

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



**“Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play (Datos, Video y Voz) en La Ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas, Provincia de Santa Elena”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR: ANDREA LALANGUI MEJÍA**

**TUTOR: ING. MILTON BRAVO BARROS**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2015**

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para  
servicio Triple Play (Datos, Video y Voz) en La Ciudadela  
“Punta Carnero” del cantón Salinas, Provincia de Santa  
Elena”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR: ANDREA LALANGUI MEJÍA.**

**TUTOR: ING. MILTON BRAVO BARROS.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2015**

**La Libertad, Junio del 2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, “Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play (Datos, Video y Voz) en La Ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas, Provincia de Santa Elena” elaborado por la Srta. **Andrea Cecilia Lalangui Mejía**, egresada de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes además de haber revisado el trabajo en el sistema Urkund obteniendo un 6%.

**Atentamente**

.....

**Ing. Milton Bravo Barros**

**TUTOR**

## **CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA**

En mi calidad de Magíster En Docencia y Gerencia en Educación Superior de la especialidad de Lengua y Literatura, luego de haber revisado y corregido la tesis **“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED CON TECNOLOGÍA GPON PARA SERVICIO TRIPLE PLAY (DATOS, VIDEO Y VOZ) EN LA CIUDADELA “PUNTA CARNERO” DEL CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, previa a la obtención del Título de INGENIERA EN ELECTRÓNICA, de la estudiante de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, LALANGUI MEJÍA ANDREA CECILIA, certifico que está habilitada con el correcto manejo del lenguaje, claridad en la expresión, coherencia en los conceptos, adecuado empleo de la sinonimia, corrección ortográfica y gramatical.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad.

**La Libertad, julio del 2015**

**Dr. Oswaldo Castillo Beltrán .Mg**  
**MG. EN DOCENCIA Y GERENCIA EN EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**Registro SENESCYT 1006-11-733293**  
**Cuarto Nivel**

## **DEDICATORIA**

A Jonatán mí amado hijo, que es mi mayor motivación e inspiración para nunca rendirme y poder ser un ejemplo para él.

A mis padres que por su amor, dedicación y apoyo constante para poder culminar mis estudios a pesar de los obstáculos.

A mis hermanas Gabriela y Salem por todo su cariño y comprensión.

***Andrea***

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, mi padre celestial por su infinito amor y su misericordia que me dio la oportunidad de forjar un nuevo camino en mi vida profesional.

A mi mamá Yen por sus oraciones e impulsarme para terminar este proyecto; a mi papá Wilson que me han dado su apoyo incondicional.

A mis hermanas por estar cuando las he necesitado y mi familia en general.

Al Ing. Milton Bravo por haberme guiado en este proyecto y poder culminar.

***Andrea***

## TRIBUNAL DE GRADO

-----  
Ing. Walter Orozco Iguasnia, Msc.  
Decano de la Facultad de  
Sistemas y Telecomunicaciones

-----  
Ing. Washington Torres Guin, Msc.  
Director de Escuela

-----  
Ing. Milton Bravo Barros, Msc  
Profesor-Tutor

-----  
Ing. Freddy Soriano Rodríguez, Msc.  
Profesor Área

-----  
Ab. Joe Espinoza Ayala  
Secretario General

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play (Datos, Video y Voz) en La Ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas, Provincia de Santa Elena”**

**Autor:** ANDREA CECILIA LALANGUI MEJÍA

**Tutor:** ING. MILTON BRAVO BARROS

## **RESUMEN**

La presente investigación se desarrollará en la ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas, Provincia de Santa Elena”, los antecedentes de la ciudadela son: no cuenta con ninguna red en su interior; no existe una red de telefonía debido a la distancia que hay en el lugar, donde se encuentra ubicada la ciudadela hay una mayor grado de salinidad, un cliente cuenta con un servicio de internet por medio de cobre que es de muy baja calidad y una gran vulnerabilidad por la atenuación, aumentando la reflexión haciendo que esto perjudique enormemente la conexión. Motivo por el cual surge la necesidad de realizar un “Diseño de red con tecnología GPON para servicio triple play” que otorgue una solución eficiente a los respectivos problemas presentados anteriormente y que se utilicen equipos de alta calidad; por medio de una encuesta a los habitantes de la ciudadela se obtendrá el nivel de aceptación de la red GPON para que así se pueda realizar el análisis y estudio detallado de la mejor alternativa de solución de la red que se base en la normativa ITU G984 con referencia ITU G983, realizando diagramas de bloques de la Red tomando en cuenta

los parámetros técnicos tanto de la OLT, OND y la ONT, la debida ubicación en puntos estratégicos de los equipos a utilizar; para obtener la eficiencia y calidad de la red se realizará la respectiva simulación en el programa OPTISYSTEM donde se determinará los errores que pueden tener, ofreciendo un servicio con tecnología de punta junto con el respectivo análisis económico indicando la rentabilidad del proyecto para la instalación en un corto plazo.

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA .....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
TRIBUNAL DE GRADO .....	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO REFERENCIAL.....	3
1. MARCO REFERENCIAL .....	3
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA .....	6
1.4 OBJETIVOS .....	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivos Específicos .....	8
1.5 HIPÓTESIS .....	9
1.6 RESULTADOS ESPERADOS.....	9
CAPÍTULO II.....	11
2. MARCO TEÓRICO .....	11
2.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE LA FAMILIA DE ESTÁNDARES GPON .....	12
2.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON.....	12
2.2.1 Recomendación de UIT 984x.....	14
2.2.2 Protocolos de Enlace.....	18
2.2.3 Protocolos de transporte.....	21
2.2.4 Protocolo de Gestión .....	23

2.3	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	24
2.3.1	Objetivos del estándar	24
2.3.2	Parámetros Técnicos	25
2.3.3	Arquitectura de la red óptica de acceso	29
2.3.4	Servicios	44
2.3.5	Seguridad	47
2.4	<b>VARIABLES</b>	51
2.4.1	Descripción de las Variables	51
2.5	<b>Estructura metodológica de la investigación</b>	52
2.5.1	Métodos de Estudio	52
2.5.2	Fuentes y Técnicas de Recolección de Datos	53
2.6	<b>TÉRMINOS BÁSICOS</b>	55
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>57</b>
3	<b>ANÁLISIS</b>	<b>57</b>
3.1	<b>DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA RED GPON</b>	<b>58</b>
3.1.1	Diagrama de Bloques funcionales de ONT-GPON	58
3.1.2	Diagrama General de una OND	59
3.1.3	Elementos de una OND	60
3.2	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS</b>	<b>61</b>
3.2.1	Características y especificaciones técnicas de los dispositivos de la red GPON	61
3.3	<b>ANÁLISIS DEL SISTEMA</b>	<b>69</b>
3.3.1	Análisis Técnico	70
3.3.2	Análisis Económico	71
3.3.3	Análisis Operativo	78
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>89</b>
<b>DISEÑO</b>		<b>89</b>
4	<b>DISEÑO</b>	<b>89</b>
4.1	<b>DISEÑO DE RED</b>	<b>90</b>
4.1.1	Tipo de Red que se utilizará en el diseño	90
4.1.2	Tipo De Topología De La Red	91
4.1.3	Banda Ancha	92
4.1.4	Ubicación De Los Elementos De La Red	94
4.2	<b>DISEÑO DISTRIBUTIVO DE LA RED</b>	<b>96</b>
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>100</b>

<b>SIMULACIÓN</b> .....	<b>100</b>
<b>5 SIMULACIÓN DE LA RED GPON FTTH</b> .....	<b>100</b>
<b>5.1 ANÁLISIS DE SIMULACIÓN</b> .....	<b>100</b>
<b>5.2 SIMULACIÓN</b> .....	<b>101</b>
<b>5.2.1 Simulador OPTISYSTEM</b> .....	<b>101</b>
<b>5.2.2 Entorno de Trabajo</b> .....	<b>102</b>
<b>5.2.3 Descripción de la Red GPON FTTH</b> .....	<b>103</b>
<b>5.2.4 Descripción de la OLT</b> .....	<b>105</b>
<b>5.2.5 Descripción de la OND</b> .....	<b>107</b>
<b>5.2.6 Resultados de la Simulación</b> .....	<b>109</b>
<b>5.3 EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS</b> .....	<b>111</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>112</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>113</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>114</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>118</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: CARACTERÍSTICAS DE UTI-T G.984.....	14
TABLA 2.2: NIVELES DE POTENCIA.....	27
TABLA 2.3: NIVELES DE SENSIBILIDAD .....	28
TABLA 2.4 ATENUACIÓN DE SPLITTER .....	36
TABLA 2.5: DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE CONECTORES .....	43
TABLA 2.6: VARIABLES INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE.....	51
TABLA 3.1: DESCRIPCIÓN FD3- AG432J00JCBP2 .....	62
TABLA 3.2: ESPECIFICACIÓN DE FPS-MPP1AJJ.....	63
TABLA 3.3: VALORES DE ATENUACIÓN .....	70
TABLA 3.4: COSTO TOTAL DE EQUIPOS.....	72
TABLA 3.5: COSTO TOTAL DE MATERIALES.....	72
TABLA 3.6: COSTO TOTAL DE INSTALACIONES Y PRUEBAS.....	72
TABLA 3.7: COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	73
TABLA 3.8: GASTOS GENERALES ANUALES.....	73
TABLA 3.9: COSTO DE OPERACIÓN ANUAL .....	74
TABLA 3.10: JUSTIFICACIÓN DE INGRESOS .....	74
TABLA 3.11: ESTADO DE PÉRDIDA Y GANANCIA .....	75
TABLA 3.12: FLUJO DE CAJA Y VALOR ACTUAL VA .....	76
TABLA 3.13: VAN, TIR, PE .....	77
TABLA 3.14: POBLACIÓN .....	78
TABLA 3.15: PREGUNTA 1.....	80
TABLA 3.16: PREGUNTA 2.....	81
TABLA 3.17: PREGUNTA 3.....	82
TABLA 3.18: PREGUNTA 4.....	83
TABLA 3.19: PREGUNTA 5.....	84
TABLA 3.20: PREGUNTA 6.....	85
TABLA 3.21: PREGUNTA 7.....	86
TABLA 4.1: TRANSPORTE DE ACCESO A BANDA ANCHA.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: TECNOLOGÍA GPON .....	14
FIGURA 2.2: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO ATM .....	19
FIGURA 2.3: MÉTODO DE ENCAPSULADO GPON (GEM) .....	20
FIGURA 2.4: PROTOCOLO DE DIFUSIÓN DESCENDENTE .....	21
FIGURA 2.5: CANAL ASCENDENTE.....	22
FIGURA 2.6: TRIPLEXER.....	23
FIGURA 2.7: ELEMENTOS QUE FORMAN UNA WDM .....	25
FIGURA 2.8: FUNCIONAMIENTO DEL EXTREMO-A-EXTREMO DE UN SISTEMA DE DWDM UNIDIRECCIONAL .....	26
FIGURA 2.9: MULTIPLEXACIÓN PARA LA DIVISIÓN EN LONGITUDES DE ONDAS LIGERAS (CWDM).....	27
FIGURA 2.10: FUNCIONAMIENTO DE UN MULTIPLEXOR TDM.....	28
FIGURA 2.11: ARQUITECTURA DE RED GPON.....	31
FIGURA 2.12: ELEMENTOS DE UNA RED GPON.....	31
FIGURA 2.13: ESTRUCTURA DE UN OLT.....	33
FIGURA 2.14: COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA .....	36
FIGURA 2.15: SECCIÓN DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO.....	40
FIGURA 2.16: PROPAGACIÓN DE HACES DE LUZ EN LA FIBRA MONOMODO .....	40
FIGURA 2.17: SECCIÓN DE FIBRA ÓPTICA MULTIMODO .....	40
FIGURA 2.18: PROPAGACIÓN DE HACES DE LUZ EN LA FIBRA MULTIMODO .....	41
FIGURA 2.19: CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA.....	42
FIGURA 2.20: CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA.....	42
FIGURA 2.21: DIFERENTES TIPOS DE CONECTORES .....	43
FIGURA 2.22: FORMATO DE MENSAJES IGMP.....	45
FIGURA 2.23: SUBBYTES .....	49
FIGURA 2.24: SHIFTRROWS.....	49
FIGURA 2.25: MIX COLUMNS .....	50
FIGURA 2.26: ADDROUNDKEY .....	50
FIGURA 3.1: DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA RED GPON.....	58
FIGURA 3.2: DIAGRAMA DE BLOQUE DE ONT .....	59

<b>FIGURA 3.3: DIAGRAMA GENERAL DE ODN</b> .....	<b>59</b>
<b>FIGURA 3.4: ELEMENTOS DE UNA OND</b> .....	<b>60</b>
<b>FIGURA 3.5: FD3- AG432J00JCBP2</b> .....	<b>61</b>
<b>FIGURA 3.6: SPLITTER FPS-MPP1AJJ</b> .....	<b>62</b>
<b>FIGURA 3.7: CAJA FO MURAL 24 SC/LCD</b> .....	<b>63</b>
<b>FIGURA 3.8: ROSETA FO 02 SC/LCD</b> .....	<b>64</b>
<b>FIGURA 3.9: PARTE SUPERIOR DE ONT HG8245</b> .....	<b>66</b>
<b>FIGURA 3.10: REVERSO DE ONT HG8245</b> .....	<b>66</b>
<b>FIGURA 3.11: CONFIGURACIÓN DE ONT</b> .....	<b>67</b>
<b>FIGURA 3.12: CARACTERÍSTICAS DE FO 657A</b> .....	<b>68</b>
<b>FIGURA 3.13: PARTE INTERNA DEL CABLE DROP ADSS</b> .....	<b>68</b>
<b>FIGURA 3.14: CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DROP ADSS</b> .....	<b>69</b>
<b>FIGURA 3.15: PREGUNTA 1</b> .....	<b>80</b>
<b>FIGURA 3.16: PREGUNTA 2</b> .....	<b>81</b>
<b>FIGURA 3.17: PREGUNTA 3</b> .....	<b>82</b>
<b>FIGURA 3.18: PREGUNTA 4</b> .....	<b>83</b>
<b>FIGURA 3.19: PREGUNTA 5</b> .....	<b>84</b>
<b>FIGURA 3.20: PREGUNTA 6</b> .....	<b>85</b>
<b>FIGURA 3.21: PREGUNTA 7</b> .....	<b>86</b>
<b>FIGURA 3.22: PORCENTAJE COMPARATIVO DE LA ENCUESTA</b> .....	<b>87</b>
<b>FIGURA 4.1: RED FTTH</b> .....	<b>91</b>
<b>FIGURA 4.2: TOPOLOGÍA ÁRBOL</b> .....	<b>92</b>
<b>FIGURA 4.3: ASIGNACIÓN LONGITUD DE ONDA FTTH PON</b> .....	<b>93</b>
<b>FIGURA 4.4: UBICACIÓN DE LA ONT</b> .....	<b>95</b>
<b>FIGURA 4.5: DISTRIBUCIÓN DE LA RED GPON</b> .....	<b>97</b>
<b>FIGURA 4.6: DISEÑO DE LA RED GPON</b> .....	<b>99</b>
<b>FIGURA 5.1: OPTISYSTEM 13.0 DE OPTIWAVE</b> .....	<b>102</b>
<b>FIGURA 5.2: ENTORNO DE TRABAJO DE OPTISYSTEM 13.0</b> .....	<b>103</b>
<b>FIGURA 5.3: DESCRIPCIÓN DE LA RED GPON FTTH</b> .....	<b>104</b>
<b>FIGURA 5.4: DESCRIPCIÓN DE LA OLT (DSLAM)TY</b> .....	<b>105</b>
<b>FIGURA 5.5: OPM EN LA SALIDA DE WDM ADD</b> .....	<b>106</b>

<b>FIGURA 5.6: OPM EN LA SALIDA DEL CIRCULADOR ÓPTICO.....</b>	<b>106</b>
<b>FIGURA 5.7: DESCRIPCIÓN DEL SPLITTER .....</b>	<b>107</b>
<b>FIGURA 5.8: DESCRIPCIÓN DE FIBRA ÓPTICA .....</b>	<b>108</b>
<b>FIGURA 5.9: DESCRIPCIÓN INTERNA DE LA ONT.....</b>	<b>109</b>
<b>FIGURA 5.10: SIMULACIÓN DEL BER EN LA ONT CERCANA.....</b>	<b>110</b>
<b>FIGURA 5.11: SIMULACIÓN DEL BER EN LA ONT LEJANA .....</b>	<b>110</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1 CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 2 OFICIO DE AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 3 OFICIO DE AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO 4 ENCUESTA.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO 5 CIUDADELA PUNTA CARNERO.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO 6 NORMATIVA INEN.....</b>	<b>125</b>

# INTRODUCCIÓN

Se debe tomar en cuenta que en este tiempo que estamos viviendo la tecnología de las telecomunicaciones es parte fundamental de nuestro diario vivir, se ha convertido en una herramienta indispensable, no sólo para poder recibir, enviar o descargar información sino también para lograr una comunicación a cualquier parte del mundo sin que haya necesidad de esperar demasiado tiempo para lograrlo como sucedía en tiempos atrás; generando un incremento considerable en el uso del internet.

Haciendo que de esta manera se genere un ancho de banda mayor al existente y sobre todo que la comunicación sea en tiempo real tanto como en datos, video y voz. La comunicación que otorga los servicios de IPTV y VozIP es de muy alta velocidad; teniendo un índice de demanda muy alto en la actualidad la que ofrece una gran rentabilidad a los proveedores y de esta manera mejora el mercado entre la oferta y demanda.

El tema que he propuesto tiene como objetivo dar una solución a la falta de arquitectura de una red en la ciudadela para ello se realizará un diseño de Red con tecnología Gpon que es una convergencia total de los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, dato y video) mediante un mismo medio, que en este caso será la fibra óptica para poder aprovechar el mayor ancho de banda que ofrece este medio. Se realiza un análisis profundo de las técnicas de comunicación, elección de los elementos y materiales que mejor se adapten al diseño obteniendo un servicio de calidad y de alta tecnología.

La presente investigación aplica los métodos Histórico-lógico, Analítico-Sintético e Inductivo-Deductivo además como técnica de recolección de

datos la encuesta que se la realizó a los residentes de la ciudadela y una entrevista realizada a docentes, profesionales en el área de telecomunicaciones para adquirir información sobre la tecnología Gpon; haciendo que de esta manera se pueda alcanzar los objetivos que se he propuesto en mi trabajo de tesis.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad la tecnología de las telecomunicaciones ha dado pasos descomunales convirtiéndose en una herramienta fundamental en nuestro vivir tanto en lo profesional como personal, incrementado el mercado de las telecomunicaciones e impulsando nuevos servicios de banda ancha.

Dándole más importancia al avance de las redes de comunicaciones para que estas sean capaces de brindar un ancho de banda mayor mediante costos reducidos; aprovechando los recursos que tenemos en el país como variedad de sistemas de telecomunicaciones entre ellos: la telefónica conmutada, redes de comunicaciones de datos, telefonía móvil, comunicación satelital, etc.

Todos estos sistemas tienen un objetivo común, el de reunir, procesar y distribuir la información de una manera rápida y eficiente, utilizando los avances tecnológicos disponibles en nuestro medio.

Mediante las redes de datos se pueden implementar diferentes aplicaciones ya sea por separado como transmisión de datos y archivos, telefonía, televisión, internet o mediante la convergencia obtener más de dos servicios, triple play por un mismo medio mediante la tecnología GPON haciendo indispensable el uso de las diferentes redes de datos.

La Ciudadela no cuenta con una red de Datos que permita tener acceso a los servicios ya sea de voz, dato o video que satisfaga la necesidad de tener comunicación; haciendo que surja la necesidad de realizar un estudio y diseño de dicha red con tecnología de punta mediante el cual tengamos mayores ventajas que me permita conectar con un solo proveedor de Internet y tener una comunicación en tiempo real tanto para video, voz y

datos por un mismo medio que sea resistente a la salinidad y a los diferentes efectos del ambiente.

## **1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA**

A medida que avanza la tecnología surge la necesidad de estar conectados, pero muchas veces la distancia nos dificultan poder tener una red de datos favorable y factible que nos ofrezca servicios de calidad en nuestros hogares.

La Ciudadela “Punta Carnero” lleva mucho tiempo esperando que un proveedor de internet ofrezca sus servicios y formulen una propuesta para hacer una red de datos.

Los problemas fundamentales son:

- ✓ La ciudadela no cuenta con ninguna red de datos que ofrezca servicios de algún proveedor.
- ✓ Se encuentra ubicada en un sector muy alejado y esto hace que los proveedores de internet no los tomen en cuenta para ofrecer su servicio de datos.
- ✓ Debido a la ubicación de la ciudadela que se encuentra cerca del mar aumenta la salinidad haciendo que los pocos servicios que ofrecen sean de muy baja calidad no satisfagan las necesidades de internet, telefonía y televisión por cable.

La inexistencia de una Red de datos basados en la tecnología GPON en la ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas, no

permite tener un acceso a los servicios triple play (Televisión, Internet y Telefonía). Por lo tanto optamos por analizar y diseñar este proyecto que aportará una solución a una problemática sectorial.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

En la actualidad la Ciudadela de Punta Carnero no cuenta con ningún servicio de internet y tampoco con ninguna red interna. Así surge la necesidad de proponer este proyecto con el cual lograremos que dicha ciudadela tenga una red interna triple play (datos, voz y video) que permitirá ofrecer un ancho de banda de calidad, con menores precios a largo plazo mediante un mismo medio y esto se logrará mediante la tecnología GPON basada en fibra óptica que nos ofrecerá un alto rendimiento sin pérdida de información.

Por medio de la convergencia GPON se podrá obtener una plataforma que ofrezca múltiples servicios tales como: Ethernet 10/100 Base T, además de los servicios de voz que utilizan la técnica de multiplexación en el tiempo, el estándar que es el encargado de transportar las diferentes redes de fibra óptica, el protocolo que transmite datos mediante una jerarquía síncrona, Frame Relay, entre otros con un alcance físico de 20km además un soporte para varias tasas de transferencia en los tráficos simétrico y asimétrico de 1.25Gbps y 2.5Gbps respectivamente, sin dejar a un lado el mayor nivel de seguridad que tiene el protocolo dando las facilidades de gestión, operación y mantenimiento desde el OLT al equipo ONT que se encuentra en el hogar del usuario.

La OND consta de elementos pasivos (fibra óptica, splitters, conectores, cable drop) que se ubican entre la OLT y ONT generan una mayor ventaja tanto en lo económico como en la estructura, no se necesita de alimentación eléctrica; entre las funciones de la OLT está la de identificar a los usuarios que se conectan desde el mismo medio en este caso será la fibra óptica y esto sucede gracias al elemento ONT que genera números de serie.

Gracias al avance de la tecnología no hay necesidad de configurar la ONT sino que se genera automáticamente, de esta manera la OLT tendrá registro de los números de serie de ONT, por medio del protocolo OMCI que es el encargado de la configuración remota de la ONT se puede establecer el canal de gestión de rendimiento, la monitorización de las alarmas, errores y prestaciones obteniendo costos considerables al momento de realizar el mantenimiento de la red de datos.

De esta manera con todos los beneficios que nos ofrece la tecnología GPON se logrará que todas las casas que se encuentran ubicadas en la ciudadela tengan un servicio de calidad con una cobertura al cien por ciento donde se brinde triple play telefonía (voz), Internet (datos) y Televisión (video) en tiempo real por un mismo medio que será la fibra óptica; obteniendo un costo reducido mediante un sólo proveedor sin tener necesidad de contratar diferentes proveedores para cada servicio ahorrando tiempo y dinero.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar y Diseñar una Red con tecnología GPON para acceder a los servicios triple play (Televisión, Internet y Telefonía) en la ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Analizar los diferentes tipos de redes PON determinando la arquitectura para la Tecnología GPON mediante un mismo medio.
  
- ✓ Evaluar y especificar el funcionamiento y configuración de la Tecnología GPON que contenga todas las características para la red con acceso a los servicios triple play.
  
- ✓ Identificar y seleccionar los recursos necesarios para el diseño de la red acorde a las necesidades de la ciudadela “Punta Carnero”.
  
- ✓ Determinar la aceptación de los residentes y la factibilidad económica del proyecto.
  
- ✓ Diseñar la Red de fibra óptica con Tecnología GPON en la ciudadela “Punta Carnero”.

## 1.5 HIPÓTESIS

Mediante el diseño de una Red FTTH con tecnología GPON a través de un mismo medio de comunicación fibra óptica, permitirá el acceso a los servicios triple play (Televisión, Internet y Telefonía) con un costo menor y un mayor ancho de banda que se encuentre dentro de los parámetros dados en la ITU G984x garantizando un servicio de alta calidad; para los usuarios de la ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas que no cuentan con una red de datos, los resultados se obtienen mediante cálculos y simulación y así proporcionar la información necesaria para la implementación en un corto plazo.

## 1.6 RESULTADOS ESPERADOS

- ✓ Desde el punto de vista personal incrementar los conocimientos adquiridos en la Universidad de tecnología de telecomunicaciones que están surgiendo en la actualidad.
- ✓ Analizar las diferentes técnicas de modulación xDSL para poder elegir el que valla a la par con la tecnología actual y que mejor se adapte a mi proyecto.
- ✓ Diseñar la Red Óptica con tecnología GPON para dar servicio triple play (voz, datos y video) en un mismo medio de comunicación a través del uso de:
  - Terminal de Línea Óptica OLT
  - Splitters 1xn - 2xn
  - Armario de Distribución FDH

- Caja terminal óptica CTO
  - Roseta Óptica
  - Terminal de Red Óptica ONT
  - Fibra Óptica Monomodo
  - Cable Drop
- 
- ✓ Analizar los resultados de BER (tasa de error de bit) por medio de la simulación en OptiSystem y así garantizar la calidad del enlace.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

### **2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se va a describir la evolución que ha tenido la tecnología GPON a lo largo de la historia, así como los diferentes aspectos técnicos y componentes que tiene dicha red; además de explicar el método e instrumento de investigación que se utilizó.

