

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema “**RED DE COMUNICACIÓN EXTERNA PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA CNT EP REGIONAL 3 EN LA CIUDAD DE AMBATO**”, del señor JOSÉ DAMIÁN SILVA VILLALBA, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio 2014

EL TUTOR

Ing. Julio Cuji

AUTORÍA

El presente trabajo de graduación titulado **“RED DE COMUNICACIÓN EXTERNA PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA CNT EP REGIONAL 3 EN LA CIUDAD DE AMBATO”**. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio 2014

José Damián Silva Villalba

CI: 1600669467

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Patricio Córdova. Marco Jurado, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **“RED DE COMUNICACIÓN EXTERNA PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA CNT EP REGIONAL 3 EN LA CIUDAD DE AMBATO”**, presentado por el señor José Damián Silva Villalba de acuerdo al Art. 18 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Vicente Morales

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Patricio Córdova

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Marco Jurado

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios por todas las oportunidades que me brinda día a día, a mi madre, a mi padre y abuelitos que han estado conmigo en los buenos y malos momentos brindándome su apoyo, por ser un ejemplo en mi vida y enseñarme que con esfuerzo, perseverancia y dedicación nada es imposible.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y a cada uno de los docentes que durante los años de estudio supieron brindarme con calidad el conocimiento necesario para hoy en día desempeñarme como un profesional, y en especial al ingeniero Julio Cuji por la ayuda y colaboración para la culminación del presente proyecto, también al ingeniero Jorge Cando, Stalin Barrera y al tecnólogo Diego Guerrero trabajadores de la CNT por la apertura y colaboración brindada para la realización del presente proyecto.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
CARATULA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA.....	1
1.1. Tema de Investigación.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Árbol del Problema.....	3
1.2.3. Análisis Crítico.....	4
1.2.4. Prognosis.....	4
1.2.5. Formulación del Problema.....	4
1.2.6. Preguntas Directrices.....	5
1.2.7. Delimitación del Problema.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8

2.1.	Antecedentes Investigativos.....	8
2.2.	Fundamentación Legal.....	9
2.3.	Categorías Fundamentales.....	10
2.3.1.	Gráficos de inclusión interrelacionados.....	10
2.3.2.	Constelación de Ideas.....	11
2.3.3.	Telecomunicaciones	13
2.3.3.1.	Elementos del Sistema de Telecomunicaciones	13
2.3.4.	Comunicaciones Ópticas	14
2.3.4.1.	Propagación de señales en las fibras ópticas.....	15
2.3.5.	Medios de Transmisión.....	16
2.3.5.1.	Medios de Transmisión Guiados	16
2.3.5.2.	Medios de Transmisión no Guiados.....	17
2.3.6.	Red de Comunicación	18
2.3.6.1.	Definición de Red de Comunicación	18
2.3.6.2.	Tipos de Redes de Comunicación	18
2.3.6.3.	Capacidad de Transmisión	19
2.3.6.4.	Arquitectura de una Red de Comunicaciones.....	19
2.3.7.	Servicio	20
2.3.8.	Tipos de Calidad de Servicio	20
2.3.9.	Calidad de Servicio en un Sistema de Telecomunicación.....	21
2.3.9.1.	Factores de Calidad, Negociación y Orquestación.....	21
2.3.10.	Protección del Servicio	22
2.3.10.1.	Disponibilidad.....	22
2.3.10.2.	Supervivencia.....	23
2.3.10.3.	Restauración	23
2.3.10.4.	Técnicas de Protección	24
2.3.10.5.	Mecanismos que provocan Fallo en la red	24
2.3.11.	Servicio Triple Play.....	25
2.4.	Hipótesis	25

2.5.	Señalamiento de Variables	26
CAPÍTULO III		27
MARCO METODOLÓGICO		27
3.1.	Enfoque de la Investigación	27
3.2.	Modalidad de la Investigación	27
3.3.	Tipos de Investigación	28
3.4.	Población y Muestra.....	29
3.5.	Operacionalización de las Variables.....	30
3.6.	Recolección de Información	32
3.7.	Interpretación y Análisis.....	32
CAPÍTULO IV.....		33
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		33
4.1.	Análisis de la Situación Actual.....	33
4.2.	Análisis e Interpretación de Resultados.....	36
4.3.	Requerimientos	44
CAPÍTULO V		45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		45
5.1.	Conclusiones	45
5.2.	Recomendaciones	46
CAPÍTULO VI.....		47
PROPUESTA		47
6.1.	Datos informativos	47
6.1.1.	Título	47
6.1.2.	Ubicación.....	47
6.1.3.	Institución ejecutora	47
6.1.4.	Beneficiarios.....	47
6.1.5.	Equipo técnico responsable.....	48
6.1.6.	Tiempo estimado para la ejecución.....	48
6.2.	Antecedentes de la propuesta.....	48

6.3.	Justificación.....	49
6.4.	Objetivos.....	50
6.4.1.	Objetivo General.....	50
6.4.2.	Objetivos Específicos.....	50
6.5.	Análisis de factibilidad	50
6.5.1.	Factibilidad Técnica	50
6.5.2.	Factibilidad Operativa.....	51
6.5.3.	Factibilidad Económica	51
6.6.	Fundamentación.....	51
6.6.1.	Fibra Óptica.....	51
6.6.1.1.	Características de la Fibra Óptica.....	52
6.6.1.2.	Estructura de la Fibra Óptica.....	53
6.6.1.3.	Fundamentos de la Fibra Óptica.....	54
6.6.1.4.	Tipos de Fibra Óptica.....	58
6.6.1.5.	Parámetros de Pérdidas en una Fibra Óptica	59
6.6.1.6.	Tipos de Tendido de la Fibra Óptica.....	62
6.6.1.7.	Tipos de Conectores de la Fibra Óptica.....	64
6.6.2.	RED SDH	65
6.6.2.1.	Historia y ventajas de SDH	65
6.6.2.2.	Componentes de una red síncrona.....	67
6.6.3.	REDES NG-SDH	70
6.6.4.	Anillos de Fibra Óptica.....	73
6.6.5.	Tipos de Anillos de Fibra Óptica.....	74
6.7.	Metodología. Modelo operativo	76
6.7.1.	Descripción.....	76
6.7.2.	Infraestructura Actual	77
6.7.3.	Localización geográfica y cobertura de la red	78
6.7.4.	Abonados Existentes	80
6.7.5.	Determinación de la topología de la red.....	83

6.7.6.	Detalle de la ruta y recorrido de la fibra	83
6.7.7.	Selección de la fibra óptica a utilizar	90
6.7.8.	Método de tendido de fibra óptica.....	93
6.7.9.	Estudio de las pérdidas del enlace	95
6.7.10.	Disponibilidad, Planimetría y Obra Civil.....	108
6.7.11.	Equipamiento de la Red.....	108
6.7.11.1.	Requerimientos de la red	109
6.7.11.2.	Equipos Multiplex SDH	109
6.7.11.3.	Interfaces Externas	111
6.7.11.4.	Distribuidores Digitales, distribuidores ópticos ODF.....	116
6.7.11.5.	Gestión de Red.....	117
6.7.11.6.	Configuración de la Red de Sincronismo.....	117
6.7.11.7.	Vida útil del equipamiento	118
6.7.12.	Diseño Físico de la Red NG-SDH.....	118
6.7.13.	Cálculo de Capacidades	119
6.7.13.1.	Matrices de Cross-Conexión y tráfico	120
6.7.14.	Diagrama Lógico	131
6.7.14.1.	Dimensionamiento del Ancho de Banda	131
6.7.15.	HUAWEI OPTIX OSN 3500.....	136
6.7.16.	Estudio Económico.....	138
6.7.16.1.	Presupuesto Total de Equipos	139
6.7.16.2.	Costo Beneficio.....	140
6.8.	Simulación del Anillo NG-SDH.....	145
6.8.1.	Elementos Utilizados en la Simulación	146
6.8.2.	Desarrollo de la Simulación	151
6.8.3.	Resultados de la Simulación	163
6.9.	Conclusiones y Recomendaciones	179
6.9.1.	Conclusiones	179
6.9.2.	Recomendaciones	180

Bibliografía	181
Linkografía.....	182
ANEXOS	184
ANEXO A (Ubicación de los nodos del anillo)	185
ANEXO B (Fotografías de visita técnica).....	186
ANEXO C (Distribución de nodos candidatos en mapa	188
ANEXO D (Distribución de los nodos).....	189
ANEXO E (Diagrama lógico)	190
ANEXO F (Esquema de tendido de fibra óptico)	191
ANEXO G (Encuesta)	192
ANEXO H (Recomendaciones ITU-T G.652.D).....	193
ANEXO I (Equipo Optix OSN 3500).....	194
ANEXO J (Recomendaciones ITU-T G.959.1).....	204

Índice de Figuras

Figura 1.1: Árbol del Problema.....	3
Figura 2.1: Gráfico de la Variable Independiente.....	10
Figura 2.2: Gráfico de la Variable Dependiente.....	10
Figura 2.3: Constelación de Ideas de la Variable Independiente.....	11
Figura 2.4: Constelación de Ideas de la Variable Dependiente.....	12
Figura 2.5: Elementos del Sistema de Telecomunicaciones.....	13
Figura 2.6: Medios de Tx Guiados.....	17
Figura 4.1: Red actual de la CNT.....	35
Figura 4.2: Implementación de un anillo de fibra óptica.....	37
Figura 4.3: Importancia de la protección de los servicios.....	38
Figura 4.4: Diseño del anillo de fibra óptica.....	39
Figura 4.5: Beneficios del anillo de fibra óptica.....	40
Figura 4.6: Ventajas del anillo de fibra óptica.....	41
Figura 4.7: Tipos de tendidos de la fibra óptica.....	42
Figura 4.8: Protección de los servicios.....	43
Figura 4.9: Factibilidad de implementación del proyecto.....	44
Figura 6.1: Fibra Óptica.....	51
Figura 6.2: Estructura de la Fibra Óptica.....	53
Figura 6.3: El Espectro Electromagnético.....	54
Figura 6.4: Longitudes de onda visible.....	55
Figura 6.5: Reflexión.....	56
Figura 6.6: Refracción.....	57
Figura 6.7: Fibra Multimodo y Fibra Monomodo.....	59
Figura 6.8: Tendido Aéreo.....	64
Figura 6.9: Tipos de Conectores.....	65
Figura 6.10: Regenerador.....	68
Figura 6.11: Multiplexor.....	68
Figura 6.12: El multiplexor add/drop.....	69

Figura 6.13: Trasconector Digital (DXC)	69
Figura 6.14: Ejemplo práctico de concatenación virtual.....	72
Figura 6.15: Localización Geográfica de los nodos	80
Figura 6.16: Topología Anillo NG-SDH.....	83
Figura 6.17: Trayecto Pinllo - Ficoa.....	85
Figura 6.18: Trayecto Ficoa – Santa Catalina	85
Figura 6.19: Trayecto Santa Catalina – Huachi Grande.....	86
Figura 6.20: Trayecto Huachi Grande – Huachi Totoras	86
Figura 6.21: Trayecto Huachi Totoras – Picaihua	87
Figura 6.22: Trayecto Picaihua – Ambato Norte	87
Figura 6.23: Trayecto Ambato Norte – Izamba	88
Figura 6.24: Trayecto Izamba – Pinllo	88
Figura 6.25: Trayecto Izamba – El Psque	89
Figura 6.26: Trayecto de los Nodos.....	89
Figura 6.27: Cable ADSS.....	95
Figura 6.28: Diseño inicial.....	119
Figura 6.29: Anillo NG-SDH con protección MS – SPRING	136
Figura 6.30: HUAWEI OPTIX OSN 3500	137
Figura 6.31: Logo del Simulador	145
Figura 6.32: Fibra monomodo Bidireccional	146
Figura 6.33: Subsystem	146
Figura 6.34: CW Laser	147
Figura 6.35: Match – Zehnder Modulator.....	147
Figura 6.36: Pseudo-Random Bit Sequence Generator.....	147
Figura 6.37: NRZ Pulse Generator	148
Figura 6.38: Photodetector ADP	148
Figura 6.39: Low pass Bessel Filter.....	148
Figura 6.40: Conector Óptico	149
Figura 6.41: WDM Add and Drop	149

Figura 6.42: Oscilloscope Visualizer.....	149
Figura 6.43: Optical spectrum analyzer	150
Figura 6.44: Optical Time Domain Visualizer	150
Figura 6.45: Eye Diagram Analyzer	150
Figura 6.46: BER Analyzer.....	151
Figura 6.47: Optical Power Meter.....	151
Figura 6.48: Pantalla inicial	152
Figura 6.49: Área de trabajo – Layout.....	152
Figura 6.50: Carpetas de librerías	153
Figura 6.51: Librería de componentes.....	153
Figura 6.52: Simulación Anillo de Fibra Óptica.....	154
Figura 6.53: Ventana de Propiedades de la fibra óptica.....	155
Figura 6.54: Ventana del WDM Add and Drop	156
Figura 6.55: Ventana del Subsystem Nodo Pinllo	157
Figura 6.56: Ventana del Subsystem Nodo Ficoa.....	157
Figura 6.57: Ventana del Generador de secuencia de bit Pseudo Random	158
Figura 6.58: Ventana del Generador de Pulsos NRZ	159
Figura 6.59: Ventana del Modulador Mach Zehnder	159
Figura 6.60: Ventana del Laser CW	160
Figura 6.61: Ventana del fotodetector ADP	161
Figura 6.62: Ventana del Filtro Pasa Bajos Bessel.....	161
Figura 6.63: Menú para correr la simulación.....	162
Figura 6.64: Ventana donde se visualiza cuando está corriendo la simulación	162
Figura 6.65: Ventana donde se visualiza resultado de potencia en el Trasmisor	164
Figura 6.66: Ventana donde se visualiza resultado de potencia en el Receptor	164
Figura 6.67: Optical Spectrum Analyzer.....	166
Figura 6.68: Resultado Optical Time Domain Visualizer.....	167
Figura 6.69: Optical Spectrum Analyzer.....	168
Figura 6.70: Resultado Optical Time Domain Visualizer.....	169

Figura 6.71: Señal del osciloscopio	170
Figura 6.72: Señal de ruido	171
Figura 6.73: Resultado BER analyzer – Q factor.....	172
Figura 6.74: Resultado BER analyzer– Min VER	172
Figura 6.75: Resultado BER analyzer– Threshold	173
Figura 6.76: Resultado BER analyzer– Height	174
Figura 6.77: Resultado BER analyzer– BER Pattern	174
Figura 6.78: Diagrama del Ojo	175
Figura 6.79: Diagrama del Ojo y el Factor Q	175
Figura 6.80: Diagrama del Ojo y el mínimo BER	176
Figura 6.81: Diagrama del Ojo y el Threshold.....	176
Figura 6.82: Diagrama del Ojo y el Height.....	177
Figura 6.83: Diagrama del Ojo y el BER Pattern.....	177

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Variable Independiente	30
Tabla 3.2: Variable Dependiente.....	31
Tabla 3.3: Recolección de Información	32
Tabla 4.1: Implementar un anillo de fibra óptica	36
Tabla 4.2: Protección de los servicios que presta la CNT	37
Tabla 4.3: Diseño del anillo de fibra óptica ayudará a la protección del servicio	38
Tabla 4.4: Beneficios del Anillo de fibra óptica	39
Tabla 4.5: Ventajas que ofrece el anillo de fibra óptica.....	40
Tabla 4.6: Tipos de tendidos de la fibra óptica	41
Tabla 4.7: Protección de los servicios que ofrece la CNT	42
Tabla 4.8: Factibilidad de la implementación del proyecto.....	43
Tabla 6.1: Índice de Refracción de los Materiales.....	58
Tabla 6.2: Pérdidas por absorción y por efecto Rayleigh	61
Tabla 6.3: Velocidades SONET/SDH	70
Tabla 6.4: Comparativa entre los diferentes anillos	75
Tabla 6.5: Información equipos existentes	78
Tabla 6.6: Información de los nodos existentes	79
Tabla 6.7: Información de abonados de telefonía	81
Tabla 6.8: Información de abonados de datos	82
Tabla 6.9: Distancia del trayecto de los Nodos	84
Tabla 6.10: Tipo de fibra a utilizar en el trayecto	91
Tabla 6.11: Recomendaciones IUT-T G.652D	92
Tabla 6.12: Características de los tipos de cables aéreos.....	94
Tabla 6.13: Atenuaciones de cada enlace	98
Tabla 6.14: Dispersión total en cada tramo	101
Tabla 6.15: Ancho de banda de cada tramo.....	104
Tabla 6.16: Parámetros específicos para la interfaz óptica STM 64	105
Tabla 6.17: Potencia de recepción en cada tramo	108

Tabla 6.18: Matriz de tráfico	120
Tabla 6.19: Matriz genérica de Cross-Conexión.....	121
Tabla 6.20: Matriz de Cross-Conexión detallada E1.....	122
Tabla 6.21: Matriz de Cross-Conexión E1	123
Tabla 6.22: Matriz de Cross-Conexión detallada DS3.....	124
Tabla 6.23: Matriz de Cross-Conexión DS3.....	124
Tabla 6.24: Matriz de Cross-Conexión detallada FE	125
Tabla 6.25: Matriz de Cross-Conexión FE	125
Tabla 6.26: Matriz de Cross-Conexión detallada GE.....	126
Tabla 6.27: Matriz de Cross-Conexión GE	126
Tabla 6.28: Matriz de Cross-Conexión detallada STM-1	127
Tabla 6.29: Matriz de Cross-Conexión STM-1.....	127
Tabla 6.30: Matriz de Cross-Conexión detallada STM-4	128
Tabla 6.31: Matriz de Cross-Conexión STM-4.....	128
Tabla 6.32: Matriz de Cross-Conexión detallada STM-16.....	129
Tabla 6.33: Matriz de Cross-Conexión STM-16.....	129
Tabla 6.34: Matriz de Cross-Conexión STM-64.....	130
Tabla 6.35: Total De Tarjetas	130
Tabla 6.36: Detalles del anillo.....	131
Tabla 6.37: Enlaces a Implementar.....	131
Tabla 6.38: Demanda a 5 años de Usuarios de telefonía	133
Tabla 6.39: Demanda a 5 años de Usuarios de datos	134
Tabla 6.40: Ancho de Banda de cada enlace	135
Tabla 6.41: Presupuesto Total	139
Tabla 6.42: Ingreso mensual de CNT–EP Tungurahua.....	141
Tabla 6.43: Flujo de Caja para cada año	141
Tabla 6.44: Comparación de los resultado de potencia.....	165

RESUMEN EJECUTIVO

El diseño de una Red de Comunicación con Fibra Óptica mediante Tecnología NG-SDH para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. la cual permitirá brindar una mejor protección de los servicios con tecnología de última generación en la periferia de la ciudad de Ambato; el cual es el resultado de un estudio bibliográfico-documental, con el fin de mejorar la calidad de servicio y capacidad para conectarse y recibir información proporcionada por la empresa antes mencionada.

