogares solo el 85% tiene servicio de telefonía fija, por lo tanto tendríamos un total de 4213 hogares con acceso a telefonía fija en la actualidad.
- La Ecuación 3 es una regla de tres con la cual se puede determinar el porcentaje de clientes que tiene CNT en la actualidad, los datos fueron obtenidos del Departamento técnico CNT-EP Ibarra.

$$X = \frac{2904(\text{total clientes CNT 2015}) * 100\%}{4213(\text{total hogares con telefonía 2015})} \quad (3)$$

De donde “X” es igual al 68.9%.

3.1.6.2. Banda ancha.

En base al censo realizado por el INEC en el 2010 el porcentaje de los hogares que tenía acceso a internet era mínimo, como se observa en la Figura 32 es apenas del 9%.

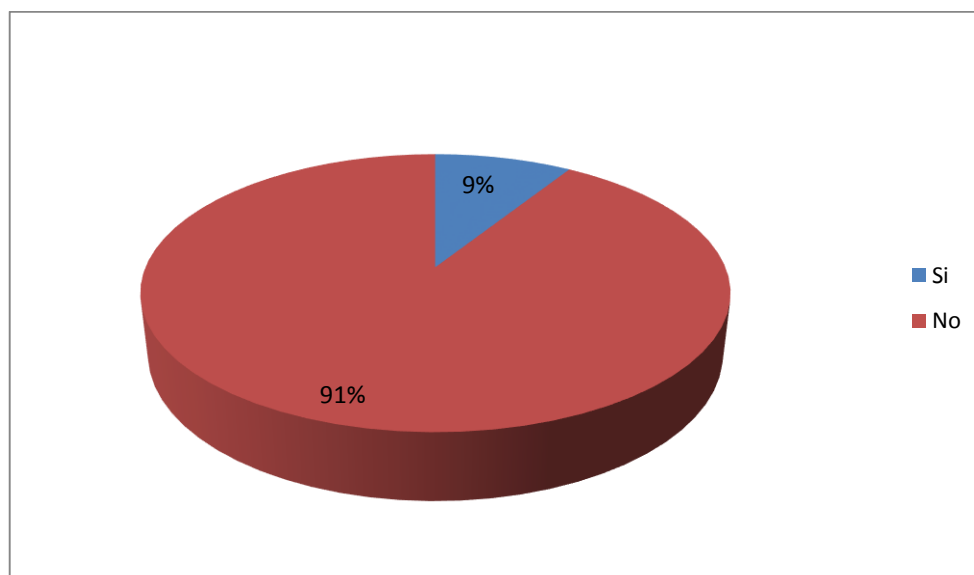


Figura 32. Disponibilidad de hogares con internet.

Fuente: INEC 2010.

Según la asamblea Parroquial de San Antonio de Ibarra en el año 2015 el 78% de los hogares ya cuenta con servicio de internet, actualmente CNT-EP tiene un total de 1358 abonados en el sector con servicio de banda ancha.

- De 4956 hogares solo el 78% tiene servicio de banda ancha, por lo tanto tendríamos un total de 3866 hogares con este servicio en la actualidad.

- Por ultimo con una simple regla de tres podemos determinar un estimado del porcentaje de clientes que tiene CNT en la actualidad, ver Ecuacion4, los datos fueron obtenidos del Departamento técnico CNT-EP Ibarra.

$$X = \frac{1358(\text{total clientes CNT 2015}) * 100\%}{3866(\text{total hogares con BA 2015})} \quad (4)$$

De donde “X” es igual al 35%.

La Figura 33 muestra gráficamente los resultados obtenidos de los cálculos anteriormente realizados.

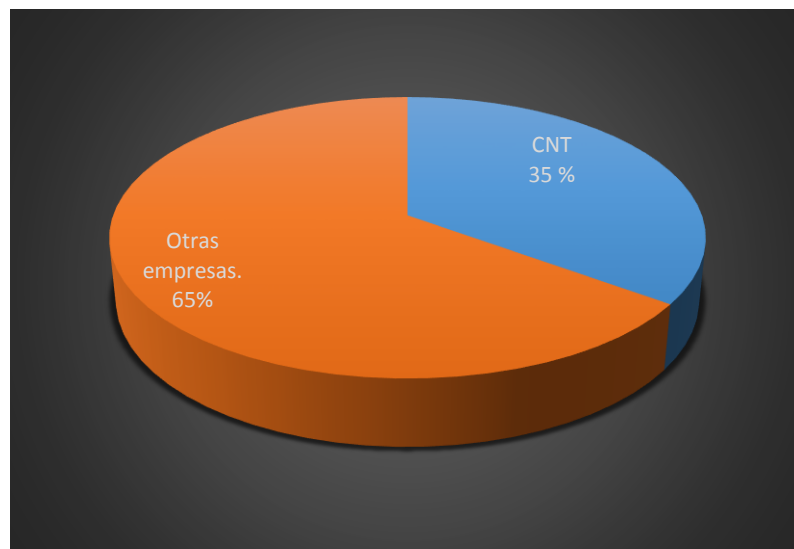


Figura 33. Estimado porcentual de clientes de BA que cubre CNT 2015.

Fuente: Departamento Técnico- CNT Ibarra.

3.1.6.3. TV pagada.

Ese valor se estima únicamente en base a las encuestas realizadas en el sector, en la Figura 34 se muestra un estimado porcentual de clientes con acceso a TV residencial.

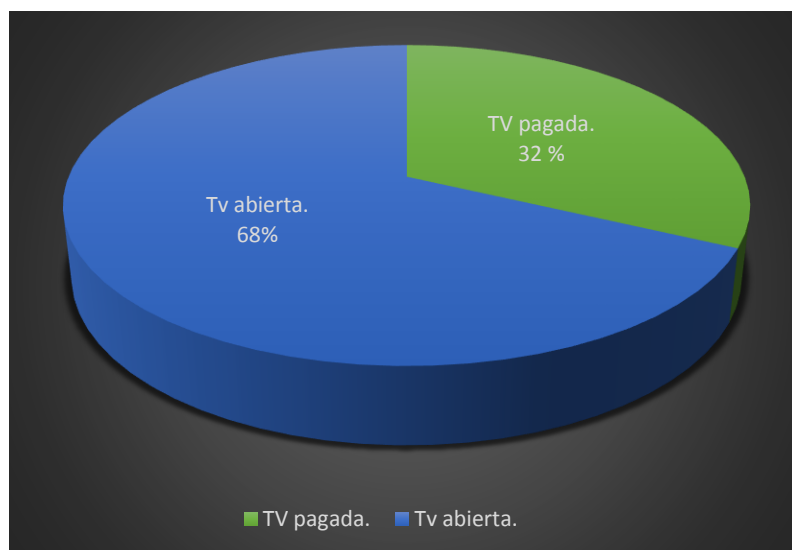


Figura 34. Estimado porcentual de clientes con TV residencial en San Antonio de Ibarra.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 muestra un estimado porcentual de los servicios de telecomunicaciones en el sector, haciendo relación al porcentaje perteneciente a CNT-EP.

Tabla 9

Estimado porcentual de servicios en San Antonio de Ibarra.

	2015	% perteneciente a CNT.	% cobertura CNT en el sector.
Internet.	78%	27.4 %	35 %
Telefonía.	85%	58.59 %	69 %
TV residencial.	32%	6%	19 %

Fuente: GAD- San Antonio de Ibarra.

La figura 35 muestra un resumen relacionado al nivel de acceso en cuanto a servicios de telecomunicaciones en el sector, así como el nivel de cobertura que posee CNT-EP en el sector.

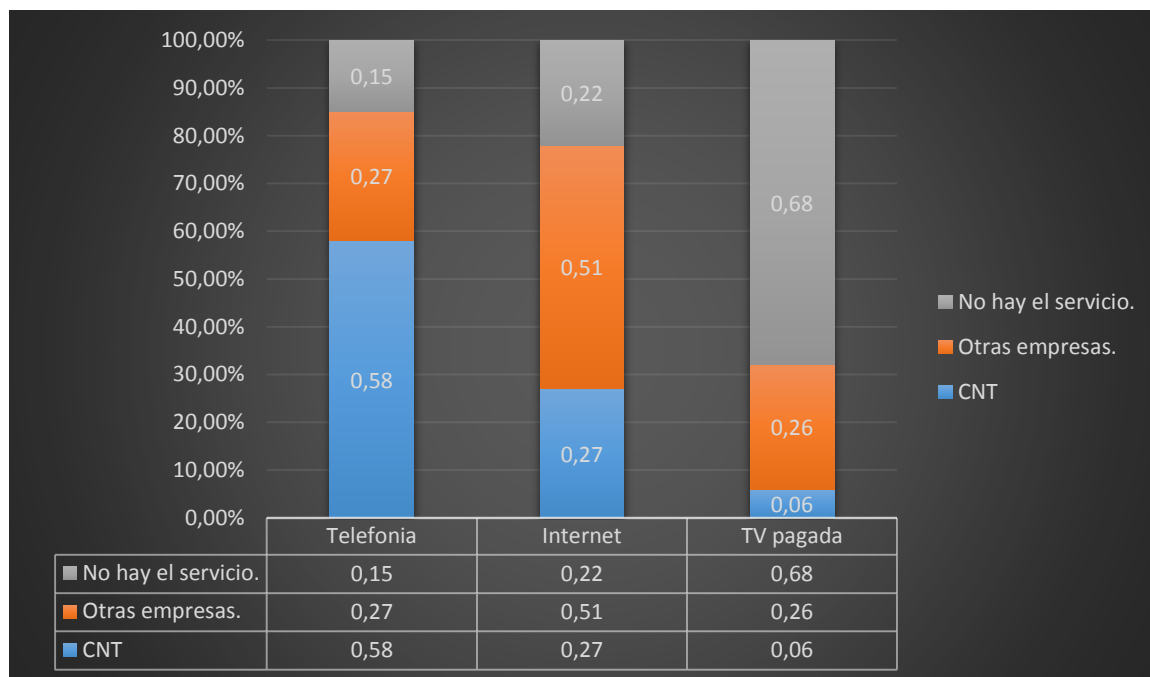


Figura 35. Estimado porcentual de servicios en San Antonio de Ibarra.

Fuente: Departamento Técnico- CNT Ibarra; GAD- San Antonio de Ibarra..

3.2.- Tabulación y Análisis de encuestas.

Para efectos de estudio y análisis se realizó una encuesta en el sector de San Antonio de Ibarra, la encuesta permitió determinar con información de primera mano la situación actual de los servicios de telecomunicaciones en el sector, así como necesidades actuales del mismo.

3.2.1.- Cálculo de la muestra.

La encuesta fue realizada a un número limitado de habitantes, para lo cual se determinó una muestra de la cantidad total de hogares en el sector, la Ecuación 5 nos permite determinar la muestra poblacional según Villacís (2013).

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N-1)) + k^2 \cdot p \cdot q} \quad (5)$$

n: tamaño de la muestra.

k: nivel de confianza ($k=1.65$). Este valor hace referencia a que los valores obtenidos de la muestra se pueden generalizar para todo el universo, depende de quién desarrolla la encuesta y se recomienda tomar el 90% como un valor mínimo para el nivel de confianza. (Villacís, 2013, pág. 52)

e: error muestral deseado (10%). Depende de las características de la población a estudiar, mientras más homogénea es más fácil obtener muestras representativas, por lo que se toma un porcentaje de error del 10% como un máximo valor válido para el cálculo de la muestra. (Villacís, 2013, pág. 52)

p: porción de individuos que poseen en la población la característica de estudio (0.5). Cuando no se conoce este valor se usa un valor igual a 0,5. (Villacís, 2013, pág. 52)

q: porción de individuos que no poseen en la población la característica de estudio (0.5). Cuando no se conoce este valor se usa un valor igual a 0,5. (Villacís, 2013, pág. 52)

N: tamaño de la población o universo (4956 hogares).

Luego de realizar el cálculo con los valores indicados en los paréntesis se llega a obtener un tamaño de la muestra igual a 67 hogares, es decir ese es el número de encuestas a realizar.

3.2.2.- Análisis de la encuesta y resultados.

Los resultados a cada pregunta están detallados con los gráficos pertinentes en el Anexo 1, en este apartado se analizará únicamente el cuestionario planteado y sus resultados.

1.- Sector o barrio donde reside.

Con esta pregunta lo único que se pretende es identificar que la persona encuestada si pertenece a la parroquia de San Antonio de Ibarra, razón por la cual esta pregunta no se tomó en cuenta para la tabulación.

2.- Cual de los siguientes servicios posee actualmente.

Internet.

Televisión pagada.

Telefonía fija.

Con la pregunta dos de la encuesta se pretende cuantificar el nivel de presencia en los hogares referente a los servicios de telecomunicaciones, en el Anexo 1 se puede observar que el servicio con mayor presencia es la Telefonía Fija con un 81%, seguido por lo que es Banda Ancha con un 67% y TV residencial con un 32%. Esto hace notar que el requerimiento de estos servicios en el sector son elevados, con lo cual se concluye que existe un potencial mercado en la parroquia de San Antonio de Ibarra.

3.- En caso de tener alguno de los servicios anteriores (telefonía, internet, televisión pagada), cuál es el nombre de la empresa que le brinda estos servicios.

.Telefonia fija (CNT,Claro,etc) _____

Internet (CNT,Claro,NetService, etc) _____

Television Pagada (CNT, DirecTV, TVCable, etc) _____

El objetivo de esta pregunta es examinar el nivel de presencia en cuanto a los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones en la parroquia, los resultados se pueden observar en el Anexo1, de los resultados a esta pregunta es importante analizar que CNT-EP se presenta como el mayor proveedor en cuanto a servicios de Telefonía Fija y Banda Ancha con un 60% y 35% respectivamente, véase Anexo 1.

4.- En caso de recibir los servicios anteriormente mencionados de una calificación a los mismos.

<p>Internet</p> <p><i>Malo.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Regular.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Bueno.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Muy bueno</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Excelente</i> <input type="checkbox"/></p>	<p>TV pagada.</p> <p><i>Malo.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Regular.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Bueno.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Muy bueno</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Excelente</i> <input type="checkbox"/></p>	<p>Telefonía fija.</p> <p><i>Malo.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Regular.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Bueno.</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Muy bueno</i> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Excelente</i> <input type="checkbox"/></p>
--	--	---

La pregunta cuatro de la encuesta se realizó con el objetivo de medir el nivel de satisfacción de los usuarios respecto a los servicios de telecomunicaciones, la gran mayoría califico como buenos los servicios brindados por las diferentes empresas, considerando que CNT-EP es uno de los proveedores con mayor cobertura en el sector, se puede concluir que el nivel de satisfacción respecto al servicio brindado por esta empresa en la parroquia es bastante aceptable.

5.-Cuál es la razón principal por la que cree usted que debe tener el servicio de internet en casa.

Trabajo.

Estudios.

Otros.

El objetivo de la pregunta cinco es averiguar cuál es la principal razón por la que se adquieren servicios de telecomunicaciones en el sector, la gran mayoría de encuestador respondió a esta pregunta diciendo que el factor primordial es que alguna persona en el hogar es estudiante, en la Figura 24 se muestra que la mayoría de la población oscila entre edades desde los 5 años hasta los 24 años, de esto se puede concluir que las familias con individuos que se encuentren en un determinado nivel de estudio se convierten en potenciales clientes para adquirir servicios de telecomunicaciones.

6.- Si en la actualidad usted no posee algunos de los servicios como lo son internet, TV pagada y telefonía fija, cuál cree usted que es la principal razón.

INTERNET	TELEFONIA FIJA.	TV PAGADA.
No es importante. <input type="checkbox"/>	No es importante. <input type="checkbox"/>	No es importante. <input type="checkbox"/>
No hay dinero. <input type="checkbox"/>	No hay dinero. <input type="checkbox"/>	No hay dinero. <input type="checkbox"/>
No hay una empresa que brinde el servicio. <input type="checkbox"/>	No hay una empresa que brinde el servicio. <input type="checkbox"/>	No hay una empresa que brinde el servicio. <input type="checkbox"/>

La pregunta seis de la encuesta es únicamente para personas que no poseen alguno o ninguno de los servicios de telecomunicaciones en el sector, donde se intenta determinar la principal razón por la que no se han adquirido los mismos, las dos principales razones son por el costo y la inexistencia de empresas que brinden el servicio, véase Anexo 1, de esto se puede determinar que en el sector falta comercialización y publicidad por las diferentes empresas, además la reducción del costo es un factor decisivo para adquirir alguno de los mismos.

7.- Le gustaría que una empresa pueda brindar los tres servicios (telefonía fija, internet TV pagada) y pagar todos ellos como un solo mediante una sola factura.

SI.

NO.

Finalmente en la pregunta número siete se pretende medir el nivel de aceptación respecto a lo que es Triple Play, la mayoría de usuarios respondió que si le gustaría pagar todos los servicios como son Telefonía fija, Banda Ancha, TV residencial como un solo servicio ya que esto ahorraría a las personas tiempo y dinero, véase Anexo 1.

3.3.- Proyección demanda.

Para la proyección de la demanda se ha considerado datos obtenidos por el GAD de San Antonio de Ibarra, ARCOTEL y CNT-EP, se tomara como base de la proyección el porcentaje de crecimiento en abonados Telefonía fija que tiene CNT-EP en los últimos años a nivel nacional, véase Tabla10, no se ha tomado como base el crecimiento de abonados en Banda Ancha por no ser un crecimiento homogéneo, véase Tabla 11.

Tabla 10

Crecimiento abonados Telefonía fija CNT-EP nivel nacional.

TELEFONIA FIJA CNT-EP.			
AÑO	CNT ABONADOS	CRECIMIENTO ABONADOS	PROMEDIO CRECIMIENTO ABONADOS.
2001	1243059		
2002	1325920	7%	
2003	1437038	8%	
2004	1490549	4%	
2005	1574588	6%	
2006	1639546	4%	
2007	1681395	3%	
2008	1715021	2%	
2009	1800214	5%	4%
2010	1844189	2%	
2011	1934421	5%	
2012	1990709	3%	
2013	2046070	3%	
2014	2080736	2%	
2015	2156501	4%	

Fuente: ARCOTEL (2015).