## **2.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE LA FAMILIA DE ESTÁNDARES GPON**

En el año 95 se conformó FSAN (Full Service Access Network) con la finalidad que se promuevan los estándares que tengan un conjunto de requerimientos básicos para que haya una mejora en la interoperabilidad y que se reduzca el costo de los equipos. (FSAN, 2008)

A principios del 2000 PON es considerada como una solución de acceso para que la fibra llegue directamente a los usuarios. Mediante esta conexión se economiza al momento de la implementación y mantenimiento, se está tratando de una conexión de punto a multipunto y no se necesitan dispositivos eléctricos u optoelectrónicas en la conexión del operador y del usuario. (Martinez Gómez, Romero, 2012).

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON**

Gigabit Passive Optical Networks (GPON) es una red óptica pasiva que tiene una capacidad de Gigabit, que fue acreditada entre los años 2003 y 2004 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) (Unión Internacional De Telecomunicaciones, 2012), es la encargada de estandarizar las redes PON con velocidades superiores a 1 Gbps.

GPON es el estándar que más se sugiere al momento de una conexión que conlleva fibra óptica en las áreas metropolitanas. Esta red se encarga de dividir la señal óptica en 64 abonados,

mediante una red de fibra que es completamente pasiva. Entre los elementos que intervienen tenemos la OLT<sup>1</sup> que es el equipo central que se encuentra en el proveedor y la ONT<sup>2</sup> que está ubicado en el abonado. (Telefonica, 2012)

La tecnología de GPON puede brindar capacidades de 2,5 Gbps para downstream y 1,25 Gbps para upstream que esta simultáneamente distribuidos por cada 64 abonados que alcanza una distancia máxima de 20 km. Generalized Encapsulation Method (GEM) o Método de Encapsulación es el empleado para esta tecnología el cual permite soportar distintos tipos de servicio como son Ethernet, TDM, ATM, etc. que tienen una disminución de sobrecarga, generando en el ancho de banda que se tiene disponible un máximo provecho. Las características avanzadas de QoS<sup>3</sup> y OAM<sup>4</sup>. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

Como se observa en la Figura 2.1 la tecnología GPON está dividida en tres bloques, el primero se encuentra la OLT que está ubicada en la central del proveedor; el segundo bloque es la ODN donde se encuentra los elementos pasivos entre ellos el Splitter 1x2 hasta 1x64, las CTO, las rosetas ópticas en el bloque final se encuentra la ONT que está ubicada en el interior del abonado. Usando como medio de comunicación la fibra óptica y el cable drop óptico.

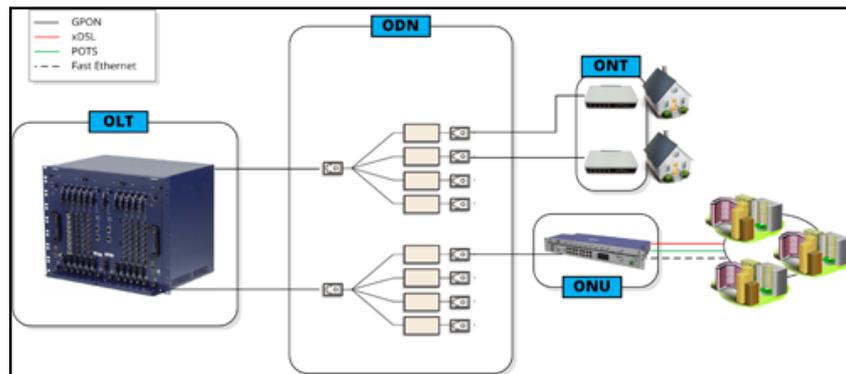
---

<sup>1</sup> OLT Línea terminal óptica

<sup>2</sup> ONT Nodo terminal óptico

<sup>3</sup> QoS Quality Of Service O Calidad de servicio

<sup>4</sup> OAM Operation Administration and Maintenance u Operación, Administración y Mantenimiento



**Figura 2.1: Tecnología GPON**  
Fuente: (Martinez, 2013)

### 2.2.1 Recomendación de UIT 984x

La UTI-T G.984 (Unión Internacional de Telecomunicaciones en la serie G: sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales) (ITU-T, 2014) brinda un mayor ancho de banda, una mejor eficiencia en el transporte de servicios IP, de esta manera puede ofrecer servicios triple play de forma adecuada. (Scrib, 2012)

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155	down: 2.488, 1.244 up: 2.488, 1.244, 622, 155
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí
eficiencia típica (depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI
downstream	Churning o AES	AES

**Tabla 2.1: Características de UTI-T G.984**  
Fuente: [www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php](http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php)

A continuación detallaré las recomendaciones de cada una de las versiones de UTI 984x.

#### **2.2.1.1 Recomendación UTI 984.1**

Mediante esta recomendación se describe una red óptica con capacidad de soportar las exigencias del ancho de banda que tienen los diferentes servicios de empresas, alcanza velocidades de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s; 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen).

Se define que a los sistemas de redes ópticas pasivas tienen capacidad de Gigabits (GPON, *gigabitcapable passive optical network*) simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes). Las características del sistema GPON se basa en la necesidad de servicio de los operadores; el objetivo de esta recomendación es mejorar la Rec. UIT-T G.983.1 de esta manera garantiza la máxima continuidad de los sistemas y la infraestructura de fibra óptica existentes, se mantienen algunos de los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1 (Unión Internacional De Telecomunicaciones, 2012)

#### **2.2.1.2 Recomendación UTI 984.2**

En esta recomendación se plantean los requisitos que tiene la capa física y cuáles son las especificaciones dependientes de los medios físicos (PMD). Además de la capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para

los sistemas GPON que se describen en otra Recomendación UIT-T., tomando en cuenta la sensibilidad y potencia óptica (Unión Internacional De Telecomunicaciones, 2011)

### **2.2.1.3 Recomendación UTI 984.3**

Esta recomendación se refiere a las especificaciones de trama, mensajes, determinación de distancia, cuáles son las funciones de OAM además se encarga de proteger al momento de transmitir GPON (GTC, *gigabit transmission convergence*). (Unión Internacional De Telecomunicaciones, 2014)

Además forma parte integrante de la serie de Recomendaciones UIT-T G.984 de esta manera especificando un conjunto único coherente de sistemas de transmisión de acceso. Esta recomendación se distingue de la serie G.983 por sus velocidades binarias de líneas superiores, abarcando numerosos aspectos y características técnicas de forma diferente a la serie G.983 estos sistemas no son interoperables. (Unión Internacional De Telecomunicaciones, 2014)

### **2.2.1.4 Recomendación UTI 984.4**

Por medio de esta recomendación se determina la interfaz de control y gestión (OMCI) de la red óptica (ONT) mediante los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON), como está definido en las Recs. UIT-T G.984.2 y G.984.3. Especificaciones de las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB) que son independientes del

protocolo que se encarga de determina como se intercambiará lo datos que son transportados de la línea óptica (OLT) y la red óptica (ONT). (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009)

### **Ventajas**

- ✓ EL ancho de banda que ofrece para los servicios triple play es mayor que en los servicios por separado.
- ✓ Mayores distancias entre el proveedor y cliente final.
- ✓ Ofrece una mejor calidad de servicio debido que tiene una alta resistencia a las interferencias electromagnéticas.
- ✓ No se tiene la necesidad de implementar elementos activos en la red.

### **DBA Dynamic**

La Asignación dinámica de ancho de banda (DBA) permite a las ONT y sus contenedores de tráfico (T-CONT) que soliciten un ancho de banda upstream de forma dinámica, por su parte la OLT es la que se encarga de reasignar el ancho de banda de forma correspondiente mediante el método de monitorización de celdas vacías.

Mediante el estándar ITU-T G983.4 DBA permite que se incluyan los contenedores de tráfico (T-CONT), y estos T-CONT son los encargados del flujo de tráfico upstream que se transportan por medio de la OLT siendo la finalidad de transmitir el ancho de banda. Se pueden dividir en tres tipos los T-CONT dependiendo

del almacenamiento de la tasa de bit que es fija; la asignación del ancho de banda siempre será dada aunque no sea utilizada, mientras que el ancho de banda asegurado no siempre será asignado sólo cuando se necesite de esta manera garantizando la asignación. Mientras tanto el ancho de banda asegurado que no es asignado será otorgado a otros servicios u otros usuarios. (Millan Ramón, 2008)

### **2.2.2 Protocolos de Enlace**

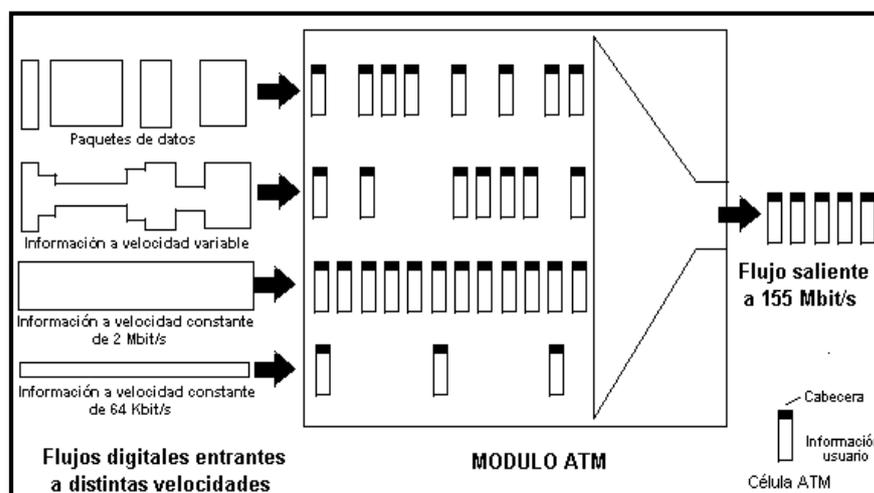
Se debe tomar en cuenta dos alternativas que son referentes a los protocolos de enlace que son usados para estándares previos a GPON que son: Modo de transferencia asíncrona (ATM) y Método de encapsulado GPON (GEM).

- ✓ ATM (Asynchronous Transfer Mode)
  
- ✓ GEM (GPON Encapsulation Method)

#### **Modo de Transferencia Asíncrona (ATM)**

ATM es una tecnología de conmutación de celdas que usa la multiplexación por división de tiempo asíncrona proporcionando un ancho de banda escalable desde 2Mbps a los 10Gbps; con velocidades superiores a los 64Kbps. Adicionalmente aprovecha la conmutación de circuitos y de paquetes para transmitir la información en tiempo real, previo al intercambio de datos establecemos un modelo de conexión de un circuito virtual entre los puntos de enlace; obteniendo ventajas sobre IP o Ethernet. (Cisco System, Inc., 2014)

El protocolo ATM es base del funcionamiento en la estructura central (backbone) con SONET y SDH conmutada de telefonía PSTN.



**Figura 2.2: Diagrama simplificado del proceso ATM**  
**Fuente: (Cisco System, Inc., 2014)**

En la Figura 2.2 se puede observar que en el primer tramo se encuentran los flujos de información con distintas velocidades además estos flujos son agrupados en el Módulo ATM, luego serán transportados por medio de los enlaces de transmisión a velocidades de 155 o 622 Mbits/s que es facilitado por el sistema SDH. (Cisco System, Inc., 2014)

### **Método de Encapsulado GPON (GEM)**

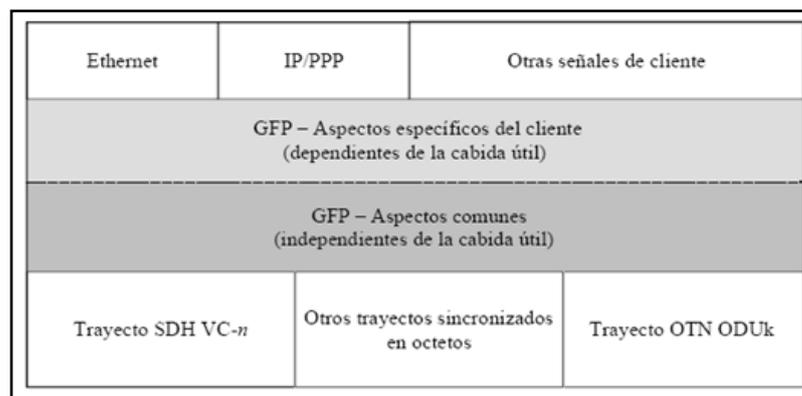
Uno de los nuevos protocolos en los estándares ITU-T G.984s es el GEM el cual puede transportar diversas señales por redes SDH<sup>5</sup> u ONT; además GPON lo utiliza para el encapsulado en el protocolo de transporte síncrono con tramas periódicas de 125µs; permitiendo que soporte los diferentes servicios como: Ethernet,

<sup>5</sup> SDH Synchronous Digital Hierarchy o Jerarquía Digital Asíncrona

TDM, ATM, etc. GEM es la adaptación de GFP<sup>6</sup> del ITU-T G.7041, con cambios mínimos que van a servir para la optimización de las tecnologías PON. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

Por medio del protocolo de convergencia de transmisión GPON GTC (GPON Transmission Convergence) puede transportar de forma transparente el tráfico de GEM. Ofreciendo no solo un ancho de banda mayor sino que también mejora el rendimiento de los operadores y mantiene los servicios tradicionales como voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc., sin que tenga la necesidad de cambiar los equipos instalados en los usuarios finales. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012).

Se garantiza una fiabilidad al implementar la OAM (Operación administrativa y mantenimiento) en la potencia de gestión del servicio de extremo a extremo.



**Figura 2.3: Método de Encapsulado Gpon (GEM)**  
**Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)**

<sup>6</sup> GFP Generic Framing Procedure o Procedimiento enmarcado genérico

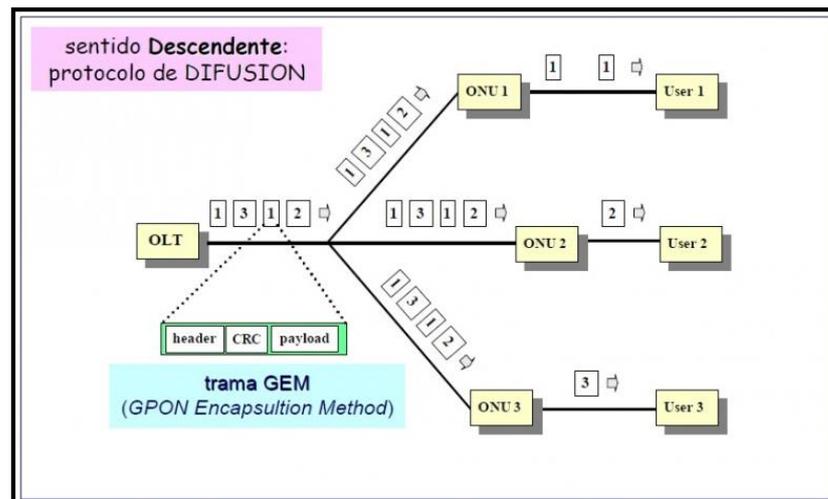
### 2.2.3 Protocolos de transporte

Entre los protocolos de transporte tenemos dos que son de suma importancia:

✓ Canal Downstream

✓ Canal Upstream

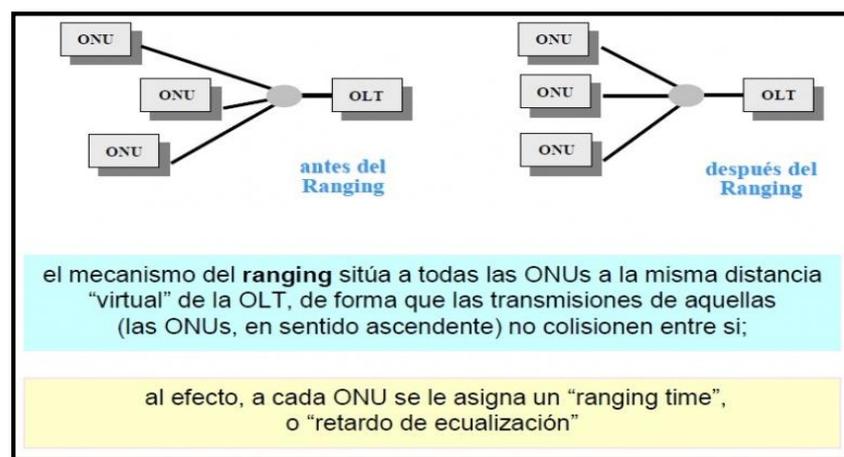
**Canal Downstream:** en este canal se encuentra un protocolo de difusión que está encargado de la propagación descendente de la red a todas ONTs de los abonados, utiliza el encriptado AES (Advance Encryption Standard) que obtiene una carga útil en los bloques de datos de 16 bytes con claves del mismo formato de bytes. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)



**Figura 2.4: Protocolo de Difusión Descendente**  
**Fuente:** (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

En la Figura 2.4 se encuentran las tramas que descienden de la OLT que maneja una distancia de 125µseg a las ONT.

**Canal Upstream:** es en sentido ascendente del usuario a la red, este canal es más complejo, utiliza el protocolo de acceso al medio TDMA y la OLT la controla de forma dinámica. La trama ascendente está formada por una o varios ONUs/ONTs; de esta manera aseguramos que en la transmisión no haya ninguna colisión entre la OLT y el terminal que será la ONT, TDMA envía la transmisión cuando sea necesario. (Telnet, 2013)



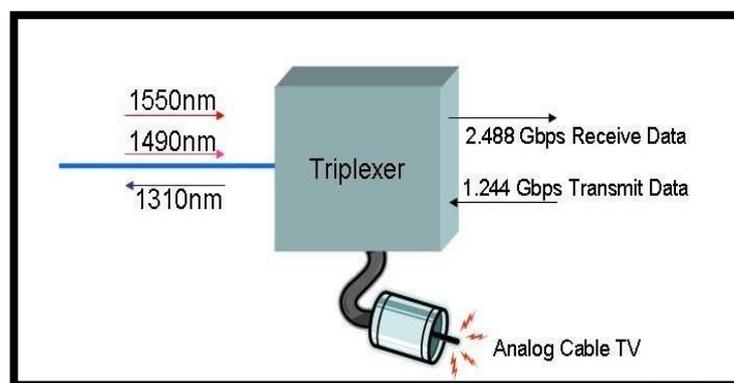
**Figura 2.5: Canal Ascendente**  
**Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)**

En la red GPON se fijan tres diferentes longitudes de ondas que son destinadas al respectivo tráfico de datos: Internet, VoIP, IPTV, etc., donde downstream es de (1.490nm), la segunda es asignada un tráfico de upstream en (1.310nm), la última longitud de onda es de (1550nm) donde WDM es la que está encargada del+ broadcast de vídeo RF (analógico, digital, HDTV, y vídeo bajo demanda). (Millán Ramón, 2007)

## 2.2.4 Protocolo de Gestión

OMCI<sup>7</sup> o Gestión y Control de interfaces de ONT este protocolo es utilizado entre la OLT y la ONU, por medio de la OMCI se va a acceder a la dirección IP que es una sola vez asignada la cual dirige la OLT que está asociada a las diferentes ONTs. Este protocolo es ejecutado en una conexión GEM y establecido durante el arranque de la ONT. (Avalos Pedro, 2010).

El protocolo OMCI trabaja asimétricamente, es decir la OLT es el que se encarga de enviar la información mientras que la ONT de recibirla. Para poder controlar múltiples ONTs sólo se requiere tener una OLT, esta se encargará de distintas distancias en canales de control que son autónomos, mediante el cual puede controlar múltiples ONTs. (Millan Ramón, 2014)



**Figura 2.6: TRIPLEXER**

**Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)**

---

<sup>7</sup> OMCI ONT Management and Control Interface

## 2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A continuación veremos cuáles son las características técnicas que nos ofrece la red GPON. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

### 2.3.1 Objetivos del estándar

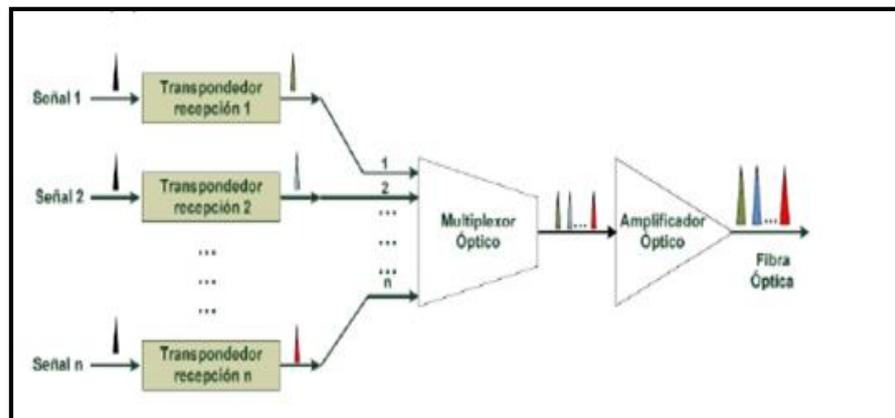
A continuación están los objetivos por el cual surgió este estándar:

- ✓ Transporte de Multiservicio: soporta los servicios de voz (TDM, SONET y SDH), Ethernet 10/100 BaseT, ATM, Frame Relay, etc.
- ✓ Alcance: en la teoría este estándar está preparado para llegar hasta 60Km pero en la práctica lo ideal es de 20Km.
- ✓ Multirate: mediante este estándar se puede soportar varias transferencias de datos sin que haya la necesidad de que se cambie el protocolo, posee velocidades simétricas de 622 Mbps a 1,25 Gbps y asimétricas de 2,5 Gbps en sentido descendente y en ascendente de 1,25 Gbps.
- ✓ Posee una capacidad avanzada de servicios de operación, administración y mantenimiento de punto a punto.
- ✓ Seguridad: el nivel que tiene este protocolo es de encriptado para el sentido descendente, tiene el multicast del protocolo PON.

### 2.3.2 Parámetros Técnicos

**Multiplexación de información:** En la misma fibra óptica que instalaremos viajarán ambos canales de información en sentido descendente como ascendente empleando para ello, diferentes longitudes de onda. Utilizando el esquema de multiplexación WDM (Wavelength División Multiplexing).

**WDM (Wavelength División Multiplexing):** Multiplexación por división de longitud de onda, es la técnica de transmisión encargada de multiplexar varias señales en una misma fibra óptica que poseen diferentes longitudes de onda. Mediante WDM se puede tener el soporte de varios formatos de datos y servicios en una misma red sea de forma simultánea. (Satyanarayana Katla, Abhinov Balagani, 2010) Pueden ser de dos tipos DWDM y CWDM:

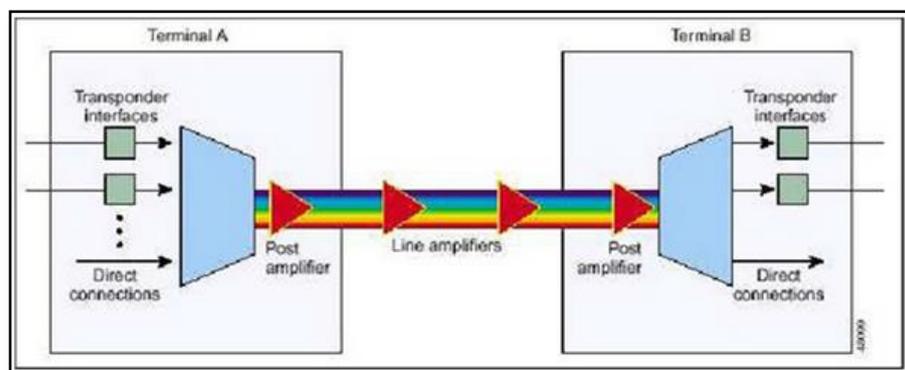


**Figura 2.7: Elementos que forman una WDM**  
Fuente: <http://fundamentostelecomunicacion.blogspot.com/2012/11/wdm-multiplexacion-por-division-de.html>

En la Figura 2.7 están detallados los elementos que forman una WDM que son: Transponedor de transmisión que es el encargado

de adaptar la señal proveniente del abonado, multiplexor óptico, amplificador óptico, compensadora de dispersión, interfaces ópticos.