A continuación se detalla de forma general el resumen por capítulos del desarrollo y elaboración del proyecto.

Capítulo I, Se menciona los inconvenientes y problemas que se tiene en la periferia de la ciudad de Ambato al no poseer una segura red de comunicaciones con fibra óptica, se señalan las causas y consecuencias que generan al no contar con una red segura que sirva de apoyo para la comunicación. Además delimita su contenido para luego justificarlo y plantear objetivos que van a dar los resultados que se esperan al final de la investigación.

Capítulo II, Contiene la fundamentación legal referente a la normalización, estandarización y funcionamiento de las redes con fibra óptica así como la utilización de equipos para la transmisión de información, también se menciona de forma resumida todas las características y contenidos de todo lo que va formar parte del diseño del anillo de fibra óptica, se realizó la investigación bibliográfica y de campo del proyecto para obtener información que permitió la elaboración adecuada de la propuesta.

Capítulo III, Contiene un enfoque para el desarrollo del proyecto, modalidad y el tipo de investigación realizada, así como la recolección y proceso de la información.

Capítulo IV, Se realiza el respectivo análisis de las necesidades del sector en el que se desarrolló el proyecto.

Capítulo V, Se elaboran las conclusiones acorde al procesamiento de información e interpretación de resultados previa a la investigación del tema y las recomendaciones impuestas para la solución de los problemas e inconvenientes de la periferia en la ciudad de Ambato a través del diseño de un anillo de Fibra Óptica con tecnología NG-SDH.

Capítulo VI, Se da solución al problema por lo cual se presenta una propuesta a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. que es el diseño de un Anillo de Fibra Óptica con tecnología NG-SDH para la protección de los servicios de la CNT EP Regional 3 en la ciudad de Ambato; tomando en consideración todos los requerimientos de la empresa.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se trata de una red de comunicación que busca dar solución a la problemática de mejorar la protección de los servicios como son voz, video y datos y a la saturación de la red por la demanda de usuarios, que brinda la Corporación Nacional de Telecomunicaciones con tecnología de última generación en la periferia de la ciudad de Ambato.

El presente estudio se sugiere el diseño de un anillo de fibra óptica con tecnología NG-SDH el mismo que tiene la capacidad de protegerse y recuperarse de manera eficiente frente a la aparición de fallos ya sean voluntarios e involuntarios, además de que se va a tener un gran ancho de banda que soporte el tráfico y a un menor costo para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Mediante el anillo de fibra óptica bidireccional de cuatro fibras la CNT provee asegurar y respaldar los servicios, con la finalidad de crear una infraestructura con redundancia en los enlaces, que evite pérdidas en los mismos y provea rutas alternativas al tráfico, además de incrementar su capacidad para servicios futuros como: Triple Play, Cuádruple Play y otras aplicaciones.

En base a los resultados, se establece la viabilidad para el diseño de un anillo de fibra óptica de capacidad STM-64, con protección MS-SPRing a 4 fibras según la recomendación UIT-T G652D, mediante la tecnología NG-SDH y al estudio del incremento de usuarios.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación

Red de Comunicación externa para la Protección de los Servicios de la CNT EP Regional 3 en la ciudad de Ambato.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

Las redes de comunicación se han constituido como una de las tecnologías más avanzadas en lo que a transferencia de información se refiere a nivel mundial. Las redes de comunicación destacan por su enorme capacidad de transmisión de datos debido a su gran ancho de banda, necesaria para que las comunicaciones entre continentes sean lo suficientemente rápidas como para que el internet funcione con agilidad y velocidad. Estas redes están regidas por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en todo el mundo.

En la actualidad el Ecuador ha evolucionado de manera significativa en las redes de comunicación; dichas redes han tenido un auge muy importante debido a la necesidad de comunicarse con mayor velocidad en tiempo real, además de transportar voz, video y datos por el mismo cable; como es el caso de la fibra óptica en el Ecuador se interconecta a través del cable panamericano, que atraviesa Santa Elena-Punta Carnero Esmeraldas-Puerto Balao. A lo largo de los últimos años diversos factores han propiciado el importante desarrollo tecnológico de todos los equipos y servicios relacionados con las telecomunicaciones.

En la ciudad de Ambato la necesidad de mantenernos comunicados y poder transmitir información y cubrir grandes distancias, ha sido uno de los grandes retos de hoy en día. El desarrollo de las telecomunicaciones, ha originado un gran impacto positivo en los sectores públicos y privados. Así en la ciudad se cuenta con empresas que brinda este tipo de servicio, entre la empresa más importante tenemos a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) que se encarga de brindar una excelente calidad en su servicio con tecnología de punta para poder satisfacer las necesidades de los clientes.

Actualmente la CNT debido a la gran demanda de servicios de transmisión de datos y el crecimiento de clientes tiene elaborado un anillo interno que interconecta algunas centrales dentro de la ciudad de Ambato, requiere extender el diseño una red de comunicación externa para interconectar el resto de zonas en la periferia de la ciudad de Ambato, debido a que se tiene una limitada protección de los servicios de voz, video y datos que presta la CNT, además de tener pérdidas de los datos, saturación en la red que perjudicarían económicamente a la Empresa.

1.2.2 Árbol del Problema

En la Figura 1.1 se detalla los efectos y causas en un árbol de problemas.

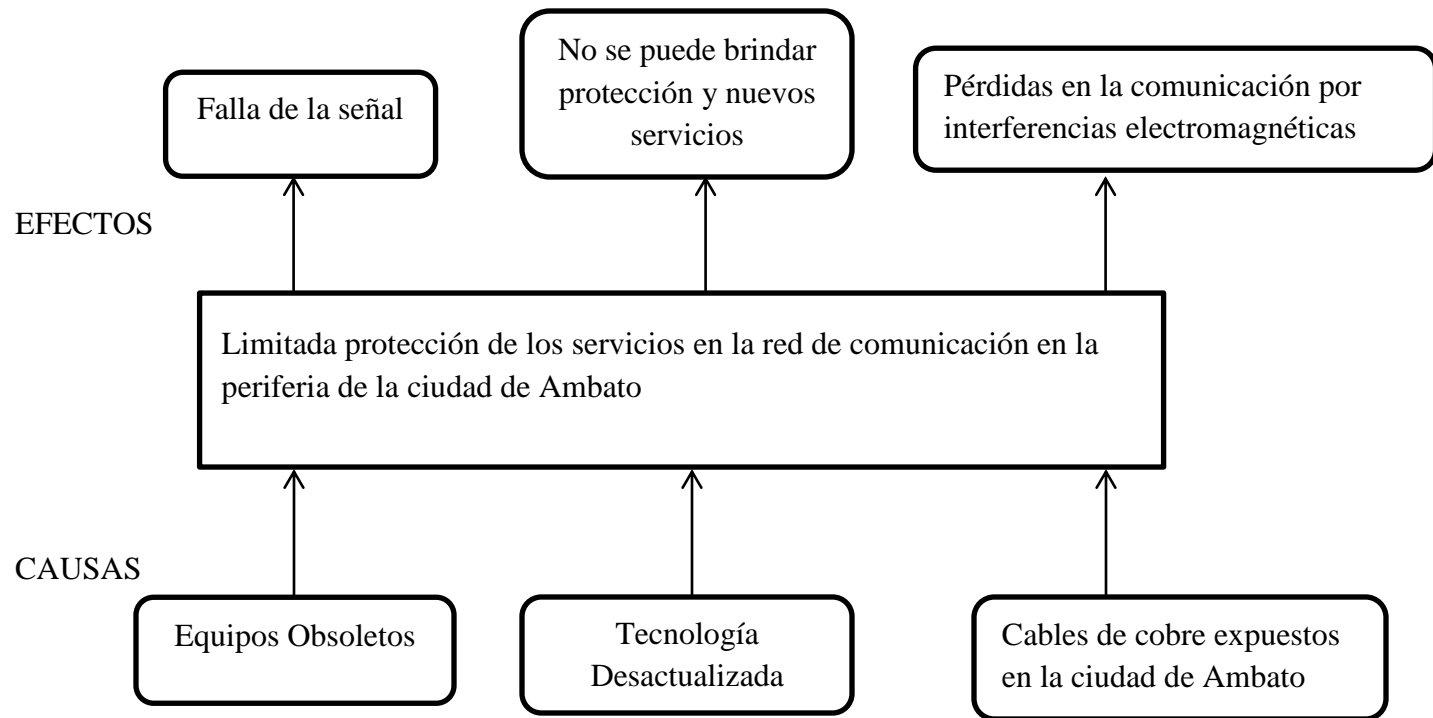


Figura 1.1: Árbol del Problema

Elaborado por: El Investigador

1.2.3 Análisis crítico

Una de las causas más evidentes en la ciudad de Ambato es la existencia de una gran cantidad de cables de cobre expuestos en los postes los mismos que sufren deterioró, esto se produce por acoplamiento magnéticos entre los elementos de los circuitos, dejando como consecuencia pérdidas en la comunicación por interferencias electromagnéticas debido a la inducción que producen los cables eléctricos por lo que alteraría la protección de los servicios, además que dan una mala imagen al entorno de la ciudad.

La tecnología actual de la red de comunicación de la CNT en la periferia de la ciudad de Ambato, tiene la desventaja de no poder crecer en capacidad, protección y a la vez agregar más servicios a sus abonados, razón por la cual existe molestias en los mismos.

Otra de las causas es a medida que pasa el tiempo en la ciudad de Ambato existe una gran cantidad de equipos de comunicaciones obsoletos en los armarios de distribución (MDF), lo cual conlleva a producir fallas en la señal, pérdida de datos, entre otros problemas; por lo cual no se brindaría un servicio eficiente y de calidad adecuado para los usuarios de la ciudad.

1.2.4 Prognosis

Si no se mejora a tiempo la limitada protección de los servicios que presta la CNT en la red de comunicación en la periferia de la ciudad de Ambato se tendrá pérdidas de los datos, saturación en la red por la demanda de usuarios que en las horas picos utilizan los diferentes servicio, debido a que no se tiene un gran ancho de banda para satisfacer sus necesidades, razón por la cual podrían perjudicar económicamente a la empresa porque al no brindar un servicio seguro existirían molestias e inconformidad en los clientes, ya que el número de usuarios sigue aumentando y es necesario brindarles un servicio de calidad.

1.2.5 Formulación del problema

¿Cómo influye la limitada Protección de los Servicios que presta la CNT-EP en la red de comunicación en la ciudad de Ambato?

1.2.6 Preguntas directrices

¿Cuáles son las causas para que se produzca una limitada protección de los servicios que presta la CNT?

¿Qué requerimientos técnicos son necesarios para el estudio y diseño de la red de comunicación?

¿Se puede proponer el diseño de un anillo de fibra óptica que mejore la protección de los servicios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP en la ciudad de Ambato?

1.2.7 Delimitación del objeto de la investigación

Delimitación de Contenidos

Área Académica: Comunicaciones.

Línea de Investigación: Tecnologías de Comunicación.

Sublínea De Investigación: Comunicaciones Ópticas.

Delimitación Espacial

Esta investigación se desarrolló en la Provincia de Tungurahua, en la periferia de la ciudad Ambato.

Delimitación Temporal

La presente investigación se llevó a cabo en 8 meses, a partir de su aprobación del tema por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

1.3 Justificación

El desarrollo del presente proyecto es de gran importancia para la CNT, debido a que están interesados en mejorar la protección de los servicios que brindan; para que los clientes tengan un servicio de calidad. Además de que al realizar esta investigación me permitirá obtener experiencia laboral, aplicando los conocimientos adquiridos en el ámbito de las redes de comunicación y de esta manera poder ser un excelente profesional.

La evolución tecnológica en el ámbito de las redes de comunicación, son ítems que en los últimos años han enfocado los ojos de las principales empresas científicas y tecnológicas; además de los centros de estudio y universidades. Por ende la mayor parte de estudiantes de ingenierías técnicas, en especial Electrónica, han dirigido sus actividades a la consecución de nuevas metas y objetivos en el desarrollo de sus carreras, generando una dependencia favorable, a la investigación y la ciencia.

Los beneficiarios del proyecto investigativo son: la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), la Universidad ya que dispone de un proyecto muy útil para sus estudiantes y por último los usuarios porque tendrán una mejor calidad en los servicios de telecomunicaciones.

La elaboración de este proyecto es factible de realizar debido a que cuenta con el aval, recursos necesarios y la ayuda de profesionales expertos, además de que las fuentes de información primaria y secundaria, son cuantiosas y están accesibles al investigador; para permitir obtener criterios científicos de información relevante para analizar y diseñar de manera óptima la red de comunicación que satisfaga los

requerimientos técnicos y la necesidad de mejorar la protección de los servicios que presta la CNT en la periferia de la ciudad de Ambato.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Analizar la red de comunicación y su influencia en la limitada protección de los servicios que presta la CNT en la ciudad de Ambato.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer las causas para que se produzca una limitada protección de los servicios que presta la CNT.
- Determinar los requerimientos técnicos para el estudio y diseño de la red de comunicación.
- Proponer el diseño de un anillo de fibra óptica que mejoré la protección de los servicios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP en la ciudad de Ambato.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Existen dos trabajos sobre fibra óptica en la biblioteca de la Facultad de Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, que sirven de soporte para la presente investigación.

El autor Freddy Javier Oviedo Ordóñez (2011), con el tema “Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTX para optimizar espacios y servicios en la CNT (E.P)” modalidad TEMI, señala que “el incremento de nuevos servicios como el Internet con mayor ancho de banda, video conferencia, televisión de alta definición y otros servicios serán de mucha utilidad para la comunicación entre empresas y sus sucursales.”

El autor Juan Pablo Pallo Noroña (2004), con el tema “Estudio de las Redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona Central del Ecuador” modalidad TEMI, señala que “con este diseño y tecnología en la Zona Central del Ecuador especialmente se unen la Región de la Sierra y el Oriente; cabe anotar que en esta zona es propicia para el turismo, empresas nacionales y multinacionales, que por ende necesita una excelente comunicación entre las diferentes ciudades no solo de la Zona Central Ecuador sino a nivel nacional e Internacional.”

A su vez, se realizó una investigación dentro de los repositorios de las universidades más importantes del país, donde se encontraron investigaciones similares al presente proyecto.