Tabla 11

Crecimiento abonados Banda Ancha nivel nacional.

INTERNET FIJO NIVEL NACIONAL.			
AÑO	ABONADOS	CRECIMIENTO ABONADOS	PROMEDIO CRECIMIENTO ABONADOS.
2010	472.429		
2011	645.822	37%	
2012	890.276	38%	26%
2013	1.084.535	22%	
2014	1.322.802	22%	
2015	1.455.402	10%	

Fuente: ARCOTEL (2015).

Para el cálculo del crecimiento anual de abonados en Telefonía fija y Banda Ancha mostrado en la Tabla 10 y Tabla 11, se hace uso de la Ecuación 6 según ARCOTEL (2015).

$$\% \text{ de crecimiento} = \frac{\text{Poblacion final del periodo} - \text{Población principio de periodo}}{\text{Población principio de periodo}} \quad (6)$$

En la Tabla 12 se muestra el número de abonados que posee CNT-EP actualmente tanto en Telefonía fija como Banda Ancha, se considera en un principio migrar solo a los usuarios que tienen por lo menos 2 servicios de los tres que constituyen Triple Play, por lo que se toma para el inicio de la proyección el 95% de los usuarios de Banda Ancha totales pertenecientes a

CNT-EP, se considera solo el 95 % ya que este valor se obtuvo de las encuestas en la pregunta 7, en esta pregunta se analiza el porcentaje de aceptación de lo que es Triple Play.

Tabla 12

Abonados CNT- EP 2015 San Antonio de Ibarra.

Usuarios Banda Ancha CNT-EP actuales.	1358
Usuarios Telefonía fija CNT-EP actuales.	2904
% aceptación Triple Play.	95%
Usuarios migración triple-play año 1.	1290

Fuente: Departamento Técnico– CNT-EP Ibarra.

En la proyección de abonados se considera un incremento anual del 4% y se toma como inicio los usuarios a migrar en el primer año que son 1290, por lo que para el año 2035 se tendría como mínimo 2718 usuarios en Triple Play, véase Tabla 13.

Tabla 13

Proyección usuarios 20 años.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abonados	1290	1341,7	1395,4	1451,2	1509,2	1569,6	1632,4	1697,7	1765,6	1836,2

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1909,7	1986	2065,5	2148,1	2234	2323,4	2416,3	2513	2613,5	2718

Fuente: GAD San Antonio de Ibarra; Departamento Técnico – CNT-EP Ibarra.

En la Tabla 14 se muestra la proyección de hogares que se pueden tener para el año 2035 como mínimo, este valor se obtuvo al dividir la población total proyectada en ese año para 4 que es el número promedio de familias por hogar, véase Tabla 6, esto nos indica que en San Antonio de Ibarra existe una proyección de usuarios bastante considerable lo cual justifica la implementación de este tipo de redes de comunicación en la parroquia antes mencionada.

Tabla 14

Proyecciones 2035.

<i>Pob año 2035</i>	32484
Hogares año 2035	8121
Proy usuarios en 20 años	2718

Fuente: GAD San Antonio de Ibarra; Departamento Técnico – CNT-EP Ibarra.

Luego de haber analizado cada pregunta y sus resultados obtenidos se puede concluir que la parroquia de San Antonio de Ibarra tiene un potencial mercado para brindar servicios de telecomunicaciones, si se considera que CNT-EP abarca alrededor de la mitad de los clientes actuales y que el crecimiento de hogares y abonados va en aumento, la implementación de una red de fibra óptica para ofrecer servicios Triple Play es una solución bastante viable en el sector.

3.4.- Diseño.

3.4.1.- Esquema general GPON para la parroquia de San Antonio de Ibarra.

El esquema general lógico de la red consiste en una representación de todos los elementos físicos involucrados en el despliegue de la misma, para el presente diseño de la red de fibra óptica en la parroquia de San Antonio de Ibarra se debe considerar una arquitectura

FTTH done la gran mayoría de clientes son pequeños hogares teniendo un bajo número de clientes corporativos.

Se considera en la red un equipo OLT situado en el nodo designado por CNT-EP, este equipo se prevé estará ubicado en la parte central de la parroquia de San Antonio de Ibarra en la calle Luis Enrique Cevallos entre las calles Antonio José de Sucre y 27 de Noviembre, desde el cual se realizara la distribución de servicios a todo el sector, la división entre usuarios se realizara mediante un nivel de splitter y por último se tiene las ONT que son equipos ubicados en las residencias de los clientes.

El tendido de fibra óptica se realizara por la infraestructura ya existente que tiene CNT-EP en el sector, el despliegue de la red se puede realizar tanto en forma aérea o canalizada; los splitter de primer nivel se consideraran sin respaldo por lo que serán 1:N mientras que splitter de segundo nivel no son considerados. El modelo básico de la arquitectura de una red GPON se presenta en la Figura 36.

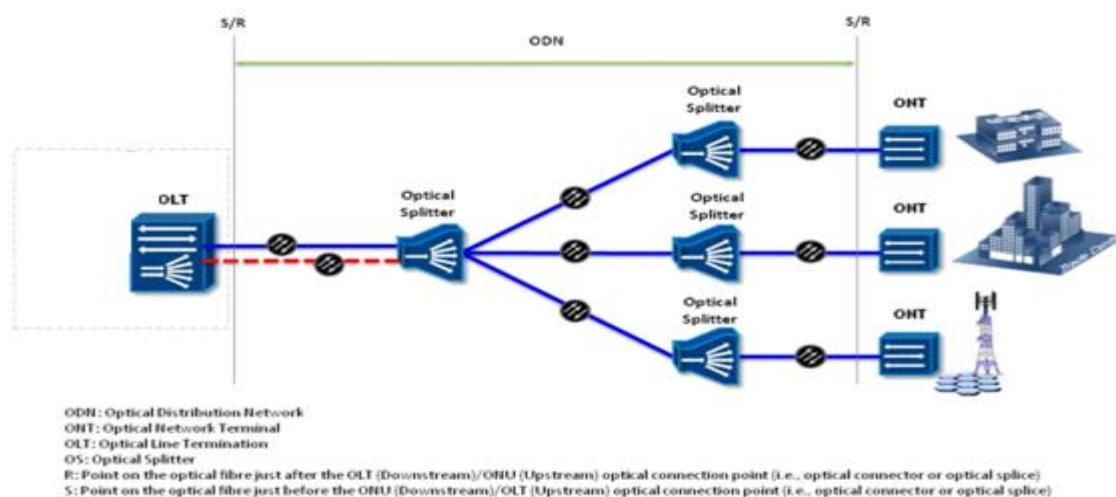


Figura 36. Modelo y arquitectura de una red GPON.

Fuente: Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.

La empresa CNT-EP emplea un modelo de referencia para el despliegue de sus redes donde se reconoce tres etapas, la sección más crítica que constituye el Cable Feeder, la segunda etapa donde se encuentra el Cable de distribución y finalmente la Última Milla, en este modelo se considera también un máximo de 32 ONT por puerto PON además de un nivel de splitter en la red, todos estos segmentos de cable anteriormente mencionados conforman lo que la ODN o Red Óptica de Distribución, véase Figura 37.

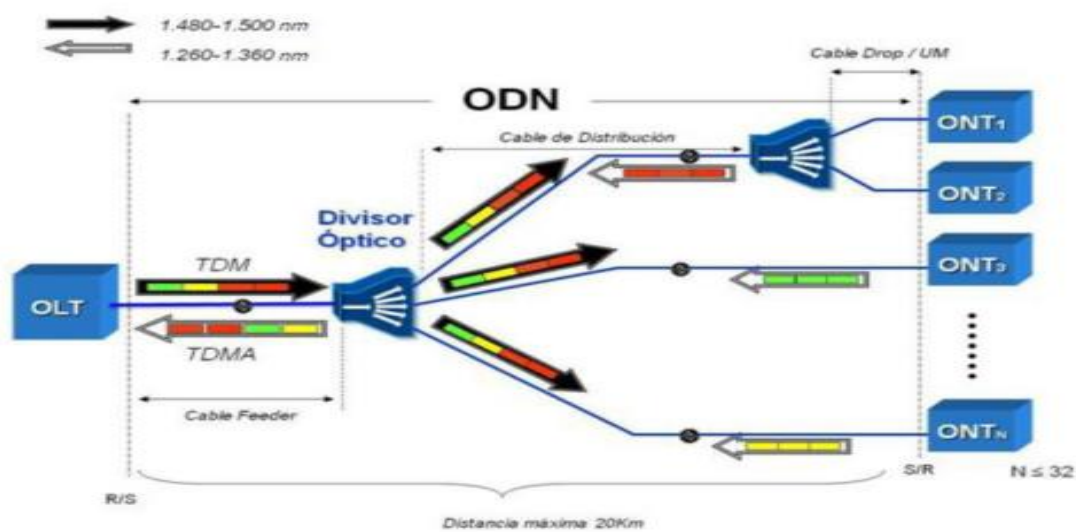


Figura 37. Descripción de la infraestructura GPON en la ODN

Fuente: Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.

En la Figura 38 se puede observar los diferentes tipos de esquemas para el despliegue de redes GPON, en el presente diseño se plantea el uso del esquema color naranja que trabaja con un solo nivel de splitter, pero no se considera redundancia es decir un splitter 1:N.

En la figura siguiente se muestran cuatro esquemas diferentes usados en el despliegue de redes GPON, el esquema de color naranja es recomendable para condominios o acceso masivo/casas, el esquema de color azul es recomendable para calles con alta demanda lineal,

el esquema de color rojo y verde son recomendables para demandas geográficamente distribuidas.

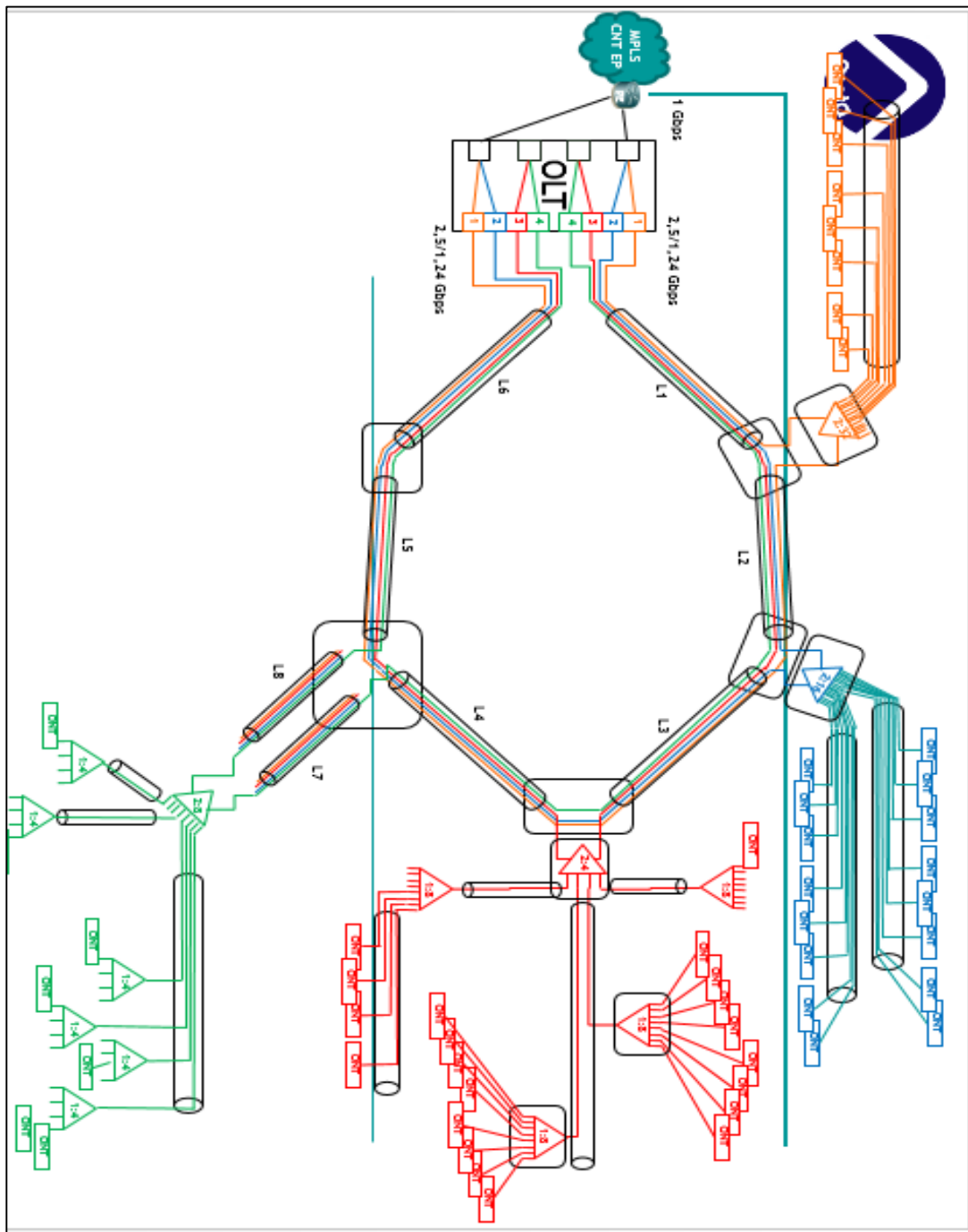


Figura 38. Esquema para despliegues de redes GPON.

Fuente: Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.

- Esquema color naranja.
 - Esta zona de servicio tiene asociada en este caso:
 - Splitter Primario 2:32. No soporta Splitter secundario por atenuación.
 - Ruta Feeder Principal: L1
 - Ruta Feeder Respaldo: L2+L3+L4+L5+L6
 - 2 puertas PON en OLT.

- Esquema color azul.
 - Esta zona de servicio tiene asociada en este caso:
 - Splitter Primario 2:16. Sólo soporta Splitter secundario 1:2 por atenuación.
 - Ruta Feeder Principal : L1+L2
 - Ruta Feeder Respaldo: L3+L4+L5+L6
 - puertas PON en OLT.

- Esquema color rojo.
 - Esta zona de servicio tiene asociada en este caso:
 - Splitter Primario 2:4. Soporta Splitter secundario 1:8 máximo por atenuación.
 - Ruta Feeder Principal : L1+L2+L3
 - Ruta Feeder Respaldo: L4+L5+L6
 - 2 puertas PON en OLT.

- Esquema color verde.
 - Esta zona de servicio tiene asociada en este caso:
 - Splitter Primario 2:8. Sólo soporta Splitter secundario 1:4 máximo por atenuación.
 - Ruta Feeder Principal: L1+L2+L3+L4+L7
 - Ruta Feeder Respaldo: L8+L5+L6
 - 2 puertas PON en OLT.

3.4.2.- Esquema lógico de la red.

La propuesta para el diseño de la red consiste en un equipo OLT ubicado en la calle Luis Enrique Cevallos entre las calles Antonio José de Sucre y 27 de Noviembre, véase Figura 39, desde el cual se distribuye los servicios a todo el sector, a la OLT se conectan splitters de primer nivel con división 1:32, no existe un segundo nivel de división óptica, desde los splitter primer nivel se llega a las cajas terminales desde las cuales se distribuye los hilos de fibra hasta llegar al abonado, en toda la parroquia se cuenta con 16 armarios de distribución por lo que tenemos 16 zonas o distritos de estudio, cada armario abarca un mínimo de 9 splitters primarios y se tiene tres hilos de reserva que son comúnmente usado para clientes corporativos aunque en caso de no existir clientes corporativos se pueden usar para distribución masiva, en la Figura 40 se puede observar el esquema lógico planteado.