**DWDM:** es la multiplicación por división en longitudes de ondas densas, esta técnica usa la banda C (155nm) para transmitir señales en la fibra óptica haciendo que consiga un mayor número de canales ópticos y reduciendo la dispersión cromática de cada canal. Para transmitir necesitamos de dos dispositivos el multiplexor y demultiplexor para el transmisor y el receptor respectivamente. (Camilo Garcia Morales, 2012)

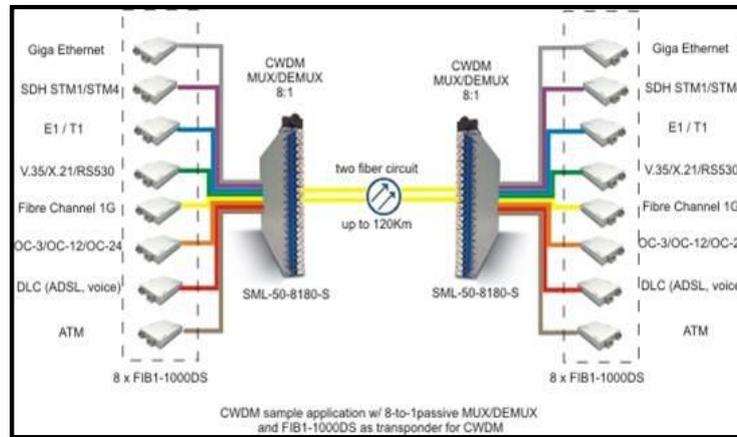


**Figura 2.8: Funcionamiento del extremo-a-extremo de un sistema de DWDM unidireccional**

**Fuente:** <http://sx-de-tx.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM>

**CWDM:** es la multiplexación para la división en longitudes de ondas ligeras, transmite señales a través de la fibra óptica con un espacio de frecuencia de 2.500 Ghz (20nm) el cual permite dar un mayor ancho espectral obteniendo el número de canales que son necesarios para utilizar sin que haya necesidad de disminución porque cada uno de ellos se encuentran separados. Puede llegar a cubrir distancias de hasta 120Km. Para la transmisión se

requieren dispositivos para la multiplexación y demultiplexación que están basados en TFF<sup>8</sup>. (Camilo Garcia Morales, 2012)



**Figura 2.9: Multiplexación para la división en longitudes de ondas ligeras (CWDM)**  
 Fuente: <http://fundamentostelecomunicacion.blogspot.com/2012/11/wdm-multiplexacion-por-division-de.html>

### Potencia y Alcance.

Un equipo trae su propia atenuación máxima que se convierte en el alcance que puede soportar sin que pierda la calidad del servicio. Por medio de la atenuación máxima se soporta un sistema que es entregada por la potencia máxima y esta garantiza que la OLT menos de la potencia mínima será capaz de percibir la ONT; GPON se encarga de delimitar cuales son las distintas clases de láseres (medidos en dBm). (Telnet, 2013)

Los valores mínimos de potencia para el OLT en la Tabla 2.2

TIPO	Potencia Media Mínima (dBm)
A	-4
B+	+1
C	+5

**Tabla 2.2: Niveles de Potencia**  
 Fuente: (Telnet, 2013)

<sup>8</sup> TFF Thin-Film-Filter (Tecnología de Película Delgada)

Los valores mínimos de sensibilidad para la ONT en la Tabla 2.3

TIPO	Sensibilidad Mínima del Receptor (dBm)
A	-25
B+	-27
C	-26

Tabla 2.3: Niveles de Sensibilidad  
Fuente: (Telnet, 2013)

## Velocidad Binaria

- ✓ **Sentido Descendente – TDM:** Esta tecnología de Multiplexación por división de tiempo (TDM) es muy útil, donde las ONTs pueden filtrar los datos que han sido recibidos y que sólo tienen acceso a estos datos que son dirigidos a ella; si una ONT es modificada para que se comporte como espía se puede cifrar la información entre OLT-ONT volviéndola inaccesible. (Nemesis, 2014)

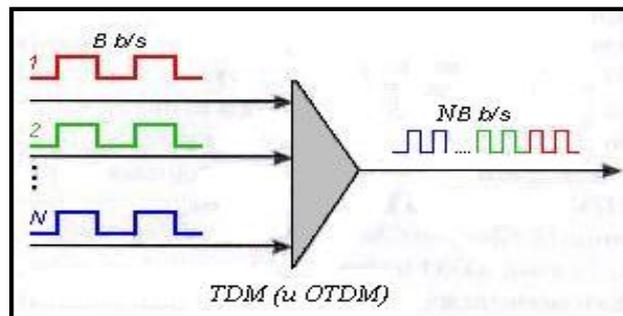


Figura 2.10: Funcionamiento de un multiplexor TDM  
Fuente: [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/tema4\\_2.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/tema4_2.htm)

En la Figura 2.10 se observa cómo se puede obtener mayor velocidad en transmisión binaria donde se intercalaran los datos de los diferentes canales, de esta manera se forma una cadena de datos de mayor velocidad.

- ✓ **Sentido Ascendente – TDMA:** La OLT administra el control del canal ascendente, mediante esto se puede asignar un tiempo de ventaja en la transmisión de cada ONT. La perfecta sincronización es esencial en los paquetes ascendentes para que de esta manera se pueda formar una trama GPON la OLT. Tomando en cuenta que es de suma importancia conocer cuál es la distancia que hay entre la OLT con respecto a las ONTs para tener conocimiento del retardo que sufre la información. (Avalos Pedro, 2010)

### **2.3.3 Arquitectura de la red óptica de acceso**

Una red GPON está conformada de los siguientes elementos un OLT que estará ubicado en las instalaciones del proveedor, en ella se encuentran diversos puertos de línea GPON y cada uno puede soportar hasta 64 ONTs dependiendo de un suministrador, la cual se conecta mediante fibra monomodo al splitter primario que se encuentra en el FDH distribuyéndose a la OND conectado a la fibra óptica monomodo al splitter secundario llegando a los usuarios finales donde se instalan las ONTs por medio de Cable Drop. (Satyanarayana Katla, Abhinov Balagoni, 2010)

Para que haya una conexión se aprovechara la fibra óptica y así puedan transmitir datos de la OLT a la ONT que se transportará una longitud de onda downstream por un pequeño pasivo, que su función es de dividir la señal de luz que se encuentra en la entrada en diversas salidas. La serie comercial de los splitter pueden ser 1 x n (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$ ) que se encuentran en diferentes emplazamientos hasta llegar a los

abonados. A esto se lo conoce como una arquitectura punto a multipunto, que es descrita como una topología en árbol. (Alejandro Amat, 2010)

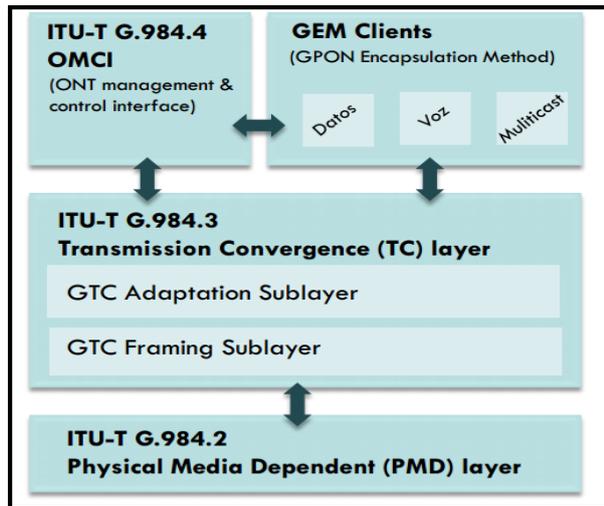
Los datos upstream que viajan desde la ONT a la OLT son asignados en una longitud de onda distinta para que de esta manera se pueda evitar alguna colisión en la transmisión downstream; la unidad divisora pasiva es la encargada de combinar en una dirección de tráfico distinta, permitiendo que la OLT recolecte el tráfico en la misma fibra que downstream. (Telnet, 2013)

Mediante la técnica de seguridad AES<sup>9</sup> se realiza un broadcast para el tráfico downstream, no dejando a un lado que la ONT podrá se encargarse de realizar el tráfico adecuado sin interrupciones y que el operante pueda acceder. Se utiliza el protocolo TDMA<sup>10</sup> para que la transmisión llegue sin colisión en el tráfico upstream de la ONT a la OLT; además TDMA se encarga de que sólo se transmita cuando sea absolutamente necesario para que no haya ineficiencia en TDM. (National Institute of Standards and Technology, 2014)

---

<sup>9</sup> Advanced Encryption Standard (Estándar avanzado de encriptación)

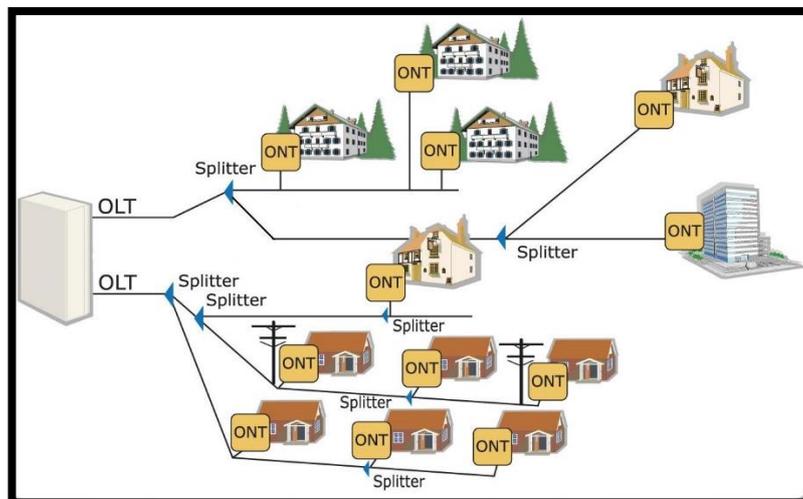
<sup>10</sup> Time Division Multiple Access (Acceso múltiple por división de tiempo)



**Figura 2.11: Arquitectura de Red GPON**  
 Fuente: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

### Elementos

En la Figura 2.12 se puede observar la arquitectura de una Red con tecnología GPON y sus elementos además se describen cuáles son funciones y características principales.



**Figura 2.12: Elementos de una Red GPON**  
 Fuente: <http://www2.padtec.com.br/esp/php/gpon.php>

**OLT:** Línea Terminal Óptica es un elemento activo que se encuentra ubicado en la central del proveedor, de esta salen las líneas de fibra óptica; las OLTs tienen la suficiente capacidad de dar servicio a miles de clientes. Por medio de ellas se gestiona el tráfico hacia los diferentes clientes, de esta manera se genera un puente con las otras redes externas garantizando un tráfico con el exterior. (Andrés Berrio, 2010)

Las OLT se encargan de las funciones de control de las potencias enviadas y receptadas, la corrección de errores y entrelazado; además de coordinar la multiplexación de canales. Existen tres subtipos de OLT: P-OLT, V-OLT y M-OLT que son los que están encargados de gestionar un tráfico determinado.

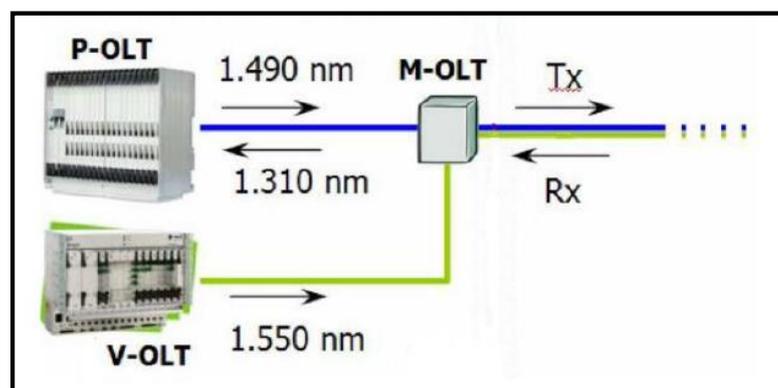
**P-OLT:** Proveedor OLT (Provider OLT) su objetivo es de recoger los datos y las tramas de voz que se originan en las redes RTB e Internet que van a la red PON que son convertidas por el protocolo TDM que usa la longitud de onda dedicada (1490nm). También guía a las tramas de voz y datos que provienen de las ONT; redirigiendo el tráfico de voz a la RTB y el de datos a Internet, con la longitud de onda dedicada (1310nm). (Marchukov, Yaroslav, 2011)

**V-OLT:** mediante la OLT de Video (Video OLT) se transportan las tramas de video y video VoD los cuales son forjados en la red de video difusión los cuales son dirigidos a las ONTs, las tramas de video son transformadas en señales

inyectables y estas se trasladan a una longitud de onda dedicada (1550nm). (Scribd, 2012)

**M-OLT:** este equipo Multiplexor OLT (Multiplexer OLT) utiliza WDM que tiene como función la multiplexación y demultiplexación dichas señales se originan del Proveedor de OLT y la OLT de video. (Scribd, 2012)

En la Figura 2.13 muestra la estructura de un OLT que ha sido detallada anteriormente.



*Figura 2.13: Estructura de un OLT*  
*Fuente: Next\_Generatín FTTH Passive Optical Networks*

**ONT:** Optical Network Terminal es el punto donde se realiza la conversión de las señales ópticas a eléctricas en sentido descendente y viceversa en sentido ascendente; la ONT estará situada en la casa del usuario donde termina la fibra óptica ofreciéndole las interfaces al usuario. Es la encargada de recibir y filtrar la información que se ha destinado para el abonado que procede de un OLT, además en su objetivo está el encapsulado de información que procede del usuario y la envía en dirección a

la OLT de cabecera, para que de esta manera pueda ser redireccionada a la red que corresponde. (Marchukov, Yaroslav, 2011)

Según los servicios e interfaces que se quieran ofrecer existen gran variedad de ONT's entre ellas tenemos tres:

- ✓ Interfaces de Fast-Ethernet este alcanza velocidades hasta 100Mbps, ofreciendo servicios de TV e Internet a los usuarios residenciales.
- ✓ Debido a que se utiliza fibra óptica la Interfaces de Gigabit Ethernet tiende a superar velocidades hasta de 1Gbps mediante los cuales se puede dar servicio óptimo a empresas.
- ✓ Interfaces E1 o STM-1 estos son específicos para dar servicios a empresas.

Según su función existen dos tipos de ONT:

- ✓ H-OLT: ONT del Hogar (Home ONT) se encarga de dar servicio directamente a un usuario específico y se instala dentro del hogar en redes FTTH. (Marchukov, Yaroslav, 2011)
- ✓ B-ONT: ONT de edificio (Building ONT) su función es de dar servicios a diferentes usuarios que se encuentran

conectados a él, a través de un repartidor, se instala en los cuartos de comunicación de los edificios o empresas en redes FTTB. (Marchukov, Yaroslav, 2011)

En la actualidad no existe interoperabilidad entre la OLT y ONT GPON, por lo cual deben ser del mismo fabricante para que exista una compatibilidad entre sí.

**Splitter Divisor Óptico Pasivo:** este dispositivo es el encargado de transmitir la señal óptica sin tener necesidad de una alimentación externa ya que es un elemento pasivo. Se encuentra situado entre el OLT y las ONT, su función principal es de multiplexar y demultiplexar las señales que ha recibido además es capaz de combinar potencia permitiendo que: la señal que se accede por el puerto de entrada que viene del OLT se divida entre los múltiples puertos de entrada, la señal que es accedida por la salida que proceden de las ONT se combinan en la entrada. (Jorge García, 2013)

Los splitter son los que se encargan del suministrado que es caracterizado con las medidas de Pérdida de Inserción (P.I.) y Pérdida de Retorno (PR) de cada una de sus ramas, en la Tabla 2.3: **Niveles de Sensibilidad** se indican cuáles son los valores típicos de pérdidas. (Telnet, 2013)

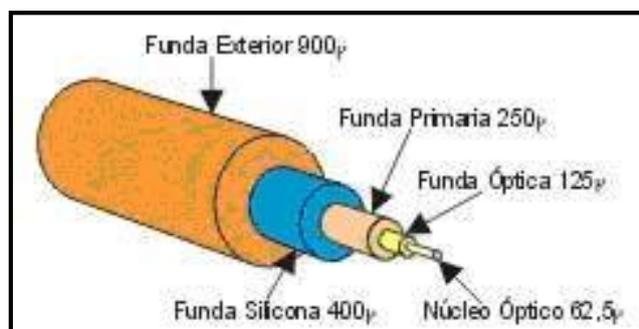
Splitter Óptico	Característica	Perdida de Potencia (dB)
	1:2	≤3.7
	1:4	≤7.3
	1:8	≤10.5
	1:16	≤13.7
	1:32	≤17.1
	1:64	≤20.5

**Tabla 2.4 Atenuación de Splitter**

Fuente: <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/splitters-opticos/>

**Fibra Óptica:** se puede definir como un cable constituido por uno o más hilos muy finos de material transparente de vidrio o de plástico que son capaces de transportar pulsos de luz que representa los datos a transmitir, posee dos filamentos para la comunicación de forma bidireccional TX y RX. Su grosor es comparado con el del cabello humano es decir un aproximado de 0,1 mm y tiene las características necesarias para la transmisión de haces que llevan la información. (Nemesis, 2014)

**Componentes de la fibra óptica:** está constituida por tres estructuras que se diferencian por las propiedades de composición:



**Figura 2.14: Componentes de la fibra óptica**  
Fuente: (Martínez Gómez, Romero, 2012)

**Núcleo (core):** es el que se encuentra ubicado en el interior el material que se utiliza para la fabricación es dieléctrico que normalmente es de vidrio de silicio/cuarzo o plástico de dióxido de silicio a una temperatura elevada, lo que permite conducir las señales ópticas hasta el dispositivo receptor. Tiene un diámetro de 50 o 62,5 $\mu\text{m}$  que es usado para fibra multimodo y 9 $\mu\text{m}$  la fibra monomodo. (Alejandro Amat, 2010)

**El Revestimiento (cladding):** esta capa es la encargada de rodear al núcleo para protegerlo, está fabricada de un material con un índice de refracción menor al núcleo; lo cual causa que actúe a modo de espejo y que la luz se refleje en el revestimiento. Mientras más capas de plástico se le añadan estas ayudaran a cualquier daño futuro que pueda estar expuesta la fibra además que proporciona una protección extra a las curvaturas extremadas, obteniendo una vida más útil de la fibra. (León, 2005)

**Recubrimiento exterior (jacket):** es el encargado de resguardar al núcleo y al revestimiento de posibles estropeos futuros que pueda tener; permitiendo que la fibra se pueda utilizar en el exterior o de modo subterráneo. De esta manera protegiendo a la fibra de humedad, de que sea aplastada, de roedores y otros agentes externos. (León, 2005)

### **Ventajas de la Fibra Óptica**

- ✓ El acceso al ancho de banda es en Ghz accediendo a flujos muy altos, dando paso a mayor información sobre el núcleo.

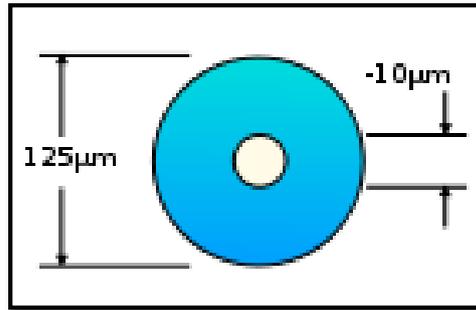
- ✓ Mayor facilidad al momento de la instalación debido que el diámetro de la fibra es muy reducido y ligero.
- ✓ Posee casi completamente la inmunidad a la interferencia eléctrica (EMI), interferencia de radio frecuencia (RFI). Además no transporta corrientes eléctricas peligrosas; otorgando una buena calidad de transmisión.
- ✓ Ofrece un alto grado de seguridad, cuando hay interferencia en la fibra óptica es muy sencillo de detectar ya que la energía luminosa se debilita y no radia nada; esto es muy bueno para las aplicaciones que necesitan un alto grado de confidencialidad. (Mavarez, 2011)
- ✓ Su pérdida de transmisión es muy baja, debido a que el valor de atenuación es independiente a la velocidad de transmisión de las señales.
- ✓ Es muy sencillo de rastrear una fisura por medio del proceso de telemetría, ya que este lo detecta de manera inmediata obteniendo cuál es el lugar y posterior reparación del daño; esto permite que disminuya el mantenimiento. (Ruiz, 2011)
- ✓ Durante las 24 horas del día su acceso es de forma ilimitada y constante sin tener saturación; gracias a ello ofrece video y sonido en tiempo real.

## Desventajas de la Fibra Óptica

- ✓ Posee alta fragilidad, los transmisores y receptores tienen un costo elevado.
- ✓ Ya que la fibra es de vidrio de silicio es imprescindible para realizar trabajos con técnicas especiales de ingeniería e instalación de los enlaces. Entre ellos tenemos la sujeción, soldadura y wire-wrapping. Se necesitan equipos especializados en la comprobación del servicio de la fibra óptica. (Caicedo Cajiao, 2010)
- ✓ Para poder reparar alguna ruptura en la fibra se necesita un equipo técnico que sepa manejar con destreza y habilidad los instrumentos para la reparación. (Caicedo Cajiao, 2010)

Existen dos tipos de Fibra Óptica según el tipo de propagación: Monomodo y Multimodo:

**Monomodo:** Tiene un núcleo entre 8 y 10  $\mu\text{m}$  de diámetro con un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$  (como vemos en la Figura 2.15), de esta manera permitiendo que la transmisión de propagación pueda ser paralela al eje de la fibra y alcanzar distancias de hasta 400Km mediante un láser de alta densidad; permitiendo que se transmitan tasas de información elevadas. (Ing. Santa Cruz, 2010)



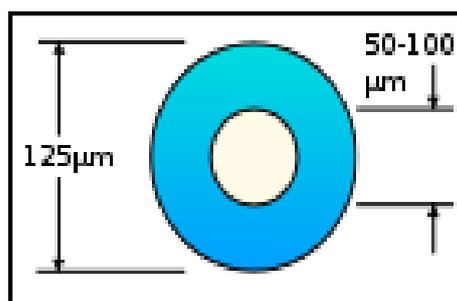
**Figura 2.15: Sección de fibra óptica monomodo**  
 Fuente: (Millan Ramón, 2014)

Estas fibras son utilizadas mayormente en investigación científica de alta precisión ya que la luz es propagada en un solo modo haciendo que el enfoque sea correctamente.



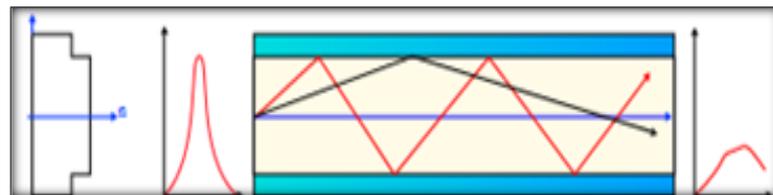
**Figura 2.16: Propagación de haces de luz en la fibra monomodo**  
 Fuente: (Millan Ramón, 2014)

**Multimodo:** tiene un núcleo entre 50 y 62,5  $\mu\text{m}$  y el revestimiento de 125  $\mu\text{m}$  como se muestra en la Figura 2.17. Gracias al diámetro de su núcleo soporta varios modos de transmisión. (Ing. Santa Cruz, 2010)



**Figura 2.17: Sección de fibra óptica multimodo**  
 Fuente: (Millan Ramón, 2014)

El haz de luz toma diferentes trayectorias que permite trabajar a distancias cortas menores a 2Km como se observa en la Figura 2.18. El núcleo de esta fibra tiene un índice de refracción superior pero de la misma magnitud que el revestimiento y esto nos permite una mayor facilidad de conexión; su tolerancia ha sido mejorada con respecto a los componentes de menor precisión. (Nemesis, 2014)



**Figura 2.18: Propagación de haces de luz en la fibra multimodo**  
Fuente: (Millan Ramón, 2014)

Se usan chaquetas de colores para diferenciar los tipos de fibra; mediante la norma TIA-598C11 recomienda que la chaqueta amarilla para la fibra monomodo y la naranja u otro color para multimodo para las aplicaciones civiles. (Cactus, 2012)

Existen dos tipos de cable de Fibra Óptica según su diseño:

**Cable de estructura holgada:** este cable consta de varios tubos que está rodea de fibra en la parte central, además tiene una cubierta protectora que se la utiliza para exteriores e interiores. Tiene 2 – 3 mm de diámetro en cada uno de los tubos y estos pueden estar huecos o rellenos de gel hidrófugo y esto hace

---

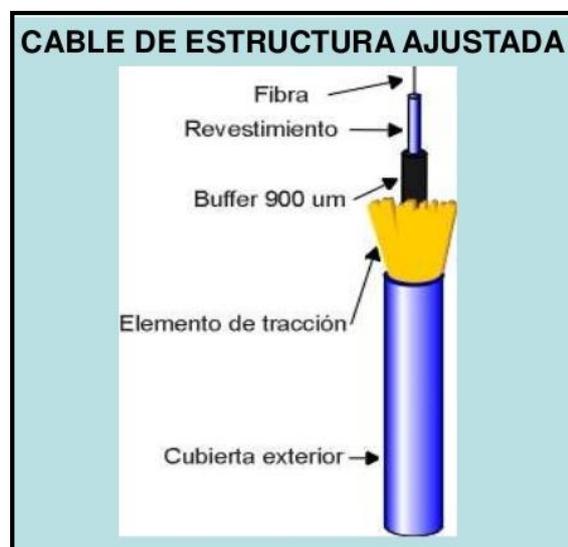
<sup>11</sup> TIA-598-C Optical Fiber Cable Color Coding La asociación de la industria de Telecomunicaciones Codificación de color del cable de fibra óptica

que no ingrese el agua; este tubo es el encargado de aislar la fibra de fuerzas mecánicas que se ejerzan sobre el cable en el exterior. (Nemesis, 2014)



*Figura 2.19: Cable de estructura ajustada  
Fuente: (Aguirre, 2012)*

**Cable de estructura ajustada:** contiene varias fibras con protección secundaria cuya cubierta de plástico tiene un diámetro de 900  $\mu\text{m}$  y un recubrimiento de 250  $\mu\text{m}$ , ha sido diseñado para las diferentes instalaciones del interior de los abonados entre ellos edificios o casas; gracias a la flexibilidad que posee el radio de curvatura es inferior al de los cables anteriormente mencionados. (Nemesis, 2014)



*Figura 2.20: Cable de estructura ajustada  
Fuente: (Aguirre, 2012)*

## Conectores

Se encargan de conectar las líneas de fibra de un elemento ya sea transmisor o receptor, con la cualidad de cambio se puede reconectar varias veces lo que evita que sea de tipo fijo obteniendo una flexibilidad en la construcción de la red. La Figura 2.21 muestra los diferentes tipos de conectores y en la Tabla 2.5 se especifica la descripción de cada uno de ellos: (Telecomunicaciones, 2014)



**Figura 2.21: Diferentes tipos de Conectores**  
Fuente: (Telecomunicaciones, 2014)

Tipos de Conectores de F.O.	Descripción
FC	Es usado para transmitir datos en las telecomunicaciones.
FDDI	Este conector se usa para redes de fibra óptica.
LC y MT-Array	Su función es la transmisión de datos de alta densidad.
SC y SC-Dúplex	Se usa para la transmisión de datos.
ST o BFOC	Es útil en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

**Tabla 2.5: Descripción de los tipos de conectores**  
Fuente: [http://aprendeainstalar.infored.mx/726442\\_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html](http://aprendeainstalar.infored.mx/726442_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html)

## 2.3.4 Servicios

### Convergencia IP con redes GPON

La función principal de la convergencia IP es actuar como fundación para diversas funciones que poseen sus propias plataformas; este sistema soporta la telefonía tradicional, también el protocolo VoIP mediante el cual se pueden realizar llamadas telefónicas por medio de internet como si fuera una llamada convencional. La convergencia IP permite consolidar dos redes como son voz y datos utilizando una sola plataforma, y sin limitar la convergencia también se puede integrar el servicio de video. Las características del sistema IP son: la flexibilidad, que es fácil de adaptarse, se puede modificar y es interoperable; no es necesario una nueva infraestructura ya que puede ser incorporado en los sistemas ya existentes. (Ordenadores, 2014)

### IGMP

IGMP Protocolo de Administración de Grupos de Internet (Internet Group Management Protocol) este el protocolo tiene como función el encargo de gestionar los grupos multicast [NETWORK]; además pertenece a la capa IP, y los mensajes son transmitidos por medio de encapsulados en datagramas IP. Gracias al IGMP se pueden registrar los equipos en un grupo multicast.