El autor Germán Vinicio Culqui Anchaluisa (2009), con el tema “Estudio y Diseño de una Red de Transmisiones de Fibra Óptica NG – SDH, entre las Ciudades de Quito, Latacunga y Ambato, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones” Tesis de Grado Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones - Escuela Politécnica del Ejército, señala que “La capacidad actual de la Red Troncal de Fibra Óptica (STM-16), está saturada, por lo que se hace necesario la implementación de este tipo de proyectos, con la proyección a ampliación de un STM-64.”

El autor Raúl Humberto Espín Carrillo (2011), con el tema “Migración de Topología Lineal a Topología en Anillo de una Red SDH de Fibra Óptica de alta Disponibilidad” Tesis de Grado Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones - Escuela Politécnica del Ejército, señala que “La Protección MSP es únicamente aplicable para secciones (tramos) sean estas en una topología lineal o en anillo mientras que la protección SNCP es protección de inicio a fin la ruta completa de un servicio.”

El autor Wilson Marlon Guillen Robles (2003), con el tema “Diseño de un Anillo de Fibra Óptica para la Ciudad De Manta” Tesis de Grado Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones - Escuela Politécnica Nacional, señala que “Los sistemas de comunicaciones a nivel mundial en su gran mayoría han migrado al uso de la fibra óptica como medio de transmisión, por sus características de versatilidad, seguridad, fiabilidad, capacidad y costo.”

2.2 Fundamentación legal

Esta investigación se basa en las políticas, estatutos y reglamentos que se tiene en la Ley de Telecomunicaciones, además de que se toma en cuenta algunos de los incisos y acuerdos que están establecidos en el reglamento de la SUPERTEL y la CONATEL, que son los ente de administración, regulación y control de las telecomunicaciones en el Ecuador; además se basa en el reglamento de graduación de tercer nivel de la UTA.

2.3 Categorías fundamentales

2.3.1 Gráficos de inclusión interrelacionados

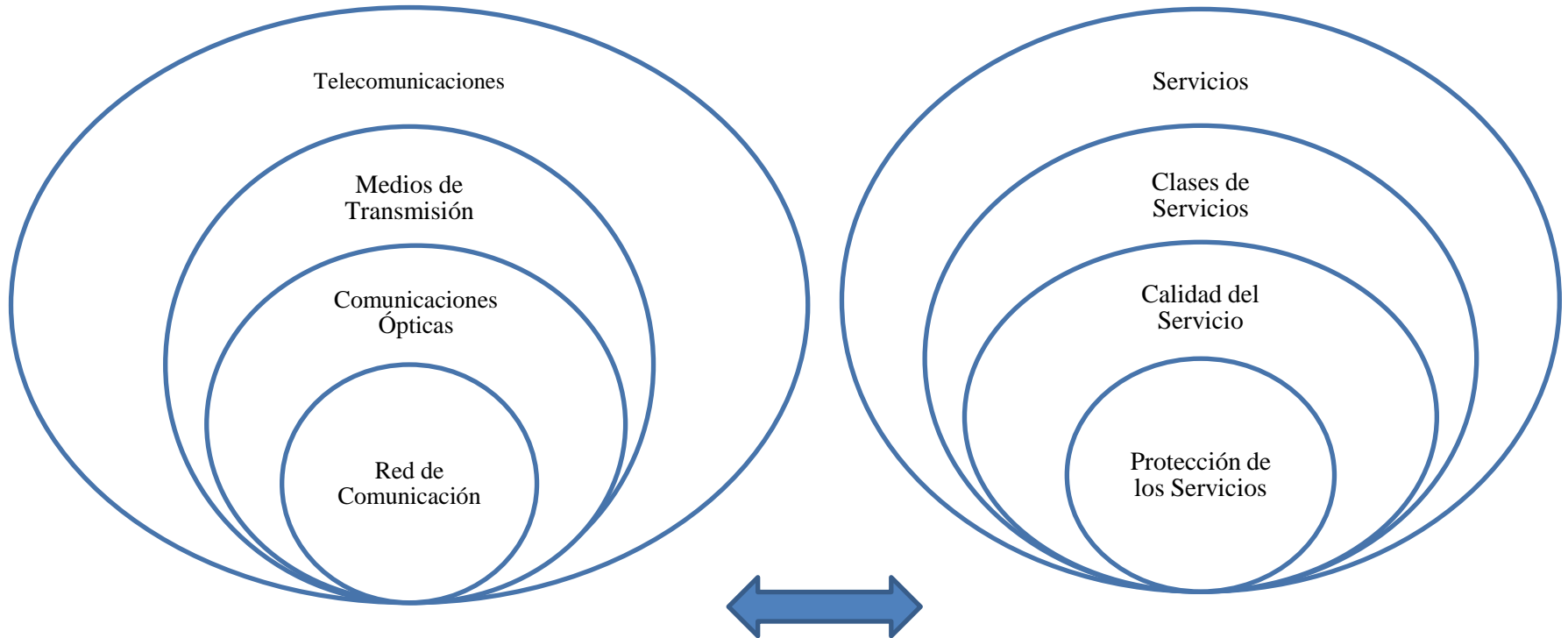


Figura 2.1: Gráfico de la Variable Independiente

Elaborado por: El Investigador

Figura 2.2: Gráfico de la Variable Dependiente

Elaborado por: El Investigador

2.3.2 Constelación de Ideas

2.3.2.1 Constelación de Ideas de la Variable Independiente

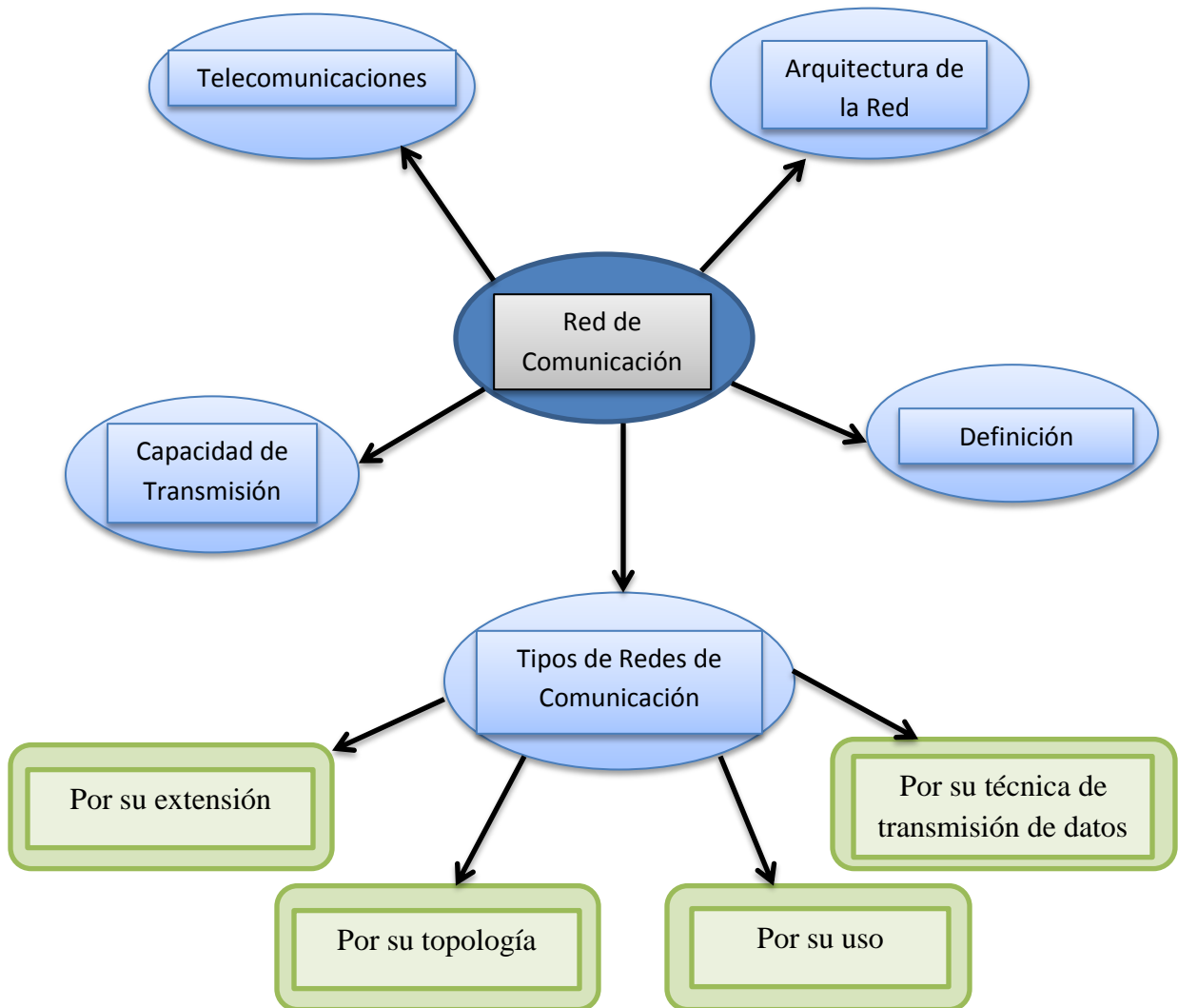


Figura 2.3: Constelación de Ideas de la Variable Independiente

Elaborado por: El Investigador

2.3.2.1 Constelación de Ideas de la Variable Dependiente

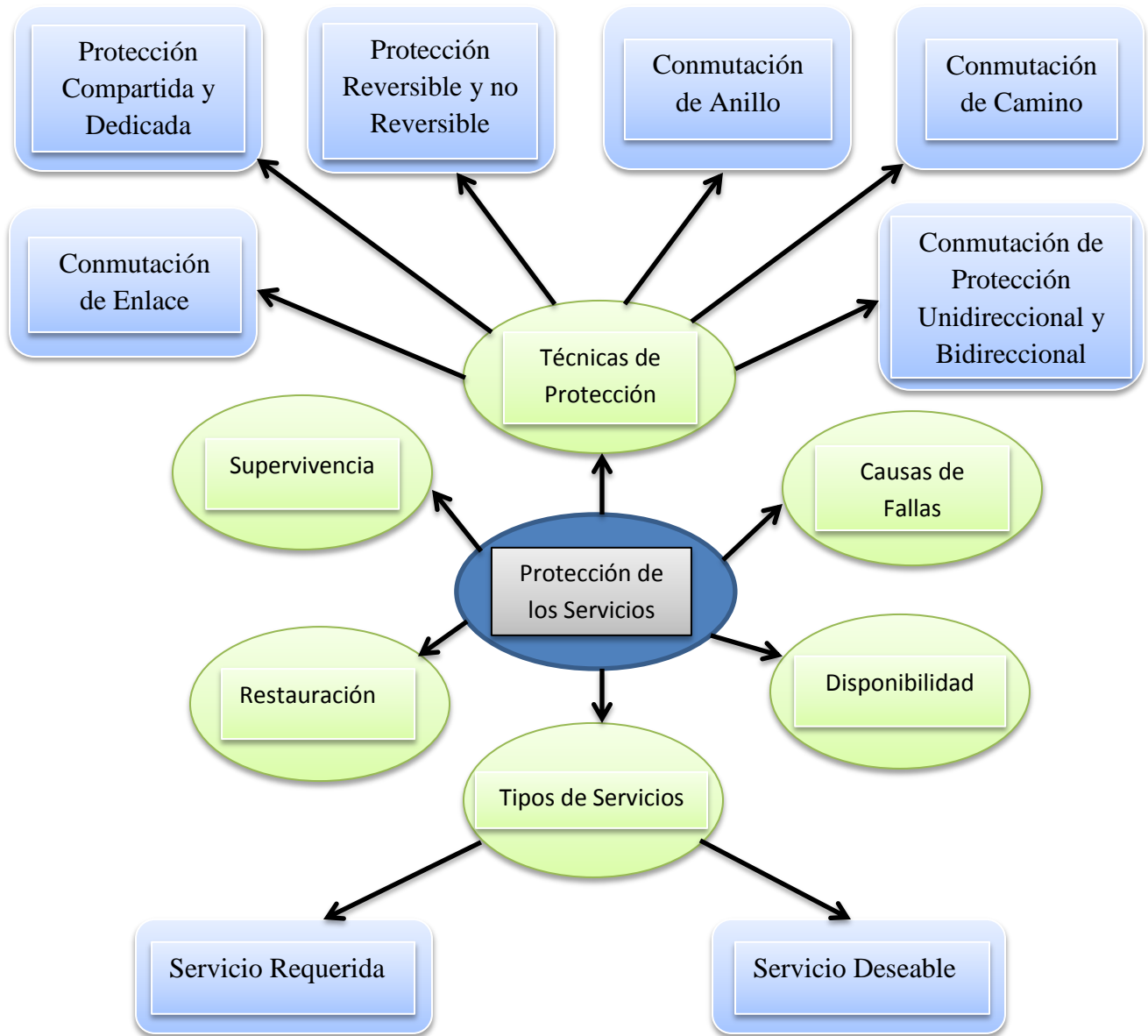


Figura 2.4: Constelación de Ideas de la Variable Dependiente

Elaborado por: El Investigador

2.3.3 Telecomunicaciones

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, 2006, Pag.23), menciona que “El concepto de telecomunicación abarca todas las formas de comunicación a distancia. La palabra incluye el prefijo griego tele, que significa *distancia* o *lejos*. Por lo tanto, la telecomunicación es una técnica que consiste en la transmisión de un mensaje desde un punto hacia otro, usualmente con la característica adicional de ser bidireccional. La telefonía, la radio, la televisión y la transmisión de datos a través de computadoras son parte del sector de las telecomunicaciones.

El físico inglés James Clerk Maxwell fue el responsable de sentar las bases para el desarrollo de la telecomunicación, al introducir el concepto de onda electromagnética para describir mediante las matemáticas la interacción entre electricidad y magnetismo. De esta forma, Maxwell anunció que era posible propagar ondas por el espacio libre al utilizar descargas eléctricas, algo que comprobó Heinrich Hertz en 1887”.

2.3.3.1 Elementos del Sistema de Telecomunicaciones

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, 2006, Pag.26), menciona que “Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, un canal o medio de transmisión y finalmente un receptor, en la figura 2.5 se puede observar los elementos del sistema de Telecomunicaciones.

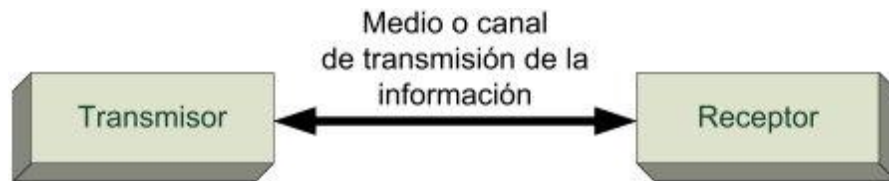


Figura 2.5: Elementos del Sistema de Telecomunicaciones

Fuente: <http://definicion.de/telecomunicacion>

a) Transmisor

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, 2006, Pag.27), menciona que “El transmisor se encarga de modificar o cambiar la naturaleza de la señal de información para entregarle al medio de transmisión. Para lograr una transmisión eficiente, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante de estas operaciones es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora”.

b) Medio de Transmisión

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, 2006, Pag.28), menciona que “El canal de transmisión o medio es el enlace entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Puede ser un par de alambres, un cable coaxial, una onda de radio o un rayo láser. Todos caracterizados por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia. La magnitud de la atenuación puede ser pequeña o muy grande, depende de la distancia”.

c) Receptor

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, 2006, Pag.29), menciona que “La función del receptor es extraer del canal o medio de transmisión la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente débiles, resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación”.

2.3.4 Comunicaciones Ópticas

Según Definición del Libro (L. FRENZEL, 2003, Pag.55), menciona que “El peso específico de las Comunicaciones Ópticas dentro del ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación no cesa de crecer. Sus aplicaciones, inicialmente dedicadas a las grandes líneas que enlazan las centrales de conmutación, alcanzan en la actualidad hasta los mismos hogares. Los progresos en este campo, con una sucesión sin tregua,

no sólo se destinan a incrementar la capacidad de transmisión de los sistemas, sino a ampliar la diversidad de los procesos que sobre las señales se efectúan en el dominio óptico. Por otra parte, durante los últimos años la importancia de las Comunicaciones Ópticas también se ha reflejado en las diferentes titulaciones de Ingenierías de Telecomunicación, cuyos planes de estudio contemplan esta materia tanto en asignaturas troncales como optativas”.