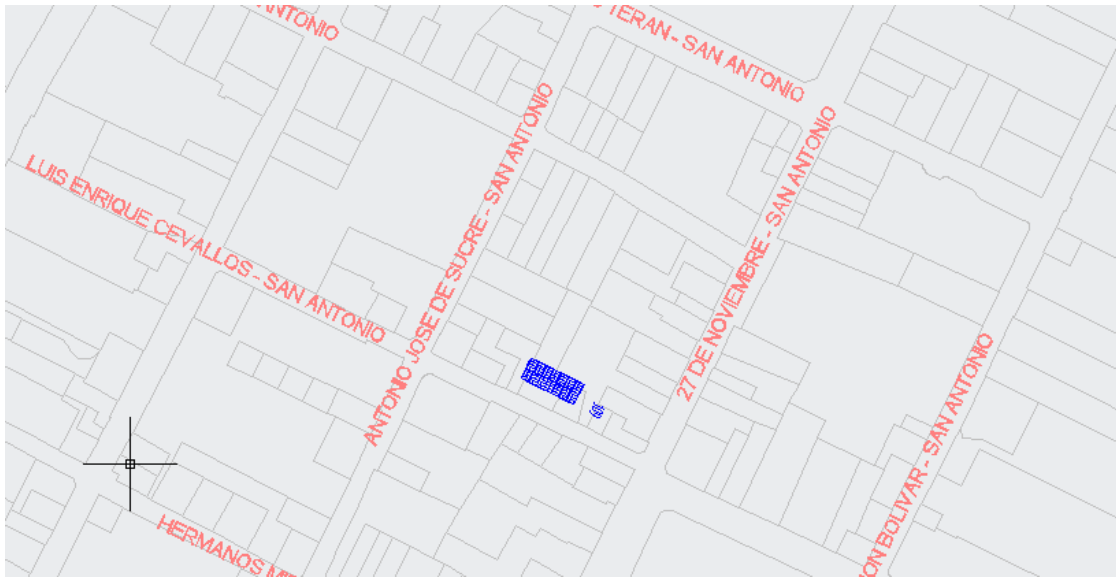


Figura 39. Ubicación OLT.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

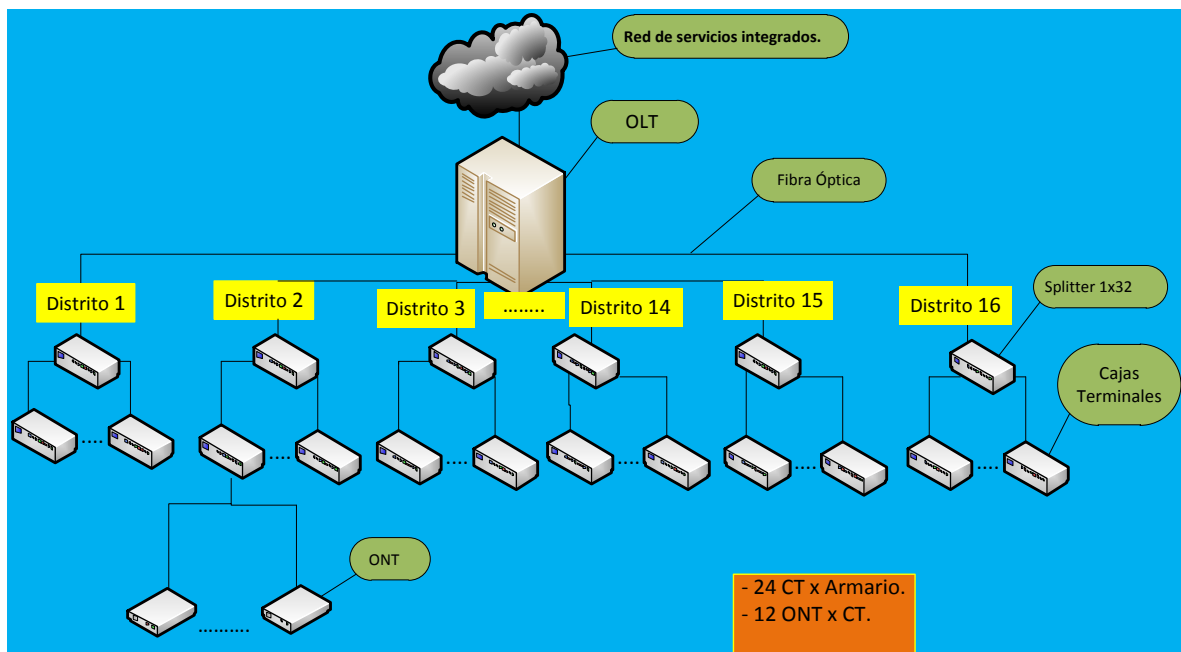


Figura 40. Esquema lógico de la red.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.- Esquema físico de la red.

Para realizar el diseño de la red lo primero que se hizo es considerar el área geográfica a cubrir con la red, para esto se tuvo en consideración la mancha poblacional de San Antonio de Ibarra descrita en la sección 3.1.4, en base a esto se optó por separar al sector en zonas de estudio que de ahora en adelante serán denominadas distritos, en este caso se ha dividido a toda el área en 16 distritos tal como se muestra en la figura 41 y 42.



Figura 41. Área de estudio- San Antonio de Ibarra.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

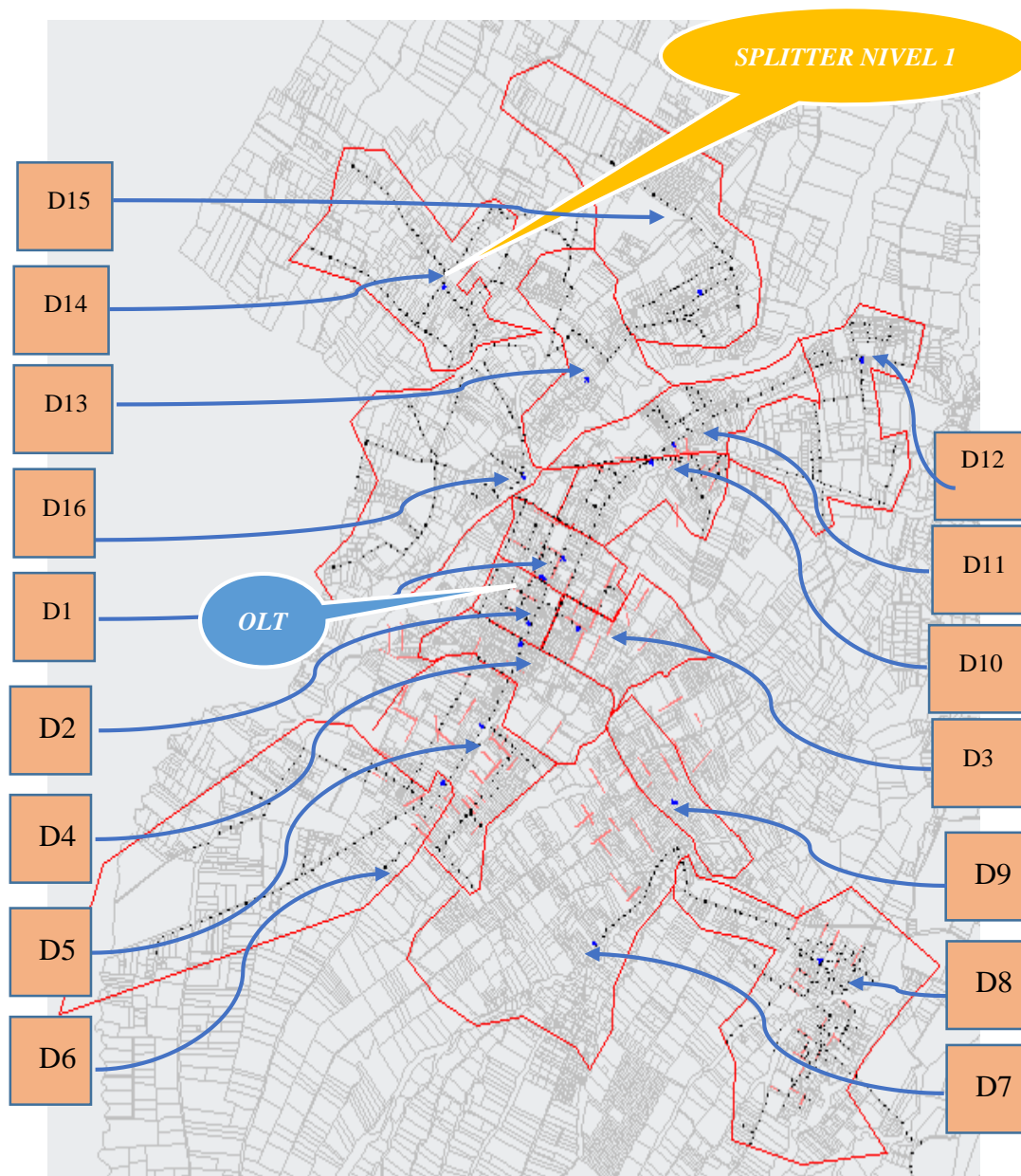


Figura 42. Área de estudio por distritos.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; *Elaboración propia.*

3.4.3.1.- Ubicación de la OLT y Armarios de distribución.

En la Tabla 15 se describe las calles donde están ubicados los armarios de distribución así como la ubicación de la OLT.

Tabla 15

Ubicación OLT-Armarios.

OLT-Armarios.	Ubicación.
OLT	Luis Enrique Cevallos entre Antonio José de Sucre y 27 de Noviembre.
Armario 01.	27 de Noviembre y Francisco Terán.
Armario 02.	27 de Noviembre y Eloy Alfaro.
Armario 03.	Hermano Mideros entre Teodoro Miguel Egas y Simón Bolívar.
Armario 04.	27 de Noviembre y Ezequiel Rivadeneira
Armario 05.	27 de Noviembre y Culicuchima a la entrada del barrio Los Nogales.
Armario 06.	27 de Noviembre a la entrada a la “Y” de San Vicente.
Armario 07.	Calle Imbabura a la entrada del Barrio La Compania.
Armario 08.	Simón Bolívar y Juan Francisco Cevallos en la entrada al estadio de Santo Domingo.
Armario 09.	Monseñor Leónidas Proaño y 15 de Mayo.
Armario 10.	Simón Bolívar y Autovia Ibarra-Otavaló Km135
Armario 11.	Entrada a Chorlavi Autovia Ibarra-Otavaló Km135 y Simón Bolívar.

Armario 12.	Los Almendros y la entrada a Chorlavi.
Armario 13.	Vía los Soles a 429m de la Autovia Ibarra-Otavallo Km135
Armario 14.	Sucre y 12 de Octubre.
Armario 15.	6 de Diciembre y 1 de Mayo.
Armario 16.	Camilo Pompeyo Guzmán y 20 de Julio a la entrada del barrio Israel.

Fuente: GAD-San Miguel de Ibarra.

3.4.3.2.- Red Canalizada.

En el Figura 43 se muestra un tramo de la red canalizada con la que cuenta actualmente San Antonio de Ibarra, la canalización comienza en el sector de Tanguarin en la calle Ezequiel Rivadeneira e Imbabura, continua su trayecto por la calle 15 de Mayo para luego extenderse por la calle Ezequiel Rivadeneira hasta el cruce con la calle 27 de noviembre, la canalización continua hasta la Camilo Pompeyo Guzmán para luego tomar la Simón Bolívar, y desde la Simón Bolívar continua por la Panamericana hasta alcanzar a la entrada Los Soles. Se presenta a manera de anexo en digital el plano con los detalles referentes a la canalización que abarca una distancia total de 4191 m con 84 pozos en su trayecto.

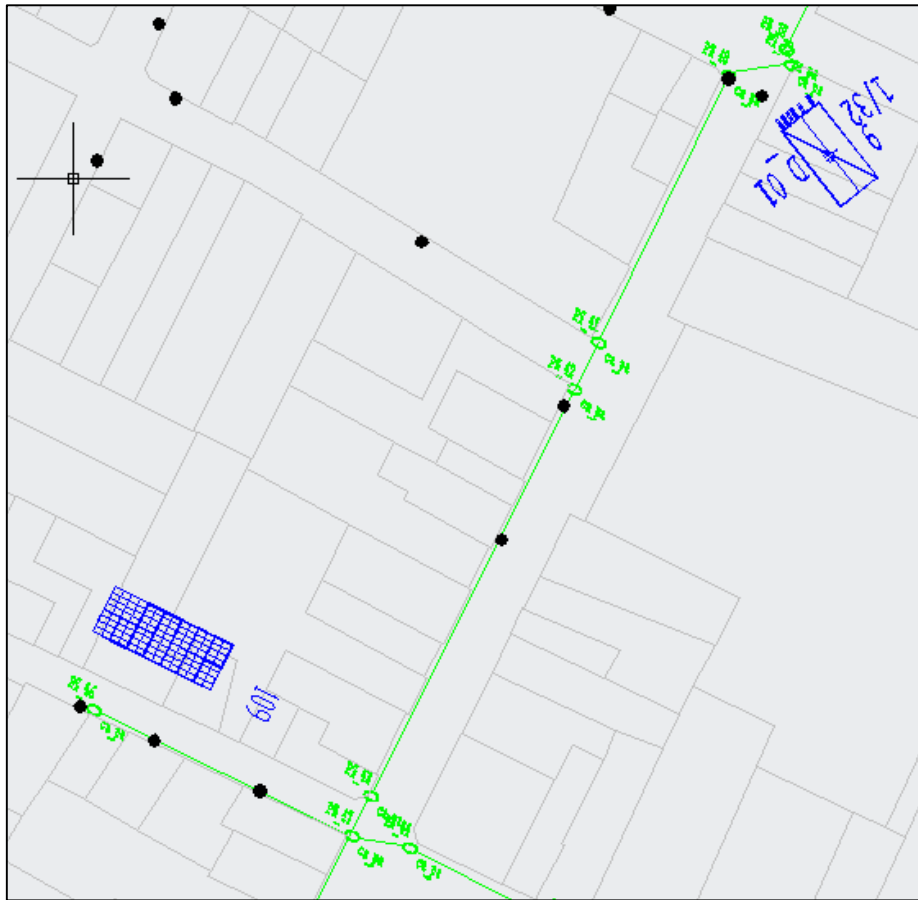


Figura 43. Tramo canalizado OLT-D1.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; *Elaboración Propia.*

3.4.3.3.- Red de postes.

En la Figura 44 se muestra la distribución de postes existente en el Distrito uno, al final del proyecto se anexara un archivo de Autocad donde se detallara la red de postes en todo la parroquia, cabe recalcar que se ha solicitado información a la empresa eléctrica sobre la red de postes en el sector con el objetivo de tener información más actualizada y complementaria a la información obtenida de CNT-EP.



Figura 44. Postes existente Distrito uno.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; EmelNorte.

3.4.3.4.- Red Troncal.

La Figura 45 muestra el recorrido que existe entre la OLT y los armarios de distribución donde se colocaran los splitter de primer nivel, las distancias se obtuvieron de los planos con los que trabaja CNT-EP, la Figura 46 muestra una imagen cercana desde la OLT al armario D_01, la red troncal está compuesta por cuatro Feeder que salen desde la OLT.

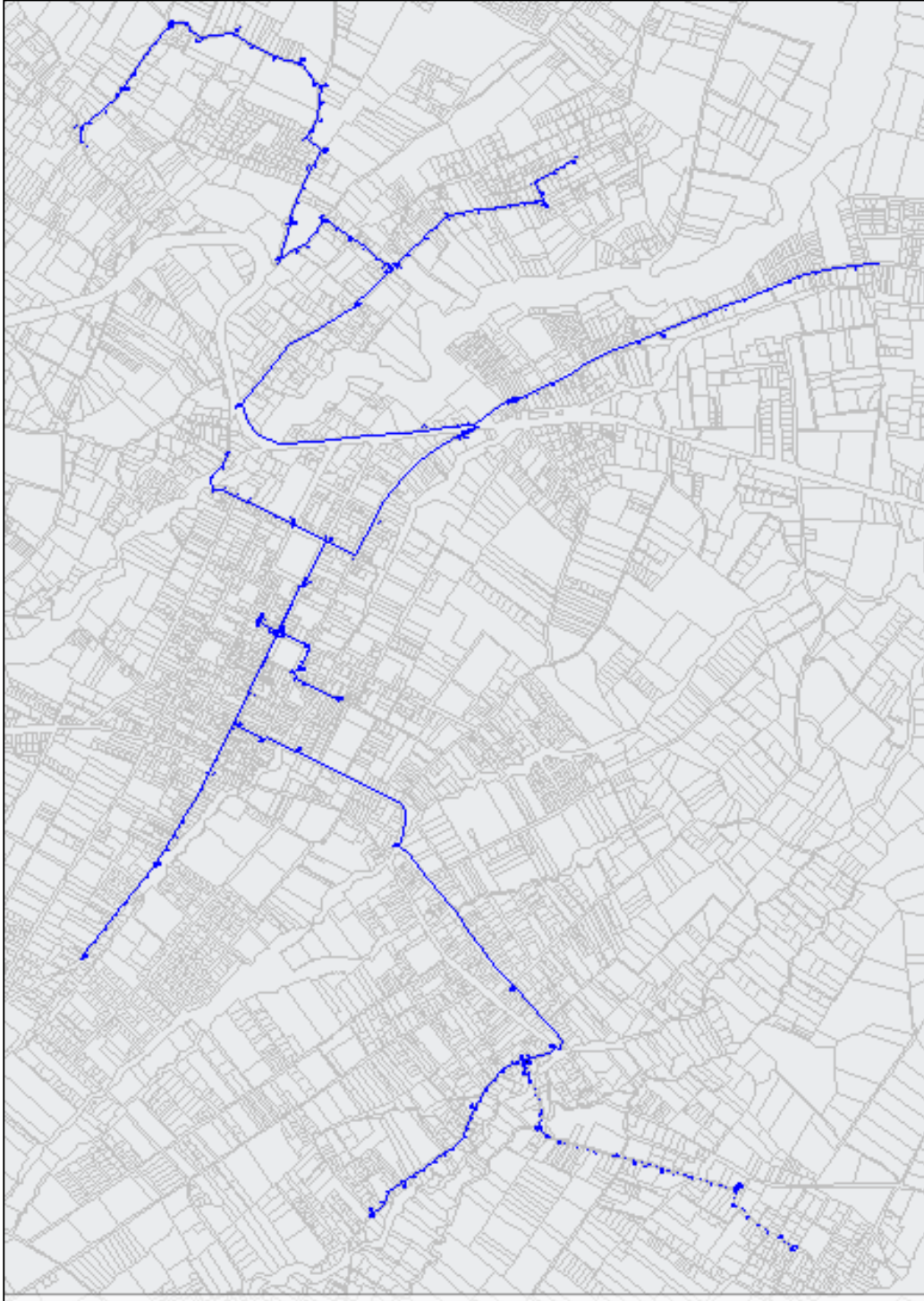


Figura 45. Red troncal.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

La red troncal la conforman la OLT y los armarios de distribución, estos dos elementos se conectan por medio de un cable de fibra óptica al cual se le llama Feeder o enlace troncal. En los armarios se ubica los splitter centralizados desde los cuales se realiza la distribución. A continuación se muestra en la Tabla 16 las distancias entre la OLT y los diferentes armarios de distribución, cabe resaltar que en esas distancias no se tiene en cuenta las reservas y catenaria del tendido aéreo, al final se anexara en formato digital los planos detallados en autocad de la red troncal.

Tabla 16

Distancias OLT-Armarios de distribución.

	Dist aérea.	Dist can.	Dist total
OLT-Arm 1	0	187	187
OLT-Arm 2	0	226	226
OLT-Arm 3	229	136	365
OLT-Arm 4	0	317	317
OLT-Arm 5	418	317	735
OLT-Arm 6	736	317	1053
OLT-Arm 7	605	1736	2341
OLT-Arm 8	980	1736	2716
OLT-Arm 9	0	1415	1415
OLT-Arm 10	0	877	877
OLT-Arm 11	0	1027	1027
OLT-Arm 12	1031	1027	2058
OLT-Arm 13	0	2003	2003
OLT-Arm 14	1780	2130	3910
OLT-Arm 15	652	2130	2782
OLT-Arm 16	339	423	762

Fuente: *Elaboración Propia.*

- OLT- Distrito uno.