IGMP funciona de la siguiente manera: cuando un equipo desea recibir paquetes de un grupo multicast, se encarga de envía un mensaje *Membership Report* con el destino, la dirección del grupo especificando cual será la interfaz de red y como desea recibirlo. Mediante IGMP se puede vincular un grupo multicast por medio

de distintas interfaces. Cuando sucede aquello el equipo recibe paquetes duplicados, uno por cada interfaz. Se puede recibir más de una información en el mismo proceso, sin obtener mensajes repetidos. (Portillo, 2013)

Después que se envía el mensaje para la unión del grupo, el equipo es quien se encarga de recibir un mensaje de confirmación o de fallo. (Network Sorcery, Inc. , 2012)

IGMP transmite sus mensajes en datagramas IP y su formato con sus campos se observa a continuación en la Figura 2.22:

Tipo	Máximo tiempo de respuesta				Checksum
Dirección De Grupo					
Resv (Reservado)	S	QRV	QQIC	Número De Fuentes (N)	
Dirección de origen					

**Figura 2.22: Formato de Mensajes IGMP**  
Fuente: (Network Sorcery, Inc. , 2012)

### Descripción del Formato de Mensajes IGMP:

- ✓ **Tiempo máximo de respuesta:** Se encarga de especificar cuál será el tiempo máximo que se va a permitir antes que sea enviado el informe de respuesta en unidades de 1/10 segundos. (Network Sorcery, Inc. , 2012)
- ✓ **Suma de comprobación (Checksum):** Mediante este código de detección de errores, este se encarga de calcular a los bits de 1 a 16 además de poseer 16bits de mensaje; y

este es inicializado en el valor de 0. (Network Sorcery, Inc. , 2012)

- ✓ **Dirección de grupo:** “El cero es el mensaje de respuesta, y una dirección de grupo multidifusión IP que se encarga de validar el informe de asociación o el mensaje de abandono” (Network Sorcery, Inc. , 2012)
- ✓ **Resv:** Este campo está en 0 al momento de transmitir y es rechazado en la recepción.
- ✓ **S:** Suspende el procesamiento en el lado del router
- ✓ **QRV:** Robustez de la variable del consultor
- ✓ **QQIC:** Código del intervalo de consulta del consultor

### **Convergencia ADSL con redes GPON**

Por medio de ADSL<sup>12</sup> (Línea de abonado digital asimétrica) se puede brindar una tecnología de banda ancha mediante el par de cobre telefónico, aunque con el estándar GPON se puede ofrecer fibra óptica que llegue hasta el hogar o el edificio. La OLT puede soportar más de 7000 abonados y tiene la capacidad alta de integrarse a diferencia de DSLAM<sup>13</sup>; el ancho de banda puede ser mayor sin tener que estar pensando en las distancias (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012). Sólo se necesita de tener una ONT instalada en el interior de la casa del usuario, donde se

---

<sup>12</sup> ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) es un tipo de tecnología de línea de abonado digital (DSL)

<sup>13</sup> DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) está localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL

conectaran: ordenadores, teléfonos, enrutadores, STB (set-top-boxes) etc.

GPON es el medio tecnológico para una evolución progresiva que pueden utilizar los proveedores para que llegue la fibra al hogar; logrando así superar las velocidades que ofrecen ADSL - ADSL2 – ADSL2+ sin ninguna necesidad de fibra óptica en el edificio o dentro de las casas de los abonados.

Además GPON es el único que permite la convergencia en su totalidad de los servicios de telecomunicaciones utilizando una misma plataforma de red que se basa en IP a su vez permitiendo que los costos sean bajos para los operadores. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

### **2.3.5 Seguridad**

**FEC (Forward Error Correction):** Gracias a este sistema se realiza el control de errores para la transmisión de datos, el receptor agrega datos redundantes que se generan sistemáticamente a los mensajes, y a esto se conoce como corrección de errores código; la redundancia es la encargada de permitir al receptor que detecte y corrija un limitado número de errores. Existen dos tipos principales de codificación que son utilizados y a continuación se los detallará: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

**Códigos de bloque:** la paridad en el codificador es introducida por medio de un algoritmo algebraico que es aplicado a un determinado bloque de bits. Por medio del decodificar se puede emplear un algoritmo inverso el cual se encargará de corregir los errores al momento de realizar la transmisión. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

**Códigos convolucionales:** al instante que llegan los bits estos se agrupan en el codificador; los bits ascendentes influyen en la codificación de los bits posteriores. Se debe tomar en consideración que la decodificación es complicada para este tipo de código ya que se necesita mayor alcance de memoria de este modo se podrá evaluar la secuencia de datos más probable para los bits recibidos. (González C. Y. Venuska, 2014)

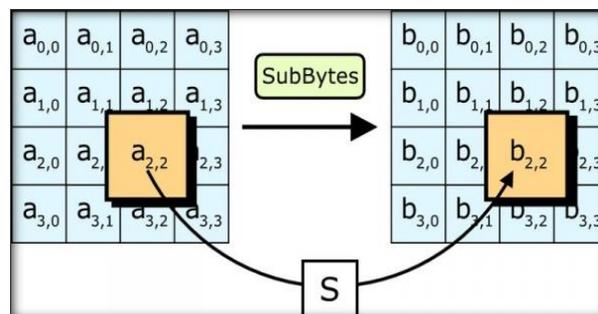
Una de las funciones principales es que haya una disminución de números de transmisiones con errores y la potencia en los sistemas de comunicación, con ello se permite un mayor índice de seguridad dejando a un lado el reenvío de los mensajes que se han sufrido algún daño al momento de transmitir.

**AES (Advance Encryption Standard):** Es el estándar de encriptación avanzado que ha sido adoptado por el Instituto Nacional de Estándares, está basado en el algoritmo Rijndael que es un método de cifrado en bloque que tiene propiedades criptográficas fuertes; en este estándar se utiliza menor cantidad de memoria y su software y hardware son fáciles de implementar. Trabaja en un bloque de datos fijo de 128 bits, que se organizan

en una matriz 4x4; y el tamaño de llave es de 128, 192 o 256 bits. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

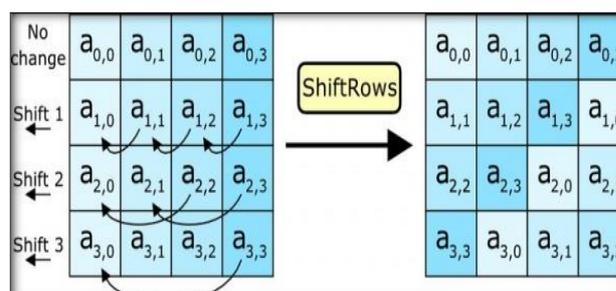
El cifrado de cada rutina de la aplicación del algoritmo AES (con excepción de la última) consta de cuatro pasos.

- ✓ **SubBytes:** su función es de realizar la sustitución no lineal en el byte es será remplazado con otro de acuerdo a una tabla de búsqueda.



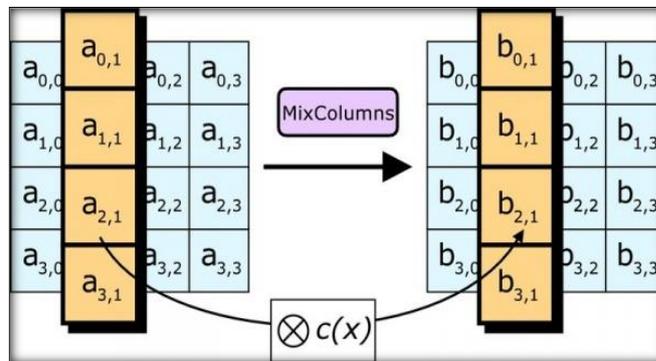
**Figura 2.23: SubBytes**  
Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

- ✓ **ShiftRows:** en este se realiza un cambio de posición de la fila del estado y a esta se la gira de forma constante mediante un número determinado de veces. (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)



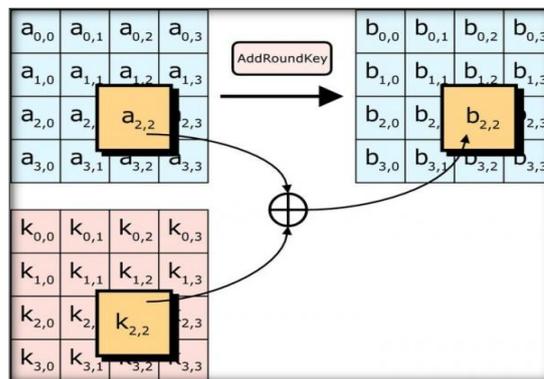
**Figura 2.24: ShiftRows**  
Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

- ✓ **MixColumns:** su función es de operar en las columnas del estado y combinar los cuatro bytes en cada columna usando una transformación lineal.



**Figura 2.25: Mix Columns**  
 Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

- ✓ **AddRoundKey:** es el encargado de combinar cada byte del estado con la clave round la cual es generada de la clave de cifrado.



**Figura 2.26: AddRoundKey**  
 Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

## 2.4 VARIABLES

Variable Independiente (causa)	Variable Dependiente (efecto)
Diseñar una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play	Lograr el acceso a los servicios Televisión, Internet y Telefonía de alta calidad por un mismo medio de comunicación para la ciudadela "Punta Carnero" del cantón Salinas

*Tabla 2.6: Variables Independiente y Dependiente  
Autor: Andrea Lalangui Mejía*

### 2.4.1 Descripción de las Variables

- **Variable Independiente:** Diseñar de una Red con tecnología GPON para servicio Triple Play para la ciudadela Punta Carnero.
  
- **Variable Dependiente:**
  - Elementos pasivos que intervienen en la Red GPON.
  
  - Acceso a los servicios triple play de Televisión, Internet y Telefonía
  
  - El ancho de banda que ofrece GPON con respecto al resto de tecnologías.

- Verificar los valores de: pérdida de datos y de BER que se encuentren dentro del rango de  $10^{-11}$  para garantizar un enlace de calidad y se pueda ofrecer un diseño factible.

## 2.5 Estructura metodológica de la investigación

### 2.5.1 Métodos de Estudio

Los Métodos de estudios a utilizar son: Histórico Lógico, Analítico Sintético e Inductivo-Deductivo.

- ✓ **Histórico Lógico:** Por medio de este método se realizará una reseña histórica del desarrollo y evolución que han tenido la Fibra Óptica y la tecnología GPON con cada uno de sus elementos.
- ✓ **Analítico Sintético:** Permite el estudio individual de las características de cada uno de los componentes de Hardware y Software, de esta manera realizar el esquema y diseño de la Red con tecnología GPON y el acceso Triple Play sintético funcional.
- ✓ **Inductivo-Deductivo:** La aplicación de este método permitirá seleccionar la temática más adecuada en los diferentes componentes de GPON que se van a utilizar, y así establecer los fundamentos teóricos al momento de realizar el diseño de la Red con tecnología GPON.

## 2.5.2 Fuentes y Técnicas de Recolección de Datos

Las fuentes de investigación nos van a ayudar a determinar los datos específicos del estudio de la Red.

### ✓ Fuentes Primarias:

- Documentos Manuales Técnicos
- Libros Técnicos
- Internet
- Programa OptiSystem para datos de BER

### ✓ Fuentes Secundarias:

- Entrevistas a docentes, proveedores de ISP
- Encuestas a los abonados de la ciudadela

Las fuentes primarias a usar son documentos, libros, internet, tesis:

- ✓ **Libros:** se utilizarán libros técnicos en línea (e-libros) que ofrecen extensas bibliografías.
- ✓ **Documentos:** entre ellos los de normativas técnicas que han sido aprobadas por los organismos pertinentes que están constituidos por resultados de los desarrollos tecnológicos, que se deben cumplir.
- ✓ **Programa OptiSystem:** mediante este software se simulará el BER, la OND, y la ONT para garantizar el diseño propuesto.

Las fuentes secundarias a utilizar son las entrevistas y las encuestas:

- ✓ **Entrevistas.-** Se recogerá información de forma verbal a los agentes internos como docentes del área y agentes externos en lugares donde se estén aplicando este tipo de tecnologías para obtener datos que contribuyan a la obtención de información que pueda ser relacionada en nuestro entorno de investigación y de esta manera aplicar la mejor alternativa para el Análisis de Triple Play (datos, voz y video) en la tecnología GPON, Diseño de una Red con acceso Triple Play (datos, voz y video).
  
- ✓ **Encuestas.-** Se elaborarán cuestionarios que permitirá conocer la situación actual de la ciudadela con respecto a la inexistencia de servicios Triple Play (datos, voz y video) por medio de Fibra Óptica GPON a fin de elaborar el Diseño final bajo características relacionadas a las investigaciones previamente realizadas y las circunstancias del entorno interno.

## 2.6 TÉRMINOS BÁSICOS

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica).

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode (Modo de transferencia Asíncrono).

**DBA:** Dynamic Bandwith Allocation (Asignación dinámica de ancho de banda).

**DSLAM:** Multiplexor de línea de acceso de abonado digital

**DWDM:** Dense Wavelength Division Multiplex (Multiplexión por división de Longitud de Onda Densa).

**ETHERNET:** Estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones.

**FTTH:** Fiber To The House (Fibra hasta la Casa).

**GEM:** GPON Encapsulation Method (Método de Encapsulamiento GPON).

**GPON:** Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit fue aprobada en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5.

**IGMP:** Internet Group Management Protocol (Grupo de Gestión del Protocolo de Internet).

**IP:** Internet Protocol (Protocolo de Internet).

**IPTV:** Televisión sobre protocolo IP

**ITU:** Unión Internacional de Telecomunicaciones encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

**ODN:** Red de Distribución Óptica

**OLT:** Optical Line Terminal (Terminal de Línea Óptica).

**ONT:** Red Terminal Óptica

**QoS:** Calidad de servicio, es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras.

**TDMA:** La multiplexación por división de tiempo es una técnica que permite la transmisión de señales digitales.

**SPLITTER:** Divisor Óptico

**VoIP:** Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet.

## **CAPÍTULO III**

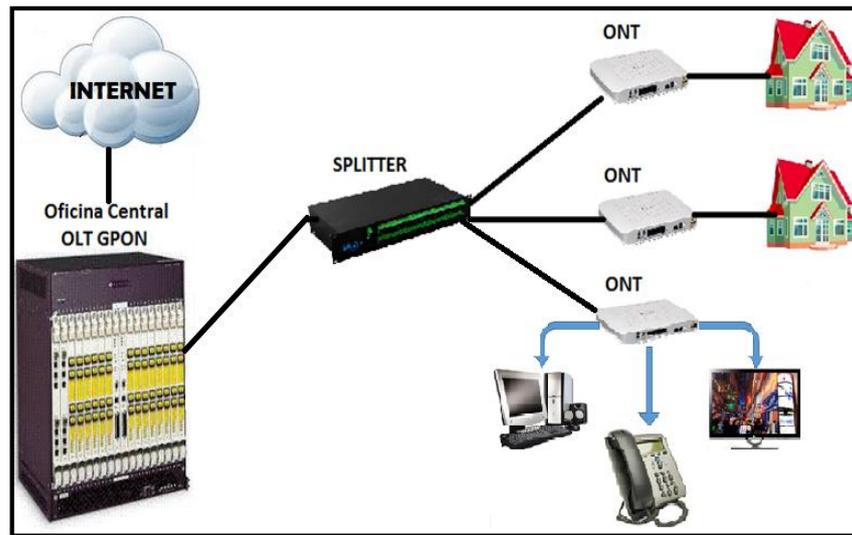
### **ANÁLISIS**

#### **3 ANÁLISIS**

Este capítulo muestra los diferentes diagramas de bloques de la Red, la descripción de los parámetros técnicos, económicos que intervienen en el diseño de la Red GPON. Por medio de encuestas obtendremos el nivel de aceptación de la red Gpon en la ciudadela Punta Carnero de la Provincia de Santa Elena.

### 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA RED GPON

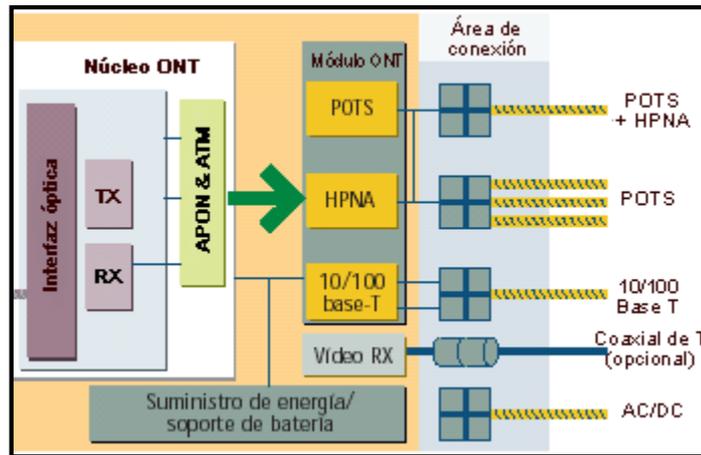
La Figura 3.1 que tomamos como muestra para el diagrama de bloque general de la red Gpon, que está dividida en tres componentes fundamentales que son: la OLT que es nuestro proveedor, la OND que está distribuida en el espacio interno de la ciudadela y la ONT que está ubicada en el interior de la casa.



*Figura 3.1: Diagrama de Bloques de una Red GPON  
Autor: Andrea Lalangui Mejía*

#### 3.1.1 Diagrama de Bloques funcionales de ONT-GPON

La ONT cuenta con una interfaz de fibra GPON, una interfaz de Fast Ethernet que permite la conexión a IPTV, interfaz RJ11 con la cual se pueden conectar teléfonos analógicos.

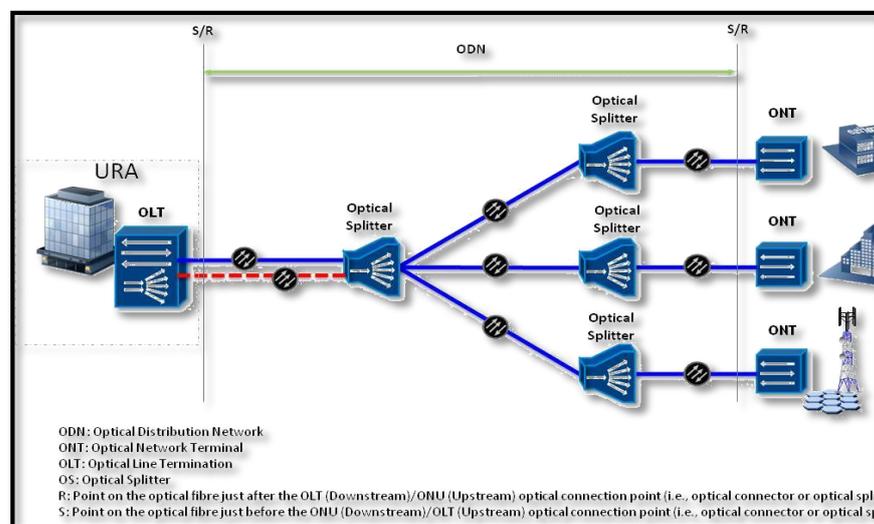


**Figura 3.2: Diagrama de Bloque de ONT**  
Fuente: (Ortiz, 2012)

### 3.1.2 Diagrama General de una OND

La Red de Distribución Óptica (OND) es el medio de transmisión encargada de proveer una conexión física entre la OLT y las ONTs; mediante conexiones de elementos ópticos pasivos.

En la Figura 3.3 se puede observar los elementos que intervienen en la OND.



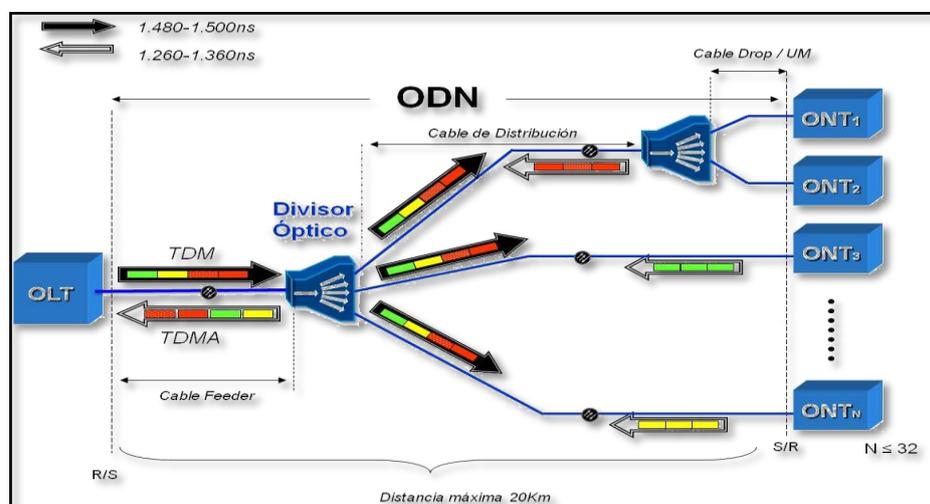
**Figura 3.3: Diagrama general de ODN**  
Fuente: (Ing. Jaime Saavedra, 2012)

### 3.1.3 Elementos de una OND

El OND se distribuirá de la siguiente manera:

El Gabinete de distribución de fibra óptica (ODF) estará ubicado en unos de los redondeles ubicados al costado izquierdo del bloque primario R, en la primera entrada pasando el gate, lo empotraremos de manera estratégica de tal forma que la distribución sea eficaz utilizando fibra óptica que va a permitir que los datos sean enviados sin interrupciones debido a que es un medio de transmisión inmune a las interferencias, entre el ODF y el splitter secundario hay una distancia de 63 m.

Los splitter estarán ubicados en la ODF y mediante un cable de distribución que en este proyecto será la fibra óptica, llegara a los splitters secundarios conectándose con el CTO (caja terminal óptica) de donde saldrá el cable Drop que ira a la Ont que estará ubicado dentro de las casa de cada uno de los clientes.



**Figura 3.4: Elementos de una OND**  
Autor: (Ing. Jaime Saavedra, 2012)

## 3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

### 3.2.1 Características y especificaciones técnicas de los dispositivos de la red GPON

En una red GPON triple play intervienen varios dispositivos, los cuales realizan diferentes funciones.

Haré el detalle analítico de cada uno de los dispositivos que voy a utilizar en el diseño, con sus respectivos modelos, datos técnicos y características online Fibercom, Huawei.

- ✓ **Armario de Distribución FDH3000:** este concentrador se encarga de la distribución de fibra óptica permitiendo que se realice conexión, fusión, parcheo, splitting y la distribución de fibra en exteriores para la red FTTH.



**Figura 3.5: FD3- AG432J00JCBP2**  
**Fuente: (Telecom Networks Americas, 2014)**

Para la configuración de la red es más factible trabajar con FD3- AG432J00JCBP2, en la Tabla 3.1 se puede observar la descripción del armario. Una de sus características es

que permite el almacenamiento del sobrante de la fibra, brindando control al radio de curvatura positivo.

Posee paneles de mamparo en ángulo permitiendo eliminar la curvatura de 90°, y esto me ayuda a entender cuál es el enrutamiento; además designa etiquetas en lo frontal y posterior. (Telecom Networks Americas, 2014)

Tamaño (Altura x ancho x diámetro)	Tamaño del área de distribución	Opción de montaje	Ranuras divisoras	Ubicación de la salida de cables
106,68 x 68,58 x 45,72cm	72 a 432 hogares	En el suelo	24	Parte Inferior

**Tabla 3.1: Descripción FD3- AG432J00JCBP2**  
**Fuente:** (Telecom Networks Americas, 2014)

- ✓ **SPLITTER FPS-MPP1AJJ:** Utiliza cables con conectores ópticos como extremos de entrada y salida del splitter óptico.