2.3.4.1 Propagación de señales en las fibras ópticas

Según Definición del Libro (L. FRENZEL, 2003, Pag.83), menciona que “La fibra óptica constituye el medio de transmisión por excelencia para los sistemas de comunicaciones ópticas. Desde sus primeras instalaciones, en las líneas que enlazaban las grandes centrales de conmutación, la fibra óptica se está trasladando hoy en día hasta los mismos hogares, extendiéndose su uso a un mayor abanico de aplicaciones.

Este papel destacado de las fibras ópticas es debido a sus muchas propiedades favorables, entre las que merecen destacarse:

- Gran capacidad de transmisión.
- Reducida atenuación de la señal óptica.
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas.

Una fibra óptica se comporta como una guíaonda dieléctrica, con la particularidad de poseer una geometría cilíndrica. En su configuración más extendida (fibra de índice abrupto o de salto de índice), se halla formada por un núcleo cilíndrico de material dieléctrico rodeado por otro material dieléctrico con un índice de refracción ligeramente inferior (cubierta de la fibra). La guíaonda así establecida facilita que las señales se propaguen de manera confinada en su interior.

Del análisis electromagnético de la propagación de las señales en las fibras se desprenden los posibles modos del campo que ésta es capaz de guiar. La propiedad de

guiar o bien uno o bien múltiples de estos modos permite establecer una clasificación básica de las fibras: una fibra recibe el calificativo de multimodo cuando a través de ella pueden propagarse varios modos; se dice que una fibra es monomodo si sólo admite la propagación del modo fundamental.

Ahora bien, esta propagación de las señales a través del medio-fibra trae apareada una interacción con las partículas (átomos, iones, moléculas...) y accidentes (variaciones locales del índice de refracción, curvaturas, imperfecciones, etc.) existentes en el mismo, que se manifiesta en una atenuación y en una dependencia de la constante de propagación con respecto a la frecuencia o la polarización. Ambos fenómenos son causantes de una degradación de las señales que afecta negativamente a la comunicación, imponiendo límites a la longitud de los enlaces o al régimen binario alcanzable. La repercusión de estos mecanismos de degradación depende del diseño concreto de la fibra (material, geometría...) y, especialmente, de la longitud de onda de operación, condicionando, por consiguiente, la elección de uno y otra”.

2.3.5 Medios de Transmisión

Según Definición del Libro (L. FRENZEL, 2003, Pag.30), menciona que “El medio de transmisión es el enlace (eléctrico u óptico) entre el transmisor y el receptor, y sirve de puente de unión entre la fuente y el destino. Los medios de transmisión se clasifican en guiados y no guiados”.

2.3.5.1 Medios de Transmisión Guiados

Según Definición del Libro (L. FRENZEL, 2003, Pag.32), menciona que “Los medios de transmisión guiados están constituidos por un conexión física o cable que se encarga de la conducción (o guiado) de las señales desde un extremo al otro. Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace, en la

figura 2.6 se tiene algunos medios de transmisión guiados entre ellos tenemos cable par trenzado, cable coaxial y la fibra óptica”.



Figura 2.6: Medios de Tx Guiados

Fuente: <http://lujan.itdelicias.edu.mx>

2.3.5.2 Medios de Transmisión no Guiados

Según Definición del Libro (L. FRENZEL, 2003, Pag.20), menciona que “Los medios de transmisión no guiados son los que no confinan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a través del medio. Entre los medios más importantes se encuentran el aire y el vacío.

Tanto la transmisión como la recepción de información se llevan a cabo mediante antenas. A la hora de transmitir, la antena irradia energía electromagnética en el medio. Por el contrario en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea”.

2.3.6 Red de Comunicación

2.3.6.1 Definición de Red de Comunicación

Según Definición del Libro (X. HESSELBACH, 2002, Pag.18), menciona que “Una red de comunicaciones es un conjunto de medios de transmisión y conmutación para el envío de información entre puntos separados geográficamente. Cualquier red de comunicación ha de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La bidireccionalidad de la comunicación entre emisor y receptor.
- La naturaleza del intercambio de información en cuanto a si es en tiempo real o diferido.
- El uso que de los recursos de la red hacen emisores y receptores”.

2.3.6.2 Tipos de Redes de Comunicación

Según la dirección electrónica: http://www.iea.edu.ar/archivos/Tipos_de_Redde_apunte_para_clases.pdf, menciona que “Las redes de comunicación se pueden clasificar de diferentes maneras. Las principales clasificaciones son:

- **Por su extensión:** Por su extensión se clasifican en redes de área local (LAN), metropolitana (MAN) y extensa (WAN).
- **Por su topología:** Por su topología se clasifican en estrella, bus, anillo, malla y mixta.
- **Por su conexión física:** Por su conexión física se clasifican en redes punto a punto (unicast) y redes multipunto o de difusión (broadcast).
- **Por su técnica de transmisión de datos:** Por su técnica de transmisión de datos se clasifican en líneas dedicadas, circuito conmutado o paquetes conmutados.
- **Por su uso:** Por su uso se clasifican en redes privadas o corporativas y redes públicas”.

2.3.6.3 Capacidad de Transmisión

Según Definición del Libro (C. USBECK, 1996, Pag.79), menciona que “La capacidad de transmisión indica el número de bits por segundo que se pueden transmitir a través de una conexión. A menudo se llama erróneamente velocidad de transmisión (que depende de la capacidad y de otros factores) o ancho de banda (que es la amplitud de onda utilizable). En este texto usaremos ancho de banda como sinónimo de capacidad de transmisión excepto cuando se hable explícitamente de frecuencias de onda”.

2.3.6.4 Arquitectura de una Red de Comunicaciones

Según Definición del Libro (X. HESSELBACH, 2002, Pag.25), menciona que “Las arquitecturas de comunicaciones permiten ordenar la estructura necesario para la comunicación entre equipos mediante una red de modo que puedan ofrecerse servicios añadidos al simple transporte de información, algunos tan importantes como la corrección de los datos o la localización del destinatario en un medio compartido. En esta arquitectura, deben definirse ante todo algunos conceptos esenciales:

- a) **Proceso de Aplicación:** El proceso de aplicación es cualquier proceso (programa de aplicación en ejecución) en un sistema informático que ofrezca alguna utilidad al usuario.
- b) **Sistema Intermedio:** El sistema intermedio es un sistema que, en general, no posee aplicaciones de usuario y actúa como nodo de conmutación e interconexión en la red.
- c) **Protocolo de Comunicación:** El Protocolo de Comunicación es un conjunto de reglas para el intercambio de información y definiciones de los formatos de los mensajes para la interacción fructífera entre dos o más entidades”.

2.3.7 Servicio

Según Definición del Libro (F. GARCÍA, 2002, Pag.105), menciona que “Los servicios de telecomunicaciones pueden definirse como conjuntos de facilidades y medios operados y/o gestionados por un proveedor que este pone a disposición de los usuarios, con unas normas de acceso y utilización, para satisfacer las necesidades de telecomunicaciones de los clientes”.

2.3.8 Tipos de Calidad de Servicio

Según la dirección electrónica: http://www.gatv.ssr.upm.es/material_consulta/1_-apuntes_y_servicios.pdf, menciona que “No existe criterio unánime sobre la clasificación de los servicios, de hecho el proceso de negociación con el usuario puede concluir en la imposición de dos límites de prestaciones al sistema de telecomunicación:

- Calidad de servicio requerida.
- Calidad de servicio deseable”.

a) Calidad de un Sistema en Términos de Prestación de Servicio

Según la dirección electrónica: http://www.gatv.ssr.upm.es/material_consulta/1_-apuntes_y_servicios.pdf, menciona que “Hasta este punto se ha visto la calidad de un sistema desde un punto de vista estrictamente técnico. No obstante, la calidad de un servicio debe incluir factores que indiquen la satisfacción del usuario en el mecanismo de relaciones con el operador, instalación, etc. De esta forma, la calidad de un servicio se puede descomponer en tres factores fundamentales:

- Calidad técnica del sistema.
- Calidad de atención a la demanda (relacionada con el tiempo de respuesta para la instalación o puesta en marcha de un servicio desde que existe la solicitud de un cliente al operador).

- Calidad de atención al cliente (relacionada con la atención postventa del servicio, es decir, marco de trato con el cliente que esté abonado al servicio, por ejemplo, la forma en que se da información que solicite el usuario, resolución de problemas que tenga el cliente en el uso del servicio, método e información sobre la facturación, etc.)”.

2.3.9 Calidad de Servicio en un Sistema de Telecomunicación

Según Definición del Libro (F. GARCÍA, 2002, Pag.108), menciona que “La calidad de un servicio es un concepto complejo que puede referirse a múltiples aspectos, relacionados tanto con la percepción del usuario como con los recursos utilizados. A continuación se da algunos criterios sobre la calidad de servicio:

2.3.9.1 Factores de Calidad, Negociación y Orquestación

Según la dirección electrónica: http://www.gatv.ssr.upm.es/material_consulta/1_apuntes_sistemas_y_servicios.pdf, menciona que “Antes de hablar de calidad de un sistema hay que hablar de indisponibilidad. Si no existe tal disponibilidad, no tiene sentido hablar de la calidad con la que funciona el sistema, porque simplemente no reúne las condiciones suficientes para funcionar. Dicho de otro modo, su calidad es tan mala, que no supera un umbral mínimo para considerar el sistema útil para manejar la información. La indisponibilidad se puede contemplar desde los siguientes puntos de vista:

- **Grado de Servicio (GoS):** El grado de servicio en un sistema donde se cumpla un mínimo de requisito en capacidades de transmisión (por ejemplo garantizar una determinada probabilidad de error en bit en un receptor de un sistema digital), el sistema debe estar disponible para que los usuarios puedan acceder a los recursos del mismo (por ejemplo, registradores de marcación libres, canales de transmisión libres, etc.). Se trata de dimensionar los recursos del sistema para que el usuario tenga la sensación de que casi siempre está el sistema a su entera disposición, aunque la cantidad de recursos sea menor que el potencial número de usuarios.

Para satisfacer una calidad de servicio extremo a extremo, ha de segmentarse dicha calidad en una serie de factores. En cada dominio del sistema (aplicación, transporte, medio de intercambio, gestión, extremos usuarios o máquinas) se manejarán esos factores de forma relativamente independiente, y únicamente existirá una relación entre los factores de uno y otro dominio a través de las interfaces definidas por las funciones interdominios (incluyendo funciones de negociación de calidad, directamente entre los dominios implicados o a través de las capacidades o recursos del dominio de gestión), afectando la calidad a los datos intercambiados entre los dominios como consecuencia de la ejecución de esas funciones.

Al manejarse los factores de calidad de servicio de forma independiente en cada dominio del sistema, existen dos necesidades:

- **Negociación** entre los dominios para el establecimiento de la calidad de información que un dominio entrega al otro.
- **Orquestación** para asegurar que la calidad de servicio extremo a extremo se satisface dentro de los requisitos de usuario y se mantienen durante la sesión completa. Se trata de la gestión de los recursos del sistema para conseguir esta finalidad. El proceso de definición de la calidad comienza con la exigencia del usuario, en función, por ejemplo, de una cantidad económica satisfecha a un proveedor de información o a un proveedor de servicio”.

2.3.10 Protección del Servicio

2.3.10.1 Disponibilidad

Según la dirección electrónica: <http://www.gco.upv.es/es/webdocente/redes/transparent/PROTECCION.pdf>, menciona que “La disponibilidad es la medida de la proporción de tiempo que la red está disponible para proporcionar servicios al cliente final. Indica con qué frecuencia o consistencia la red puede proporcionar funciones de transporte en los cuales el servicio requerido es perfectamente empleable por el cliente final. Como esto es importante para el cliente, este factor contribuirá a la

definición de nivel de servicio garantizado (SLA). El SLA es típicamente medido como un porcentaje de tiempo de una conexión en funcionamiento. Esto da cuenta de la supervivencia de una red, de la tasa de fallos de sus componentes y de los tiempos de reparación. Este término refleja la calidad de servicio promedio que un cliente final puede esperar de un operador”.

2.3.10.2 Supervivencia

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, B. ORTEGA, 2006, Pag.136), menciona que “La supervivencia en la red se consigue gracias a la denominada Conmutación de protección (Protection Switching) que consiste en proporcionar una determinada capacidad redundante en la red y encaminar automáticamente el tráfico a través de dicho recurso reservado en el caso en que se produzca un fallo. Para que los mecanismos de protección actúen de forma suficientemente rápida, es necesario que está sea de carácter distribuido”.

2.3.10.3 Restauración

Según la dirección electrónica: <http://www.gco.upv.es/es/webdocente/redes/transpar/PROTECCION.pdf>, menciona que “La restauración concierne a la disponibilidad de rutas de servicio extremo a extremo. Trabaja a través de la red entera y reenruta tráfico para mantener el servicio. Un porcentaje de la capacidad de la red es asignado para la restauración. Después de la detección de una pérdida de señal, el tráfico es reenrutado a través de la capacidad de repuesto. Los algoritmos de reenrutamiento son programados en el software de los elementos de red. El camino alternativo puede ser buscado descartando tráfico de menor prioridad o usando capacidad extra entre nodos”.

En contraste con los procedimientos de protección de equipos, la capacidad usada para restaurar necesita ser preasignada. En algunos esquemas de protección, un enlace es dedicado como enlace de protección para los enlaces en producción. Éste no es el caso de la restauración, donde la capacidad libre puede ser compartida”.

2.3.10.4 Técnicas de Protección

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, B. ORTEGA, 2006, Pag.140), menciona que “Las principales técnicas de protección se detallan a continuación:

- “Protección Compartida y Dedicada.
- Protección Reversible y no Reversible.
- Conmutación de protección Unidireccional y Bidireccional.
- Conmutación de Camino.
- Conmutación de Enlace.
- Conmutación de Anillo”.

2.3.10.5 Mecanismos que provocan Fallo en la red

Según Definición del Libro (J. CAPMANY, B. ORTEGA, 2006, Pag.149), menciona que “La protección de una red es necesaria también por otra serie de factores no relacionados con la aparición de un fallo en ella, generalmente al tratar la gestión de redes hay que realizar tareas de mantenimiento que implican el cambio e instalación de nuevos componentes, subsistemas, la retirada de otros, etc. En dichos casos es necesario derivar el tráfico que soporta un determinado enlace a otra ruta alternativa. Entre otras tenemos:

- Errores Humanos.
- Cortes en cables de fibra instalados en tierra al abrir zanjas.
- Operarios que deshacen una conexión por error, cuando tienen que deshacer otra.
- Activación errónea de conmutadores en la red.
- Fallos en componentes activos, tales como transmisores y receptores.
- Fallos producidos en los controladores de dispositivos.
- Fallos en nodos, generalmente originados por desastres de tipo catastrófico”.

2.3.11 Servicio Triple Play

Según Definición de la Tesis: LUNA Elena, (2007). Estudio de factibilidad y diseño de una red que brinde servicios Triple Play en el sector de Pueblo Blanco mediante la implementación de un Access Media Gateway (AMG), que se conectará al softswitch de ANDINATEL S.A, menciona que “El Triple Play es la convergencia de los medios a través de una misma red y medio de comunicación. Se define como la transmisión de servicios de voz, Banda ancha y audiovisuales, ya sean canales de TV y pago por visión (PPV), por un mismo medio físico.

En Triple Play la conexión se basa en paquetes IP para todos los servicios, sobre una red de próxima generación NGN; es decir los servicios de voz, video y datos son transmitidos a través de internet.

Servicio Telefónico: Se utiliza la tecnología VoIP, la cual permite la transmisión de la voz en forma digital a través del protocolo de Internet (IP), en forma de paquetes de datos, en lugar de ser transportados a través de la red telefónica convencional.

Servicio De Datos: Los datos en una red basada en IP son enviados en paquetes o datagramas; sin ser necesaria ninguna configuración antes de que un equipo envíe paquetes a otro equipo desconocido.

Servicio De Video: Para el servicio de video, se utiliza la tecnología IPTV (Televisión IP) es el sistema de distribución de señales de televisión/video”.

2.4 Hipótesis

La Red de Comunicación influye en la limitada protección de los servicios que presta la CNT en la periferia de la ciudad de Ambato.

2.5 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.5.1 Variable Independiente

Red de Comunicación.

2.5.2 Variable Dependiente

Protección de los servicios.

CAPÍTULO III

METODOLÓGIA

3.1 Enfoque

La investigación tuvo un enfoque Cualitativo- Cuantitativo, debido a que se realizó una investigación previa para establecer el origen del problema, y así se buscó dar solución al mismo recabando información necesaria en el lugar de los hechos, para beneficiar de esta manera a la empresa CNT y a sus clientes.

3.2 Modalidad básica de la investigación

3.2.1 Bibliográfica - Documental

El proyecto tuvo investigación bibliográfica – documental porque fortaleció la investigación teórica a través de diferentes fuentes secundarias, libros, revistas publicaciones, Internet y otros documentos confiables, que permitirán sustentar científicamente las variables.