La Figura 46 muestra un tramo de la red troncal que va desde la OLT hasta el armario de distribución 1 donde todo el tendido es canalizado.

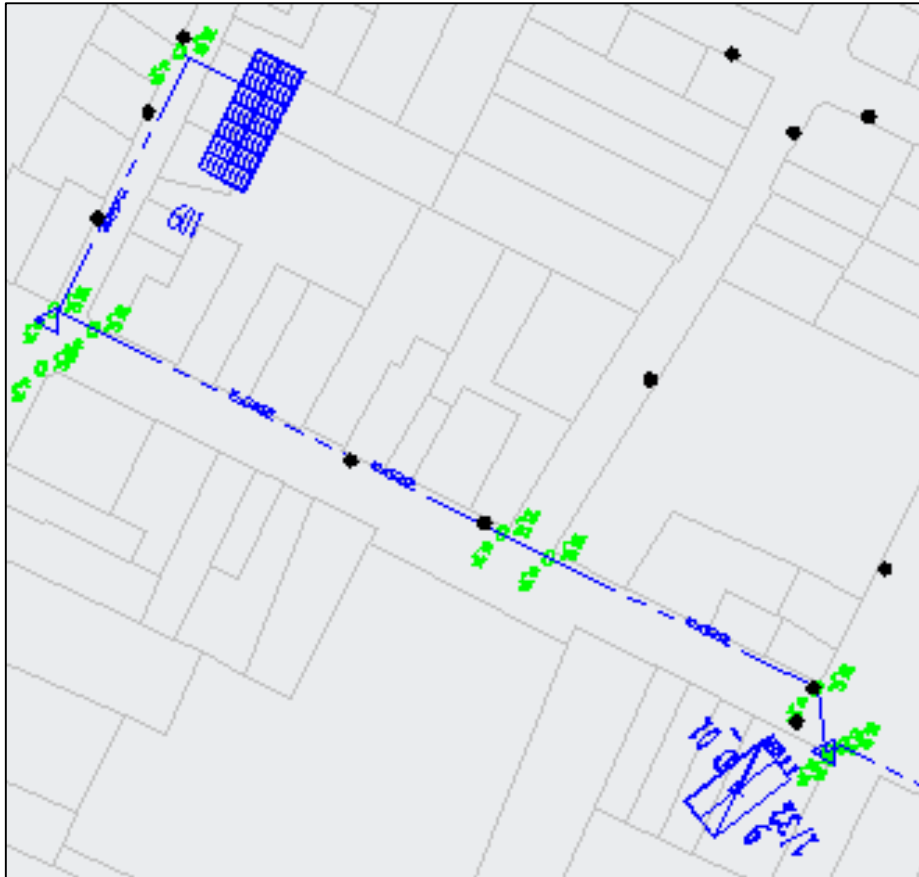


Figura 46. Recorrido OLT-D1.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; *Elaboración Propia.*

- OLT- Distrito tres.

La siguiente figura muestra un tramo del feeder que conecta la OLT con el D-03, el tendido para llegar al armario es aéreo y canalizado.

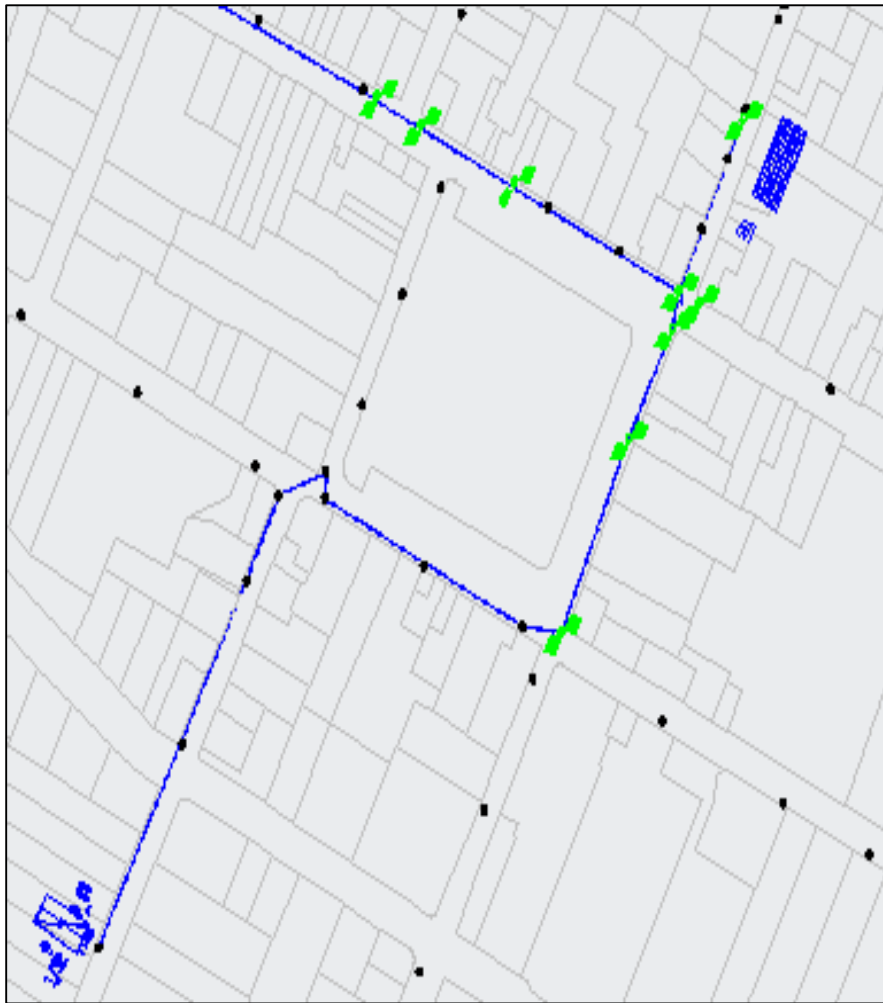


Figura 47. Recorrido OLT-D6.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

3.4.3.5.-Red Distribución.

La red de distribución consiste en el trayecto de la fibra óptica que sale desde los armarios hasta las cajas terminales o también llamadas cajas de distribución. Aquí se debe considerar que las cajas terminales tienen capacidad para atender a 12 clientes como máximo por lo que la ubicación de cada una debe ser estratégica, además que por cada armario de distribución se cuenta con 24 cajas terminales.

Al final del proyecto se anexara en formato digital los planos de la red de distribución detallada de todos los distritos, además en el Anexo 2 se muestran todos los planos referentes al diseño.

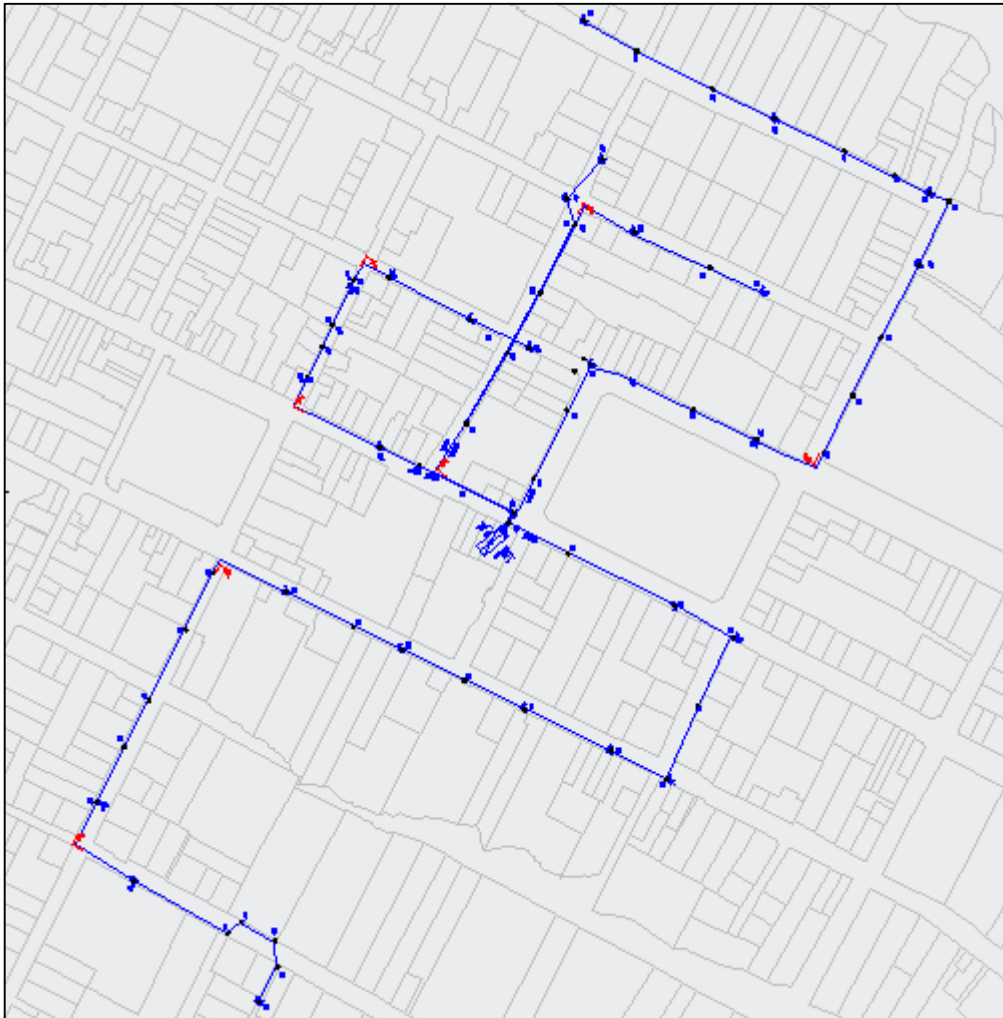


Figura 48. Red distribución D1.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

3.4.4.- Cálculo de atenuación.

Una vez que se ha ubicado la OLT y los splitter de primer nivel se procede a realizar el cálculo de atenuación que corroborara la factibilidad y alcance del diseño. Para realizar el cálculo se tomara como base el punto más lejano entre la OLT y un armario de distribución, este punto corresponde al armario del distrito 14. En la Figura 49 se muestra el recorrido desde la OLT hasta el armario D_14.



Figura 49. Armario D14- OLT.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

En la Figura 50 y Figura 51 se puede apreciar el tramo inicial desde la OLT al Distrito 14, el primer tramo está compuesto por una fibra de 144 hilos mientras que la fibra que llega al armario 14 es una fibra de 24 hilos.

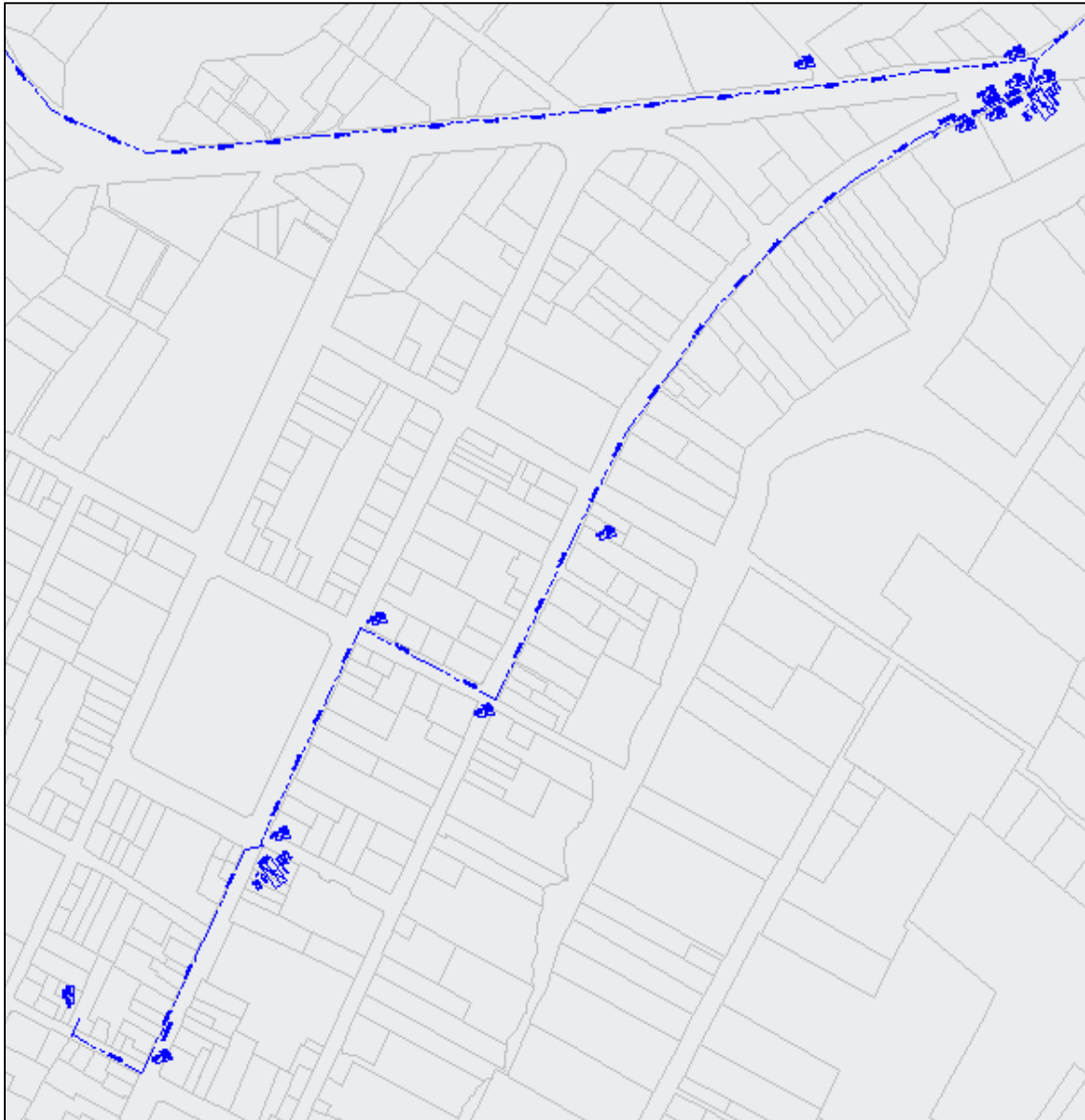


Figura 50. Tramo inicial OLT-D_14

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

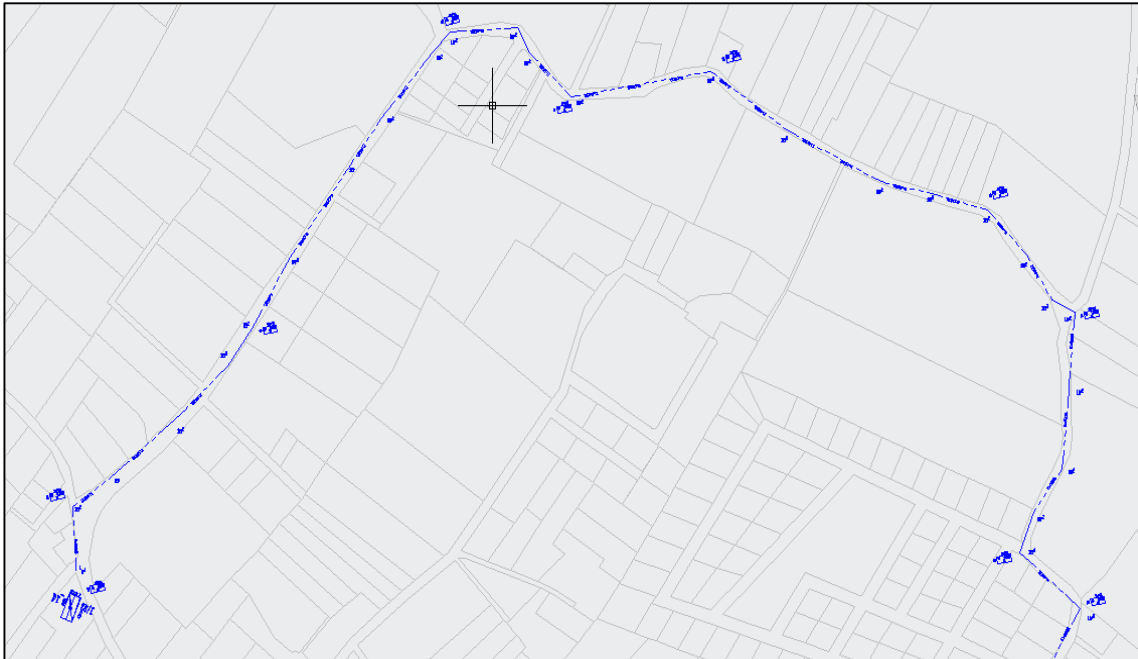


Figura 51. Tramo final OLT-D_14

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

Anteriormente se definió el tramo más lejano que puede existir entre el armario de distribución y la OLT, ahora debemos calcular el tramo más lejano desde el armario de distribución a un abonado, véase Figura 52.

Para efectos de cálculo se tomara una distancia referencial entre la caja terminal y la ONT, esta distancia corresponde a 300m, a esto se debe añadir 5 metros debido a los 2 patch cord existentes a cada extremo de la red y un pigtail.