**Figura 3.6: Splitter FPS-MPP1AJJ**  
**Fuente:** (Telecom Networks Americas, 2014)

FPS-MPP1AJJ reduce considerablemente el inventario, la uniformidad al instante que se realiza un trabajo especializado, pasa pruebas de migración de red. En la

Tabla 3.2 se especifica la pérdida máxima, la típica, la de retorno; también muestra el estándar que es 1x32 usuarios.

Estándar	Pérdida Max.	Pérdida típica	Uniformidad	Pérdida de retorno	PDL
1X32	16,7 dB	16,5 dB	1,5 dB	260 dB	0,3 dB

**Tabla 3.2: Especificación de FPS-MPP1AJJ**  
**Fuente:** (Telecom Networks Americas, 2014)

- ✓ **CAJA TERMINAL ÓPTICA (CTO):** Caja de fibra óptica mural 24 SC/LCD para exteriores, es muy útil, se la puede utilizar como caja de distribución o de terminación de fibra óptica (Fibercom, 2015); a continuación se puede observar la parte interior en la Figura 3.7:



**Figura 3.7: Caja FO mural 24 SC/LCD**  
**Fuente:** (Fibercom, 2015)

- ✓ **ROSETA ÓPTICA:** Roseta 02SC/LCD PAU-ICT es de pared y es la más adecuada para mi red, en la Figura 3.8 se puede observar la parte interior. (Fibercom, 2015)



**Figura 3.8: ROSETA FO 02 SC/LCD**  
**Fuente: (Fibercom, 2015)**

### **Características:**

- Tiene un diseño elegante, lineal y ergonómico.
- Permite que el cable no solo entre por la parte superior sino que también por la inferior de la roseta.
- En el interior las fibras pueden tener un radio hasta 30mm.
- Se utiliza un tornillo en la tapa para el acceso de su interior.

### **Configuración Estándar:**

- Base y tapa.
  - Tiene accesorios que sirven para el montaje en pared y bridas además de sujeción del cable a la roseta.
- ✓ **ONT HG8245:** Terminal de red óptica gateway residencial de alta tecnología, brinda un acceso de banda ultra-ancha para clientes residenciales obteniendo haciendo que los terminales tengan una mejora y se pueda acceder a FTTH.

Plug-and-play se encarga de facilitar, aligerar y provisionar requerimientos específicos de servicio. (Huawei, 2014). Tiene las siguientes características, que va a ser muy útil en el diseño de la red:

**Puertos:**

- ✓ 2 POTS (servicio telefónico analógico o convencional)
- ✓ GE (Ethernet autoadaptables GE/FE)
- ✓ 1 USB
- ✓ Wi-Fi.

**Función plug-and-play (PnP):** por medio de esta función no hay necesidad de realizar configuración para que se realice la convergencia, tan sólo con dar un clic en la gestión de red (NMS) automáticamente se implementa. (Huawei, 2014)

**Diagnóstico remoto:** al momento que se realizan las pruebas de los circuitos en bucle se inicializa la localización remota, también se pueden realizar emulaciones en las llamadas mediante el NMS. (Huawei, 2014)

**Ahorro de energía:** Permite ahorrar hasta un 25% al momento de consumir energía gracias a la solución SOC<sup>14</sup> que se encuentra en el equipo, además usa un chip único

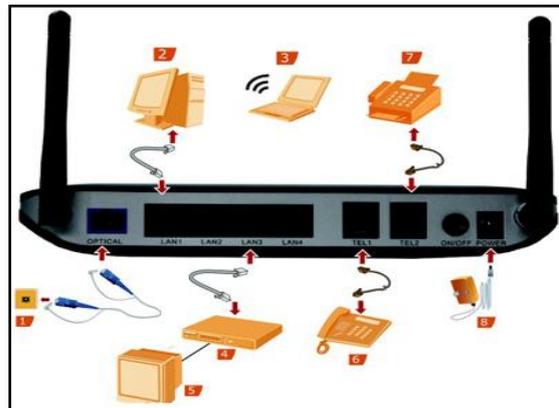
---

<sup>14</sup> SOC“system on chipset”

en el módulo LSW del gateway, de voz y PON. (Huawei, 2014)

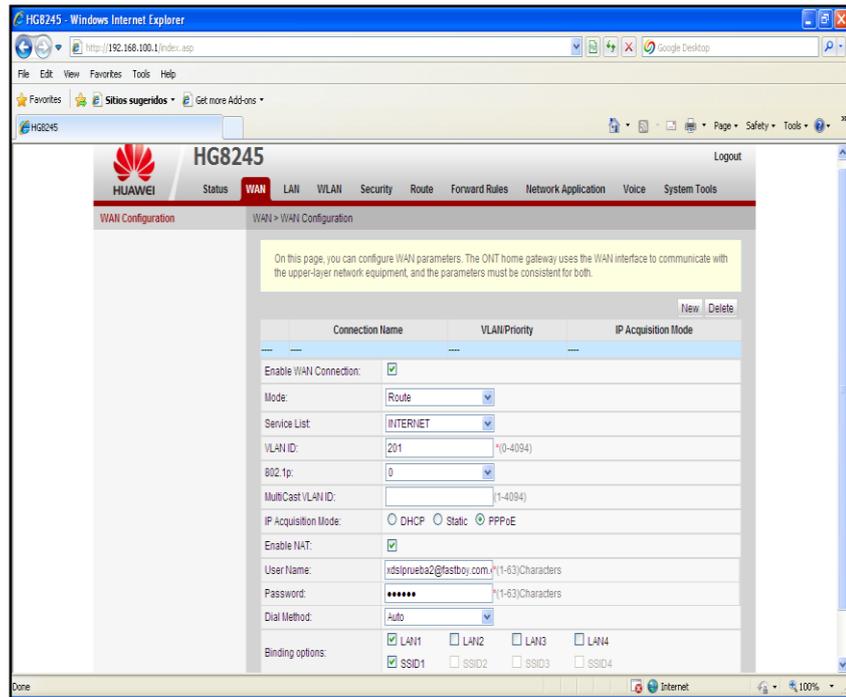


**Figura 3.9: Parte Superior de ONT HG8245**  
Fuente: (Huawei, 2014)



**Figura 3.10: Reverso de ONT HG8245**  
Fuente: (Huawei, 2014)

La configuración de la ONT se la realiza principalmente vía browser como se puede observar en la Figura 3.11.



**Figura 3.11: Configuración de ONT**  
Fuente: (Duran, 2013)

### 3.2.1.1 Especificaciones técnicas de los Cables de Fibra Óptica

**Fibra Óptica.-** Conforme con el análisis del capítulo dos donde se estudiaron las diferentes características de fibra de tendido aéreo, se optó por que se trabaje con fibra de tipo Monotubo Dieléctrico que será muy útil al momento de realizar el tendido por medio de la ducteria de tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) que se instalará junto a la tubería de agua según la norma INEN 1869 y 2227; además se debe tomar en cuenta que la tecnología utilizada es GPON utilizando un cable de fibra monomodo, que sea adecuado para las distancias largas y altas tasas de transmisión.

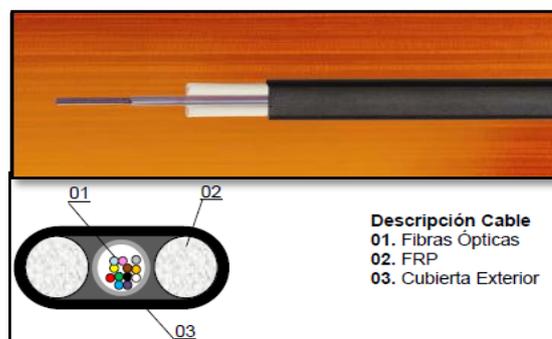
- **Fibra Óptica 657A:** Cable 02 Fibras Ópticas SM G657A Round, esta es la fibra que se va a utilizar para el interior

del cliente ya que cumple las especificaciones requeridos para la red, en la Figura 3.12 están las características de la fibra.

	ESPECIFICACIONES	
	R100	R105
Tipo		
Fibras	1	2
Diámetro Fibra Ajustada (mm)	0.9	0.6
Fibra Óptica	G.657A	G.657A
Elementos Tracción	Hilaturas aramida	Hilaturas aramida
Cubierta Interior	LSZH <sup>2</sup>	LSZH <sup>2</sup>
Cubierta Exterior	LSZH <sup>2</sup>	LSZH <sup>2</sup>
Color Cubiertas	Marfil	Marfil
Peso (Kg/Km)	21	21
Ø Exterior (mm)	4,6 ±0,2	4,6 ±0,2
Tracción Permanente / Instal. (N)	550 / 900	550 / 900
Aplastamiento (N/100mm)	800	800
Rango Temperaturas	-10°C a +70°C	-10°C a +70°C
Radio Curvatura Mín. (mm)	5 x Ø Exterior	5 x Ø Exterior
<small>           Normas referencia            Ensayos mecánicos y térmicos según EN18700, IEC60794.            Ensayos resistencia fuego: UNE-EN 50265 (IEC 60332-1) / UNE-EN 50267-1/2 (IEC60754-1/2) / UNE-EN 61034-1/2 (IEC 61034-1/2).            Código colores fibras : 1 FO: Natural / 2 FO: Rojo - Verde.  <sup>1</sup> Consultar longitudes disponibles.  <sup>2</sup> LSZH – Compuesto libre de halógenos, baja emisión de humos, no propagador de la llama.         </small>		

**Figura 3.12: Características de FO 657A**  
Fuente: (Fibercom, 2014)

- **Cable Drop ADSS Plano:** este es el cable que se va a utilizar para el exterior entre la caja de distribución hasta la roseta óptica; en la Figura 3.13 se puede observar la parte interna del cable.



**Figura 3.13: Parte interna del cable Drop ADSS**  
Fuente: (OPTRAL, 2014)

Este cable cuenta con las características necesarias para la red que se va a diseñar, en la Figura 3.14 se puede observar las especificaciones del cable drop:

	ESPECIFICACIONES
Tipo	F200
Total Fibras	Hasta 12
Tipo Fibra	G652D / G657A
Identificación Fibras	Código Colores <sup>1</sup>
Elementos Tracción	FRP
Cubierta Exterior	Poliétileno Negro
Peso (Kg/m)	31 Kg/Km
∅ Exterior	3.8 mm x 7.0 mm <sup>±0.20</sup>
Tracción Máxima	1200 N
Radio Curvatura Estático / Dinámico	20 x ∅ Exterior / 30 x ∅ Exterior
Rango Temperaturas Operación / Instalación	-40°C a +70°C

Normas referencia  
 Ensayos mecánicos y térmicos según EN187000, IEC60794-1-2.  
 Código colores fibras: Rojo – Verde – Azul – Amarillo – Gris – Violeta – Marrón – Naranja – Blanco – Rosa – Negro – Natural.

**Figura 3.14: Características del cable Drop ADSS**  
**Fuente: (OPTRAL, 2014)**

### 3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA

Mi análisis se fundamenta en evaluar los principios técnicos y al mismo tiempo en recoger información adicional sobre el rendimiento, fiabilidad, características de mantenimiento y productividad.

Los resultados que voten mis encuestas serán la base para determinar la continuidad del proyecto y en caso de que haya riesgo de no funcionar o que no tenga el rendimiento deseado, buscar una estrategia de prevención ya sea técnica o comercial para sacar a flote mi proyecto.

### 3.3.1 Análisis Técnico

Voy a analizar los aspectos que influirán en el enlace, para garantizar la capacidad y potencia del funcionamiento de la Red y que el servicio va a llegar a su destinatario de manera óptima. Tomando como referencias las normativas y estándares ya detallados en el capítulo anterior, entre ellos tenemos: las recomendaciones de la norma UIT-T G.984, UIT-T G.652.

#### 3.3.1.1 Atenuación

En la Tabla 3.3 se pueden observar cuales son los valores típicos de atenuación tiene cada elemento.

Elemento	Longitudes de Onda	Pérdida Típica (Atenuación)
Fibra Monomodo	1310nm	0.35 dB / km
	1550nm	0.2 dB / km
	1625nm	0.2 dB / km
Fibra Multimodo	850nm	3 dB / km
	1300nm	1dB / km
Empalme de Fusión	Monomodo (cualquier $\lambda$ )	0.05 dB
Empalme Mecánico	Monomodo (cualquier $\lambda$ )	0.3 dB
Par de Conectores	Monomodo (cualquier $\lambda$ )	0.25 - 0.5 dB
Splitters	1:64 (cualquier $\lambda$ ) - typical PON	20 dB
	1:2	3.5 dB

**Tabla 3.3: Valores de Atenuación**  
*Fuente: (Ing. Jaime Saavedra, 2012)*

#### 3.3.1.2 Atenuación debida a los Splitter

Se debe tomar en cuenta cual va a ser la atenuación que van a tener los splitter, y que podría afectar a la Red. Dependiendo mucho de la topología y cuantos niveles de splitter tiene.

El ejemplo que se va a realizar es con los siguientes niveles de splitter:

Primario 10,3 dB

Secundario: 7,5 dB

$$P_{st1} = 10,3dB + 7,5 \text{ dB}$$

$$P_{st1} = 17,8db$$

$$P_{st2} = 10,3dB + 10, 3 \text{ dB}$$

$$P_{st2} = 20,6db$$

$$P_{st3} = 10,30dB$$

### **3.3.2 Análisis Económico**

#### **3.3.2.1 Viabilidad Económica**

Los servicios que ofrece GPON a través de fibra óptica, son la telefonía fija, el servicio de banda ancha para internet, y televisión. En este desglose puntual, específico marcas como Huawei, entre los proveedores Telecom Networks Americas, Nexus Technology de OPTRAL, con sus respectivos valores parciales y totales.

El diseño está proyectado para un total de 331 clientes y los que no adquirieron en un principio puedan obtener el servicio cancelando los valores respectivos de instalación, sólo 273 usuarios siendo el 82,38% aceptaron invertir en el proyecto; el valor total de instalación es dividido para dicha cantidad de clientes.

<b>EQUIPOS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>V. Unit</b>	<b>Valor</b>
SPLITTER GPON Huawei Serie SPL9101 1x32	U	11	\$ 674,00	\$ 7.414,00
SPLITTER GPON Huawei Serie SPL9101 2x4	U	3	\$ 490,18	\$ 1.470,54
ONT HG8245	U	273	\$ 98,00	\$ 26.754,00
FDH	U	1	\$ 417,00	\$ 417,00
Caja de fibra óptica mural 1x4	U	3	\$ 87,00	\$ 261,00
Roseta Óptica 02SC/LCD 1x4	U	91	\$ 10,00	\$ 910,00
Fibra Monomodo Óptica	M	4878	\$ 1,60	\$ 7.804,80
Cable Drop Fibra óptica	M	1655	\$ 1,60	\$ 2.648,00
<b>Valor Total</b>				<b>\$ 47.679,34</b>

**Tabla 3.4: Costo Total de Equipos**  
**Autor: Andrea Lalangui Mejía**

<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>V. Unit</b>	<b>Valor</b>
Codos PVC 110mm	U	25	\$ 2,50	\$ 62,50
Tubería PVC 110mm	M	5000	\$ 4,46	\$ 22.283,33
<b>Valor Total</b>				<b>\$ 22.345,83</b>

**Tabla 3.5: Costo total de Materiales**  
**Autor: Andrea Lalangui Mejía**

<b>INSTALACIONES Y PRUEBAS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>V. Unit</b>	<b>Valor</b>
Costo Empalme de cable Drop	U	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Costos Instalación de la fibra óptica (Figura 4.5: Distribución de la Red GPON)	M	4878	\$ 0,40	\$ 1.951,20
Pruebas de Fibra Óptica		1	\$ 776,40	\$ 776,40
Costo de trabajo de ducteria (Figura 4.6: Diseño de la Red GPON)	M	5000	\$ 15,02	\$ 9.387,50
<b>Valor Total</b>				<b>\$ 13.115,10</b>

**Tabla 3.6: Costo total de Instalaciones y pruebas**  
**Autor: Andrea Lalangui Mejía**

En la Tabla 3.6 se indica el costo de instalación de ductería donde se va a picar el concreto, escavar 40cmx20cm, instalación de la tubería PVC y su debida restructuración.

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>V. Unit</b>	<b>Valor</b>
Costos de Materiales	U	1	\$ 1.000,00	\$ 22.345,83
Costos de Equipos	M	4878	\$ 0,40	\$ 47.679,34
Costos Instalación y pruebas		1	\$ 776,40	\$ 13.115,10
<b>Valor Total</b>				<b>\$ 83.140,27</b>

*Tabla 3.7: Costo total del Proyecto  
Autor: Andrea Lalangui Mejía*

<b>GASTOS GENERALES ANUALES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Gastos Variables</b>	
<b>Servicio Triple Play</b>	\$ 108.961,40
<b>Sueldo Técnico</b>	\$ 8.496,00
<b>Gastos Fijos</b>	
<b>Mantenimiento</b>	\$ 2.840,00
<b>Total</b>	<b>\$ 120.297,40</b>

*Tabla 3.8: Gastos Generales Anuales  
Autor: Andrea Lalangui Mejía*

Se puede observar en la Tabla 3.8 el detalle de los gastos variables y fijos que se generan al año; cuyo valor los abonados van a cancelar mensualmente al administrador el primer día de cada mes.

<b>Costo de Operación Anual</b>	
Descripción	Valor
Costos Variables	
Varios e imprevistos	\$ 1.500,00
Costos Fijos	
Depreciación activos	\$ 13.962,26
<b>Total</b>	<b>\$ 15.462,26</b>

**Tabla 3.9: Costo de Operación Anual**  
**Autor: Andrea Lalangui Mejía**

<b>Justificación de Ingresos</b>	
Descripción	Valor Anual
Internet	\$ 20.311,20
Telefonía	\$ 58.968,00
Televisión	\$ 117.936,00
<b>Total</b>	<b>\$ 197.215,20</b>

**Tabla 3.10: Justificación de Ingresos**  
**Autor: Andrea Lalangui Mejía**

En la Tabla 3.10 se indica los valores de Internet, Telefonía y Televisión de acuerdo al ancho de banda que va a recibir cada abonado.

<b>ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS</b>					
<b>10% anual sobre todos los costos y gastos</b>					
<b>Detalle</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
<b>Ingresos</b>	\$ 197.215,20	\$ 216.936,72	\$ 238.630,39	\$ 262.493,43	\$ 288.742,77
<b>Costos de Operación</b>	\$ 15.462,26	\$ 17.008,49	\$ 18.709,33	\$ 20.580,27	\$ 22.638,29
<b>Variables</b>	\$ 1.500,00	\$ 1.650,00	\$ 1.815,00	\$ 1.996,50	\$ 2.196,15
<b>Fijos</b>	\$ 13.962,26	\$ 15.358,49	\$ 16.894,33	\$ 18.583,77	\$ 20.442,14
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>\$ 181.752,94</b>	<b>\$ 199.928,23</b>	<b>\$ 219.921,06</b>	<b>\$ 241.913,16</b>	<b>\$ 266.104,48</b>
<b>Gastos de Operación</b>	\$ 120.297,40	\$ 132.327,14	\$ 145.559,85	\$ 160.115,84	\$ 176.127,42
<b>Variables</b>	\$ 117.457,40	\$ 129.203,14	\$ 142.123,45	\$ 156.335,80	\$ 171.969,38
<b>Fijos</b>	\$ 2.840,00	\$ 3.124,00	\$ 3.436,40	\$ 3.780,04	\$ 4.158,04
<b>Utilidad Operacional</b>	<b>\$ 61.455,54</b>	<b>\$ 67.601,10</b>	<b>\$ 74.361,21</b>	<b>\$ 81.797,33</b>	<b>\$ 89.977,06</b>
<b>Gastos Financieros</b>					
<b>Amortización Inv. Propia</b>	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05
<b>Total Gastos Financieros</b>	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05
<b>Utilidad del Ejercicio</b>	<b>\$ 44.827,49</b>	<b>\$ 50.973,04</b>	<b>\$ 57.733,15</b>	<b>\$ 65.169,27</b>	<b>\$ 73.349,01</b>
<b>(- 15% Utilidades)</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Líquida</b>	<b>\$ 44.827,49</b>	<b>\$ 50.973,04</b>	<b>\$ 57.733,15</b>	<b>\$ 65.169,27</b>	<b>\$ 73.349,01</b>
<b>(- Impuesto a la Renta)</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$ 44.827,49</b>	<b>\$ 50.973,04</b>	<b>\$ 57.733,15</b>	<b>\$ 65.169,27</b>	<b>\$ 73.349,01</b>
<b>Total Renta /Ingresos</b>	<b>22,73%</b>	<b>23,50%</b>	<b>24,19%</b>	<b>24,83%</b>	<b>25,40%</b>
<b>Total Renta / Inversion T.</b>	<b>53,92%</b>	<b>61,31%</b>	<b>69,44%</b>	<b>78,38%</b>	<b>88,22%</b>

*Tabla 3.11: Estado de Pérdida y Ganancia  
Autor: Andrea Lalangui Mejía*

<b>Flujo de Caja y Valor Actual VA</b>							
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN
<b>Ingresos</b>		\$ 197.215,20	\$ 216.936,72	\$ 238.630,39	\$ 262.493,43	\$ 288.742,77	\$ 1.204.018,52
<b>Costos Operativos Anuales</b>							
<b>Costos Variables</b>		\$ (1.500,00)	\$ (1.650,00)	\$ (1.815,00)	\$ (1.996,50)	\$ (2.196,15)	\$ (9.157,65)
<b>Gastos Variables</b>		\$ (117.457,40)	\$ (129.203,14)	\$ (142.123,45)	\$ (156.335,80)	\$ (171.969,38)	\$ (717.089,16)
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>\$ 78.257,80</b>	<b>\$ 86.083,58</b>	<b>\$ 94.691,94</b>	<b>\$ 104.161,13</b>	<b>\$ 114.577,25</b>	<b>\$ 477.771,71</b>
<b>Impuesto a la Renta</b>		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>\$ 78.257,80</b>	<b>\$ 86.083,58</b>	<b>\$ 94.691,94</b>	<b>\$ 104.161,13</b>	<b>\$ 114.577,25</b>	<b>\$ 477.771,71</b>
<b>Depreciación Total</b>		\$ 13.962,26	\$ 13.962,26	\$ 13.962,26	\$ 13.962,26	\$ 13.962,26	\$ 69.811,30
<b>Inversión Propia</b>	\$ (83.140,27)	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ 16.628,05	\$ -
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ (83.140,27)</b>	<b>\$ 47.667,49</b>	<b>\$ 55.493,27</b>	<b>\$ 64.101,63</b>	<b>\$ 73.570,82</b>	<b>\$ 83.986,93</b>	<b>\$ 547.583,01</b>

**Tabla 3.12: Flujo de Caja y Valor Actual VA**

**Autor: Andrea Lalangui Mejía**

$$VAN = Inversión + VNA(I; E_1; En)$$

$$VAN = (83.140,27) + VNA (0,10; 47.667,49; 55.493,27; 64.101,63; 73.570,82; 83.986,93)$$

$$VAN = \$156.615,65$$

$$TIR = TIR ( (83.140,27): 47.667,49: 55.493,27: 64.101,63: 73.570,82: 83.986,93)$$

$$TIR = 63\%$$

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{ING}}$$

<i>CF= Costo Fijo</i>
<i>CV = Costo Variable</i>
<i>ING= Ingresos</i>

$$PE = \frac{13.962,26}{1 - \frac{1500}{47.667,49}}$$

$$PE = \$ 14.415,90$$

<b>VAN</b>	<b>\$</b>	<b>156.615,65</b>
<b>TIR</b>		<b>63%</b>
<b>PE</b>	<b>\$</b>	<b>14.415,90</b>

*Tabla 3.13: VAN, TIR, PE  
Autor: Andrea Lalangui Mejía*

En la Tabla 3.13 que el VAN es mayor a la inversión inicial, la TIR tiene un 63% de rentabilidad indicando que el proyecto es factible según los datos obtenidos, para la instalación en un corto plazo.

### 3.3.3 Análisis Operativo

Una vez presentado el análisis técnico continuaremos con la realización del análisis operativo, cuyo resultado reflejará el grado de aceptación de la Red con tecnología GPON.

Para sustentar si el proyecto es factible operativamente se midió el grado de aceptación mediante encuestas realizadas a los residentes de la Ciudadela Punta Carnero, dicha encuesta está basada en 7 preguntas de tendencia cerrada, se efectúan las respectivas comparaciones entre las preguntas obteniendo un resultado final y así determinando la acogida necesaria del proyecto.

#### 3.3.3.1 Población y Muestra

##### Población

En este estudio tomare como población a las diferentes familias que radican en la ciudadela ya mencionada.

INFORMANTES	CANTIDAD
Familias	331
<b>Total de Población</b>	331

*Tabla 3.14: Población  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

##### Muestra

Para obtener el tamaño de las muestra familiares que deben ser encuestadas, utilizaremos la técnica de muestreo aleatorio simple que permite dividir la población en subgrupos, obteniendo los

sujetos más representativos para obtener una información más relevante;

Aplicaré la siguiente formula:

$$n = \frac{N}{e^2(N - 1) + 1}$$

Dónde:

N=Tamaño de la población,

e= Error de estimación, 5%

n= Tamaño de la muestra.

$$n = \frac{331}{0,05^2(331 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{331}{1,825}$$

$$n = 181,47$$

El tamaño real de la muestra es de 181 familias, pero para obtener un menor margen porcentual de error se tomó una muestra de 200 familias.