3.2.2 De campo

El proyecto tuvo una investigación de campo debido a que se estuvo en contacto directo con el lugar de los hechos del problema para obtener información fidedigna relacionada con los objetivos que se propone.

3.2.3 Proyecto factible

También el trabajo se orientó dentro de un proyecto factible porque se pretendió proponer un modelo práctico de solución al problema suscitado dentro de la investigación.

3.3 Nivel o tipo de investigación.

3.3.1 Exploratorio

El proyecto tuvo un nivel exploratorio porque este nivel llegó a sondear el problema, a determinar ciertas características del contexto y definir el problema de investigación. Permitted conocer las características más importantes del problema de manera poco estructurada, flexible en un contexto particular.

3.3.2 Descriptivo

Es descriptivo porque detalló las características encontradas, tanto de la variable dependiente como de la variable independiente, considerando coherencia interna y pertinencia entre ellas.

Se orientó a determinar cómo se encuentra el problema en que situación están las variables; que aspectos debo considerar dentro del análisis investigativo, como se produce el fenómeno y a quienes afecta.

3.3.3 Correlacional

Es correlacional porque permitió establecer comparaciones sobre el comportamiento de las dos variables en el contexto en el que se produce el problema. Estableció relaciones entre causas y efectos; relación entre los sujetos y el contexto de la investigación entre el sujeto y el objeto de la investigación para realizar predicciones.

3.4 Población y Muestra.

3.4.1 Población

La investigación estuvo orientado al departamento de operaciones de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) Regional 3 de la Provincia de Tungurahua, el número de personas involucradas es de 6 entre ingenieros y técnicos de las distintas áreas.

3.4.2 Muestra

Para la muestra del proyecto de investigación es necesario mencionar un factor muy importante, en vista de que la población tiene un número reducido de personas que lo conforman, se tomará de muestra a la población en su totalidad.

3.5 Operacionalización de variables

Variable independiente: Red de Comunicación.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Red de Comunicación: es el medio por el cual se transmite una o varias señales para el intercambio de información y que además hace uso eficiente del ancho de banda.	Medio de transmisión Intercambio de información Ancho de Banda	Características Estructura Tecnología Ventajas y Desventajas Equipos Velocidades Distancia Tipos de red	¿Qué tipo de tecnología es apropiado para la red? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de una red de comunicación? ¿Cuáles son las características principales de una red? ¿Qué tipo de equipos se debe utilizar en la red de comunicación? ¿Cuál es la distancia máxima que puede alcanzar la red?	Encuesta Cuestionario

Tabla 3.1: Variable Independiente

Variable dependiente: Protección de los servicios

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Protección de los Servicios: es mantener una alta seguridad en cuanto a la transmisión de datos para que no surjan problemas, y tiene por objetivo brindar un servicio de calidad a los usuarios.</p>	<p>Transmisión de Datos</p> <p>Servicio de Calidad</p>	<p>Funcionamiento</p> <p>Tipos de Protección</p> <p>Tipos de Servicios</p> <p>Características</p>	<p>¿Qué parámetros se debe tomar en cuenta para la transmisión de los datos?</p> <p>¿Qué tipo de protección se debería utilizar en la red?</p> <p>¿Cuál es la característica principal para dar un servicio de calidad?</p> <p>¿Qué tipo de servicio se debe brindar a los usuarios?</p>	<p>Encuesta</p> <p>Cuestionario</p>

Tabla 3.2: Variable Dependiente

Elaborado por: El Investigador

3.6 Recolección de información

Para la recolección de información acerca de la protección de los servicios que presta la CNT en la red de comunicación se realizó mediante la técnica de la encuesta, que ayudó a la recopilación de información técnica además ayudó a determinar las rutas del enlace tomando en cuenta los recursos de canalización y tendido aéreo. A continuación en la tabla 3.3 se observan cómo se recolectó la información.

Tabla 3.3: Recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1.- ¿para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
2.- ¿A qué personas u objetos?	Al Departamento de Operaciones de la CNT
3.- ¿Sobre qué aspectos?	Protección de los servicios en las redes de comunicación
4.- ¿Quién?	Damián Silva
5.- ¿Cuándo?	15 Agosto del 2013
6.- ¿Dónde?	CNT - Tungurahua
7.- ¿Qué técnicas de recolección?	Encuesta
8.- ¿Con que instrumento?	Cuestionario

Elaborado por: El Investigador.

3.7 Procesamiento y análisis

Procesamiento de la información recopilada mediante la encuesta que se realizó al departamento de operaciones de la CNT, se procedió a analizar los datos obtenidos usando el método estadísticos lo que permitió obtener una respuesta eficiente de los datos numéricos generales en cuadros tabulados que se los puede representarlos gráficamente a fin de interpretar los resultados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL

La CNT está encaminada a brindar servicios de telecomunicaciones con las mejores condiciones de calidad y seguridad, además de brindar toda la protección necesaria de la información para satisfacer las necesidades de los clientes mediante tecnologías de última generación.

Actualmente la empresa CNT está pasando por una renovación tanto institucional como de infraestructura como se ve reflejada no solamente en los edificios administrativos, sino también en dar una mejor protección de los servicios que brinda, debido a los múltiples proyectos que se han realizado por motivo de demanda de los clientes y de la ampliación de servicios que hacen que la empresa sea líder en servicios de telecomunicaciones.

La red de comunicación actual de la CNT en los sectores de la periferia de la ciudad de Ambato al momento presentan algunas falencias lo que impide su correcto funcionamiento, todo esto se da porque no tiene la capacidad de soportar todos los servicios de voz, video y datos que son indispensables en la vida diaria, perjudicando en gran parte a la empresa.

Los tributarios actualmente usados en el equipo son las interfaces STM-16(1 STM-16 por cada longitud de onda), ya que los servicios ofrecidos en su mayoría son SDH y una menor demanda en servicios Ethernet.

En cuanto a la protección de los servicios que brinda la CNT en la periferia de la ciudad de Ambato, se le considera como un área muy delicada, la cual va cambiando conforme a las necesidades de la variedad de clientes tanto corporativos como residenciales, además del alto índice de crecimiento poblacional y creación de muchas empresas, por lo tanto surge la necesidad de brindar un buen servicio y llegar a más abonados.

Para realizar la planificación y elegir el diseño adecuado de red, se debe analizar y conocer la configuración de la red actualmente utilizada, así como sus equipos, tecnologías y protecciones en caso de problemas, de esta manera se puede hacer una red adaptado a las necesidades de la Empresa y sus usuarios tomando en cuenta parámetros como escalabilidad de los equipos, vida útil, costos y facilidad de mantenimiento.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones es una de las principales empresas portadora de servicios de telecomunicaciones la cual cuenta con una red de fibra óptica, brindando capacidades de servicio que parten desde un E1 (2,048 Mbps) hasta capacidades de un STM-16, la cual no ha permitido por el momento cubrir con la demanda requerido de los usuarios de la periferia de la ciudad de Ambato.

La CNT presta servicios de transporte y conectividad sobre los que sus clientes soportan tráfico de voz, enlaces corporativos y datos IP, a través de fibras ópticas, usando tecnología de transporte como SDH.

La red SDH consta de una estructura anillada con radiales de acceso, cuyos equipos multiplexores están distribuidos por el centro de la ciudad de Ambato, conformando la red de transporte óptico con enlaces de línea de STM-1, STM-4, STM-16.

Posee una red el cual tiene enlaces STM-4 y STM-16 con protecciones de línea tipo (1+1) y (1:N), y una red de acceso para equipos de menor capacidad con enlaces a nivel de E1, Fast Ethernet y GigabitEthernet.

La red actual de fibra óptica de la CNT está conformado por varios equipos multiplexores SDH, los cuales permiten agregar y extraer canales, incrementar su capacidad de transmisión, amplificar y regenerar la señal. Los equipos de red son: Alcatel, Lucent, Huawei y Siemens.

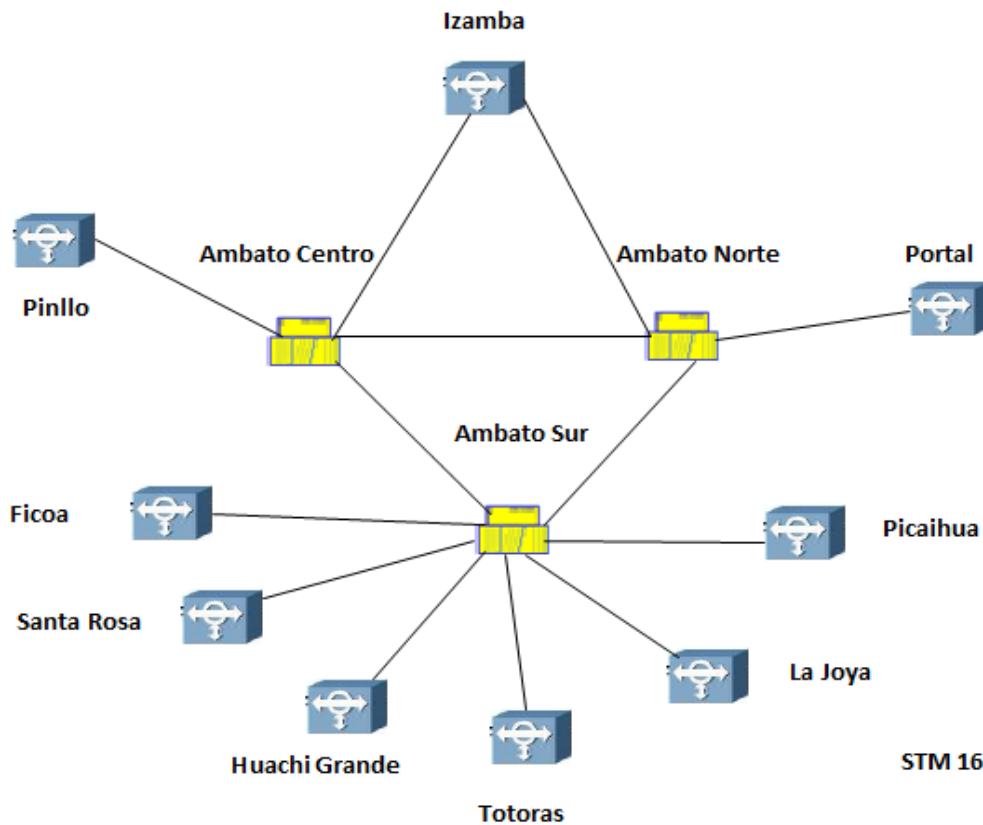


Figura 4.1: Red actual de la CNT

Elaborado por: El Investigador

Actualmente los sectores no cuenta con una red de comunicación suficiente para satisfacer las demandas y los requerimientos de los usuarios, dando como resultado que algunos clientes esperen un tiempo prudente, hasta cuando haya una ampliación de red, para así poder acceder a los servicios. Hay sectores que están demasiado alejados de la central y generan problemas como fallos en el sistema de comunicación entre la empresa y los abonados.

4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los datos obtenidos para el diseño de este proyecto fueron recolectados por medio de la encuesta que estuvo orientada a técnicos e ingenieros del departamento de operaciones de la CNT regional 3 de la ciudad de Ambato, en total suman 6 personas Ing. Jorge Cando, Ing. Mauricio Zúñiga, Ing. Stalin Barrera, Tegl. Diego Guerrero, Ing. Cesar Castro y el Ing. Hernán Cortez, responsables del funcionamiento y monitoreo de los equipos y proyectos. Los cuales se mostraron dispuestos a contestar y proporcionar la información para el proyecto.

Para el estudio de los resultados se muestra una tabla con las alternativas y frecuencias que se ha presentado en cada pregunta al igual que un gráfico estadístico acompañado con su respectivo análisis e interpretación, lo que permitirá posteriormente formular conclusiones y recomendación válidas y beneficiosas para mejorar la situación problemática planteada.

Pregunta 1

¿Es posible implementar un anillo de fibra óptica para mejorar la protección de los servicios que presta la CNT?

Tabla 4.1: Implementar un anillo de fibra óptica.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	6	100%
NO	0	0%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

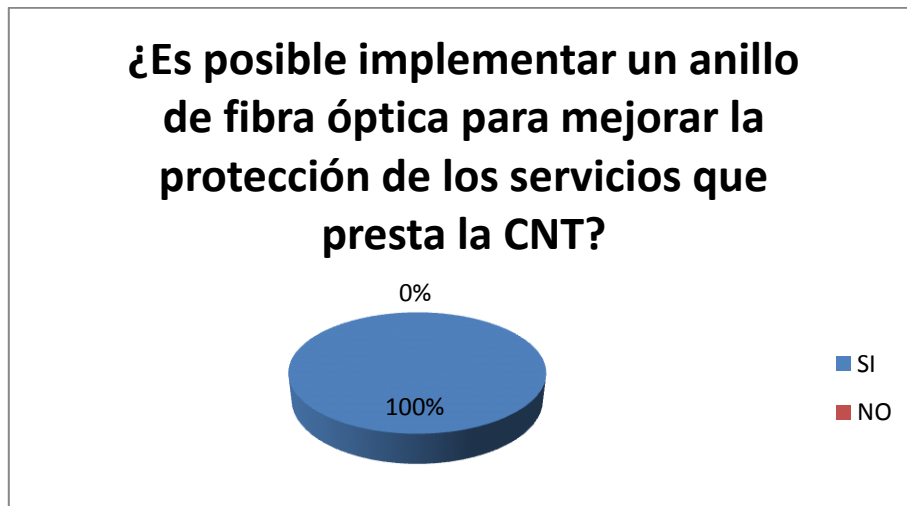


Figura 4.2: Implementación de un anillo de fibra óptica

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

En función a los datos obtenidos en la tabla 4.1, Los resultados muestran que el 100% de los encuestados manifiestan que es posible la implementación de un anillo de fibra óptica para mejorar la protección de los servicios que presta la CNT en la ciudad de Ambato.

Pregunta 2

¿Cuán importante es la protección de los servicios que presta la CNT?

Tabla 4.2: Protección de los servicios que presta la CNT

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy Importante	6	100%
Poco Importante	0	0%
Nada Importante	0	0%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador



Figura 4.3: Importancia de la protección de los servicios

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

Los resultados que se muestran en la tabla 4.2, indican que el 100% de los encuestados entre técnicos e ingenieros del departamento de operaciones manifiestan que es muy importante la protección de los servicios que presta la CNT, debido a que se debe brindar una mejor calidad en su servicio.

Pregunta 3

¿El diseño del anillo de fibra óptica ayudará a la protección de los servicios que presta la CNT?

Tabla 4.3: El diseño del anillo de fibra óptica ayudará a la protección del servicio.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	6	100%
NO	0	0%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

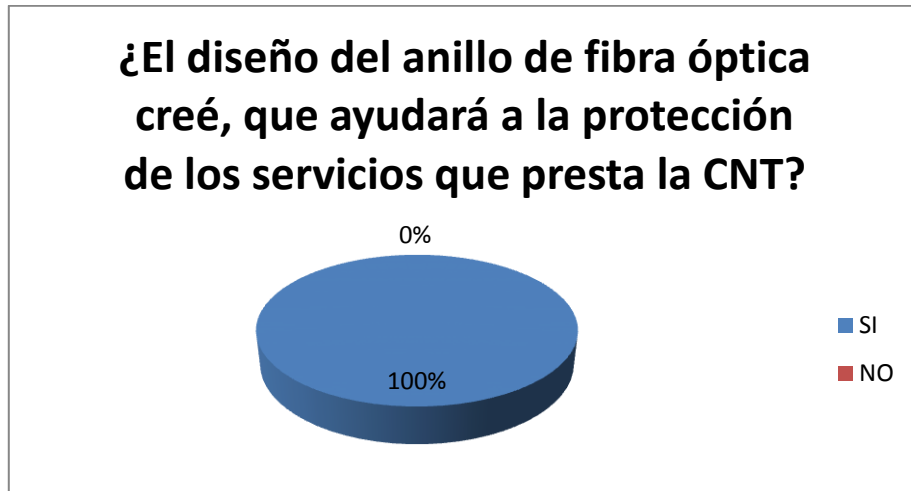


Figura 4.4: Diseño del anillo de fibra óptica

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

Mediante los testimonios expuestos y obtenidos en la tabla 4.3, muestran que el 100% de los técnicos e ingenieros del departamento de operaciones encuestados manifiestan que el diseño del anillo de fibra óptica va a ayudar a la protección de los servicios que presta la CNT.

Pregunta 4

¿Qué beneficios dará el anillo de fibra óptica?