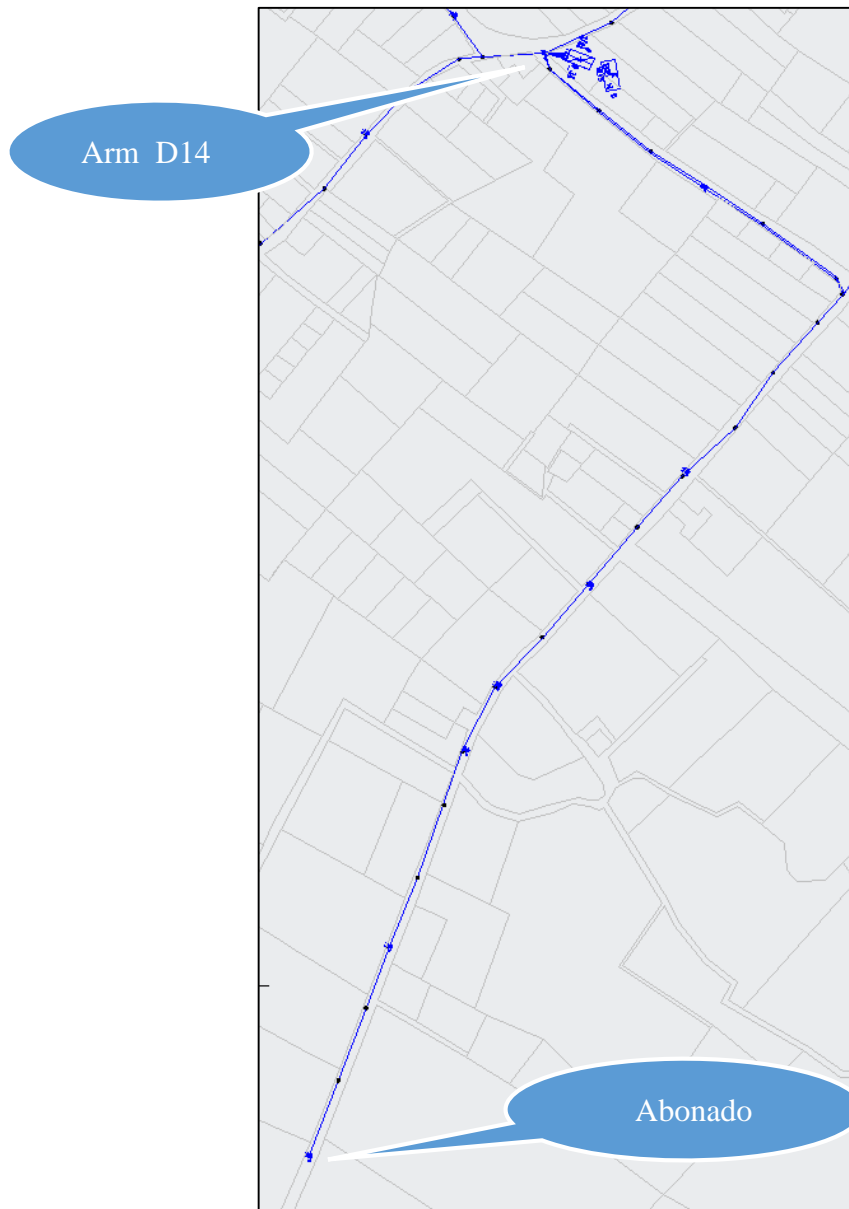


Figura 52. Distancia Armario D14- abonado más lejano.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra; Elaboración propia.

Finalmente la longitud total de la red de distribución u ODN será el resultado de la suma de las distancias entre la OLT-Arm D14, Arm D14-Caja terminal más última milla. En esta distancia obtenida ya se tiene en cuenta lo que son reservas y catenaria, véase Tabla 17.

Tabla 17

Distancia cliente más lejano.

Cálculos máxima distancia (m).	
OLT-Arm 14	3910
Reservas OLT-Arm14	570
Arm14- CT más lejana	871
Catenaria distribución+feeder	133
UM	300
Patch cord y pigtail	5
Total	5789

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla 18 y Tabla 19 se especifican los factores y niveles de atenuación con los que se trabaja para el cálculo de pérdidas en el diseño de la red.

Tabla 18.

Valores de atenuación.

Elemento.	Atenuación (dB)
Perdida por kilómetro de FO.	0.25 downstream. 0.31 upstream.
Perdida por empalmes.	0.3
Perdida por conectores.	0.5

Fuente: *Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.*

Tabla 19*Atenuación de splitter.*

Tipo Splitter	Atenuación
1:2	4,3
1:4	7,6
1:8	11,1
1:16	14,1
1:32	17,5
1:64	20,8
2:4	7,9
2:8	11,5
2:16	14,8
2:32	18,5
2:64	21,3

Fuente: *Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.*

En la Figura 53 se presenta el modelo para el cálculo de la atenuación máxima prevista en el diseño, se debe tener en cuenta que el máximo valor al que se puede llegar es 25dB, en la Tabla 20 se presenta de manera detallada los valores considerados en el cálculo.

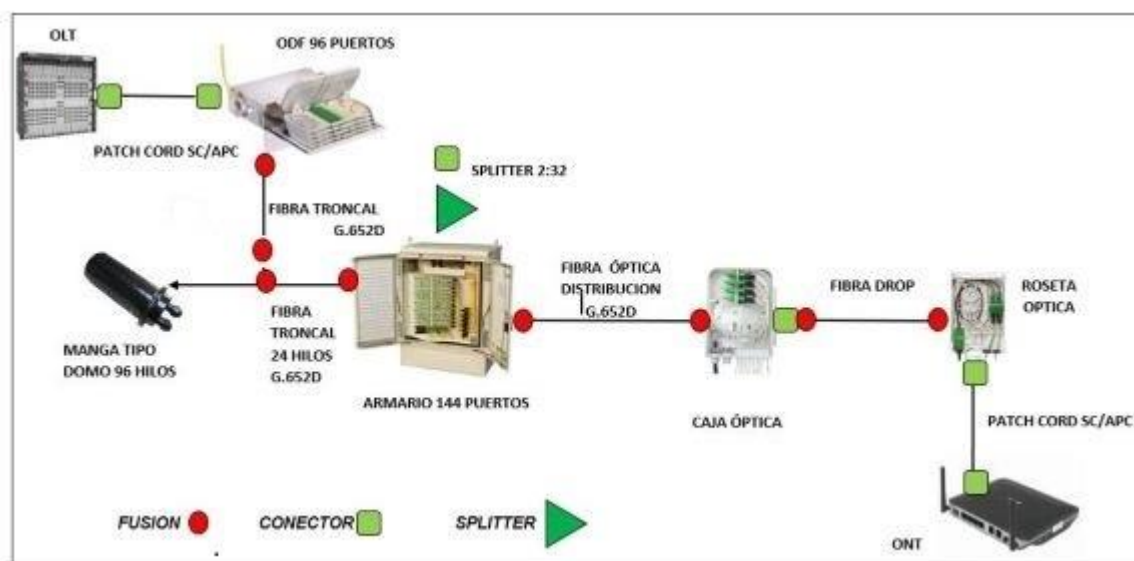


Figura 53. Elementos que intervienen en el presupuesto óptico.

Fuente: Vizcaíno (2015).

Para el cálculo del presupuesto óptico se debe tener en consideración todos los elementos que causen pérdidas en el enlace, tales elementos se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20

Calculo de atenuación.

Descripción.	Cantidad.	Atenuación.
Fusiones.	8	2.4 dB
Conectores.	6	3 dB
Splitter nivel 1.	1	17.5 dB
Distancia FO.	5.78 km	1.79 dB
Total.		24.69 dB

Fuente: Manual de fiscalización en redes GPON/FTTH CNT-EP.

3.4.5.- Selección de Equipos.

Luego de haber realizado el diseño de la red de fibra óptica se procede a seleccionar el equipamiento tanto activo como pasivo de la red, tanto la OLT como la ONT son equipos activos que deben ser del mismo proveedor, como equipamiento pasivo se tiene las NAP, splitter, Mangas, fibra óptica y armarios de distribución

Existen diferentes proveedores de equipamiento tanto activo como pasivo, por lo cual es necesario realizar una comparativa entre diferentes proveedores, en este caso se considera a Huawei, Motorola, Tyco, Mercury para el análisis.

3.3.5.1.- OLT. (Optical Line Terminal)

Terminal de línea óptica o comúnmente llamado OLT es el equipo ubicado en la oficina central desde el cual inicia el diseño de la red FTTH, es un equipo activo de la red que interconecta la red de acceso con el backbone del operador a través de los puertos de uplink, además gestiona todo el tráfico que viene desde las ONT. En la Tabla 21 se presenta una comparativa entre dos marcas de OLT.

Tabla 21*Comparación técnica OLT.*

OLT	Motorola AXS2200	Huawei MA5600T
Tarjetas de servicio	18	16
Puertos PON por Tarjeta.	4	8
Máxima división de splitter	1:64	1:128
Velocidad de transmisión.	Downstream:2.4 Upstream:1.2	Downstream:2.4 Upstream:1.2
Backplane	1Tbps	3.2 Tbps
Tarjetas de control.	2	2
Tarjetas de conmutación	2	2
Dimensiones.	Altura: 57,79 cm Anchura: 54,36 cm Profundidad: 30,48 cm	Altura: 44,72cm Anchura: 53,0 cm Profundidad: 27,58 cm
Alimentación.	-48 V CC, 30 A (máxima)	-48 V DC
Peso.	27 kg vacío y 54 kg con carga completa	33Kg
Encapsulamiento	GPON Encapsulation Method (GEM)	GPON Encapsulation Method (GEM)

Fuente: Huawei (2011); MOTOROLA (2016).

Luego de haber realizado la comparativa de equipos se puede observar que Huawei es la mejor opción en lo que es la OLT por tener mayor capacidad de servicio, por su parte Motorola está muy limitada en lo que respecta el número de usuarios a los que puede brindar servicio así como la flexibilidad de configuración en cada puerto PON.

La OLT Huawei está compuesta por diferentes slot que se distribuyen de la siguiente manera, véase Figura 54.

- Tarjeta de ventilador (Fan Tray).
- Tarjetas de poder (slot 21 y 22).
- Tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10).
- Tarjetas de uplink (slot 19 y 20).
- Tarjetas de servicios (slot 1-8 y 11-16).
- Tarjetas de telefonía (slot 17 y 18).

Fan tray																			
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Power									Control board	Control board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	G - U
22	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board	Service board											20
Power																			G - U
20																			
G - U																			

Figura 54. Distribución slot OLT.

Fuente: Huawei (2011).

1.3.5.2.- ONT. (Optical Network Terminal)

Es un equipo activo que está ubicado en el lado del usuario o abonado, el equipo considerado debe ser de la misma marca de la OLT ya que no existe interoperabilidad entre diferentes marcas. En la Tabla 22 se realiza la comparativa entre dos equipos ONT.

Tabla 22

Comparación técnica ONT.

ONT	Motorola 1120 GE	Huawei HG8245
Dimensiones.	Longitud: 15,5 cm Anchura: 19,5 cm Profundidad: 3,1 cm	Longitud: 19,5 cm Anchura: 17,4 cm Profundidad: 3,4 cm
Alimentación.	12 V CC	11-14 V CC, 2 A
Peso.	400	550 g
Puertos ópticos	1	1
Puertos LAN.	4	4
Puertos telefonía.	1	2
Puertos USB	0	1
Velocidad de transmisión.	Downstream:2.4 Upstream:1.2	Downstream:2.4 Upstream:1.2

Fuente: Huawei (2011); MOTOROLA (2016).

Luego de haber realizado la comparación técnica entre las dos marcas de equipos se determinó que Huawei es la mejor opción por tener equipos más robustos, sin duda la gran diferencia se nota en la OLT ya que permite brindar servicio a un gran número de usuarios en comparación con MOTOROLA. En la Figura 55 y Figura 56 se observa tanto la OLT y ONT Huawei.



Figura 55. OLT Huawei MA5600T

Fuente: Huawei (2011).



Figura 56. Huawei HG8245

Fuente: Huawei (2011).

1.3.5.3.-Armarios de distribución (FDC).

Los armarios de distribución o Fiber Distribution Cabinet son elementos importantes que se encuentran en la ODN ya que es donde se ubican los splitter modulares centralizados de la red, por lo cual estos armarios deben ser lo suficiente mente seguros y prácticos en su manejo ya que se están ubicados en el exterior. En la Figura 23 se hace una comparativa entre dos marcas que proveen este tipo de equipamiento.

Tabla 23

Comparación técnica FDC.

FDC	TYCO	FURUKAWA
Número de conexiones.	288 Hilos	288 Hilos
	576 hilos	576 hilos
Splitter module	1x32	1x8, 1x16, 1x32
Conector	SC/APC	SC
Preconectorizado	si	no

Fuente: Tyco (2016); Furukawa C. (2016).

Para la elección de los FDC se ha tenido mucho en cuenta la facilidad de manipulación de los mismos así como ciertas características que van de la mano con la normativa CNT-EP, los FDC Tyco son la mejor elección ya que son de tipo modular y pueden alojar hasta 9 splitters 1x32, teniendo en cuenta que tres hilos del feeder son usados como reserva, por otro lado el armario es preconectorizado, cuenta con dos cables de 144 hilos para distribución y un cable 12 hilos para conexión a la OLT.



Figura 57. FDC Tyco 288.

Fuente: Departamento Técnico– CNT-EP Ibarra.

1.3.5.4. - SPLITTER.

El splitter que se usa CNT-EP por normativa es tipo modular 1x32, se debe tener en cuenta que es el elemento de mayor atenuación 17.5 dB, la forma como se conecta interiormente es con splitter en cascada con relación 1x2, véase Figura 58. En la Tabla 24 se realiza la comparativa entre las marcas Tyco y Furukawa para los splitter.

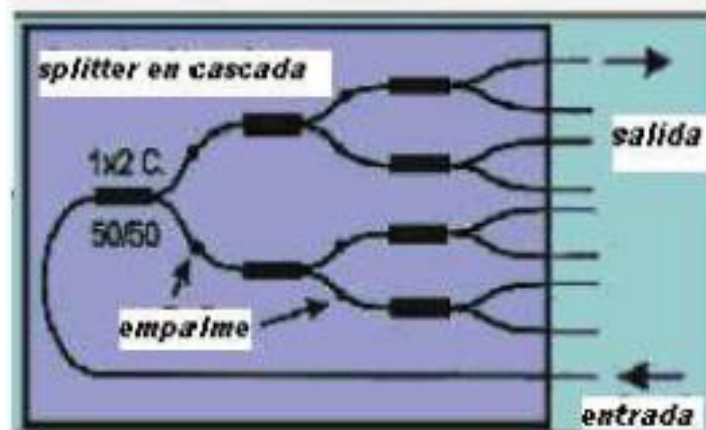


Figura 58. Conexión interna splitter.

Fuente: Castillo 2013.

Tabla 24

Comparación técnica splitter.

SPLITTER 1x32.	TYCO	FURUKAWA
Conector	SC/APC	SC/APC
Perdida por inserción máxima sin conectores (dB).	17	17,1

Fuente: Furukawa I., (2014); Tyco, ModularWiedeband, (2016).

De acuerdo a la Tabla 24 el splitter Tyco es la elección más óptima por su calidad, por otro lado la marca Tyco es lo mejor en equipamiento pasivo de fibra óptica, en la Figura 59 se muestra un splitter Tyco.



Figura 59. Splitter Tyco.

Fuente: Tyco, ModularWiedeband, (2016).

1.3.5.5.- Mangas de empalme.

Su función es proteger en su interior los empalmes, contiene bandejas organizadoras que albergan fibra desnuda o sin cubierta, estos pueden ser aéreos o subterráneos, y su aplicación es realizar derivaciones con el objetivo de lograr una mejor distribución de la fibra en la red, CNT-EP trabaja con mangas que permiten máximo 6 derivaciones. En la Tabla 25 se realiza la comparativa entre mangas de empalme Tyco y Furukawa.

Tabla 25*Comparación técnica Cajas de empalme.*

CAJA DE EMPALME.	TYCO A4 y BS	FURUKAWA FK-CEO-4T 144
Capacidad de empalmes	144	144
Puertos de derivación	4; 6.	4
Instalación.	Subterránea/aérea	Subterránea/aérea
Dimensiones.	Diámetro: 22.86 cm	Diámetro: 36.6 cm
	Longitud: 49.53 cm	Longitud: 83.8 cm

Fuente: Tyco, FOSC 450, (2016); Furukawa C. , Fiber Optic Splice Closure, (2014).

Tyco ofrece un gama de opciones referente a las Cajas de empalme con diferentes combinaciones en cuanto a componentes y estructura, además las características que presenta la convierten en la mejor opción. En la Figura 60 se muestra una Caja de empalme en la que se indica sus elementos.



Figura 60. Manga de empalme.

Fuente: Castillo (2013).

1.3.5.6. Cajas terminales.

Las Cajas Terminales son elementos de la red instalados en postes, este es el punto desde donde se conecta al abonado con la red de distribución, en este caso CNT-EP usa cajas terminales que permiten 12 salidas, esto quiere decir que por cada Caja Terminal tendremos 12 usuarios, este elemento es sensible en el diseño ya que deben distribuirse de manera estratégica, además se debe tener en cuenta que por cada armario de distribución se tiene 24 cajas terminales o también llamadas NAP (Punto de acceso de red). En la Tabla 26 se realiza una comparación técnica entre dos marcas, mientras que en la Figura 61 se observa una Caja terminal óptica Tyco.

Tabla 26*Comparación técnica Cajas terminales.*

CAJAS TERMINALES	TYCO MDU 212	FURUKAWA FK-CTO-16
Entradas	2	2
Salidas	12	16
Dimensiones (mm)	Alto: 200	Alto: 300
	Ancho: 215	Ancho: 220
	Profundidad: 69	Profundidad: 100

Fuente: Furukawa I. , FK-CTO-16MC, (2016); Technology. (2016); *Outdoor 12 fibers Multi Dwelling Unit Manufacturer & Supplier*. Recuperado de: <http://goo.gl/5cIePz>

**Figura 61.** *Caja terminal óptica.*

Fuente: Technology. (2016); *Outdoor 12 fibers Multi Dwelling Unit Manufacturer & Supplier*. Recuperado de: <http://goo.gl/5cIePz>

Tyco ofrece una gran variedad de opciones en cuanto a los diferentes productos disponibles relacionados con despliegues FTTx, las Cajas terminales ópticas se presentan en una variedad de distribuciones en las salidas Drop, CNT-EP trabaja en sus diseños con Cajas Terminales de 8 y 12 salidas por lo que Tayco es la mejor opción.