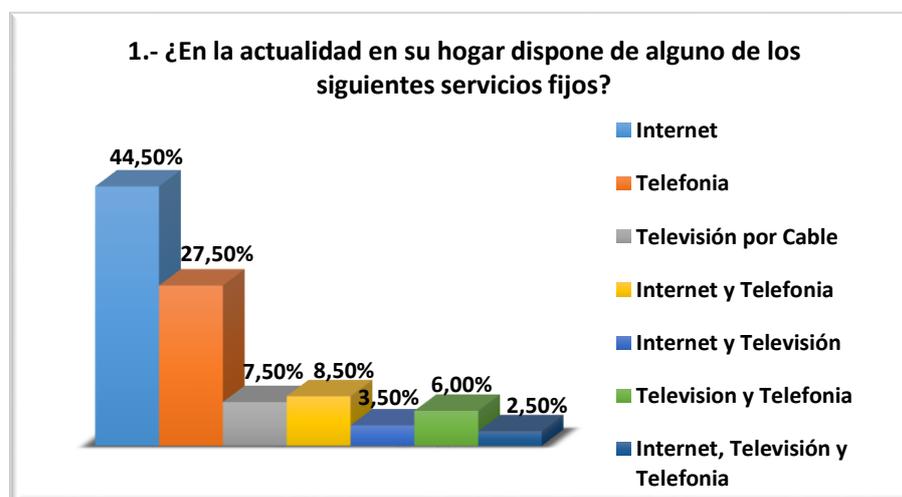
### **3.3.3.2 Análisis e interpretación de la encuesta**

Realizaré el análisis y la interpretación del resultado obtenido por medio de mi encuesta, tomando en consideración el nivel consumista de internet y requerimientos de una red con tecnología GPON.

**Primera Pregunta:** En la actualidad en su hogar ¿dispone de alguno de los siguientes servicios fijos?

1.- En la actualidad en su hogar ¿dispone de alguno de los siguientes servicios fijos?		
Internet	44,50%	89
Telefonía	27,50%	55
Televisión sistema de Cable	7,50%	15
Internet y Telefonía	8,50%	17
Internet y Televisión	3,50%	7
Televisión y telefonía	6,00%	12
Internet, Telefonía y televisión	2,50%	5
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>

*Tabla 3.15: Pregunta 1  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*



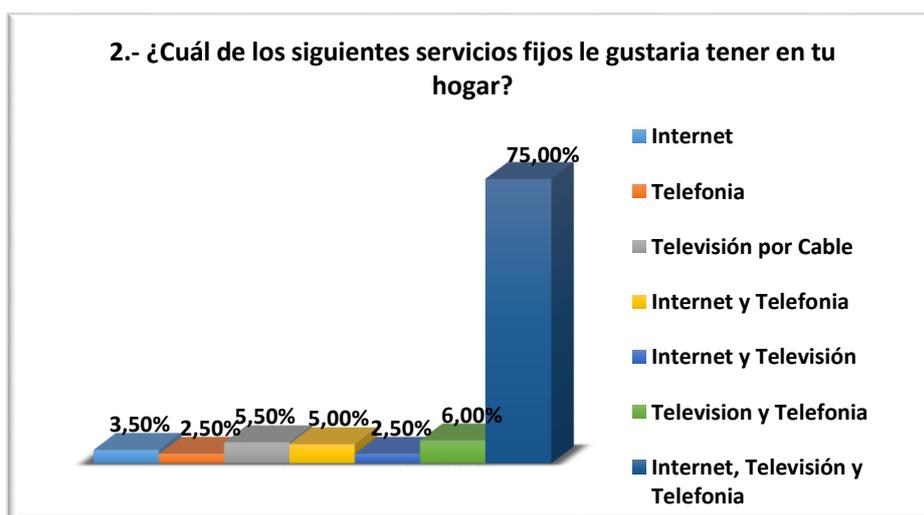
*Figura 3.15: Pregunta 1  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

**Análisis:** El 44,5% de encuestados utilizan internet fijo en sus hogares, que el 27,5% cuentan con telefonía fija y el 7,5% con servicio de televisión por cable. Una minoría usa más de un servicio, y que solo el 2,5% utiliza los tres servicios, dando como resultado que se debe fomentar el uso múltiple de servicios ofrecidos por la Red Gpon.

**Segunda Pregunta:** ¿Cuál de los siguientes servicios fijos le gustaría tener en tu hogar?

2.- ¿Cuál de los siguientes servicios fijos le gustaría tener en tu hogar?		
Internet	3,50%	7
Telefonía	2,50%	5
Televisión por Cable	5,50%	11
Internet y Telefonía	5,00%	10
Internet y Televisión	2,50%	5
Televisión y Telefonía	6,00%	12
Internet, Televisión y Telefonía	75,00%	150
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>

*Tabla 3.16: Pregunta 2  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*



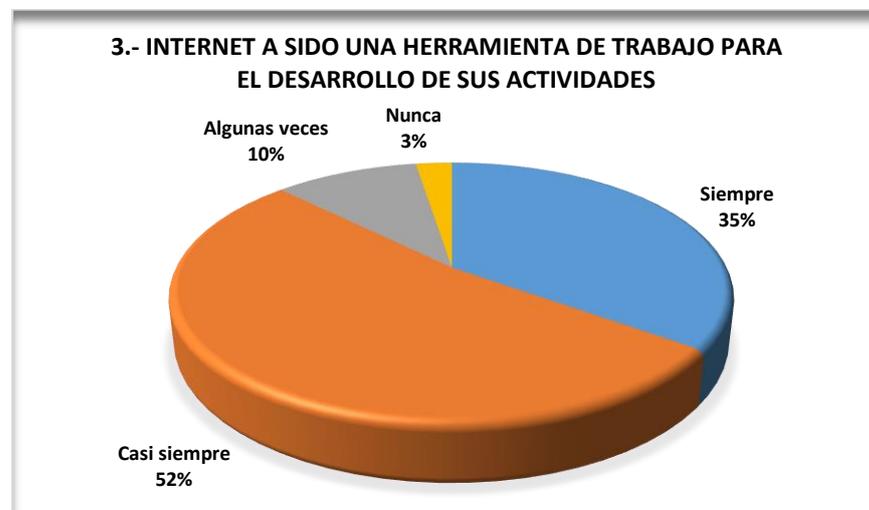
*Figura 3.16: Pregunta 2  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

**Análisis:** Como podemos observar en el gráfico estadístico esta pregunta nos revelo que el 75% de los usuarios le gustaría tener los tres servicios fijos en su hogar, indicándonos que los hogares si tienen la necesidad de tener una tecnología triple play.

**Tercera Pregunta:** Internet ha sido una herramienta de trabajo para el desarrollo de sus actividades

3.- Internet ha sido una herramienta de trabajo para el desarrollo de sus actividades		
Siempre	35,00%	70
Casi siempre	52,50%	105
Algunas veces	10,00%	20
Nunca	2,50%	5
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>

**Tabla 3.17: Pregunta 3**  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía



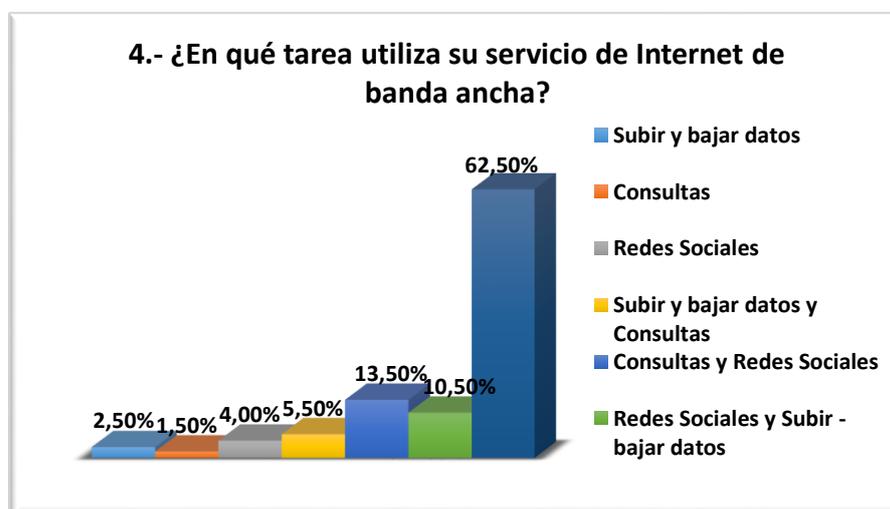
**Figura 3.17: Pregunta 3**  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía

**Análisis:** Por medio de esta pregunta se ha determinado que el internet se ha convertido en una herramienta indispensable como soporte en el desarrollo de las actividades del usuario, una 32% y un 52,5% de los usuarios usan siempre y casi siempre respectivamente en internet.

**Cuarta Pregunta:** ¿En qué tarea utiliza su servicio de Internet de banda ancha?

4.- ¿En qué tarea utiliza su servicio de Internet de banda ancha?		
Subir y bajar datos	2,50%	5
Consultas	1,50%	3
Redes Sociales	4,00%	8
Subir y bajar datos y Consultas	5,50%	11
Consultas y Redes Sociales	13,50%	27
Redes Sociales y Subir - bajar datos	10,50%	21
Subir y bajar datos, Consultas y Redes Sociales	62,50%	125
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>

*Tabla 3.18: Pregunta 4  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*



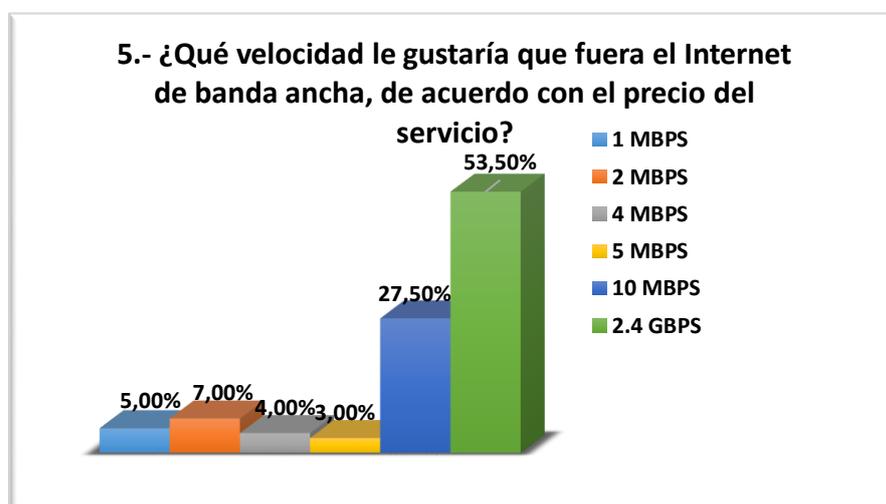
*Figura 3.18: Pregunta 4  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

**Análisis:** Como se pueden observar el 62,5% 125 personas Subir y bajar datos, Consultas y Redes Sociales; determinando que necesitan mayor velocidad en el servicio garantizar que sea óptimo y no carente siendo una pregunta importante para mi proyecto.

**Quinta Pregunta:** ¿Qué velocidad le gustaría que fuera el Internet de banda ancha, de acuerdo con el precio del servicio?

5.- ¿Qué velocidad le gustaría que fuera el Internet de banda ancha, de acuerdo con el precio del servicio?		
1 MBPS	5,00%	10
2 MBPS	7,00%	14
4 MBPS	4,00%	8
5 MBPS	3,00%	6
10 MBPS	27,50%	55
2.4 GBPS	53,50%	107
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>

*Tabla 3.19: Pregunta 5  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*



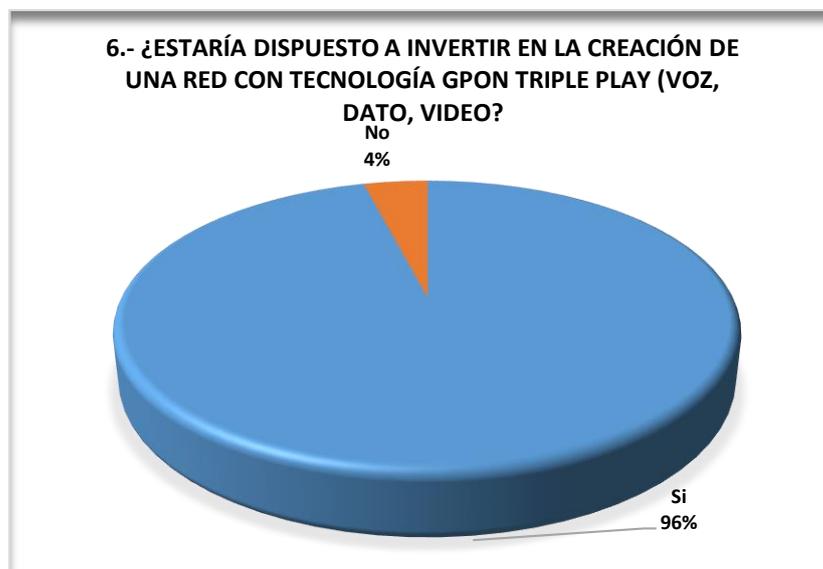
*Figura 3.19: Pregunta 5  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

**Análisis:** El 53.5% de los encuestados solicitan que la velocidad de Internet corporativo de banda ancha sea a nivel de los Gbps, porque además de subir y bajar información también se conectan en tiempo real generando un ancho de banda mayor.

**Sexta Pregunta:** ¿Estaría dispuesto a invertir en la creación de una red con tecnología GPON triple play (voz, dato, video)?

6.- ¿Estaría dispuesto a invertir en la creación de una red con tecnología GPON triple play (voz, dato, video)?		
Si	96,00%	192
No	4,00%	8
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>

**Tabla 3.20: Pregunta 6**  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía



**Figura 3.20: Pregunta 6**  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía

**Análisis:** Se muestra que un 96% de los encuestados está interesado actualmente en la Tecnología GPON al darse cuenta que la tecnología avanza desean estar a la par, haciendo posible la creación de la Red.

**Séptima Pregunta:** ¿Le gustaría que una misma empresa le ofrezca los 3 servicios (telefonía, internet y televisión)?

7.- ¿Le gustaría que una misma empresa le ofrezca los 3 servicios (telefonía, internet y televisión)?		
Si	88,50%	177
No	11,50%	23
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>200</b>

*Tabla 3.21: Pregunta 7  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

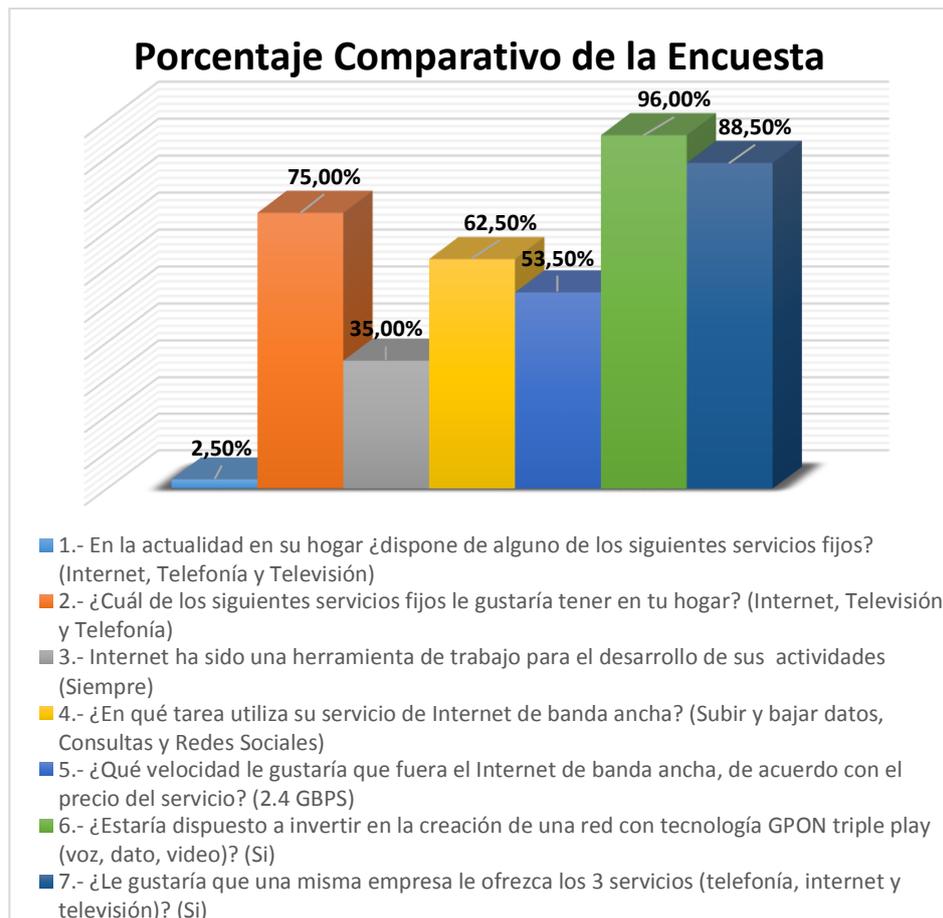


*Figura 3.21: Pregunta 7  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía*

**Análisis:** Como se puede observar en la Tabla 3.21 el 88,5% está de acuerdo con adquirir el servicio de una misma empresa, sin tener la necesidad de andar contratando cada servicio a proveedores diferentes, de esta forma se garantiza un mejor servicio.

### 3.3.3.3 Análisis Comparativo

Para obtener el resultado final se compararon las 7 preguntas que están dentro de la encuesta como se puede observar en la Figura 3.22: **Porcentaje Comparativo de la Encuesta**. Se utilizaron los valores más relevantes sin desmerecer a la minoría.



**Figura 3.22: Porcentaje Comparativo de la Encuesta**  
Elaborado por: Andrea Lalangui Mejía

Dando como resultado que el 2,5% de los residentes de la ciudadela poseen los tres servicios (internet, televisión y telefonía) por que hasta el momento ningún proveedor ha tomado en cuenta la necesidad que tienen ellos, al analizar la segunda pregunta el 75% de los residentes les gustaría tener un servicio triple play ya que el 35% de ellos siempre están conectados a internet así cómo

el 62,5% utiliza el servicio para diferentes actividades generando un mayor ancho de banda de 2.4Gbps permitiéndoles conectarse en tiempo real, además otorgando un servicio de televisión HD con todos los beneficios que ofrece triple play el 96% de los encuestados están dispuestos a invertir en el proyecto y el 88,5% quieren que el servicio sea ofrecido por un solo proveedor para evitar contratiempo y así tener un servicio de alta calidad.

Con los datos obtenidos en la encuesta me da como resultado que el proyecto es factible en análisis operativo; como resultado final el Diseño de la Red de factible técnica, económica y operativa y siendo de forma inmediata implementado.

# **CAPÍTULO IV**

## **DISEÑO**

### **4 DISEÑO**

En este capítulo se mostrara el diseño de la Red, tipo de topología y la ubicación de los elementos para la Ciudadela, adaptándose a las necesidades y requerimientos de mi proyecto.

## **4.1 DISEÑO DE RED**

Para el diseño de la red utilice la normativa ITU-T G984 que es la encargada de la red óptica pasiva que soporta anchos de bandas hasta de 2,4Gbps y es lo que se necesita para tener una tecnología de punta en la Ciudadela, además que minimiza los gastos operativos y de inversión; antes de la elaboración se debe realizar lo siguiente:

- ✓ Tipo de Red que utilizare en el Diseño
- ✓ Tipo de Topología para la Red
- ✓ Tipo de Fibra
- ✓ Diseño de la ubicación de los Splitters
- ✓ Diseño de la ubicación de las ONTs
- ✓ Tipo de red adecuada para el diseño.
- ✓ Topología que se emplea en la red
- ✓ El tipo de cableado a usarse (fibra óptica, cable droop).
- ✓ Donde se ubicaran los equipos

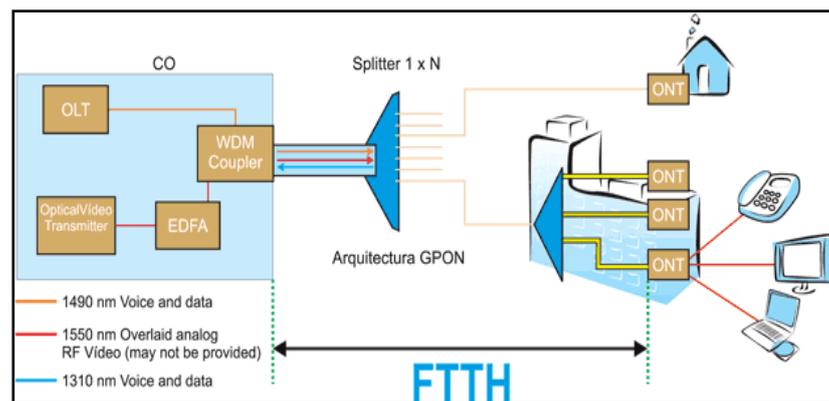
### **4.1.1 Tipo de Red que se utilizará en el diseño**

Gracias a que la fibra óptica tiene una capacidad de hasta 2,4Gbs obteniendo una confiabilidad para mi proyecto, permite que use una red óptica para el diseño; de esta manera puedo ofrecer un servicio triple play a los usuarios de la ciudadela; para tomar esta decisión revise detenidamente el resultado que arrojó la encuesta realizada a los usuarios que se detalla en el capítulo anterior.

Llegando a la conclusión que la arquitectura que se ajusta a mi diseño es FTTH porque está dirigido a usuarios residenciales.

Además voy a utilizar la red FTTH porque me genera una gran ventaja y es la de no usar equipos activos más solo los que están ubicados en los extremos de la OND como lo he descrito en el capítulo dos, por consecuente es más sencilla y el riesgo de fallo disminuye sin dejar a un lado que el mantenimiento es sumamente bajo en comparación a otras redes.

El nivel de división que se emplea en la práctica y se lo considerara en el este proyecto es de 2xn - 1xn, que depende de cuantos clientes se tenga en cada sección de las diferente bloques.



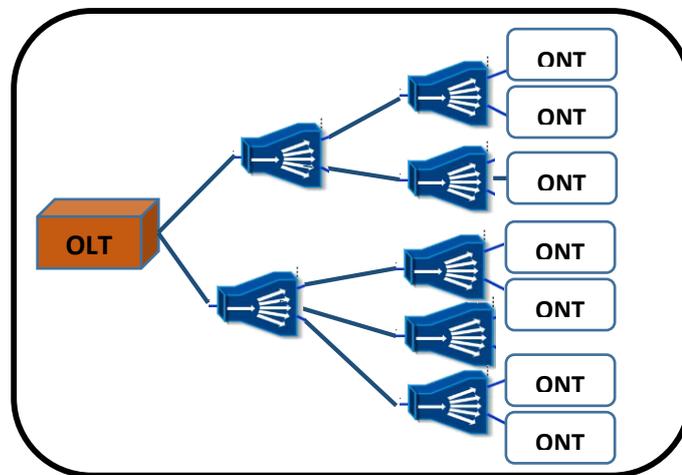
**Figura 4.1: RED FTTH**  
**Fuente: (Rodríguez, 2010)**

## 4.1.2 Tipo De Topología De La Red

### 4.1.2.1 Árbol

El tipo de topología que voy a utilizar en mi diseño es la de árbol ya que esta me permite usar una conexión en el nodo central

(OLT) y de ahí al FDH con el splitter principal que reparte la señal y la envía a los splitters secundarios y al final a los destinatarios que son las ONTs como se muestra en la Figura 4.2.



**Figura 4.2: Topología Árbol**  
 Autor: Andrea Lalangui Mejía

### 4.1.3 Banda Ancha

De acuerdo a la norma UIT-T G984, G652 y ETSI que utilizo para la Red, me indica cual es el ancho de banda que necesito para los servicios Triple Play de la Red GPON.

TRANSPORT			FTTH		
			PON		
Bandwidth (Mbps)	Max	Down <sup>1</sup>	BPON	GPON	EPON
					155.52 622.08 1244.16
	Shared	1X16			80
	1X32	20 at 622 40 at 1244.16	40 at 1244.16 80 at 24488.32	40	
Max. Reach			20		10 20 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Upstream (3 types): 1) 1.6 – 2.3 Mbps  
 2) 19.2 Mbps  
 3) Symmetric

<sup>2</sup>With FEC<sup>15</sup>

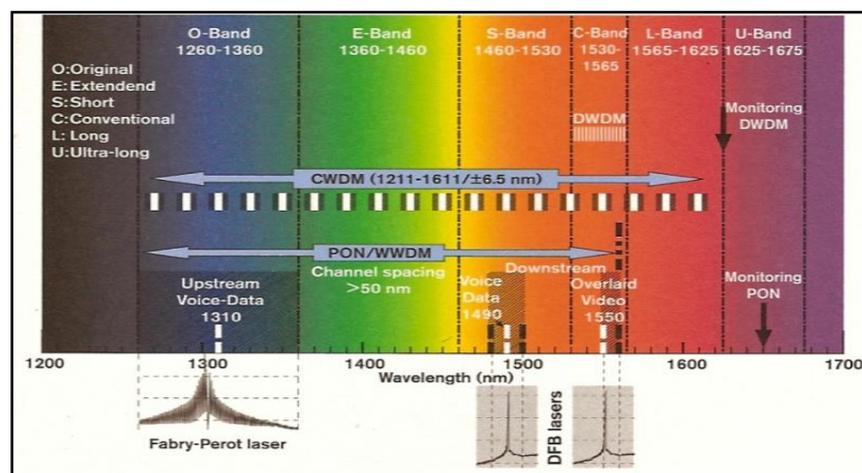
**Tabla 4.1: Transporte de acceso a Banda Ancha**  
 Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

<sup>15</sup> FEC (Forward Error Correction) Se encarga de la corrección en el receptor sin que se vuelva a transmitir la información original

La Tabla 4.1 indica el transporte de ancho de banda de subida y bajada de acuerdo a la distancia para el acceso a las aplicaciones, ya se la cantidad de información que se transporta o la velocidad en que se desplaza.