Tabla 4.4: Beneficios del Anillo de fibra óptica.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Ancho de Banda	1	16%
Protección	4	67%
Eficiente	1	17%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

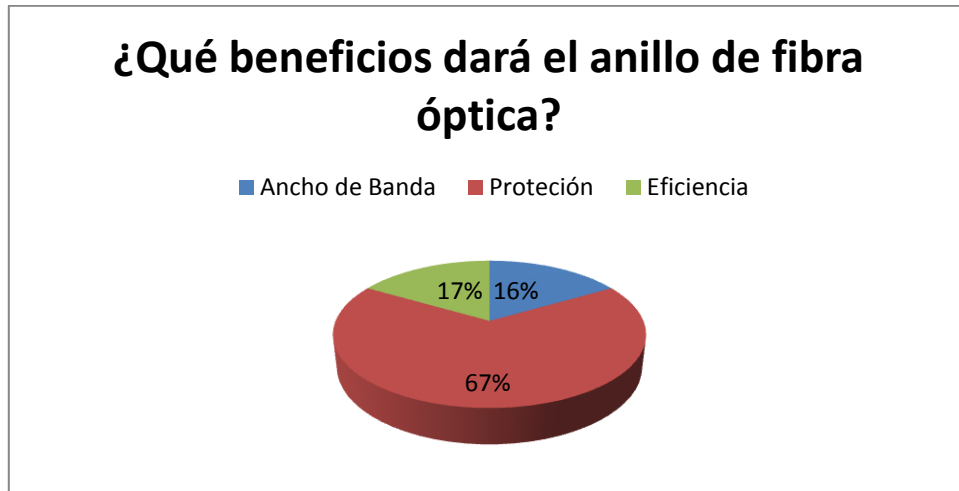


Figura 4.5: Beneficios del anillo de fibra óptica

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

En función a los datos obtenidos en la tabla 4.4 y en la figura 4.5, Los resultados muestran que el 67% de los encuestados manifiestan que los beneficios que dará el anillo de fibra óptica es la protección del servicio, mientras que el 17% menciona que el anillo de fibra óptica será más eficiente, y un 16% indica que se tendrá mayor ancho de banda.

Pregunta 5

¿Las ventajas que ofrece el anillo de fibra óptica recompensa el costo de su implementación?

Tabla 4.5: Ventajas que ofrece el anillo de fibra óptica.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	5	83%
NO	1	17%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

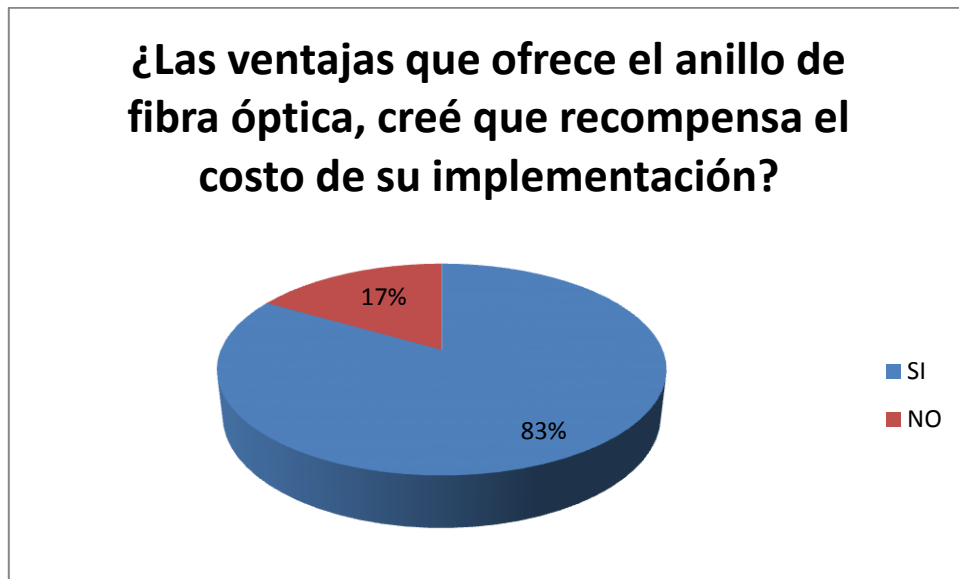


Figura 4.6: Ventajas del anillo de fibra óptica

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

Los resultados muestran en la tabla 4.5, reflejan que el 83% de los encuestados entre técnicos e ingenieros del departamento de operaciones manifiestan que las ventajas que ofrece el anillo de fibra óptica recompensa el costo de su implementación, mientras un 17% cree que no recompensa el costo de su implementación.

Pregunta 6

¿Qué tipo de tendido de fibra óptica se debe realizar para interconectar las zonas?

Tabla 4.6: Tipos de tendidos de la fibra óptica.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Tendido Aéreo	6	100%
Tendido Subterráneo	0	0%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

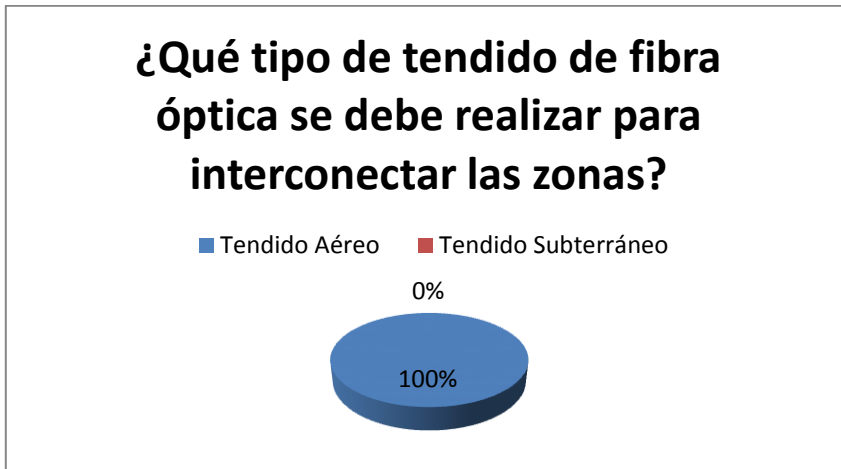


Figura 4.7: Tipos de tendidos de la fibra óptica

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

Los resultados expuestos y obtenidos en la tabla 4.6, muestran que el 100% de los técnicos e ingenieros del departamento de operaciones encuestados manifiestan que la mejor vía para el tendido de la fibra óptica es el tendido aéreo por sus costos.

Pregunta 7

¿Qué opina usted con respecto al servicio que ofrece la CNT en cuanto a la protección de los servicios?

Tabla 4.7: Protección de los servicios que ofrece la CNT.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	1	16%
Muy Bueno	4	67%
Bueno	1	17%
Malo	0	0%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

¿Qué opina usted con respecto al servicio que ofrece la CNT en cuanto a la protección de los servicios?

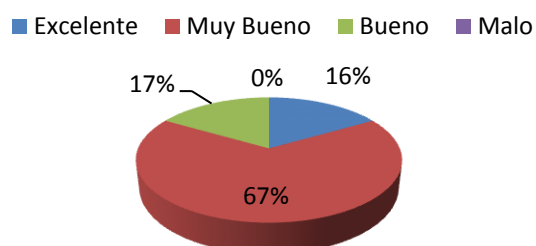


Figura 4.8: Protección de los servicios

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

En función a los datos obtenidos en la tabla 4.7 y en la figura 4.8, Los resultados muestran que el 67% de los encuestados manifiestan que la protección de los servicios que presta la CNT es muy buena, mientras que el 17% menciona que la protección de los servicios es buena por parte de la empresa y un 16% indica que la CNT tiene una excelente protección de los servicios.

Pregunta 8

¿Cree usted, que la implementación de este proyecto es factible dentro de la CNT?

Tabla 4.8: Factibilidad de la implementación del proyecto.

ITEM	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	6	100%
NO	0	0%
TOTAL	6	100%

Elaborado por: El Investigador

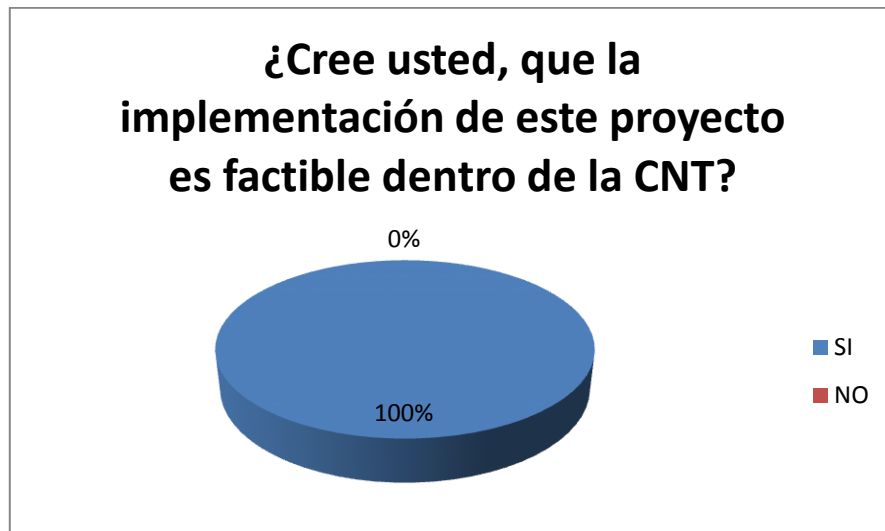


Figura 4.9: Factibilidad de implementación del proyecto

Elaborado por: El Investigador

CONCLUSIÓN:

Mediante los testimonios expuestos y obtenidos en la tabla 4.8, muestran que el 100% de los técnicos e ingenieros del departamento de operaciones encuestados manifiestan que es factible dentro de la CNT la implementación de este proyecto.

4.3 REQUERIMIENTOS

Realizada la investigación en la periferia de la ciudad de Ambato se pudo observar y analizar que en dichos sectores no poseen la adecuada protección de los servicios que ofrece la CNT, dando como resultado que algunos usuarios esperen un tiempo prudente hasta cuando haya una ampliación de la red, o en otros casos elegir otra operadora o empresa que cumplan con los requerimientos que ellos están buscando, por ese motivo se debe tener una red segura y competente a nivel nacional, además de que se tiene el personal y equipo adecuado para dar el soporte técnico y mejoras al servicio en cualquier momento que se requiera.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De la investigación realizada y del análisis de la situación actual se determinó que en la periferia de la ciudad de Ambato no cuentan con una red segura y adecuada para los usuarios, debido al incremento de la población y la necesidad de tener mayor ancho de banda para acceder a servicios futuros.
- Al analizar los problemas y las dificultades como son la saturación de la red y los tiempos de recuperación del servicio que se presentan en los sectores en cuanto a la protección de los servicios que brinda es un punto crítico debido a que se tiene vulnerabilidades en la seguridad de la red y por ende no tiene el respaldo necesario de la información en caso de que ocurra un fallo en el mismo.
- La falta de una nueva red de comunicación provocará que se sigan presentando problemas con la protección de los servicios que brinda la CNT en la periferia de la ciudad de Ambato, provocando pérdidas económicas a la empresa y sus usuarios.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un diseño de la red con las exigencias de capacidad, calidad y adaptabilidad para que no exista problemas en el momento de su funcionamiento.
- Buscar la mejor alternativa en cuanto a la protección de la red con todos los requerimientos y protocolos de seguridad para evitar sabotajes internos y externos, realizando pruebas de las debilidades de la red y de los riesgos a los que se estaría expuesto para saber qué tipos de seguridades es necesario agregarles.
- También se recomienda tener una red de comunicación en la periferia de la ciudad de Ambato que permita mejorar la protección de los servicios, acorde a las necesidades que presenta la empresa y sus usuarios.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos informativos

6.1.1 Título

Diseño de un anillo de fibra óptica con tecnología NG-SDH para la protección de los servicios de la CNT EP Regional 3 en la ciudad de Ambato.

6.1.2 Ubicación

- Provincia de Tungurahua.
- Cantón Ambato.
- Lugares: Pinllo, Ficoa, Santa Catalina, Huachi Grande, Huachi Totoras, Picaihua y Ambato Norte, Izamba y El Pisque.

6.1.3 Institución ejecutora

Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) Regional 3 de la ciudad de Ambato.

6.1.4 Beneficiarios

Clientes que utilizan los servicios de la CNT y la misma empresa.

6.1.5 Equipo técnico responsable

- **Investigador:** José Damián Silva Villalba
- **Tutor de investigación:** Ing. Julio Cuji
- **Tutor de la empresa:** Tlgo. Diego Guerrero

6.1.6 Tiempo estimado para la ejecución

Fecha de inicio: Julio de 2013

Fecha de Finalización: Marzo de 2014

6.2 Antecedentes de la propuesta

La CNT es una empresa que se encuentra en constante crecimiento tecnológico en telecomunicaciones en el Ecuador, es por esa razón que se ha visto en la necesidad de buscar alternativas que sirvan como respaldo de los servicios que brinda la empresa, la propuesta que se plantea resolverá la deficiente protección de los servicios y disminuirá los tiempos de respuesta de los equipos de comunicación, por cuanto el diseño de un anillo de fibra óptica con tecnología NG-SDH brinda una mayor seguridad a los usuarios y equipos que forman parte de la red.

La empresa CNT Regional 3 en la ciudad de Ambato cuenta con su propia infraestructura de red de Fibra Óptica brindando así a los clientes un servicio alta calidad y confiabilidad en lo que se refiere a transmisión de voz, video y datos.

Hoy en día debido al avance de la tecnología, empiezan a aparecer ataques internos y externos cuyo objetivo es tratar de vulnerar las seguridades de las redes y equipos, es por este motivo la necesidad de diseñar un anillo de fibra óptica NG-SDH que permitan controlar, detectar, prevenir y solucionar posibles problemas que presenten en la red.

Para el diseño del proyecto se tiene los planos en AutoCAD de los nodos por donde va a pasar el anillo de fibra óptica y documentos e información de proyectos ya realizados que serán de soporte para la ejecución del proyecto.

6.3 Justificación

La rápida evolución de las telecomunicaciones y la necesidad de brindar un servicio de calidad, además de ofrecer una tecnología más sólida y segura para manejar la información; con las redes actuales no se tiene esas condiciones, por lo tanto se ve la necesidad de aumentar la confiabilidad de los servicios de comunicaciones, esto obligada a la CNT a requerir el diseño de un anillo de fibra óptica que proteja los servicios que brinda a sus usuarios.

La CNT cuenta con la infraestructura necesaria y con información relevante para el diseño del anillo de fibra óptica utilizando tecnología NG-SDH, dicha tecnología brindará seguridad en los equipos y una amplia flexibilidad para desviar el tráfico en caso que los enlaces se caigan, fallos en la red o a su vez se congestione la red por la carga de tráfico.

Con este diseño y futura implementación por parte de CNT en la ciudad de Ambato, tanto los usuarios y la empresa misma se beneficiaran por la calidad de servicio y el costo-beneficio que tendrá esta red. Además permite a la empresa mantenerse siempre a la par con los avances tecnológicos.

Es de gran importancia proteger los servicios que brinda la CNT, ya que permitirá contar con red segura que ofrezca mayor confiabilidad a los usuarios, garantizando a los mismos un servicio de calidad.

Al realizar la investigación de las necesidades que tiene la empresa se plantea una propuesta factible, la misma que ayudó a resolver la deficiente protección de los servicios que brinda la CNT en la periferia de la ciudad de Ambato y mantener conforme a sus usuarios.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Diseñar un anillo de fibra óptica con tecnología NG-SDH para la protección de los servicios de la CNT EP Regional 3 en la ciudad de Ambato.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características y los requerimientos técnicos que tiene la CNT para el diseño del anillo de fibra óptica.
- Seleccionar y determinar los parámetros de los equipos que soporten la tecnología NG-SDH con el fin de cubrir las necesidades de ancho de banda, seguridad y calidad de servicio que debe tener la red.
- Analizar el tipo de topología de la red de fibra óptica y sus equipos, para el funcionamiento óptimo de la red.

6.5 Análisis de factibilidad

6.5.1 Factibilidad Técnica

La propuesta planteada sobre el diseño de un anillo de fibra óptica es factible desde el punto de vista técnico, puesto que existen todos los recursos para el desarrollo de esta propuesta, además de que se cuenta con los equipos necesarios y documentación respectiva, así como la distribución de los nodos de la red, el estado de tráfico y servicios brindados para su estudio y posterior implementación.

Mediante la información extraída se pudieron determinar los parámetros del diseño para una propuesta que se ajuste a los requerimientos y necesidades de la CNT, y así dicho proyecto ponerlo en marcha de una manera eficaz.