1.3.5.7.- Fibra óptica.

La fibra óptica es el elemento que permite en si la comunicación entre la OLT y ONT, es un medio guiado por donde se propagan los rayos de luz, en la Tabla 27 se realiza una comparación técnica entre dos marcas que son proveedores, en la comparación se considera una fibra ADSS.

Tabla 27

Comparación técnica Fibra Óptica.

Fibra óptica ADSS.	Prysmian	Estec
Span máximo.	600 m	200 m
Operación.	1310nm 1550nm	1310nm 1550nm
Max número de Fibras.	288	144
Tipo de fibra.	Monomodo,multimodo.	Monomodo,multimodo.
Fibras por tubo	12 y 24	6 y 12

Fuente: ESTEC (2016); Prysmian (2016).

Luego de haber realizado la comparación técnica se puede observar que Prysmian ofrece una fibra con mejores características además de un mayor grupo de opciones. El tipo de fibra óptica que usa CNT-EP en los despliegues aéreos es ADSS monomodo en todo su trayecto, el tramo que sale desde la OLT hasta llegar a las Cajas Terminales es G652.d, mientras que el último tramo llamado Drop es G657.A.

Luego de haber realizado una comparación técnica con los diferentes elementos involucrados en despliegues PON se ha determinado que HUAWEY tiene equipos activos más robustos sobretodo en el lado de la OLT, por otra parte haciendo referencia a los elementos pasivos de la red TYCO se presenta como la mejor opción por su variedad de opciones, todo esto teniendo en cuenta siempre la normativa impuesta por CNT-EP.

1.3.5.8.- Herrajes.

Existen dos tipos de herrajes en el tendido de redes de fibra óptica, los herrajes tipo A o herrajes terminales, véase Figura 62, cuya función es brindar sujeción al cable de fibra óptica, se coloca este tipo de herrajes al comienzo y final del trayecto así como en tendidos donde se tenga un ángulo menor a 180 grados, por otro lado están los herrajes tipo B o herrajes de paso, véase Figura 63, que se usan únicamente para dar paso a la fibra óptica en tramos donde los ángulos que se tengan sean iguales a 180 grados.

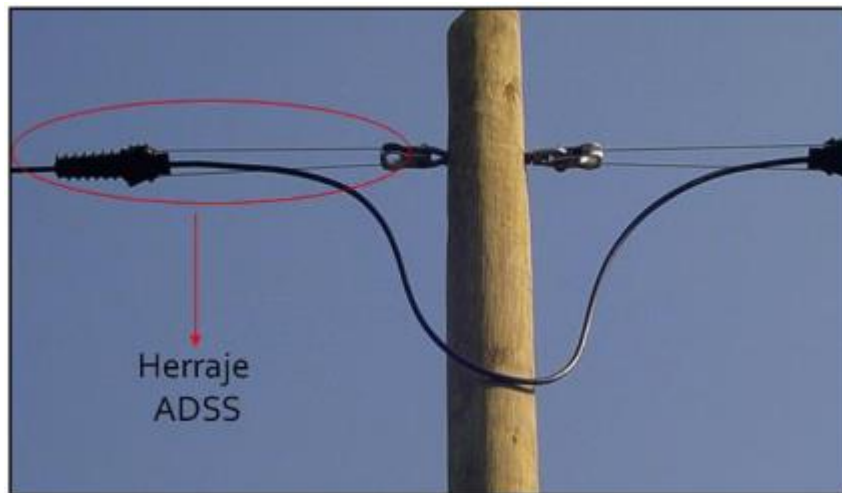


Figura 62. Herraje tipo A.

Fuente: Criollo (2015).



Figura 63. Herraje tipo B.

Fuente: Alumia & Paladines, (2014).

CAPÍTULO IV

4. ANALISIS COSTO BENEFICIO

4.1.- Introducción.

En esta sección se realizará un análisis económico que nos permitirá examinar los ingresos y egresos presentes en el proyecto, para así poder determinar el costo beneficio del mismo no únicamente en el sentido económico sino también el beneficio a nivel social.

Para la realización de este análisis se tendrá en cuenta los planes que CNT-EP ofrece actualmente así como sus costos, por otro lado se considera las inversiones realizadas para el presente diseño.

EL análisis económico del proyecto comprende en principio los ingresos y egresos.

Ingresos.

- Pago por instalación
- Pago mensualidades

Egresos.

- Inversión inicial en volúmenes de obra.
- Sueldos
- Gastos movilidad entre otros.

Al final de esta sección se analizara la factibilidad del proyecto con el cálculo de los indicadores de rentabilidad VAN (Valor actual Neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

4.2.- Plan de servicios

CNT-EP ofrece actualmente el plan Triple play a un costo mensual de 46\$, a esto se debe sumar el costo por instalación igual a 60\$, se debe tener en cuenta que el costo por la ONT no se incluye ya que al final del contrato de servicio con el abonado este equipo debe ser devuelto a la empresa.

PRECIO NORMAL CON IMPUESTOS	DESCUENTO CNT PACK 15 %	PRECIO FINAL A PAGAR
\$ 54. ¹⁵	\$ 8. ¹²	\$ 46. ⁰³

Figura 64. Planes de servicio.

Fuente: CNT (2016). CNT Pack - Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
 Recuperado de: <https://www.cnt.gob.ec/cnt-pack/>

4.3.- Supuestos e Inversión.

Para el análisis de egresos se iniciara indicando los volúmenes de obra presentes en el proyecto y los valores referenciales relacionados con gastos de operación, en la Tabla 28 y Tabla 29 se consideran gastos como sueldos, muebles y enseres entre otros, mientras en la Tabla 30 se detalla los costos de los diferentes elementos empleados en el despliegue de la red.

Tabla 28

Tabla de gastos supuestos.

MATERIALES INDIRECTOS						
MATERIALES	CANTIDAD	U/M	C/U	TOTAL MES	AÑO	
COSTOS VARIOS				2.000,00		24.000,00
				-		-
	Total			2.000,00		24.000,00
MANO DE OBRA DIRECTA						
PERSONAL	cantidad	U/M	C/U	TOTAL MES	TOTAL AÑO	
JEFE TECNICO	1,00			900,00		10.800,00
TECNICOS	3,00			1.500,00		18.000,00
	Total			2.400,00		28.800,00

MANO DE OBRA INDIRECTA						
PERSONAL	cantidad	U/M	C/U	TOTAL MES		TOTAL AÑO
GERENTE	1,00				-	-
MENSAJERO	1,00				-	-
					-	-
Total					-	-
GASTOS DE PERSONAL ADMINISTRATIVO						
PERSONAL	cantidad	U/M	C/U	TOTAL MES		TOTAL AÑO
SECRETARIA	1,00				400,00	4.800,00
Total					400,00	4.800,00
GASTOS DE PERSONAL DE VENTAS						
PERSONAL	cantidad	U/M	C/U	TOTAL MES		TOTAL AÑO
VENTAS	1,00				400,00	4.800,00
ATENCION AL CLIENTE	1,00				380,00	4.560,00
					-	-
Total					780,00	9.360,00

Fuente: QUIHPE (2010).

Tabla 29

Presupuestos de inversión.

R U B R O S	USO DE FONDOS	FUENTES DE FINANCIAMIENTO	
		FONDOS PROPIOS	PRESTAMO
INVERSIONES FIJAS	\$64.354,15	\$64.354,15	\$0,00
MUEBLES Y ENSERES	\$2.500,00	\$2.500,00	\$0,00
Estaciones de trabajo.	\$2.500,00	\$2.500,00	\$0,00
EQUIPO DE OFICINA	\$7.650,00	\$7.650,00	\$0,00
Computadoras	\$6.900,00	\$6.900,00	
Impresora + teléfonos	\$750,00	\$750,00	
MAQUINARIA Y EQUIPO	\$29.204,15	\$29.204,15	\$0,00
OLT	29.204,15	\$29.204,15	\$0,00
		\$0,00	\$0,00
VEHICULOS	25.000,00	25.000,00	-
Vehículo	25.000,00	\$25.000,00	
CAPITAL DE TRABAJO	\$1.267.752,81	\$1.267.752,81	\$0,00
Materia Prima Directa	\$1.267.752,81	\$1.267.752,81	\$0,00

Fuente: QUISHPE (2010); Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

Tabla 30

Volúmenes de obra.

VOLUMENES DE OBRA.							
ITEM	UNIDAD PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL.		
Suministro y colocación OLT MA5600T.		U	1	S/. 29.204,15	S/.	29.204,15	
Base de hormigón para armario (incluido acceso al pozo.)		U	16	S/. 84,35	S/.	1.349,60	
Suministro y colocación armario FTTH 288puertos.		U	16	S/. 10.154,22	S/.	162.467,52	
Suministro y colocación splitter PLC (1X32) conectorizado.		U	48	S/. 772,79	S/.	37.093,92	
Suministro y colocación splitter modular 1x32 conectorizado en armario.		U	144	S/. 1.083,15	S/.	155.973,60	
Suministro y tendido cable aéreo (m). Vanos 120m	2 h	m	0	S/. -	S/.	-	
	12h	m	1283	S/. 2,72	S/.	3.489,76	
	24h	m	10486,68	S/. 2,75	S/.	28.838,37	
	48h	m	10251,85	S/. 4,39	S/.	45.005,62	
	72h	m	31454	S/. 4,65	S/.	146.261,10	
	96h	m	7442	S/. 8,87	S/.	66.010,54	
Suministro y tendido cable canalizado (m).	12h	m	0	S/. -	S/.	-	
	24h	m	217,3	S/. 2,82	S/.	612,79	
	48h	m	636	S/. 3,49	S/.	2.219,64	
	72h	m	1743	S/. 4,86	S/.	8.470,98	
	96h	m	2443	S/. 5,40	S/.	13.192,20	
	144h	m	1054	S/. 6,56	S/.	6.914,24	
Fusión 1h FO.		U	5160	S/. 8,60	S/.	44.376,00	
Suministro y ejecución de herraje tipo A.		U	720	S/. 11,08	S/.	7.977,60	
Suministro y ejecución de herraje tipo B.		U	958	S/. 14,89	S/.	14.264,62	

Preformado helicoidal para fibra ADSS vano 120m.	U	1440	S/.	21,28	S/.	30.643,20
Suministro y colocación identificador acrílico 8 cm X 4 cm.	U	84	S/.	5,10	S/.	428,40
Suministro y colocación identificador acrílico 12,5 cm X 6 cm.	U	1678	S/.	6,10	S/.	10.235,80
Suministro y colocación caja de distribución aérea 12 puertos.	U	384	S/.	293,02	S/.	112.519,68
Suministro y colocación subida a poste fibra óptica con tubo EMT 5m de 2".	U	20	S/.	68,33	S/.	1.366,60
Suministro y colocación de 24	U	0	S/.	261,19	S/.	-
Manga aérea para fusión. 48	U	1	S/.	279,24	S/.	279,24
72	U	0	S/.	359,67	S/.	-
96	U	0	S/.	402,34	S/.	-
144	U	0	S/.	411,23	S/.	-
Suministro y colocación de 24	U	0	S/.	260,86	S/.	-
Manga subterránea para fusión. 48	U	1	S/.	278,91	S/.	278,91
72	U	1	S/.	359,26	S/.	359,26
96	U	2	S/.	401,93	S/.	803,86
144	U	33	S/.	410,82	S/.	13.557,06
Pozo acera 48 bloques 2 convergencias.	U	9	S/.	803,43	S/.	7.230,87
Suministro y colocación de manga subterránea porta splitter de 96, tipo domo (apertura y cierre)	U	3	S/.	499,89	S/.	1.499,67
Suministro y colocación de manga subterránea porta splitter de 72, tipo domo (apertura y cierre)	U	2	S/.	446,55	S/.	893,10
Suministro y colocación de manga subterránea porta splitter de 48, tipo domo (apertura y cierre)	U	3	S/.	346,32	S/.	1.038,96
Suministro y colocación de manga subterránea porta splitter de 24, tipo domo (apertura y cierre)	U	4	S/.	323,75	S/.	1.295,00
Suministro y tendido de cable aéreo de 2 fibras ópticas G.657a1 (DROP) 6mm.	m	193500	S/.	1,54	S/.	297.990,00
Suministro y colocación de roseta óptica 2 hilos de fibra, incluye: 2 adaptadores sc/apc; 2 manguitos de protección de empalme de 40mm.	U	1290	S/.	24,98	S/.	32.224,20
Prueba reflectométrica unidireccional por fibra en una ventana GPON + traza reflectométrica.	HILO	1290	S/.	8,21	S/.	10.590,90
TOTAL					S/.	1.296.956,96

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

4.4.- Ingresos anuales.

En este apartado se debe considerar que para el cálculo anual se tiene en cuenta los costos por instalación y mensualidad detallados en la Tabla 31, a partir de estos valores se realizan las siguientes tablas, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36, donde se observan los ingresos anuales que genera el proyecto.

Tabla 31

Costos instalación y servicio.

Incremento de usuarios al año:		4%
Costo instalación:	S/.	60,00
Costo mensualidad servicio:	S/.	46,03

Fuente: CNT (2016). CNT Pack - Corporación Nacional de Telecomunicaciones. Recuperado de: <https://www.cnt.gob.ec/cnt-pack/>

El valor del incremento anual de usuarios correspondiente al 4% se explicó anteriormente en el apartado 3.3, por lo que mensualmente hay un incremento del 0,3% que corresponde a un valor de alrededor de 4 nuevos usuarios mensuales.

Tabla 32*Ingresos año uno.*

AÑO 1			
MES	NÚMERO DE USUARIOS	COSTO MENSUALIDAD	COSTO INSTALACIÓN.
1	1290	S/. 59.383,30	\$ 77.406,00
2	1294	S/. 59.567,42	\$ 240,00
3	1298	S/. 59.751,54	\$ 240,00
4	1302	S/. 59.935,66	\$ 240,00
5	1306	S/. 60.119,78	\$ 240,00
6	1310	S/. 60.303,90	\$ 240,00
7	1314	S/. 60.488,02	\$ 240,00
8	1318	S/. 60.672,14	\$ 240,00
9	1322	S/. 60.856,26	\$ 240,00
10	1326	S/. 61.040,38	\$ 240,00
11	1330	S/. 61.224,50	\$ 240,00
12	1334	S/. 61.408,62	\$ 240,00
INGRESOS AÑO 1		\$ 724.751,56	\$ 80.046,00
TOTAL INGRESOS AÑO 1			\$ 804.797,56

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33*Ingresos año dos.*

AÑO 2						
MES	NÚMERO DE USUARIOS		COSTO MENSUALIDAD		COSTO INSTALACIÓN.	
1	1342	S/.	61.758,64	\$	480,00	
2	1346	S/.	61.942,76	\$	240,00	
3	1350	S/.	62.126,88	\$	240,00	
4	1354	S/.	62.311,00	\$	240,00	
5	1358	S/.	62.495,12	\$	240,00	
6	1362	S/.	62.679,24	\$	240,00	
7	1366	S/.	62.863,36	\$	240,00	
8	1370	S/.	63.047,48	\$	240,00	
9	1374	S/.	63.231,60	\$	240,00	
10	1378	S/.	63.415,72	\$	240,00	
11	1382	S/.	63.599,84	\$	240,00	
12	1386	S/.	63.783,96	\$	240,00	
INGRESOS AÑO 2			\$	753.255,54	\$	3.120,00
TOTAL INGRESOS AÑO 2				\$	756.375,54	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34*Ingresos año tres.*

AÑO 3					
MES	NÚMERO DE USUARIOS	COSTO MENSUALIDAD		COSTO INSTALACIÓN.	
1	1395	S/.	64.228,98	\$	540,00
2	1399	S/.	64.413,10	\$	240,00
3	1403	S/.	64.597,22	\$	240,00
4	1407	S/.	64.781,34	\$	240,00
5	1411	S/.	64.965,46	\$	240,00
6	1415	S/.	65.149,58	\$	240,00
7	1419	S/.	65.333,70	\$	240,00
8	1423	S/.	65.517,82	\$	240,00
9	1427	S/.	65.701,94	\$	240,00
10	1431	S/.	65.886,06	\$	240,00
11	1435	S/.	66.070,18	\$	240,00
12	1439	S/.	66.254,30	\$	240,00
INGRESOS AÑO 3		\$	782.899,69	\$	3.180,00
TOTAL INGRESOS AÑO 3				\$	786.079,69

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

Ingresos año cuatro.

AÑO 4					
MES	NÚMERO DE USUARIOS		COSTO MENSUALIDAD		COSTO INSTALACIÓN.
1	1451	S/.	66.798,14	\$	720,00
2	1455	S/.	66.982,26	\$	240,00
3	1459	S/.	67.166,38	\$	240,00
4	1463	S/.	67.350,50	\$	240,00
5	1467	S/.	67.534,62	\$	240,00
6	1471	S/.	67.718,74	\$	240,00
7	1475	S/.	67.902,86	\$	240,00
8	1479	S/.	68.086,98	\$	240,00
9	1483	S/.	68.271,10	\$	240,00
10	1487	S/.	68.455,22	\$	240,00
11	1491	S/.	68.639,34	\$	240,00
12	1495	S/.	68.823,46	\$	240,00
INGRESOS AÑO 4		\$	813.729,60	\$	3.360,00
TOTAL INGRESOS AÑO 4				\$	817.089,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36*Ingresos año cinco.*

AÑO 5					
MES	NÚMERO DE USUARIOS		COSTO MENSUALIDAD		COSTO INSTALACIÓN.
1	1509	S/.	69.470,07	\$	840,00
2	1514	S/.	69.700,22	\$	300,00
3	1519	S/.	69.930,37	\$	300,00
4	1524	S/.	70.160,52	\$	300,00
5	1529	S/.	70.390,67	\$	300,00
6	1534	S/.	70.620,82	\$	300,00
7	1539	S/.	70.850,97	\$	300,00
8	1544	S/.	71.081,12	\$	300,00
9	1549	S/.	71.311,27	\$	300,00
10	1554	S/.	71.541,42	\$	300,00
11	1559	S/.	71.771,57	\$	300,00
12	1564	S/.	72.001,72	\$	300,00
INGRESOS AÑO 5			\$ 848.830,68	\$	4.140,00
TOTAL INGRESOS AÑO 5				\$	852.970,68

Fuente: Elaboración propia.