#### 4.1.3.1 Longitud de Onda FTTH PON

En la Figura 4.3 se puede observar la longitud de onda asignada para redes PON de acuerdo a ITU-T G983.3, la OLT tiene una transmisión de bajada de voz y datos de subida de 1490nm; mientras que la ONT usa longitud de onda de 1550nm que es para voz y datos de subida; por medio de WWDM<sup>16</sup> se puede transmitir de manera bidireccional sin que haya interferencia en una misma fibra, además en la figura se observan las longitudes de onda de CWDM, DWDM, WWDM PON con sus respectivos nombre y rangos. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2014)



**Figura 4.3: Asignación Longitud de Onda FTTH PON**  
 Fuente: (Ignacio Piera, Clara Díaz, Alberto Usero, 2012)

<sup>16</sup> WWDM Multiplexación por división de longitud de onda ancha

En la IPTV se diferencian dos tipos de canales, el estándar SDTV o de alta definición HDTV. Necesitando una conexión de 1.5 Mbps para la estándar y 8.1 Mbps para un canal HD.

#### **4.1.4 Ubicación De Los Elementos De La Red**

##### **4.1.4.1 Ubicación de los SPLITTER**

En el diseño los splitters principales estarán ubicados en el ODF que se encuentra cerca de la garita a unos 15mt del primer splitter y de esta manera quedando en un punto estratégico.

##### **4.1.4.2 Ubicación de las ONT**

Las ONTs van estar ubicadas dentro del hogar (a cinco metros de distancia entre la roseta óptica) y van a dar servicio triple play por medio de fibra óptica, se las ubico ahí para no tener inconvenientes con el diseño y la estética de la urbanización; además beneficiará en los costos ya que los ONTs Indoor son más económicos, si el cliente desea que se ubique la ONT en un lugar más distante o en la planta alta tendrá que cancelar un valor adicional. Utilice el programa AutoCAD 2013 para el diseño de la ubicación basándome en la infraestructura de uno de los modelos de las casas de la ciudadela.

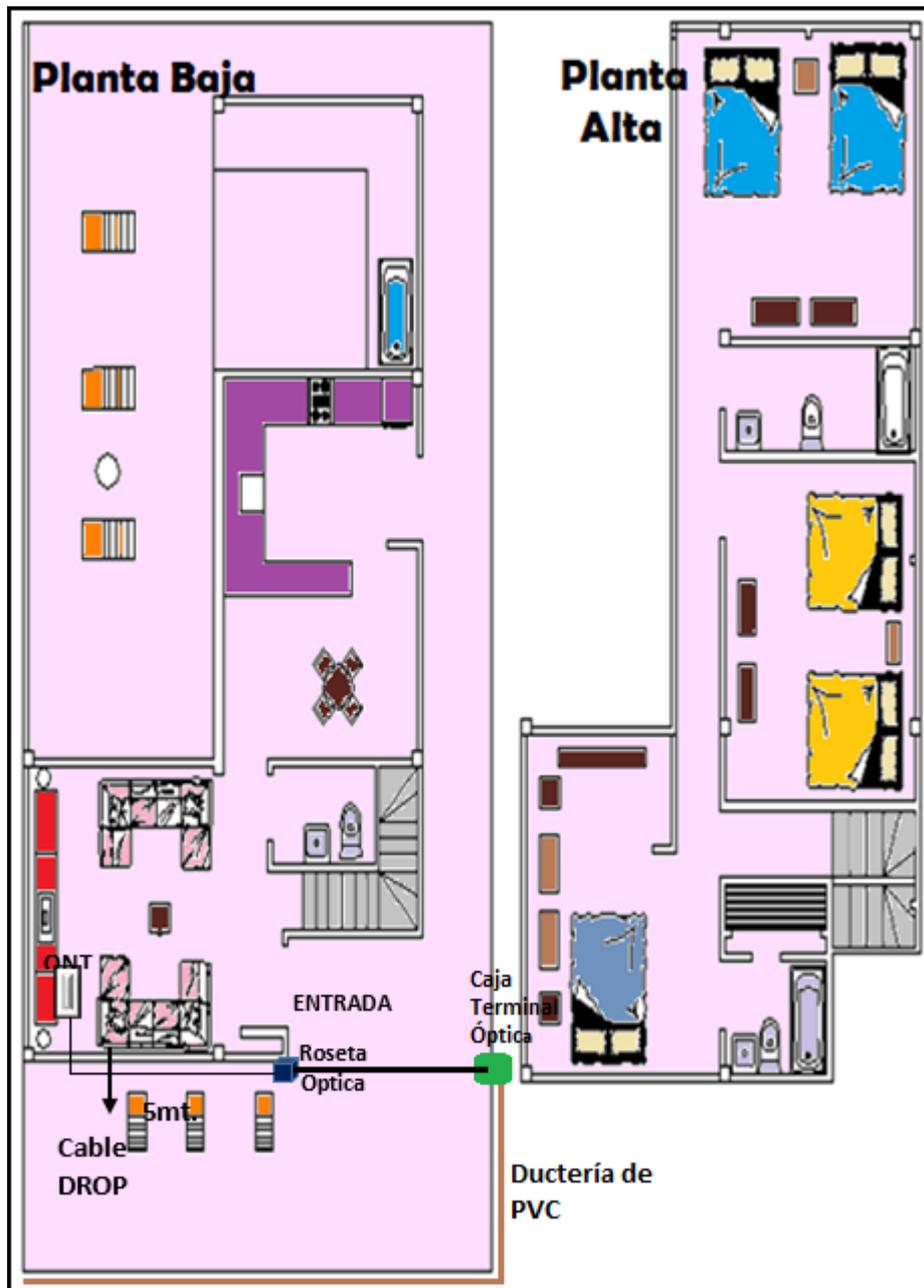


Figura 4.4: Ubicación de la ONT  
Fuente: Diseño de Tesis

## **4.2 DISEÑO DISTRIBUTIVO DE LA RED**

Se basó el diseño distributivo de la red mediante la normativa ITU-T G.984 para redes de ópticas pasivas.

Utilice 3 splitter de 2x4 que serán los primarios se encuentran ubicados en el FDH para poder obtener una redundancia y que de esta manera sea tolerante a las fallas, y de esta manera no tener inconvenientes futuros en los se distribuirán para los splitters secundarios. Se requirieron 11 splitters secundarios de 1x32 para que la pérdida de inserción sea menor a 13,7db.

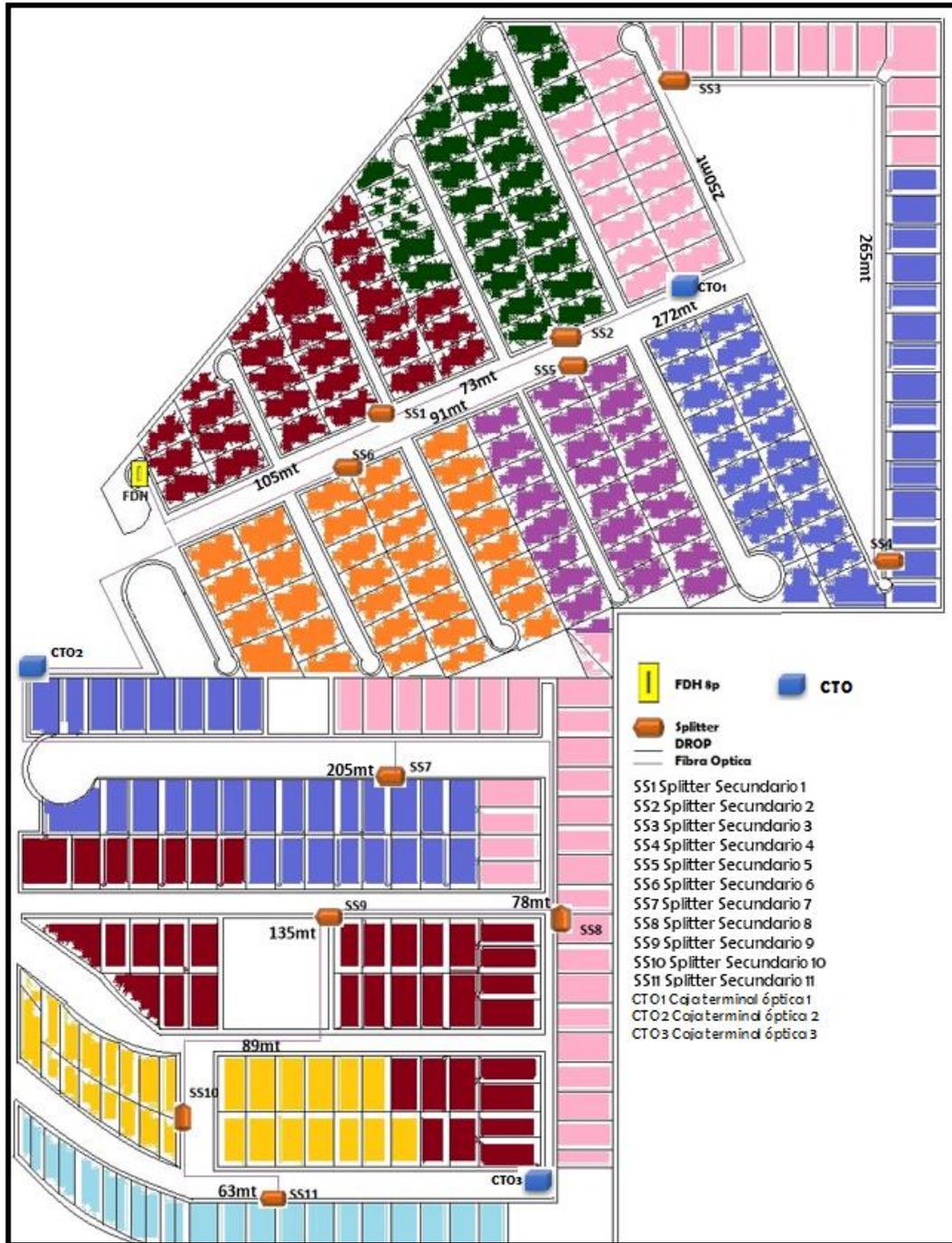
La siguiente Figura 4.5 muestra la división que va a tener la red que estará por bloques de A hasta S en los cuales se dividirán para la distribución de los Splitters 1xn con su respectiva roseta óptica; para ello se utilizó el programa Google Earth. Los costos de instalación están en la Tabla 3.6.



**Figura 4.5: Distribución de la Red GPON**  
**Autor: Diseño de Tesis**

Para el diseño completo de la distribución de la red se utilizó el programa Auto Cad 2013 en dos dimensiones (2D); en la Figura 4.6 se podrá observar las distancias entre ODF, Splitter 1xn las CTO y las ONT.

También se puede observar la fibra va a ser trasladada en la ducteria de PVC que se encontrará ubicada al lado de la tubería del agua potable debido a la estética que maneja la ciudadela; dicha tubería utiliza las Normativas INEN 1869 y 2227 cuyo nominal exterior se picará el concreto y excavará 40cm para colocar fibra óptica para ello se pidió permiso al administrador de la ciudadela dando el visto bueno; los costos de instalación se encuentran indicados en la Tabla 3.6: Costo total de Instalaciones y pruebas.



**Figura 4.6: Diseño de la Red GPON**  
 Fuente: Diseño de Tesis

# **CAPÍTULO V**

## **SIMULACIÓN**

### **5 SIMULACIÓN DE LA RED GPON FTTH**

#### **5.1 ANÁLISIS DE SIMULACIÓN**

Se debe tomar en cuenta cómo evoluciona a pasos agigantados la tecnología usada para implementar el servicio triple Play, para ello se cuenta con los modelos de Huawei que cumplen todas las especificaciones técnicas para implementar este servicio.

El uso de la fibra es fundamental para el soporte de triple play de mi proyecto, mediante esta se soporta altas tasas de transmisión, no se tendrá inconvenientes con escenarios de la naturaleza que afecten la transmisión de datos.

Es de suma importancia conocer la atenuación que tienen los elementos ya sean la de fábrica como la que se genera al momento de ubicarlos de acuerdo a la distancia.

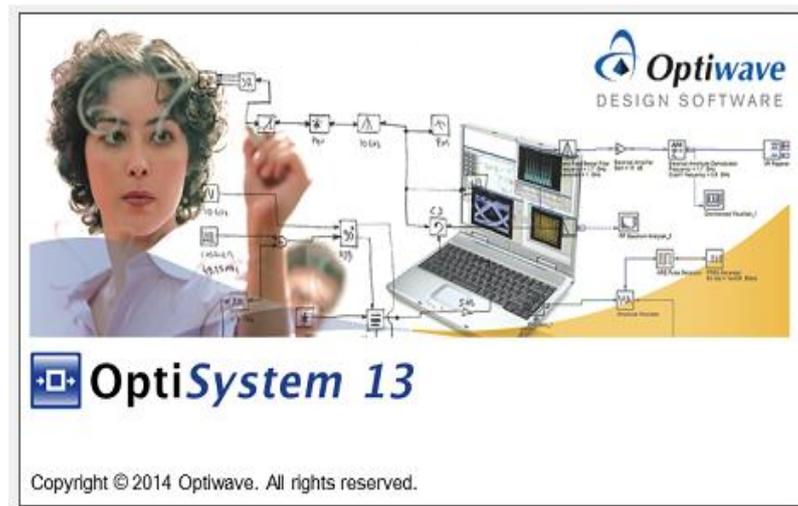
## **5.2 SIMULACIÓN**

Para el diseño de mi red es muy importante la realización de una simulación, de esta manera podré determinar los errores que puede tener y corregirlos de antemano garantizando un diseño confiable y eficiente para la ciudadela Punta Carnero; y así demostrar el estudio que se realizó en los capítulos anteriores del estándar ITU-T G984.

### **5.2.1 Simulador OPTISYSTEM**

Para la simulación de la red que diseñe, he utilizado el simulador OptiSystem 13.0 en modo de prueba que es un innovador software que permite al usuario la simulación de enlaces ópticos de diferentes redes que pueden ser LAN, MAN, WAN con distancias largas sobre todo se puede trabajar con redes ópticas pasivas como PON, GPON, EPON; en el cual se puede observar el análisis de los diferentes escenarios.

Es muy útil, se puede obtener un mejor enfoque en el rendimiento de la red, obteniendo las debilidades con las diferentes especificaciones de los parámetros y así poder optimizarla. Con este software mido el BER<sup>17</sup> y el Q-Factor para ver qué tan optima es la Red.



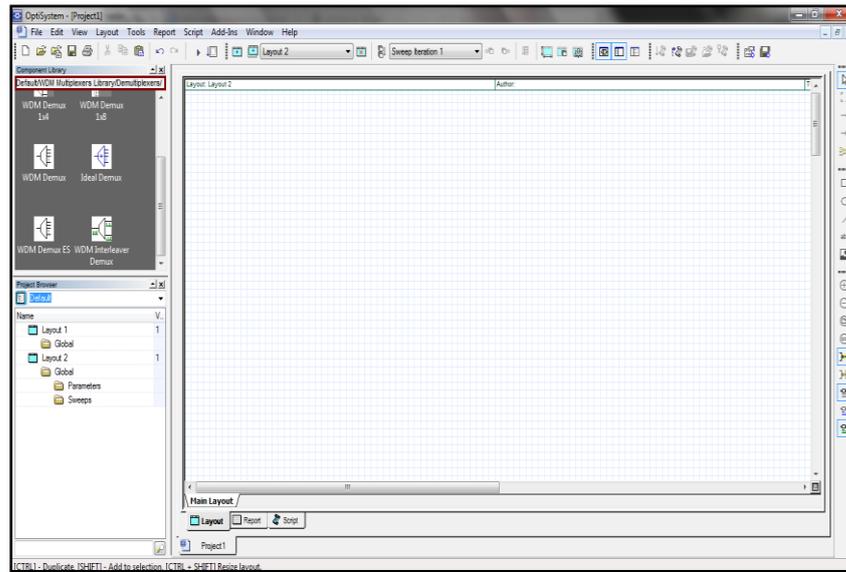
**Figura 5.1: OptiSystem 13.0 de Optiwave**  
**Fuente: [www.Optiwave.com](http://www.Optiwave.com)**

### 5.2.2 Entorno de Trabajo

El entorno de trabajo de OptiSystem es una interfaz gráfica en la cual se pueden realizar sistemas de red con sus respectivos subsistemas, en la biblioteca se puede encontrar los elementos ópticos y activos necesarios para la simulación completa de la red; en la Figura 5.2 se observa la hoja de trabajo que es muy amigable al usuario.

---

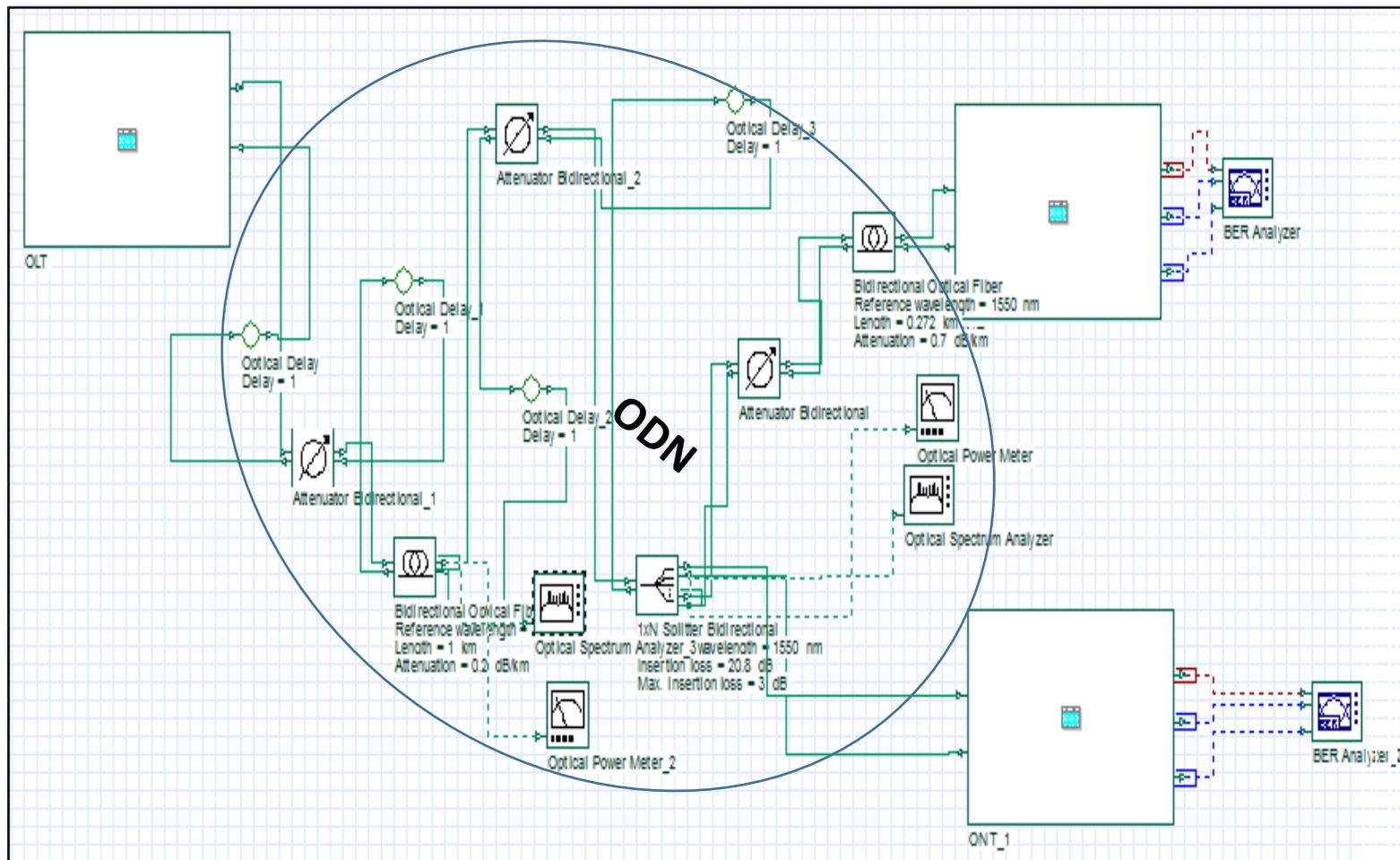
<sup>17</sup> BER (Bit Error Rate) Tasa de Error Binario, es usado para modelar el canal de comunicación



**Figura 5.2: Entorno de Trabajo de OptiSystem 13.0**  
**Fuente: OptiSystem**

### 5.2.3 Descripción de la Red GPON FTTH

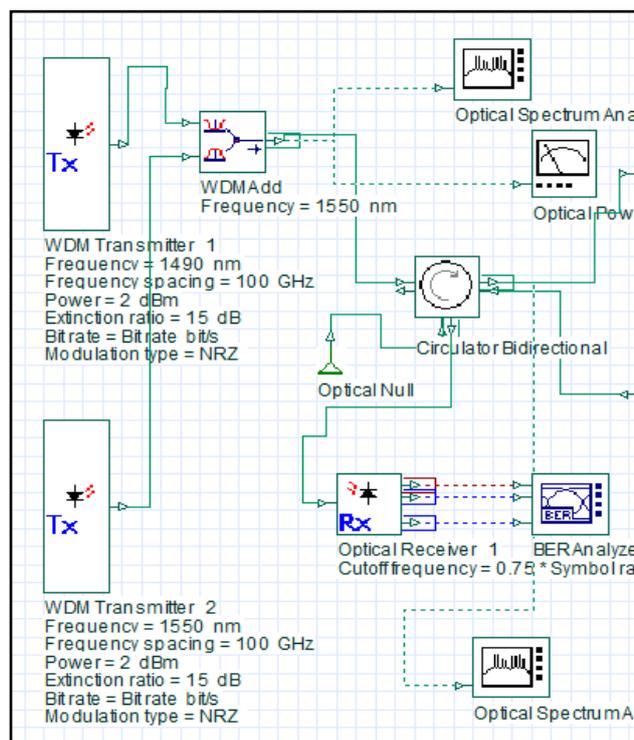
En la Figura 5.3 se puede observar los elementos que se utilizó para la simulación del diseño de la red que se han dividido en 3 módulos: en el primer módulo se encuentra la OLT (DSLAM se encuentra ubicado en el proveedor) es la encargada de la transmisión de información, el segundo módulo está la ODN es el medio de enlace en donde se encuentra el Splitter, el circuito de la fibra óptica a utilizar y por último el tercer módulo es la ONT que está ubicada en la casa del cliente y esta recepta la información que se le ha enviado.



**Figura 5.3: Descripción de la Red Gpon FTTH**  
 Autor: Tesis

### 5.2.4 Descripción de la OLT

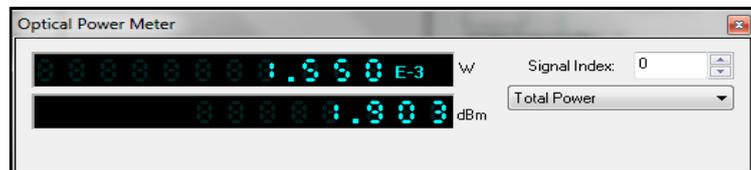
La Figura 5.4 muestra la descripción de los elementos usados en la OLT que se encuentra ubicada en el proveedor; se usaron dos transmisores ópticos WDM con dos longitudes diferentes una de 1490nm y la otra de 1550nm, la señal óptica de entrada es de 2dBm, la codificación es NRZ que se encarga de asignar “1” a la amplitud máxima y “0” a la amplitud mínima.



**Figura 5.4: Descripción de la OLT (DSLAM)**  
Autor: Tesis

Para que las dos señales diferentes 1490nm y 1550nm se puedan unir utilice WDM Add el cual se encarga de sumar señales, además la OLT tiene una atenuación propia que ha sido definida globalmente por lo cual no fue necesario atenuar WDM.

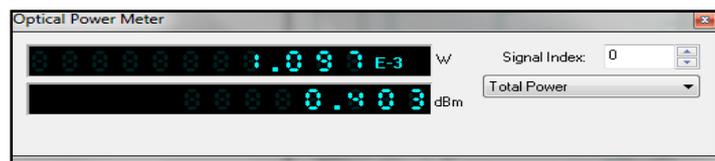
En la salida de WDM Add coloqué un Optical Power Meter para de esta manera poder visualizar mejor cual es la medida de potencia de WDM, en la Figura 5.5 se puede observar la medición que dio (1,903dBm).



**Figura 5.5: OPM en la salida de WDM Add**  
**Fuente: Tesis**

A la salida de WDM Add también coloqué un circulador óptico bidireccional que se encarga de la transmisión de subida y bajada que recorre la misma fibra óptica, si no es así no se puede recibir la señal de Voz (1310nm) que viene de la ONT; porque en una de las salida se coloca el receptor de Voz.

En una de las salidas del circulador coloque un Optical Power Meter de esta manera puedo adquirir la atenuación que efectúa el circulador óptico; en la Figura 5.6 se puede observar el valor de atenuación que es (0.403dBm).