6.5.2. Factibilidad Operativa

Desde el punto de vista operativo la propuesta es factible debido a que actualmente la CNT cuenta con una infraestructura físicamente adecuada, necesaria para poner en marcha este proyecto en la periferia de la ciudad de Ambato además basándose en las entrevistas realizadas al departamento de operaciones de la empresa se manifestó que el proyecto es necesario para abastecer de forma rápida, segura y eficiente los servicios que se brindan a los usuarios.

6.5.3. Factibilidad Económica

La CNT ha demostrado un total interés en este proyecto, además se cuenta con el presupuesto necesario para poder llevar a cabo el diseño o ejecución del mismo.

6.6 Fundamentación

6.6.1 Fibra Óptica

Según Definición del Libro (B. MARTINEZ, 2000, Pag.29), menciona que “La fibra óptica se ha vuelto el medio de comunicación de elección para la transmisión de voz, video, y de datos, particularmente para comunicaciones de alta velocidad. Las fibras ópticas son conductos, rígidos o flexibles, de plástico o de vidrio (sílice), que son capaces de conducir la luz que se emite en uno de sus extremos, mediante sucesivas reflexiones que lo mantienen dentro de la fibra óptica para luego salir por el otro extremo, se puede observar en la figura 6.1 el cable de fibra óptica”.



Figura 6.1: Fibra Óptica.

Fuente: <http://www.tektronix.com/optical>.

6.6.1.1 Características de la Fibra Óptica

a) Características Mecánicas

Según Definición del Libro (B. CHOMYCZ, 1998, Pag.48), menciona que “La Fibra Óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa. Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo. Las microcurvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

Tensión: cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.

Compresión: es el esfuerzo transversal.

Impacto: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.

Enrollamiento: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.

Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción”.

b) Características Técnicas

Según Definición del Libro (B. CHOMYCZ, 1998, Pag.50), menciona que “Es un medio de transmisión de información (en forma analógica o digital). Su capacidad de transmisión de información va a depender de tres características fundamentales, las que son:

- Del diseño geométrico de la fibra.
- De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)

- De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra”.

6.6.1.2 Estructura de la Fibra Óptica

Según Definición del Folleto (J. PALLO, 2009, Pag.11), menciona que “En general, un cable de fibra óptica se compone de cinco partes, como se puede observar en la figura 6.2 las parte que componen la estructura de la fibra óptica. Estas partes son: el núcleo, el revestimiento, un amortiguador, un material resistente y un revestimiento exterior:

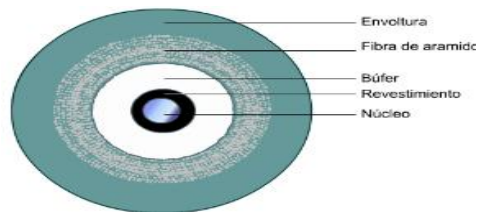


Figura 6.2: Estructura de la Fibra Óptica.

Fuente: PALLO, Juan (2009). Comunicaciones ópticas.

Núcleo: El núcleo es el elemento que transmite la luz y se encuentra en el centro de la fibra óptica. Todas las señales luminosas viajan a través del núcleo. El núcleo es, en general, vidrio fabricado de una combinación de dióxido de silicio (sílice), cuarzo fundido o plástico. Tiene un diámetro de 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y 9 μm para la fibra monomodo.

Revestimiento: Recubre a cada una de las fibras del núcleo, está fabricado con sílice pero con un índice de refracción menor que el del núcleo. Los rayos de luz que se transportan a través del núcleo de la fibra se reflejan sobre el límite entre el núcleo y el revestimiento a medida que se mueven a través de la fibra por reflexión total interna.

Amortiguador: Alrededor del revestimiento se encuentra un material amortiguador que es generalmente de plástico. El material amortiguador ayuda a proteger al núcleo

y al revestimiento de cualquier daño. Existen dos diseños básicos para cable. Son los diseños de cable de amortiguación estrecha y de tubo libre.

Material Resistente: El material resistente rodea al amortiguador, evitando que el cable de fibra óptica se estire cuando los encargados de la instalación tiran de él. El material utilizado es, en general, Kevlar, el mismo material que se utiliza para fabricar los chalecos a prueba de bala.

Revestimiento Exterior: Éste es el último elemento. El revestimiento exterior rodea al cable para así proteger la fibra de abrasión, solventes, corrosión, humedad, etc, es decir asegura la protección mecánica de la fibra”.

6.6.1.3 Fundamentos de la Fibra Óptica

a) El Espectro Electromagnético

Según Definición del Folleto (J. PALLO, 2009, Pag.4), menciona que “La luz que se utiliza en las redes de fibra óptica es un tipo de energía electromagnética, por lo tanto posee una longitud de onda, dicho espectro electromagnético se observa en la figura 6.3.

La radio, las microondas, el radar, la luz visible, los rayos x y los rayos gama parecen ser todos muy diferentes. Sin embargo, todos ellos son tipos de energía electromagnética. Si se ordenan todos los tipos de ondas electromagnéticas desde la mayor longitud de onda hasta la menor, se crea un continuo denominado espectro electromagnético.

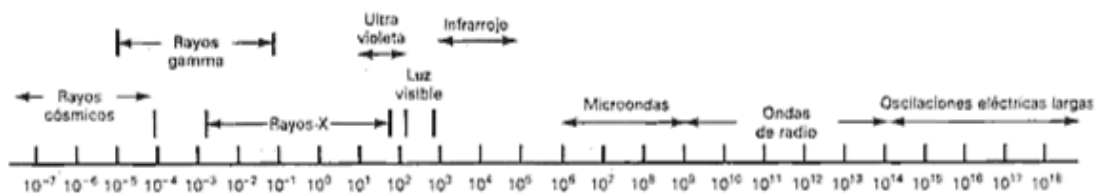


Figura 6.3: El Espectro Electromagnético.

Fuente: PALLO, Juan (2009). Comunicaciones ópticas.

Como todas las ondas electromagnéticas se generan de la misma manera, comparten muchas propiedades. Todas las ondas viajan a la misma velocidad en el vacío. La velocidad es aproximadamente 300.000 kilómetros por segundo. Esta es también la velocidad de la luz.

Los ojos humanos están diseñados para percibir solamente la energía electromagnética de longitudes de onda de entre 700 y 400 nanómetros (nm). La energía electromagnética con longitudes de onda entre 700 y 400 nm recibe el nombre de luz visible. Las longitudes de onda de luz más largas que se encuentran cerca de los 700 nm se perciben como el color rojo. Las longitudes de onda más cortas que se encuentran alrededor de los 400 nm aparecen como el color violeta, en la figura 6.4 se puede observar las longitudes de onda visibles con sus respectivos colores.

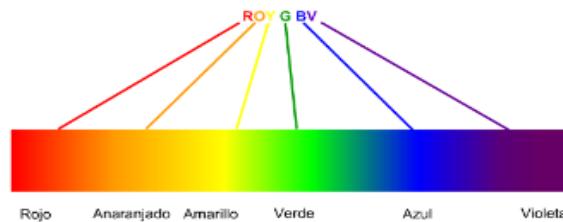


Figura 6.4: Longitudes de onda visible

Fuente: PALLO, Juan (2009). Comunicaciones ópticas.

Las longitudes de onda invisibles al ojo humano son utilizadas para transmitir datos a través de una fibra óptica. Estas longitudes de onda son levemente más largas que las de la luz roja y reciben el nombre de luz infrarroja. Las longitudes de onda de la luz que se utilizan en la fibra óptica son: 850 nm, 1310 nm o 1550 nm. Se seleccionaron estas longitudes de onda porque pasan por la fibra óptica más fácilmente que otras”.

b) Modelo de Rayo de Luz

Reflexión

Según Definición del Libro (B. CHOMYCZ, 1998, Pag.67), menciona que “La luz viaja a velocidades diferentes según el tipo de material que atraviesa. Cuando un rayo de luz, denominado rayo incidente, cruza los límites de un material a otro, se refleja parte de la energía del rayo de luz. La luz reflejada recibe el nombre de rayo reflejado, como se puede observar en la figura 6.5 el efecto de la reflexión.

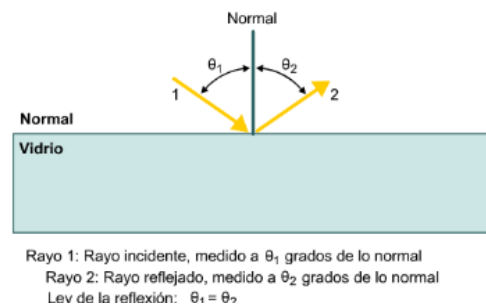


Figura 6.5: Reflexión

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

El ángulo que se forma entre el rayo incidente y una línea perpendicular a la superficie del vidrio, en el punto donde el rayo incidente toca la superficie del vidrio, recibe el nombre de ángulo de incidencia. Esta línea perpendicular recibe el nombre de normal. El ángulo que se forma entre el rayo reflejado y la normal recibe el nombre de ángulo de reflexión. La Ley de la Reflexión establece que el ángulo de reflexión de un rayo de luz es equivalente al ángulo de incidencia.

Refracción

La energía de la luz de un rayo incidente que no se refleja entra en el material. El rayo entrante se dobla en ángulo desviándose de su trayecto original. Este rayo recibe el nombre de rayo refractado. El grado en que se dobla el rayo de luz incidente depende del ángulo que forma el rayo incidente al llegar a la superficie del material y de las

distintas velocidades a la que la luz viaja a través de las dos sustancias, como se puede observar en la figura 6.6 el efecto de la refracción”.

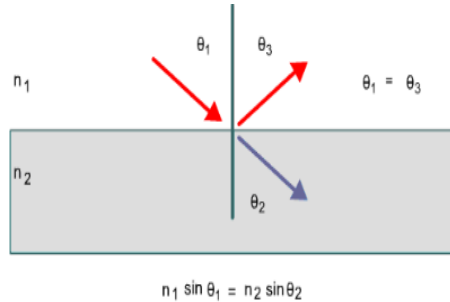


Figura 6.6: Refracción

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

Índice de Refracción

Según Definición del Libro (C.USBECK, 1996, Pag.53), menciona que “Cuando un haz de luz que se propaga por un medio ingresa a otro distinto, una parte del haz se refleja mientras que la otra sufre una refracción, que consiste en el cambio de dirección del haz. Para esto se utiliza el llamado índice de refracción del material, que nos servirá para calcular la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción del haz (antes y después de ingresar al nuevo material).

$$n = \frac{\text{velocidad de la luz en el vacío}}{\text{velocidad de la luz en el medio}}$$

Dado que la velocidad de la luz siempre es menor en cualquier medio que en el vacío, el índice de refracción siempre será mayor que 1, ya que $n=1$ en el vacío. En la tabla 6.1 se muestra los índices de refracción para algunos materiales”.

Tabla 6.1: Índice de Refracción de los Materiales

MATERIAL	INDICE DE REFRACCION
Vacío	1
Aire	1.0003
Agua	1.33
Cuarzo	1.46
Sal rocosa	1.54
Diamante	2.42

Fuente: CHOMYCZ, Bob. Instalaciones de fibra óptica

6.6.1.4 Tipos de Fibra Óptica

Según Definición del Libro (C.USBECK, 1996, Pag.95), menciona que “Existen distintas clasificaciones de las fibras ópticas atendiendo a distintos criterios; las principales clasificaciones son según el modo de propagación, según el índice de refracción y según los materiales de fabricación.

Desde el punto de vista de la propagación tenemos:

Fibra Monomodo: Como su nombre indica en estas fibra sólo se propaga un modo por lo que se evita la dispersión modal, debida a la diferencia de velocidad de propagación de los modos que se transmiten por la fibra. Esto se debe al pequeño tamaño de su núcleo menor de $9\mu\text{m}$. Esto dificulta el acoplamiento de la luz, pero permite alcanzar mayores distancias y tasas de transmisión más elevadas que la fibra óptica multimodo, en la figura 6.7 se puede ver los tipos de fibra según su propagación.

Fibra óptica monomodo Standard (ITU-T G.652)

G.652.A: Contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar aplicaciones ópticas relacionadas con SDH, para sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km (Ethernet) y STM-256.

G.652.B: Este tipo de fibras ópticas son recomendados para soportar aplicaciones de mayor velocidad binaria hasta STM-64, sistemas con amplificadores ópticos, sistemas dentro de oficinas.

G.652.C: Semejante a la subcategoría G.652.A, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

G.652.D: Semejante G.652.B, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

Fibra Multimodo: En estas fibras se propagan más de un modo de las mismas longitudes de onda; esto es, un haz de luz toma diferentes trayectorias. El diámetro del núcleo de este tipo de fibras suele ser $50\mu\text{m}$ o $62.5\mu\text{m}$, por lo que el acoplamiento de la luz es más sencillo que las anteriores.

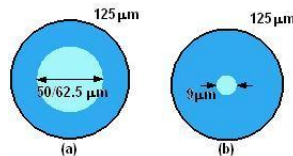


Figura 6.7: (a) Fibra Multimodo y (b) Fibra Monomodo

Fuente: http://com3usac.netau.net/Docs_Opticos

6.6.1.5 Parámetros de Pérdidas en una Fibra Óptica

Según Definición del Libro (B. CHOMYCZ, 1998, Pag.117), menciona que “Existe varios parámetro de pérdidas en una fibra óptica, a continuaciones se detallarán los más importantes:

a) **“Atenuación:** La atenuación es la pérdida de potencia óptica que se da cuando la luz se propaga por la fibra, la relación entre las potencias luminosas a la salida y a la entrada de la fibra se mide en dB. La formula normal con la que se expresa la perdida total de potencia en un cable de fibra es:

$$A \text{ (dB)}= 10\log\left(\frac{P_{sal}}{P_{ent}}\right)$$

b) **Pérdidas por Absorción:** La luz puede excitar ciertas transiciones en el material que compone la fibra. Las pérdidas de absorción son $e^{-\alpha L}$ donde α es el coeficiente de absorción y L es el camino óptico. El valor de α suele ser de $0,02\text{km}^{-1}$. Las pérdidas de absorción son muy importantes ya que determinan qué distancia puede recorrer la señal óptica antes de que deba ser regenerada por un repetidor.

- **Pérdidas Intrínsecas:** Este tipo de pérdidas son debidas a factores intrínsecos a la naturaleza de las fibras, como lo son los parámetros geométricos u ópticos de las mismas. En una unión de fibras ópticas, cualquier diferencia existente entre los mismos dará lugar a este tipo de pérdidas. Hay que hacer una diferenciación entre las uniones de fibras monomodo y las de fibras multimodo.
- **Pérdidas Extrínsecas:** Este tipo de pérdidas son debidas a factores extrínsecos a la naturaleza de las fibras, como lo son aquellos que vienen determinados por el estado en que se produzca la unión; se está haciendo referencia al medio existente entre las fibras, a su separación y a las desviaciones laterales y angulares entre los ejes de las mismas”.

c) **Pérdidas por Dispersión por el Material o de Rayleigh:** Según la dirección electrónica: <http://www.-yio.com.ar/fibras-opticas/atenuacion-fibras-opticas-potencia-otdr.php>, menciona que “A parte del problema que acabamos de describir existe otra limitación en la capacidad de la fibra debido a la dispersión del propio material de la fibra. Esta dispersión surge de la variación del índice de refracción de la fibra óptica con la longitud de onda. Debido a esta variación, radiaciones de

diferente longitud de onda recorren diferentes caminos ópticos y por tanto aparecen retrasos.

De acuerdo a la longitud de onda se tiene valores aproximados para las pérdidas por absorción y por efecto Rayleigh. Los valores se indican en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Pérdidas por absorción y por efecto Rayleigh

λ (nm)	Absorción (dB/Km)	Rayleigh (dB/Km)
1300	0.05	0.25
1550	0.09	0.15

Fuente: <http://www.-yio.com.ar/fibras-opticas.php>

d) Dispersión

Éste fenómeno ocurre cuando el pulso de luz se ensancha a lo largo de la transmisión por la fibra. La dispersión puede llegar a ser tan alta de manera que en la recepción será prácticamente imposible distinguir si el pulso de luz es un cero lógico o un uno lógico. La dispersión es directamente proporcional a la longitud de la fibra. La dispersión puede ser modal, cromática (de guía de onda y del material) y, por modo de polarización.

Dispersión Modal

La dispersión modal ocurre solamente en las fibras multimodo y, es causada por la presencia de varios modos en la transmisión de pulsos de luz, los mismos que al tener distintas trayectorias recorren distancias diferentes llegando al receptor en instantes distintos haciendo que los pulsos de luz se dispersen y puedan interferir con los pulsos siguientes.