4.5.- Flujo de caja.

El flujo de caja permite representar el movimiento de ingresos y egresos de dólares en un periodo determinado de tiempo, en la Tabla 37 se muestra detalla el flujo de caja presente en los 5 primeros años.

Tabla 37

Flujo de caja.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
RUBROS							
INGRESOS	0,00	804.797,56	756.375,54	786.079,69	817.854,60	852.970,68	6.795,42
VENTAS		804.797,56	756.375,54	786.079,69	817.089,60	852.970,68	0,00
VALOR DE RESCATE		0,00	0,00	0,00	765,00	0,00	6.795,42
PRESTAMO							
COSTOS DE PRODUCCION		58.699,20	61.047,17	63.489,05	66.028,62	68.669,76	
UTILIDAD BRUTA		746.098,36	695.328,37	722.590,63	751.825,98	784.300,92	
GASTOS DE OPERACIÓN		21.560,44	22.422,86	23.319,77	24.252,56	25.222,67	
UTILIDAD OPERATIVA		724.537,92	672.905,52	699.270,86	727.573,42	759.078,26	
INTERESES		0,00	0,00	0,00			
UTILIDAD NETA ANTES DE REP.UTILID		724.537,92	672.905,52	699.270,86	727.573,42	759.078,26	
REPARTO DE UTILIDADES (15%)		108.680,69	100.935,83	104.890,63	109.136,01	113.861,74	
UTILIDAD NETA ANTES DE IMP		615.857,23	571.969,69	594.380,23	618.437,40	645.216,52	
IMPUESTOS (25%)		153.964,31	142.992,42	148.595,06	154.609,35	161.304,13	
DEPRECIACIONES		12.276,75	12.276,75	12.276,75	9.981,75	9.981,75	
AMORTIZACIONES		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Inversiones fijas	64.354,15	-					
Inversión diferida		-					
Capital de trabajo	1267752,808						
AMORTIZACION CREDITO			0,00	0,00	0,00		
TOTAL EGRESOS	1.332.106,96	342.904,63	327.398,28	340.294,51	354.026,54	369.058,30	
FLUJO NETO	1.332.106,96	-	461.892,92	428.977,27	445.785,17	463.828,05	483.912,39
							6.795,42

Fuente: Elaboración propia.

4.6.- Periodo de recuperación.

El periodo de recuperación nos señala el momento en el que se comienza a recuperar la inversión realizada en el proyecto, en la Tabla 38 siguiente se puede verificar que el periodo de recuperación se da en el año dos.

Tabla 38

Periodo de recuperación.

PERIODO DE RECUPERACIÓN.				
AÑO	MES	INGRESO MES		INGRESO ACUMULADO
UNO	1	\$ 136.789,30	\$	136.789,30
	2	\$ 59.807,42	\$	196.596,73
	3	\$ 59.991,54	\$	256.588,27
	4	\$ 60.175,66	\$	316.763,93
	5	\$ 60.359,78	\$	377.123,72
	6	\$ 60.543,90	\$	437.667,62
	7	\$ 60.728,02	\$	498.395,64
	8	\$ 60.912,14	\$	559.307,78
	9	\$ 61.096,26	\$	620.404,05
	10	\$ 61.280,38	\$	681.684,43
	11	\$ 61.464,50	\$	743.148,93
	12	\$ 61.648,62	\$	804.797,56
DOS	1	\$ 62.238,64	\$	867.036,19
	2	\$ 62.182,76	\$	929.218,95
	3	\$ 62.366,88	\$	991.585,82
	4	\$ 62.551,00	\$	1.054.136,82
	5	\$ 62.735,12	\$	1.116.871,93
	6	\$ 62.919,24	\$	1.179.791,17
	7	\$ 63.103,36	\$	1.242.894,52
	8	\$ 63.287,48	\$	1.306.182,00
	9	\$ 63.471,60	\$	1.369.653,59
	10	\$ 63.655,72	\$	1.433.309,31
	11	\$ 63.839,84	\$	1.497.149,14
	12	\$ 64.023,96	\$	1.561.173,10
TRES	1	\$ 64.768,98	\$	1.625.942,08
	2	\$ 64.653,10	\$	1.690.595,18
	3	\$ 64.837,22	\$	1.755.432,40
	4	\$ 65.021,34	\$	1.820.453,74
	5	\$ 65.205,46	\$	1.885.659,20
	6	\$ 65.389,58	\$	1.951.048,78

	7	\$	65.573,70	\$	2.016.622,48
	8	\$	65.757,82	\$	2.082.380,30
	9	\$	65.941,94	\$	2.148.322,24
	10	\$	66.126,06	\$	2.214.448,30
	11	\$	66.310,18	\$	2.280.758,48
	12	\$	66.494,30	\$	2.347.252,78
CUATRO	1	\$	67.518,14	\$	2.414.770,92
	2	\$	67.222,26	\$	2.481.993,18
	3	\$	67.406,38	\$	2.549.399,56
	4	\$	67.590,50	\$	2.616.990,06
	5	\$	67.774,62	\$	2.684.764,68
	6	\$	67.958,74	\$	2.752.723,42
	7	\$	68.142,86	\$	2.820.866,28
	8	\$	68.326,98	\$	2.889.193,26
	9	\$	68.511,10	\$	2.957.704,36
	10	\$	68.695,22	\$	3.026.399,58
	11	\$	68.879,34	\$	3.095.278,92
	12	\$	69.063,46	\$	3.164.342,38
CINCO	1	\$	70.310,07	\$	3.234.652,45
	2	\$	70.000,22	\$	3.304.652,66
	3	\$	70.230,37	\$	3.374.883,03
	4	\$	70.460,52	\$	3.445.343,54
	5	\$	70.690,67	\$	3.516.034,21
	6	\$	70.920,82	\$	3.586.955,02
	7	\$	71.150,97	\$	3.658.105,99
	8	\$	71.381,12	\$	3.729.487,10
	9	\$	71.611,27	\$	3.801.098,37
	10	\$	71.841,42	\$	3.872.939,78
	11	\$	72.071,57	\$	3.945.011,35
	12	\$	72.301,72	\$	4.017.313,06

Fuente: Elaboración propia.

4.7.- VAN.

Según (Castillo, 2013) el Valor Actual Neto es un indicador en el cual está inmerso un procedimiento que permite calcular o medir los flujos de caja entre egresos e ingresos futuros y trasladarlos a un valor presente.

Es deseable en todo proyecto tener un VAN positivo ya que esto significa que el proyecto es viable, la Ecuación 7 nos permite realizar ese cálculo.

Fórmula para el cálculo del VAN:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (7)$$

En donde:

- I_0 es la inversión inicial.
- F_n es el flujo neto de caja.
- n es el periodo de análisis hasta m .
- i es la tasa de descuento.

En el presente proyecto se tiene un VAN de 312.375,34. Técnicamente este criterio cuando es positivo el proyecto es viable y considerando que se tiene un valor bastante significativo se considera la viabilidad del proyecto.

4.8.- TIR.

Según (Castillo, 2013) la Tasa Interna de Retorno es la tasa de interés con la cual el VAN es igual a cero, se usa para decidir la aceptación de un proyecto de inversión, véase Ecuación 7.

$$TIR = 0 = -I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+r)^n} \quad (8)$$

En el presente proyecto se tiene un TIR del 21%. El proyecto es viable teniendo una flexibilidad de 9 puntos respecto a la tasa de descuento por lo que sí existe un pequeño incremento en la misma el proyecto sigue siendo viable.

4.9.- RELACIÓN COSTO-BENEFICIO.

La relación de costo beneficio es un parámetro de gran utilidad al momento de decidir si un proyecto es viable o no para una empresa, ya que nos muestra el beneficio por cada dólar invertido.

RELACION BENEFICIO COSTO= 1.12

El valor de 1.12 calculado nos indica que el valor actualizado ingreso relacionado con el valor actualizado egresos nos representa una rentabilidad en esta relación, es decir los ingresos son mayores que los egresos y hay un excedente en el proyecto.

4.10.- BENEFICIO SOCIAL.

En la evaluación de un Proyecto de Inversión Pública (PIP) se debe tener en cuenta la rentabilidad para la sociedad. (Vera, 2015)

Según Vera (2015) el beneficio social hace referencia al valor que tiene para la población acceder a ese bien o servicio que ofrece el PIP, a través de los PIP se generan 3 tipos de beneficios para la sociedad.

1.- Beneficios directos: esto hace referencia al efecto inmediato que genera el servicio, donde se hace referencia en el ahorro y liberación de recursos y el excedente del consumidor que se genera por un mayor consumo del servicio.

2.- Beneficios indirectos: son los beneficios generados en otras áreas y mercados relacionados con el servicio que se provee.

3.- Externalidades positivas: se generan en terceros quienes no están involucrados en el proyecto, aquí también se habla de los beneficios intangibles que son aquellos que generan bienestar en la población pero son difíciles de valorar.

Basado en los tres puntos anteriormente descritos se tiene que los beneficios directos generados por el proyecto es el ahorro de recursos económicos por tener un servicio más barato, ahorro de tiempo por pagar Triple play como una sola factura, facilidad de acceso a la información, aumento de consumo lo cual es valorado por la cantidad de abonados que se genere.

Los beneficios indirectos se puede considerar en el nivel de acceso a la información que tienen las familias lo cual puede generar una mejora en el nivel de educación, facilidad para realizar pagos en línea para diferentes entidades.

Por último se analiza las externalidades positivas que genera el proyecto así como los beneficios intangibles, por lo que si el sector cuenta con todos los servicios básicos incluyendo los servicios de telecomunicaciones pues es atractivo para las personas subiendo el valor de las propiedades del sector, por otro lado el acceso a Triple Play genera bienestar en las familias quienes se sentirán más integrados a la sociedad y emprenderán con más optimismo su vida cotidiana.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Con el presente diseño de una red de fibra óptica FTTH en la parroquia de San Antonio de Ibarra se pretende mejorar los servicios de telecomunicaciones en el sector ya que GPON permite trabajar en el orden de los Gbit/s, además de soportar todo tipo de tráfico permitiendo brindar servicios triple play como son la Telefonía, Banda ancha y Tv residencial de calidad.
- Describir los parámetros fundamentales del estándar GPON así como las diferentes tecnologías de acceso, protocolos y componentes que se involucran en estas redes fue fundamental ya que constituyó la base para el desarrollo del diseño de la red de fibra óptica FTTH.
- Al evaluar el mercado de consumo actual en cuanto a servicios de voz, datos y video se refiere encuestando a los habitantes de la parroquia de San Antonio de Ibarra se obtuvo información sobre la demanda existente en el sector además de información referente al estado actual de estos servicios en el sector.
- La realización del presente diseño de una red de fibra óptica FTTH usando el estándar GPON sirve como referencia para futuras implementaciones de CNT-EP en el sector de San Antonio de Ibarra.
- El análisis económico permitió evidenciar la viabilidad económica del proyecto con el estudio de indicadores financieros como son el VAN y TIR, considerando que se tiene un VAN de 312.375,34 \$ lo cual indica un valor positivo bastante considerable además de un TIR del 21% que está muy por encima de la tasa de descuento y teniendo una recuperación

de la inversión en el segundo año de funcionamiento se determinó que la implementación del proyecto es viable.

- En base a la red de cobre instalada se planteó un diseño de la red de fibra óptica mucho más óptima y escalable, considerando que CNT-EP trabaja con buffer activos e inactivos que llegan a cada armario de distribución, lo cual permite tener hilos de reserva en caso de crecimientos futuros de demanda.
- En conformidad con el Plan Nacional del Buen Vivir la realización del presente proyecto sin duda permite el acceso e inclusión de los individuos a las diferentes tecnologías y servicios garantizando fortalecer capacidades y potencialidades en los mismos los cual desencadena en un progreso individual y colectivo en el sector.

RECOMENDACIONES

- La promoción de servicios así como sus planes en el sector no son bien conocidos por muchas personas por lo que sería bueno realizar mayor publicidad.
- La ubicación de los Armarios de distribución es algo fundamental en el diseño ya que desde estos parte la Red de Distribución, además que mientras más central este ubicado el armario geográficamente respecto a cada distrito los costos se reducen.
- El diseño en un comienzo debe plantearse para brindar el servicio a 288 usuarios por armario ya que cada armario cuenta con 9 splitter 1x32, pero se debe recordar que se cuenta con tres hilos de reserva por armario, en otras palabras se tiene 96 usuarios más a los que se podría dar el servicio.
- Se debe respetar las normas de instalación y tendido de la red para así tener un despliegue de la red optimo y sin inconvenientes, no está por demás recordar que la fibra óptica debe ser tratada bajo los parámetros de uso como son curvaturas y tensiones que soportan.
- Uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta en el diseño es el presupuesto óptico con el que se trabaja, ya que de este parámetro depende el alcance del diseño, CNT-EP trabaja con un máximo de perdidas igual a 25 dB, teniendo 3dB de reserva ósea un total de 28 dB.

- El área de cobertura de cada NAP debe prever crecimientos futuros, por lo que en este caso se tiene como referencia dejar un 20% de holgura para abonados en cada NAP.

BIBLIOGRAFÍA

- Alumia, E., & Paladines, C. (2014). *Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Añasco, C. O. (2013). *Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar*. Guayaquil, Ecuador, Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Castillo, C. (2013). *Determinación de la Demanda, Dimensionamiento y diseño de una Red de Servicio de Telecomunicaciones, Mediante la Tecnología de Acceso FTTH en el Cantón Gualaceo para la empresa CNT E.P.* Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Criollo, L. (2015). *Diseño de una Red Convergente de Fibra Óptica para linterconectar los Campus de la Universidad de las Américas*. Quito: PUCE.
- ESTEC. (2016). Cables de fibra óptica.
- Furukawa, C. (2014). *Fiber Optic Splice Closure*.
- Furukawa, C. (2016). *FDC 160/288/576*.
- Furukawa, I. (2014). *Divisor Óptico Modular*.
- Furukawa, I. (2016). *FK-CTO-16MC*.
- Hinojosa, L. (2007). *Temas selectos de fibra óptica*. Pachuca: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- HUAWEI, T. (2011). *EchoLife HG8240/HG8245/HG8247 GPON Terminal*.
- Illescas, E. (2012). *Estudio y Diseño de una Red GPON que Provea de Servicios de voz, video y datos para el Sector de la Carolina en el Distrito Metropolitano de Quito, para la CNT*. Quito: Universidad Tecnología Israel.
- INEC. (2010).
- Motorola. (2016). *Motorola ONT1120GE*.
- Pabon, D. P. (2009). *Diseño de una Red de acceso GPON para proveer servicios Triple Play (TV, INTERNET Y TELEFONÍA) en el sector de la Carolina a través de la Red del Grupo TVCABLE*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Prysmian, G. (2016). All-dielectric self-supporting loose tube cable.

QUISHPE, A. S. (2010). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE ACCESO PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY EN EL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE IBARRA, MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS FTTX (FIBER TO THE X)*.

Revista colombiana de estadística. (1980). Modelos matemáticos elementales de proyección. *Revista Colombiana*.

Sabando, K. (2014). *Caracterización de los Servicios Triple-Play mediante comunicaciones sobre líneas eléctricas*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Tyco, E. (2016). *FOSC 450*.

Tyco, E. (2016). *Modular Wideband Couplers/Splitters for CSX-2 and CSX-3*.

Tyco, E. (2016). *Outdoor Centralized Splitter Cabinet CSX-2*.

UIT-T. (2003). *Especificación de la capa dependiente de los medios físicos UIT G.984-2*. SUIZA.

UIT-T G.984.1. (2008). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales G.984.1*. Suiza.

Área de Diseño y proyectos – CNT-EP Ibarra.

Vallejo, R. D. (2013). *Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia de Cumbaya en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Universidad Internacional SEK.

Vera, L. R. (2015). *Los beneficios sociales de un proyecto de inversión pública (PIP)*.

Villacís, A. C. (2013). *Diseño de una red 10G-PON para el barrio de Carcelén Alto*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

LINKOGRAFÍA

- Furukawa. (2015). *Guía de Aplicación FTTx*. Obtenido de <http://www.furukawa.com.br/ar/soluciones/na/adaptador/fttx-197.html>
- Guevara, J. S. (s.f.). Tecnologías de redes pon. *Consulta Tecnologías de redes PON*, 1-2. Obtenido de http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf
- anonimo. (s.f.). *Textoscientificos.com*. Obtenido de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- ARCOTEL. (2016). *Agencia de regulacion y control de las telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas-2/>
- Furukawa. (2015). *Guía de Aplicación FTTx*. Obtenido de <http://www.furukawa.com.br/ar/soluciones/na/adaptador/fttx-197.html>
- Huawei, T. (2011). *Huawei MA5600T*. Obtenido de <http://www.netnordic.com/dk/wp-content/uploads/2013/04/Huawei-MA5603.pdf>
- Technology, O. N. (2016). *Outdoor 12 fibers Multi Dwelling Unit Manufacturer & Supplier*. Obtenido de Opticnetcn.net: <http://www.opticnetcn.net/products/Outdoor-12-fibers-Multi-Dwelling-Unit-1547603.html>
- Telecomunicaciones, C. N. (2016). *Corporación Nacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.cnt.gob.ec/cnt-pack/>
- MOTOROLA. (2016). *Motorola AX s2200*. Obtenido de http://www.broadbandsoho.com/PDF/Datasheet_AXS2200.pdf
- Guevara, J. S. (s.f.). Tecnologías de redes pon. *Consulta Tecnologías de redes PON*, 1-2. Obtenido de http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf

ANEXOS.