**Figura 5.6: OPM en la salida del Circulador Óptico**  
**Fuente: Tesis**

AtCO: Atenuación del circulador óptico

Atent: Atenuación de entrada que viene de la salida de WDM

Atsal: Atenuación de salida que viene de la salida del circulador

$$AtCO = A_{tent} - A_{tsal}$$

$$AtCO = 1.903 \text{ dBm} - 0.403 \text{ dBm}$$

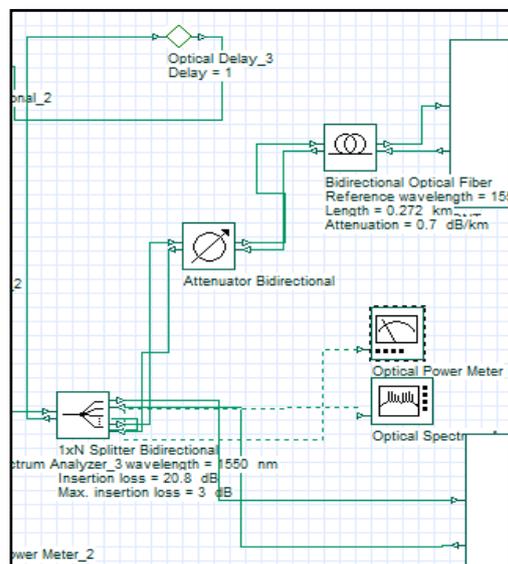
$$AtCO = 1.5 \text{ dBm}$$

### 5.2.5 Descripción de la OND

En la ODN se encuentra el enlace de la fibra óptica y splitter usados para el diseño de la red con sus respectivos medidores óptico de potencia y analizador óptico de espectro.

#### 5.2.5.1 Descripción del Splitter

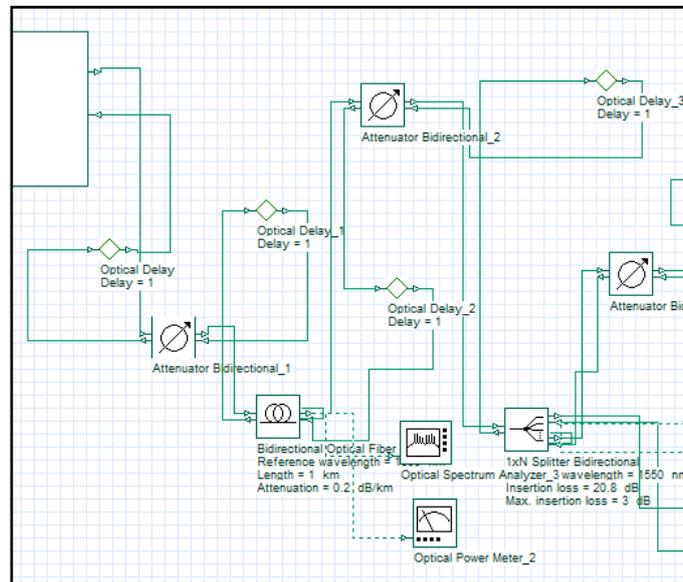
Para la simulación elegí un Splitter de 1x2 bidireccional con una atenuación de 17,1 dB dicho valor dado por el fabricante para un splitter de 1x32 en la Figura 5.7 se pueden observar las conexiones realizadas al medidor óptico de potencia y al analizador óptico de espectro.



**Figura 5.7: Descripción del Splitter**  
Autor: Tesis

### 5.2.5.2 Descripción de la Fibra Óptica

En la Figura 5.8 muestro que la fibra utilizada para la simulación que es monomodo guiándose con la norma G.652; en las entradas y salidas se colocan 2 atenuadores respectivamente.



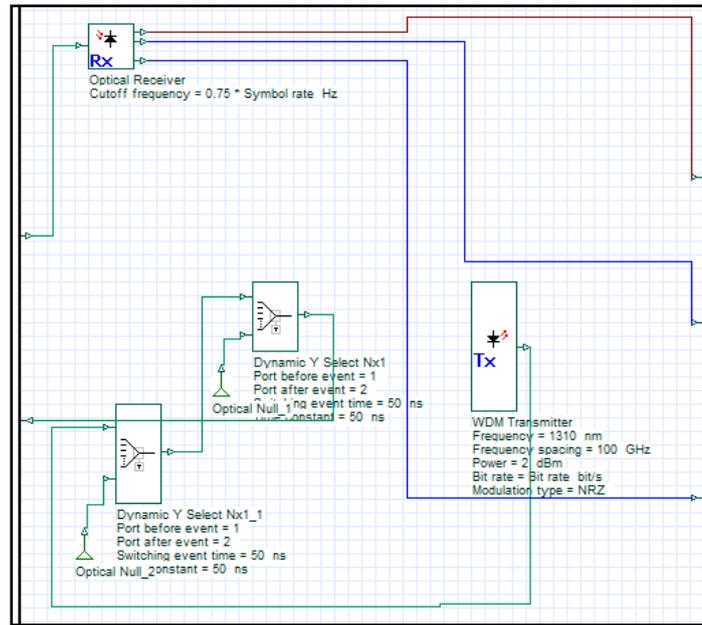
**Figura 5.8: Descripción de Fibra Óptica**  
Autor: Tesis

### 5.2.5.3 Descripción de la ONT

Consta de un receptor óptico, de un transistor WDM, dos seleccionadores dinámicos.

El receptor óptico está compuesto de un elemento fotodetector APD, una amplificación electrónica y un filtrado; consta de tres salidas la primera salida se encarga de la secuencia de bits que es la sincronización del sistema, la segunda de la referencia de la señal eléctrica que recibe de la entrada, en la tercera salida es comparada con la segunda que es para analizar el BER.

En la Figura 5.9 se puede observar la parte interna de la ONT y sus componentes.

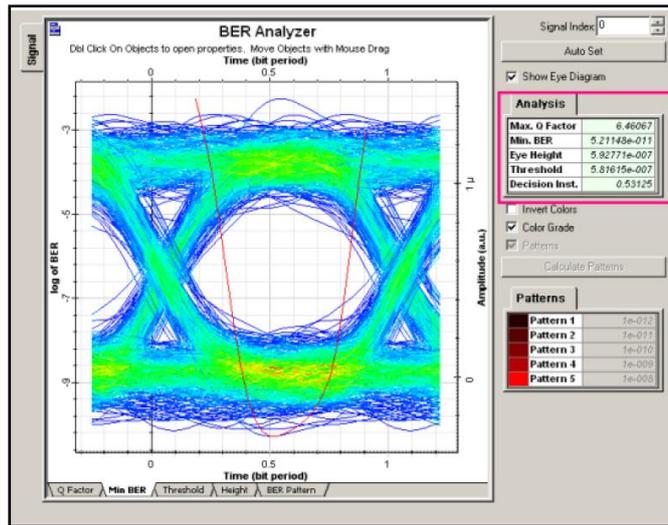


**Figura 5.9: Descripción Interna de la ONT**  
**Autor: Tesis**

### 5.2.6 Resultados de la Simulación

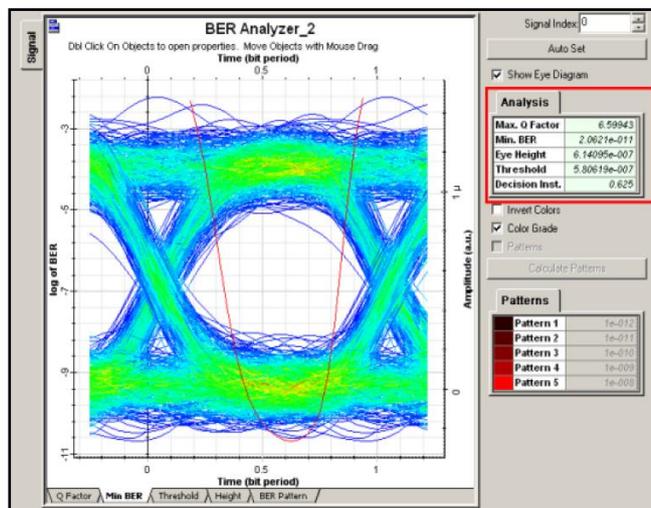
En la simulación de la ONT cercana a una distancia de 5 metros BER tiene un valor mínimo de  $5.23 \times 10^{-11}$  siendo menor al permitido de acuerdo a la recomendación ITU G983.2<sup>18</sup> que debe de ser  $10^{-7}$ ; además de los valores de calidad máxima, patrón de BER, umbral de decisión como se observa en la Figura 5.10.

<sup>18</sup> ITU G983.2 Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha (ITU-T, 2014)



**Figura 5.10: Simulación del BER en la ONT cercana**  
**Fuente: Tesis (OptiSystem)**

En la Figura 5.11 el BER mínimo es de  $2,06 \times 10^{-11}$  de la ONT se encuentra a 272m siendo la mas distante de la red aun sigue siendo menor a la recomendación ITU G983.2<sup>19</sup> que debe de ser  $10^{-7}$ , dando un resultado positivo que está dentro del rango para poder instalarla sin tener mayores problemas.



**Figura 5.11: Simulación del BER en la ONT lejana**  
**Fuente: Tesis (OptiSystem)**

<sup>19</sup> ITU G983.2 Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha (ITU-T, 2014)

### 5.3 EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS

Luego de haber realizado el estudio de la red Gpon para la ciudadela Punta Carnero de acuerdo a los parámetros realizados en la simulación, hecha la verificación de la hipótesis que propuse para este proyecto; se logra que al “diseñar una red con tecnología Gpon para servicio triple play” (variable independiente o causa), se “Logra el acceso a los servicios de Televisión, Internet y Telefonía por un mismo medio de comunicación para la ciudadela “Punta Carnero” del cantón Salinas” (variable dependiente o efecto) ofreciendo un mejor ancho de banda con respecto a las tecnologías anteriores

Gracias a los resultados obtenidos en la simulación se muestra que la tasa de error binario con respecto a la ONT más lejana es de  $2,06 \times 10^{-11}$  siendo el rango de máximo de  $10^{-7}$  según la recomendación ITU G983.2 garantizando la factibilidad del inicio de la implementación que tendría que ser autorizado por los residentes de la ciudadela por medio del administrador.

## CONCLUSIONES

Debido al aumento de las tecnologías se optó realizar el diseño de la red con tecnología Gpon donde se obtiene la convergencia de los servicios triple play (voz, datos y video) que se va a transmitir por un mismo medio, que en este caso será la fibra óptica y se aprovechará el gran ancho de banda que ofrece la tecnología; dando un mayor enfoque a la propuesta.

Realizado el estudio de mercado con el resultado de la encuesta y analizada se determinó que existe un total de 273 usuarios iniciales que requieren el servicio Triple Play. Además se tomó la decisión de usar la tecnología Gpon, los usuarios no escatiman gastos al momento de adquirir un servicio, por considerarse un servicio necesario que ofrece un servicio de alta calidad, que tiene poco tiempo de estar siendo de comercio público y que se puede adquirir mediante un solo proveedor evitando tener varios proveedores en cada servicio.

El uso de la arquitectura FTTH y la tecnología Gpon permite utilizar elementos pasivos y gracias esto se permite que el costo para los usuarios sea reducido además del poco mantenimiento que se requiere para la red.

Los datos que se obtienen de cálculos realizados no siempre son los ideales, motivo por el cual se utilizó la simulación en el programa OptiSystem permitiendo que determine valores entre OLT, Splitter y las ONT.

## RECOMENDACIONES

Vivimos en una era donde la tendencia tecnológica y la innovación van en aumento por lo cual se recomienda estar a la par en estos cambios y no desaprovechar los beneficios que nos ofrece GPON como: un ancho de banda mayor, mejor conectividad en tiempo real y sobre todo que está en un constante desarrollo.

Se recomienda el estudio de la normativa ITU G983.1 – 2 – 3 – 4 - 5 que se encarga de regular las redes Pon y esto ayudará a entender mejor las redes Gpon; también se debe estudiar la ITU G984.1 – 2- 3 – 4 – 5 que está encargada de Gpon.

Debido a la necesidad que tienen los residentes de la ciudadela de tener una red se recomienda la implementación a corto plazo, por las bondades de tecnología, el resultado de la viabilidad económica debido a que los clientes no escatiman gastos al momento de realizar la adquisición de un servicio óptimo y de calidad que se demuestra en el presente proyecto satisfaciendo así sus necesidades en tecnología triple play.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CNT. (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. *Normativa de Diseño de la ODN*. Ecuador.
2. CNT. (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. *Normativa de Construcción de la ODN*. Ecuador.
3. Pérez, Constantino. (2003). *Fundamentos de Televisión Analógica y Digital*. Universidad de Cantabria.

## SITIOS WEB

4. Cisco System, Inc. (Septiembre de 2014). *ATM Internetworking.*, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.37.375&rep=rep1&type=pdf>
5. FSAN. (2008). *Full Service Access Network*. Recuperado el Julio de 2014, de <http://www.fsan.org/>
6. Garcia Adolfo. (Noviembre de 2012). *CCapitalia*, de <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
7. González C. Y. Venuska. (Septiembre de 2014). *CODIFICACIÓN DE CANAL: CÓDIGO HAMMING Y CÓDIGO CONVOLUCIONAL*. Obtenido de [http://cnx.org/contents/661adefb-b544-4d12-b3bb-699270cea6f6@1/10.\\_Codificaci%C3%B3n\\_de\\_Canal:\\_C%C3%B3digo](http://cnx.org/contents/661adefb-b544-4d12-b3bb-699270cea6f6@1/10._Codificaci%C3%B3n_de_Canal:_C%C3%B3digo)
8. Huawei. (2014). Obtenido de <http://huawei.com/es/products/fixed-access/fttx/ont/hg8245/index.htm>

9. Ing. Santa Cruz. (Octubre de 2010), de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO3.pdf>
10. ITU-T. (Agosto de 2014). *Union Internacional de Telecomunicaciones*, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.2/es>
11. ITU-T. (Agosto de 2014). *Union Internacional Telecomunicaciones*, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>
12. Jorge García. (Junio de 2013). *Blog*, de <http://plantaexternatelefonica.blogspot.com/2013/06/acopladores-y-divisores-opticos.html>)
13. Marchukov, Yaroslav. (2011), de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>
14. Martinez, T. (28 de Febrero de 2013). *Telequismo*, de <http://www.telequismo.com/2013/02/gpon-operador.html>
15. Millán Ramón. (2007). *Consultoría Estratégica en tecnología de la información y la comunicación*, de [www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php](http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php)
16. Mojarraz, A. V.-G. (2012). *Fundamentos de Telecomunicacion*, de <http://fundamentotelecomunicacion.blogspot.com/2012/11/wdm-multiplexacion-por-division-de.html>
17. National Institute of Standards and Technology. (Octubre de 2014). *ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES)*, de <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>
18. Nemesis. (2014). *Tutorial Comunicaciones Opticas*, de <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>

19. Network Sorcery, Inc. . (2012). *IGMP*. Obtenido de <http://www.networksorcery.com/enp/protocol/igmp.htm>
20. Ópticas, G. d. (2006). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas*, de [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/tema4\\_2.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/tema4_2.htm)
21. OPTRAL. (2014), de <http://www.optral.es/>
22. Padtec. (2008). *Plataforma Metropad GPON*, de <http://www2.padtec.com.br/esp/php/gpon.php>
23. Rodriguez. (Noviembre de 2010). Recuperado el Julio de 2014, de <http://www.fibraopticahoy.com/fibre-to-the-home-ftth/>
24. Ruiz, S. (2011), de [http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/5%20MEDIOS%20DE%20TRANSMISION/A PUNTES%20MEDIOS%20DE%20TRANSMISI%D3N.pdf](http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/5%20MEDIOS%20DE%20TRANSMISION/A%20PUNTES%20MEDIOS%20DE%20TRANSMISI%D3N.pdf)
25. Satyanarayana Katla, Abhinov Balagoni. (2010). *A Framework on GPON and next generation WDM PON*, de [https://www.academia.edu/4313354/A\\_Framework\\_on\\_GPON\\_and\\_next\\_generation\\_WDM\\_PON](https://www.academia.edu/4313354/A_Framework_on_GPON_and_next_generation_WDM_PON)
26. Telecom Networks Americas. (2014). *Catalogos*. Obtenido de <http://www.te.com/catalog/bin/TE.Connect?C=30706&M=FEAT&P=&U=&BML=L2VuL2luZHVzdHJpZXMvdGVsZWVvbS1uZXR3b3Jrcy1ub3J0aC1hbWVyaWNhL2Jyb3dzZS1wcm9kdWN0cy9maWJlci1pbmZyYXN0cnVjdHVyZS9maWJlci1kaXN0cmliidXRpb24taHVicy5leHRlcm5hbEhYWRlci5odG1s&LG=1&PG=32>
27. Telefonica. (2012). *Las telecomunicaciones de la nueva generación. Las telecomunicaciones de la nueva generación*, de [https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/67088/mod\\_folder/content/0/L](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/67088/mod_folder/content/0/L)

as\_telecomunicaciones\_de\_la\_nueva\_generacion.pdf?forcedownload=1

28. Telnet. (2013). *Introducción a las redes PON*. Obtenido de <http://www.telnet-ri.es/soluciones/acceso-gpon-y-redes-ftth/la-solucion-gpon-doctor-a-la-interoperabilidad-gpon/>
29. Telnet. (2013). *Redes Inteligentes*, de <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/splitters-opticos/>
30. Unión Internacional De Telecomunicaciones. (2011). *G.984.2 Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>
31. Unión Internacional De Telecomunicaciones. (2012). *G.984.1 Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>
32. Unión Internacional De Telecomunicaciones. (2014). *G.984.3 Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>
33. Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2014). *ITU G983.3*, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.3-200103-l/es>

# **ANEXOS**

## **Anexo 1 CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA**

### **CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA**

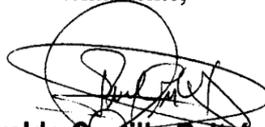
Yo, Magíster. Oswaldo Flavio Castillo Beltrán. Certifico: Que he revisado la redacción y ortografía del contenido del proyecto educativo: **“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED CON TECNOLOGÍA GPON PARA SERVICIO TRIPLE PLAY (DATOS, VIDEO Y VOZ) EN LA CIUDADELA “ PUNTA CARNERO” DEL CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por la egresada. Lalangui Mejía Andrea, previo a la obtención del título de: **INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.**

Para efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura en todas sus partes
- La acentuación es precisa
- Se utilizan los signos de puntuación de manera acertada
- En todos los ejes temáticos se evita los vicios de dicción
- Hay concreción y exactitud en las ideas
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la Sinonimia es correcta
- Se maneja con conocimiento y precisión de la morfosintaxis
- El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo y directo, por lo tanto es de fácil comprensión.

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como Magíster en Docencia y Gerencia en Educación Superior, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su tesis previo a la obtención del Título de Ingeniera y deja a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente,



**Dr. Oswaldo Castillo Beltrán. Mg**  
**Registro SENESCYT 1006-11-733293**  
**Cuarto Nivel**

## Anexo 2 OFICIO DE AUTORIZACIÓN

La Libertad, 14 de Mayo del 2014

Señor.

Administrador de la Ciudadela Punta Carnero

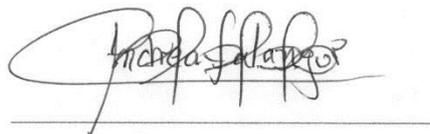
De mis consideraciones:

Por medio de la presente me permito saludarle y pedirle a usted lo siguiente:

Yo, **Andrea Lalangui Mejía**, con cédula de ciudadanía N° 0922868872, egresada de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena me encuentro desarrollando el tema de tesis **“Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play (Datos, Video Y Voz) en La Ciudadela “Punta Carnero” del Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena”**; motivo por el tal le solicito muy acomedidamente que me permita realizar Encuestas a los residentes de la Ciudadela y realizar un estudio de campo los cuales tendrán la duración de 5 días, acatando las normas que estipule conveniente.

De antemano le quedo muy agradecida, esperando su respuesta.

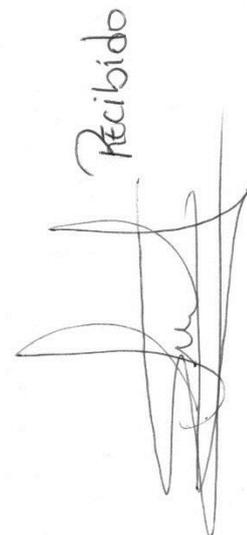
Atentamente,



Sra. Andrea lalangui Mejía

C.I.: 0922868872

Recibido



## Anexo 3 OFICIO DE AUTORIZACIÓN

La Libertad, 30 de Abril del 2015

Señor

Administrador de la Ciudadela Punta Carnero

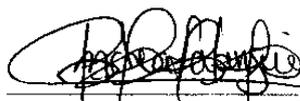
De mis consideraciones:

Por medio de la presente me permito saludarle y pedirle a usted lo siguiente:

Yo, **Andrea Lalangui Mejía**, con cédula de ciudadanía N° 0922868872, egresada de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena me encuentro desarrollando el tema de tesis **“Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play (Datos, Video Y Voz) en La Ciudadela “Punta Carnero” del Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena”**; solicitando muy comedidamente me conceda el permiso correspondiente para realizar el estudio de una ducteria PVC para el traslado la **Fibra Óptica** que se ubicará junto a la tubería de agua potable, tomando en cuenta que la **Fibra Óptica** no causa ninguna atenuación motivo por el cual no habría ningún impedimento para la aceptación.

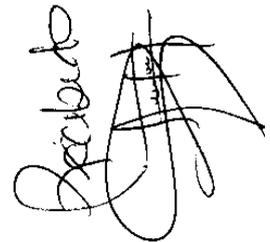
De antemano le quedo muy agradecida, esperando su respuesta.

Atentamente,



Sra. Andrea lalangui Mejía

C.I.: 0922868872



## Anexo 4 ENCUESTA

### UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA ENCUESTA PARA USUARIOS DE INTERNET

OBJETIVO: Determinar el nivel de consumo de internet y una Red con tecnología GPON para la ciudadela "Punta Carnero"



Instrucciones: Lea detenidamente cada una de las preguntas y responda con una **X** según corresponda de manera clara y sincera para establecer mecanismos de cobertura a las necesidades de internet y transmisión de datos en red, de antemano le expresamos nuestros agradecimientos.

**1.- En la actualidad en su hogar ¿dispone de alguno de los siguientes servicios fijos?**

Internet	<input type="checkbox"/>
Telefonía	<input type="checkbox"/>
Televisión sistema de Cable	<input type="checkbox"/>
Internet y Telefonía	<input type="checkbox"/>
Internet y Televisión	<input type="checkbox"/>
Televisión y telefonía	<input type="checkbox"/>
Internet, Telefonía y televisión	<input type="checkbox"/>

**2.- ¿Cuál de los siguientes servicios fijos le gustaría tener en tu hogar?**

Internet	<input type="checkbox"/>
Internet y Televisión	<input type="checkbox"/>
Telefonía	<input type="checkbox"/>
Televisión y telefonía	<input type="checkbox"/>
Televisión sistema de Cable	<input type="checkbox"/>
Internet, Telefonía y televisión	<input type="checkbox"/>
Internet y Telefonía	<input type="checkbox"/>

**3.- Internet ha sido una herramienta de trabajo para el desarrollo de sus actividades**

Siempre	<input type="checkbox"/>
Algunas Veces	<input type="checkbox"/>
Casi siempre	<input type="checkbox"/>
Nunca	<input type="checkbox"/>

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

Subir y bajar datos	<input type="checkbox"/>
Consultas	<input type="checkbox"/>
Redes Sociales	<input type="checkbox"/>
Subir - bajar datos y Consultas	<input type="checkbox"/>
Consultas y Redes Sociales	<input type="checkbox"/>
Redes Sociales y Subir - bajar datos	<input type="checkbox"/>
Subir - bajar datos, Consultas y Redes Sociales	<input type="checkbox"/>

**5.- ¿Qué velocidad le gustaría que fuera el Internet de banda ancha, de acuerdo con el precio del servicio?**

1 MBPS	<input type="checkbox"/>
5 MBPS	<input type="checkbox"/>
2 MBPS	<input type="checkbox"/>
10 MBPS	<input type="checkbox"/>
4 MBPS	<input type="checkbox"/>
2.4 GBPS	<input type="checkbox"/>

**6.- ¿Estaría dispuesto a invertir en la creación de una red con tecnología GPON triple play (voz, dato, video)?**

SI  NO

**7.- ¿Le gustaría que una misma empresa le ofrezca los 3 servicios?**

SI  NO

## Anexo 5 CIUDADELA PUNTA CARNERO



## Anexo 6 NORMATIVA INEN

### Normalización



Los productos Plastigama son fabricados por normas nacionales de calidad, expedidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. A continuación compartimos un detalle de los sellos que hemos obtenido.

- **Tuberías de PVC para Uso en Presión**, según NTE INEN 1373 (desde agosto de 1985).
- **Tuberías de PVC para Uso Sanitario**, según NTE INEN 1374 (desde agosto de 1985).
- **Ducto Eléctrico-Telefónico PVC de Pared Maciza** según NTE INEN 1869 (desde noviembre de 1995) (tipo 1).
- **Tuberías de PVC de Pared Estructurada para Alcantarillado Tipo B "Novafort"**, según NTE INEN 2059 (desde mayo de 1999).
- **Tuberías de PVC de Pared Estructurada para Alcantarillado Tipo A2 "Novaloc"**, según NTE INEN 2059 (desde octubre del 2000).
- **Ducto Eléctrico-Telefónico de Pared Estructurada Tipo B "Novaducto"**, según NTE INEN 2227 (desde mayo del 2001).
- **Tubería de PE para agua potable "Acuaflex"**, según NTE INEN 1744 (desde enero del 2003).
- **Tubería de PE para agua a presión de uso general "Tubería Flex"**, según NTE INEN 1744 (desde noviembre del 2003).