ANEXO 1

Tabulación de la encuesta.

- Pregunta 2.

Cuál de los siguientes servicios posee actualmente.

Internet.

Televisión pagada.

Telefonía fija.

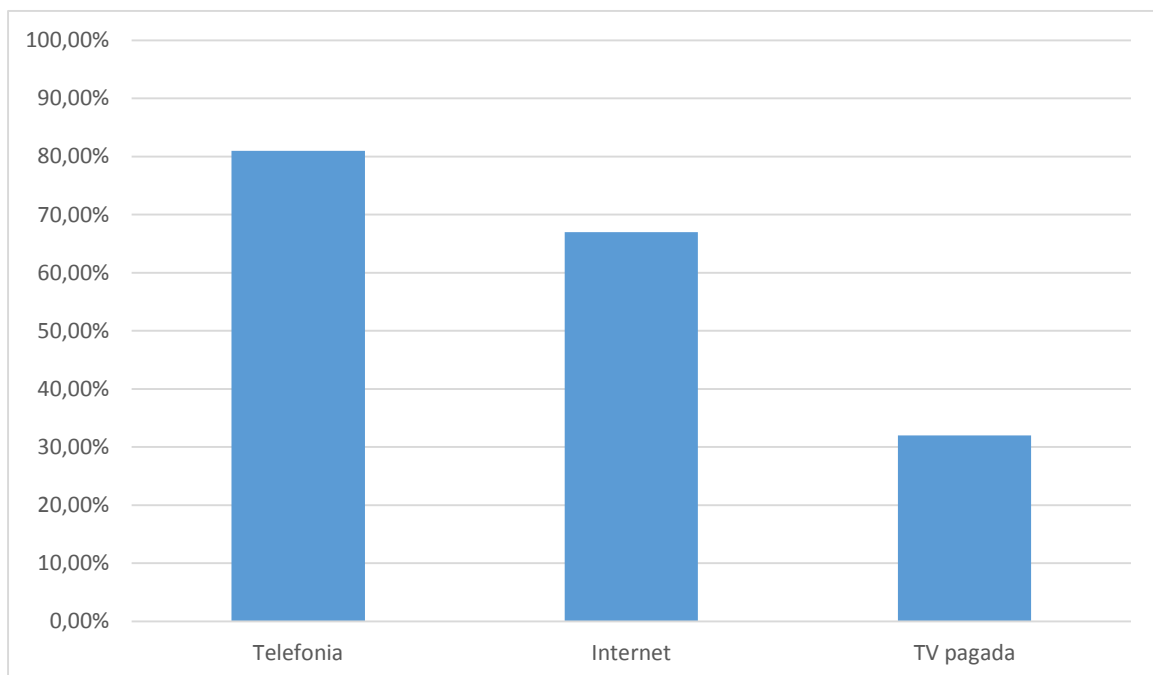


Figura: Gráfico de barras pregunta 2 encuesta.

- Pregunta 3.

En caso de tener alguno de los servicios anteriores (telefonía, internet, televisión pagada), cuál es el nombre de la empresa que le brinda estos servicios.

.Telefonia fija (CNT,Claro,etc)

Internet (CNT,Claro,Netsservice, etc)

Television Pagada (CNT, DirecTV,TVcable, etc)

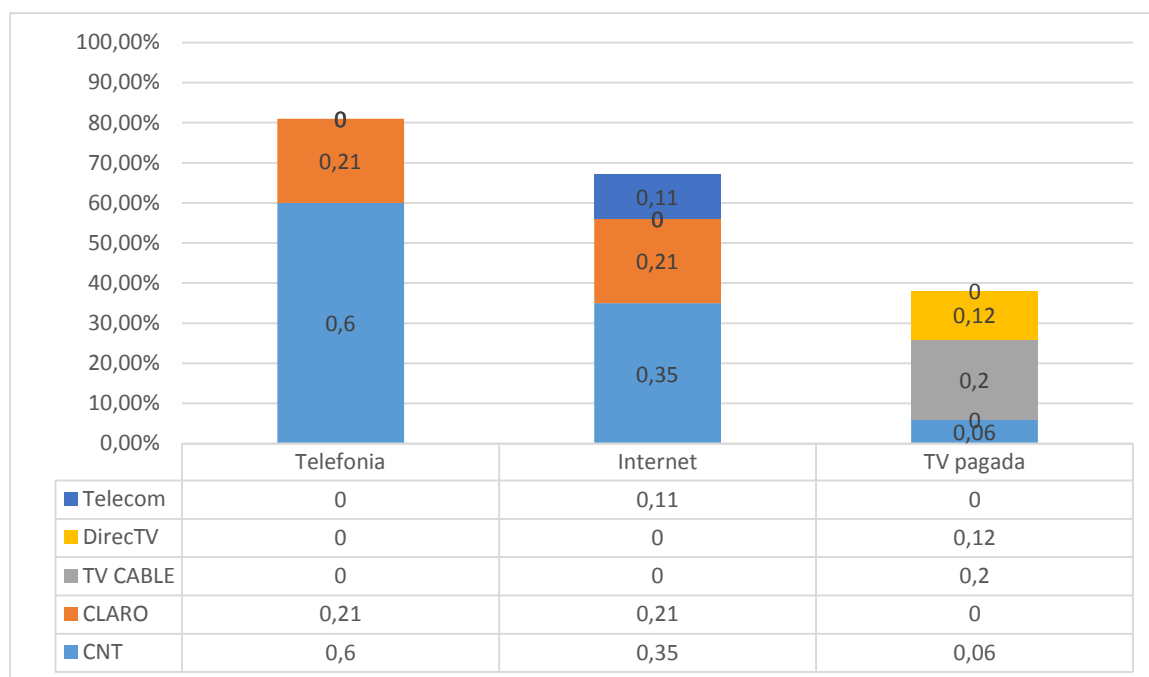


Figura: Grafico de barras pregunta 3 encuesta.

• Pregunta 4.

En caso de recibir los servicios anteriormente mencionados de una calificación a los mismos.

Internet

Malo.

Regular.

Bueno.

Muy bueno

Excelente

TV pagada.

Malo.

Regular.

Bueno.

Muy bueno

Excelente

Telefonía fija

Malo.

Regular.

Bueno.

Muy bueno

Excelente

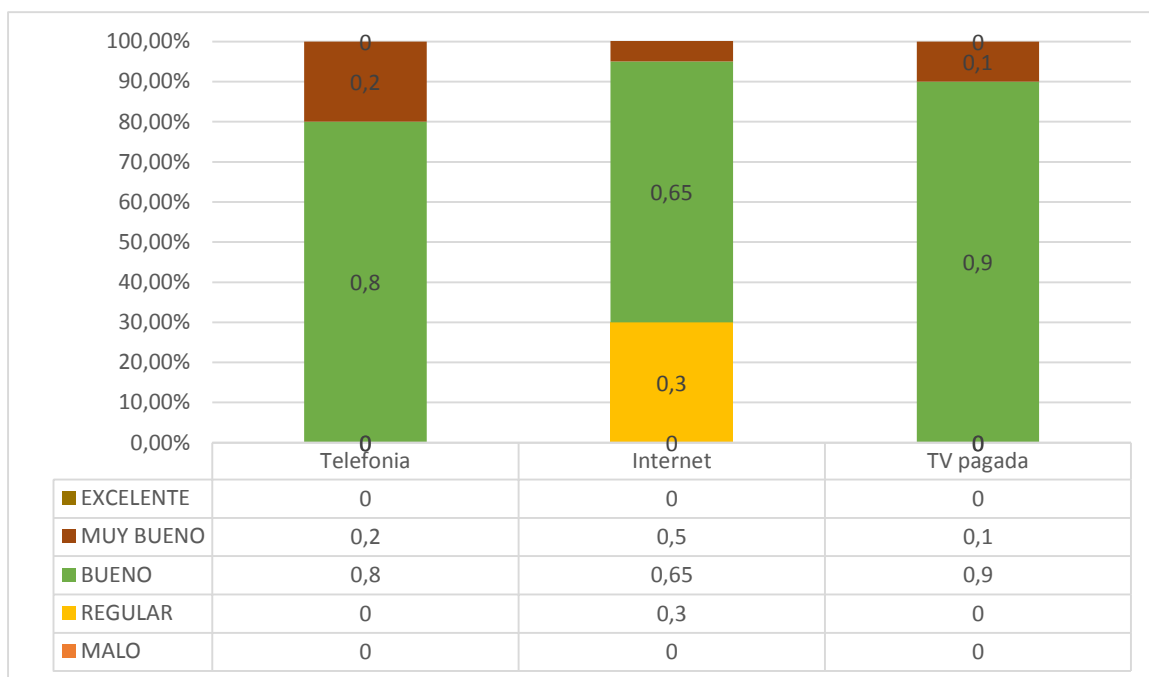


Figura: Grafico de barras pregunta 4 encuesta.

- Pregunta 5.

Cuál es la razón principal por la que cree usted que debe tener el servicio de internet en casa.

Trabajo.

Estudios.

Otros.

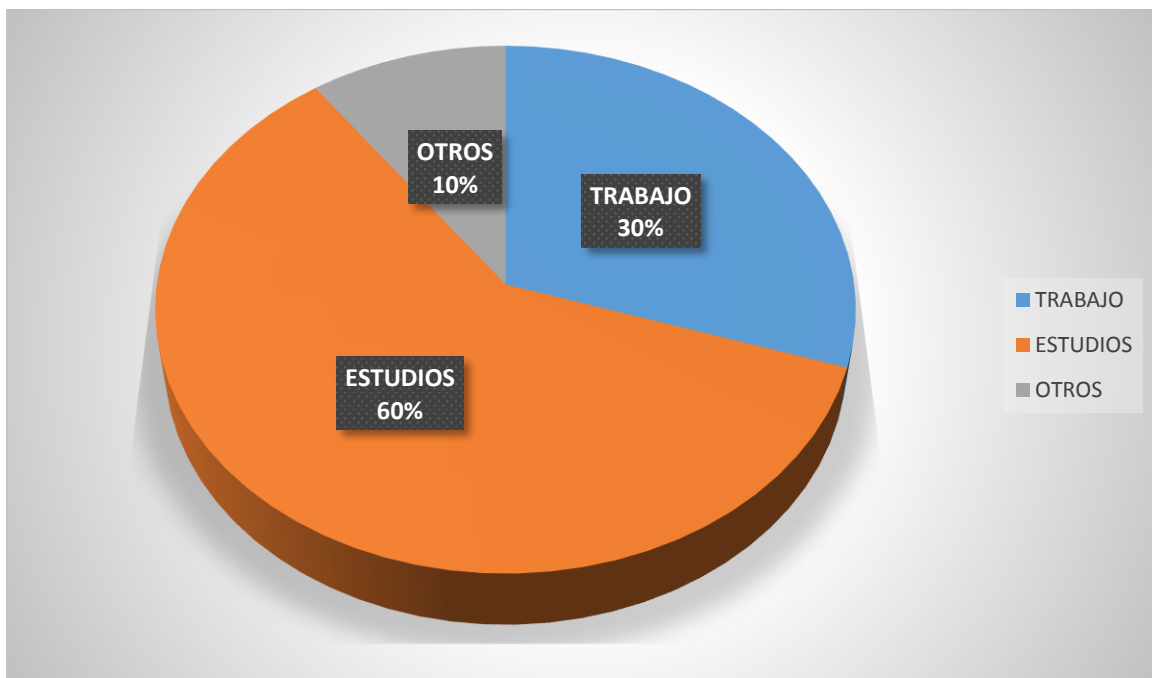


Figura: Grafico de barras pregunta 5 encuesta.

- Pregunta 6.

Si en la actualidad usted no posee algunos de los servicios como lo son internet, TV pagada y telefonía fija, cuál cree usted que es la principal razón.

INTERNET	TELEFONIA FIJA.	TV PAGADA.
No es importante. <input type="checkbox"/>	No es importante. <input type="checkbox"/>	No es importante. <input type="checkbox"/>
No hay dinero. <input type="checkbox"/>	No hay dinero. <input type="checkbox"/>	No hay dinero. <input type="checkbox"/>
No hay una empresa que brinde el servicio. <input type="checkbox"/>	No hay una empresa que brinde el servicio. <input type="checkbox"/>	No hay una empresa que brinde el servicio. <input type="checkbox"/>

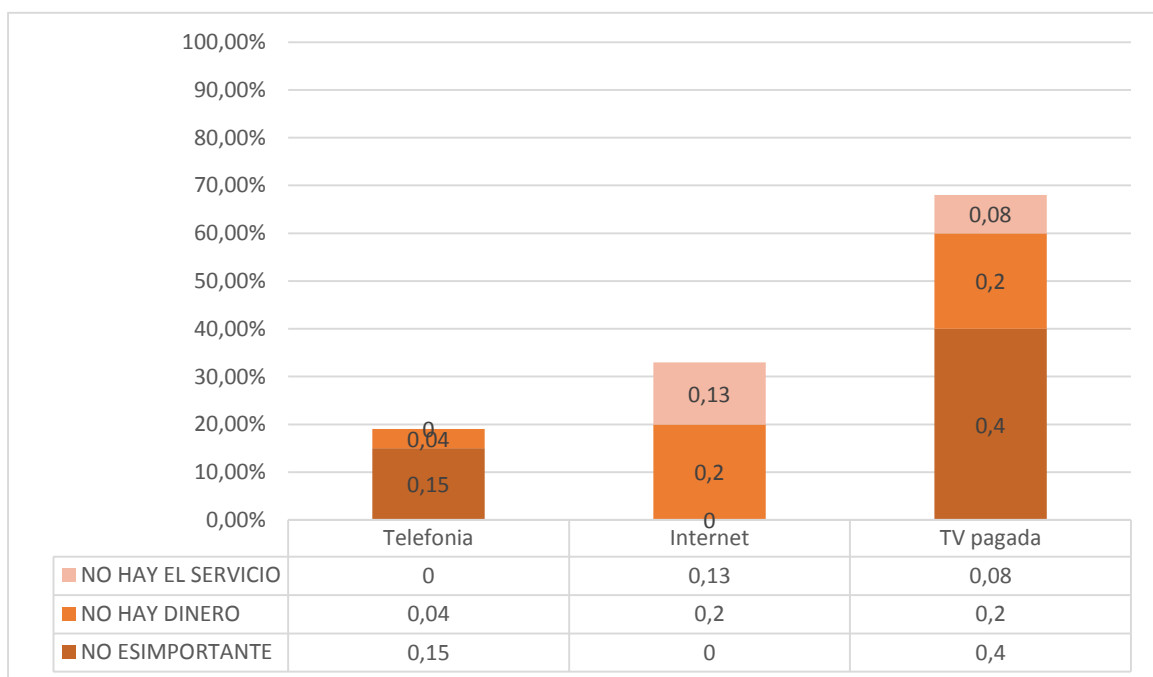


Figura: Grafico de barras pregunta 6 encuesta.

- Pregunta 7.

Le gustaría que una empresa pueda brindar los tres servicios (telefonía fija, internet TV pagada) y pagar todos ellos como un solo mediante una sola factura.

SI.

NO.

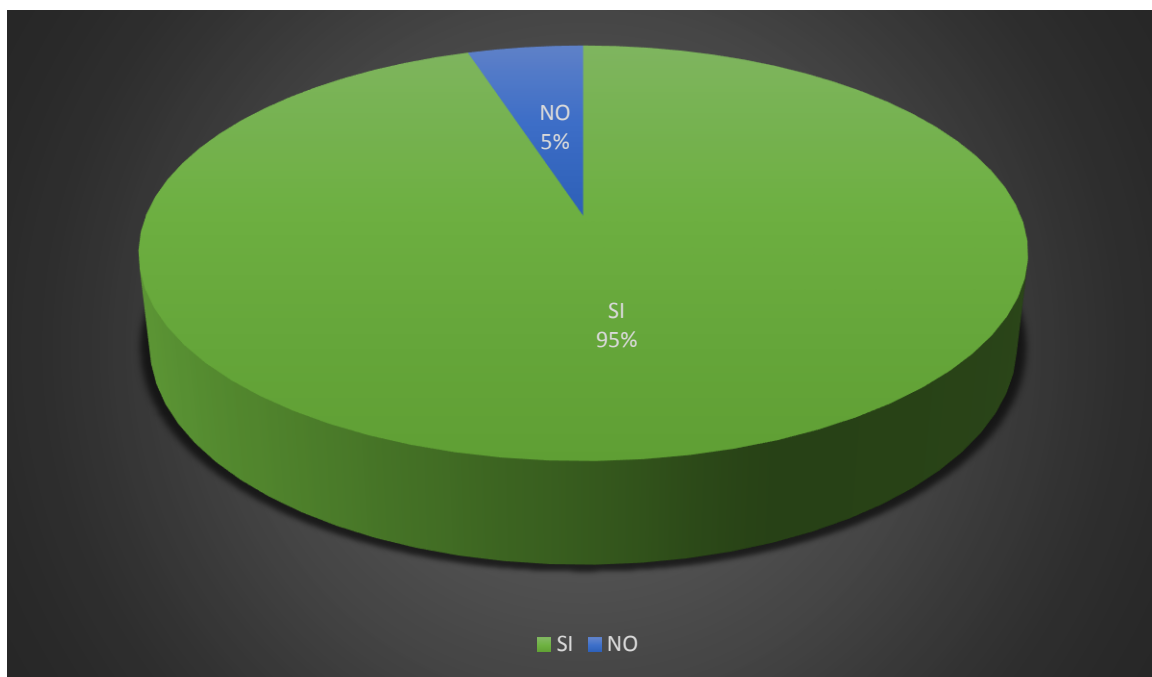


Figura: Grafico de barras pregunta 7 encuesta.

ANEXO 2

Planos de construcción