Dispersión Cromática

La dispersión intramodal o cromática se presenta en todos los tipos de fibras ópticas y tiene como origen el hecho de que las fuentes de luz disponibles no emiten una sola frecuencia, sino un cierto espectro de una determinada anchura de banda. En las fibras multimodo, el fenómeno queda enmascarado por la dispersión intermodal, de mucha mayor amplitud, por lo que sólo se suele considerar este tipo de dispersión para las fibras monomodo”.

6.6.1.6 Tipos de Tendido de la Fibra Óptica.

Según Definición del Libro (C.USBECK, 1996, Pag.121), menciona que “Entre las diversas modalidades de instalación de los cables de fibra óptica pueden citarse las siguientes: cables aéreos, en conductos, en galerías de cables, enterrados, submarinos, y en las instalaciones del usuario. Así, los cables de fibra óptica están expuestos a la influencia de factores naturales o producidos por el ser humano.

Tendido aéreo

Los tendidos aéreos importantes suelen aprovechar las instalaciones existentes de las empresas de transporte de energía eléctrica. En varios casos, estas mismas empresas son las dueñas de la fibra óptica y utilizan este recurso para aumentar sus ingresos.

Para los tendidos aéreos se utilizan básicamente 4 tipos de cables de fibra óptica:

ADSS (All Dielectric Self-Supporting) Diseñados para instalarse en líneas de alta tensión. Este diseño no contiene ningún elemento metálico y su cubierta está protegida contra el efecto tracking por lo que hace a este cable muy adecuado para su instalación en líneas de media y alta tensión. El peso del cable es soportado solo por los elementos de refuerzo (hilaturas de aramida) incluidos en él. Estos cables pueden instalarse en vanos de hasta 600 metros. Además pueden incorporar protección contra los disparos si se instalan en zonas de cazadores.

Figura-8 Este diseño contiene el mensajero unido al núcleo óptico mediante la cubierta externa. El mensajero actúa como elemento de refuerzo y soporta el peso del cable. Este tipo de cable se usa en instalaciones aéreas con vanos cortos siendo una solución muy económica. En la siguiente figura se puede ver un esquema de estos cables.

Adosados Diseñados para ser atados a un cable mensajero, al hilo de tierra o al conductor de fase en las líneas de alta tensión. La solución usada en líneas de alta tensión, conocida como ADL, contiene elementos totalmente dieléctricos. La tecnología ADL permite instalaciones rápidas y económicas. El adosado del cable óptico al hilo de tierra en las líneas de alta tensión se hace de una manera discontinua usando preformados metálicos.

OPGW (Optical Ground Wire) El núcleo de fibras ópticas se aloja en el interior de un tubo de aluminio extruido que proporciona tanto protección mecánica al núcleo óptico como estanqueidad frente a la humedad o penetración de agua. Este tubo de aluminio proporciona a su vez alta conductividad eléctrica necesaria para la disipación de las descargas atmosféricas o cortocircuitos accidentales.

A continuación se tiene el procedimiento de instalación aérea, además se puede observar en la figura 6.8:

- Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica, etc).
- Instalar el fiador (correcto conexionado a tierra).
- Preparar equipamiento
- Instalar cable guía y fijador al fiador.
- Respetar los radios de curvatura apropiados.
- Elevar el cable de Fibra óptica hasta el cable guía y fijador.
- Mantener la distancia de seguridad de la bobina de cable (15 mts) en relación al fijador.
- Instalar fijador y asegurar al fiador (abrazadera de fijación).

- Atar el cable al fijador en la abrazadera de manera temporal.
- Ajustar el fijador para una adecuada operación.
- Iniciar la operación de estirar a mano sin brusquedad y mantener la velocidad de estirado respetando la distancia de seguridad de la bobina.
- En cada poste se detiene el tendido y se realiza el lazo de expansión si este es preciso.
- Continuar el tendido identificando en cada poste con etiquetas de aviso de cable óptico.
- Longitud máxima entre postes: 50 - 200 metros”.

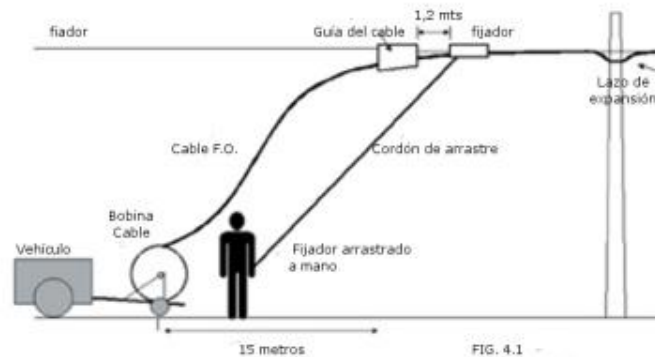


Figura 6.8: Tendido Aéreo.

Fuente: USBECK, Carlos (1996). Tecnología de Transmisión por Fibra Óptica.

6.6.1.7 Tipos de conectores de fibra óptica

Según la dirección electrónica <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>, menciona que “Los conectores ópticos constituyen, quizás, uno de los elementos más importantes dentro de la gama de dispositivos pasivos necesarios para establecer un enlace óptico, siendo su misión, junto con el adaptador, la de permitir el alineamiento y unión temporal y repetitivo, de dos o más fibras ópticas entre sí y en las mejores condiciones ópticas posibles, en la figura 6.9 se puede observar los tipos de conectores.

Los conectores más frecuentes se relacionan en la figura siguiente:

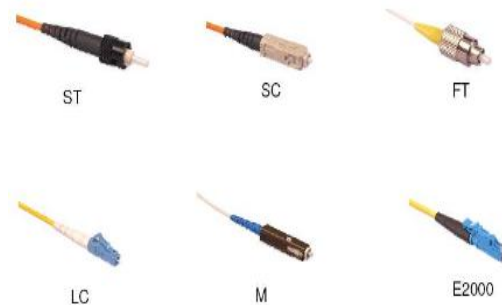


Figura 6.9: Tipos de Conectores

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica-/calculo-enlace>

6.6.2 RED SDH

Según Definición del Libro (W. KUMURA, 1998, Pag.35), menciona que “SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones de "alta velocidad, y alta capacidad". Más específicamente es una jerarquía digital sincrónica. Este es un sistema de transporte digital realizado para proveer una infraestructura de redes de telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

Las viejas redes fueron desarrolladas en el tiempo en que las transmisiones punto a punto eran la principal aplicación de la red. Hoy en día los operadores de redes requieren una flexibilidad mucho mayor.

6.6.2.1 Historia y ventajas de SDH

A partir de la introducción de la tecnología PCM hacia 1960, las redes de comunicaciones fueron pasando gradualmente a la tecnología digital en los años siguientes. Para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias surgió la jerarquía PDH. Pero como las velocidades de transmisión de esta jerarquía no son las mismas para EEUU y Japón que para Europa, las pasarelas entre redes de ambos tipos es compleja y costosa. Además si se tiene en cuenta que para poder llegar a un canal

de 64Kb/s (canal de voz), habría que desarmar toda la señal PDH, hasta llegar al mismo, es decir habría que poner una cadena de multiplexores y demultiplexores, con el incremento de costo que esto significa. El objetivo de la jerarquía SDH, nacida en los años 80's, era subsanar estas desventajas inherentes a los sistemas PDH, así como también normalizar las velocidades superiores a 140Mb/s que hasta el momento eran propietarias de cada compañía. La tecnología SDH, ofrece a los proveedores de redes las siguientes ventajas:

a) Altas velocidades de transmisión

Los modernos sistemas SDH logran velocidades de 10 Gbit/s. SDH es la tecnología más adecuada para los "backbones", que son realmente las superautopistas de las redes de telecomunicaciones actuales.

b) Función simplificada de inserción/extracción

Comparado con los sistemas PDH tradicionales, ahora es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad. Ya no hace falta demultiplexar y volver a multiplexar la estructura plesiócrona, procedimiento que en el mejor de los casos era complejo y costoso. Esto se debe a que en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

c) Alta disponibilidad y grandes posibilidades de ampliación

La tecnología SDH permite a los proveedores de redes reaccionar rápida y fácilmente frente a las demandas de sus clientes. Por ejemplo, conmutar las líneas alquiladas es sólo cuestión de minutos. Empleando un sistema de gestión de redes de telecomunicaciones, el proveedor de la red puede usar elementos de redes estándar controlados y monitorizados desde un lugar centralizado.

d) Fiabilidad

Las modernas redes SDH incluyen varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallos del sistema. Un problema en un enlace o en un elemento de la red no provoca el colapso de toda la red, lo que podría ser un desastre financiero para el proveedor. Estos circuitos de protección también se controlan mediante un sistema de gestión.

e) Plataforma a prueba de futuro

Hoy día, SDH es la plataforma ideal para multitud de servicios, desde la telefonía tradicional, las redes RDSI o la telefonía móvil hasta las comunicaciones de datos (LAN, WAN, etc.) y es igualmente adecuada para los servicios más recientes, como el video bajo demanda (VOD) o la transmisión de video digital vía ATM.

f) Interconexión

Con SDH es mucho más fácil crear pasarelas entre los distintos proveedores de redes y hacia los sistemas SONET. Las interfaces SDH están normalizadas, lo que simplifica las combinaciones de elementos de redes de diferentes fabricantes. La consecuencia inmediata es que los gastos en equipamiento son menores en los sistemas SDH que en los sistemas PDH. El motor que genera toda esta evolución es la creciente demanda de más ancho de banda, mejor calidad de servicio y mayor fiabilidad, junto a la necesidad de reducir costos manteniendo la competitividad.

6.6.2.2 Componentes de una red síncrona

La mezcla de varias aplicaciones diferentes es típica de los datos transportados por la red SDH. Las redes síncronas deben ser capaces de transmitir las señales plesiócronicas y, al mismo tiempo, ser capaces de soportar servicios futuros como ATM. Todo ello requiere el empleo de distintos tipos de elementos de red. Las

redes SDH actuales están formadas básicamente por cuatro tipos de elementos. La topología (estructura de malla o de anillo) depende del proveedor de la red.

a) Regeneradores

Como su nombre implica, los regeneradores se encargan de regenerar el reloj y la amplitud de las señales de datos entrantes que han sido atenuadas y distorsionadas por la dispersión y otros factores. Obtienen sus señales de reloj del propio flujo de datos entrante. Los mensajes se reciben extrayendo varios canales de 64 kbit/s (por ejemplo, los canales de servicio E1, F1) de la cabecera RSOH, en la figura 6.10 se muestra el regenerador.

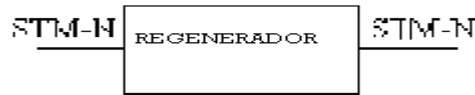


Figura 6.10: Regenerador.

Fuente: http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/actividades/RedesSONET.pdf

b) Multiplexores

Los multiplexores se emplean para combinar las señales de entrada plesiócronicas y terminales: síncronas en señales STM-N de mayor velocidad en la figura 6.11 se muestra el multiplexor.

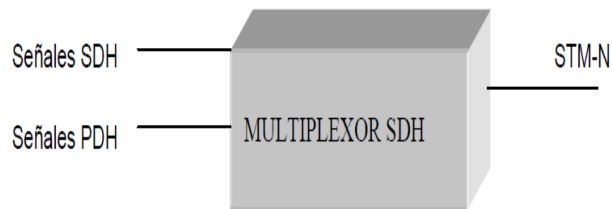


Figura 6.11: Multiplexor.

Fuente: http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/actividades/RedesSONET.pdf

c) Multiplexores add/drop (ADM)

Permiten insertar (o extraer) señales plesiócronicas y síncronas de menor velocidad binaria en el flujo de datos SDH de alta velocidad. Gracias a esta característica es posible configurar estructuras en anillo, que ofrecen la posibilidad de conmutar automáticamente a un trayecto de reserva en caso de fallo de alguno de los elementos del trayecto, en la figura 6.12 se muestra el multiplexor add/drop.

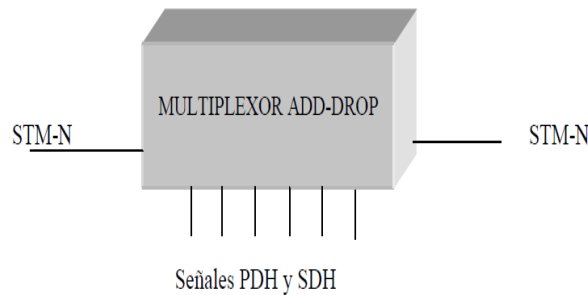


Figura 6.12: El multiplexor add/drop

Fuente: http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/actividades/RedesSONET.pdf

d) Transconectores digitales (DXC)

Los Transconectores digitales de la red es el que más funciones tiene. Permite mapear las señales tributarias PDH en contenedores virtuales, así como conmutar múltiples contenedores, hasta VC-4 inclusive, en la figura 6.13 se muestra un Transconector Digital (DXC).

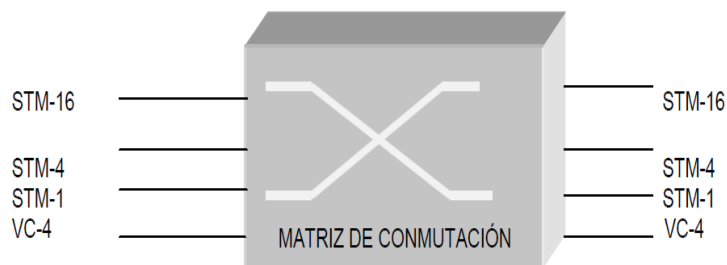


Figura 6.13: Transconector Digital (DXC).

Fuente: http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/actividades/RedesSONET.pdf

A continuación se muestra en la tabla 6.3 las velocidades de SONET/SDH:

Tabla 6.3: Velocidades de SONET/SDH

SONET		SDH	Tasa de bits	SDH
Nivel Óptico	Nivel Eléctrico	Equivalencia	Mbps	Capacidad
OC - 1	STS - 1	STM - 0	51.84	21 E1
OC - 3	STS - 3	STM - 1	155.52	63 E1
OC - 12	STS - 12	STM - 4	622.08	252 E1
OC - 48	STS - 48	STM - 16	2488.32	1008 E1
OC - 192	STS - 192	STM - 64	9953.28	4032 E1
OC - 768	STS - 768	STM - 256	39812.12	16128 E1

Fuente: http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_mdl/actividades/RedesSONET.pdf

6.6.3 REDES NG-SDH

Según la dirección electrónica <http://www.archaeologics.com/TechnologyQtoS/SONET.php+Next+Generation+Synchronous+Digital+Hierarchy>, menciona que “Existen numerosas definiciones de NGN, sin embargo, por su validez internacional, se considera la definición (UIT –T) en la Recomendación Y.2001, que define una NGN como: “Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad

generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios.”

Debido al crecimiento de una nueva generación de servicios que ofrecen grandes ingresos a los operadores, se ha introducido un gran despliegue de redes SDH en el ámbito metropolitano y de largo alcance. En los últimos años, los avances experimentados en la tecnología de transporte han hecho posible el renacimiento de SDH, haciendo que dicha tecnología sea uno de los principales componentes en la estrategia de crecimiento de cualquier proveedor de servicios.

Una de las razones que ha motivado el avance en la tecnología de transporte ha sido la demanda de las empresas de servicios basados en Ethernet. Debido a la necesidad de acomodar un gran volumen de tráfico de datos, juntamente con el tráfico de voz y debido a que las redes SDH ya se encontraban implantadas, han aparecido distintas tecnologías con el fin de emplear la red SDH para el transporte de nuevos tipos de tráfico de datos. Dichas tecnologías son las que definen la nueva generación de redes SDH.

Varios planteamientos son posibles para satisfacer las esperadas, pero siempre cambiantes, demandas de los usuarios. La estrategia más conveniente para construir dicha red no siempre es evidente, y los planteamientos generalmente adoptados incluyen:

Superposición: Construir una red separada para cada aplicación del cliente: IP, ATM, etc.

Migración: Convergencia de servicios en una red de simple aplicación, tal como Voz sobre Protocolo Internet (VoIP).

Integración: Permite la integración de las funciones específicas de servicio en los elementos de red.

La flexibilidad de la red de transporte, su apertura a los diferentes protocolos y su capacidad para llevarlos en la forma más conveniente, serán los factores para atraer el mercado hoy día altamente competitivo, en donde es decisivo servir las necesidades de los clientes en la forma más rápida y al mejor coste.

Entre estas nuevas tecnologías que definen la NGN SDH (Next Generation Network SDH), se encuentra la concatenación virtual (VCAT), el esquema de ajuste de la capacidad del enlace (LCAS) y el procedimiento de tramado genérico (GFP). NG – SDH, se basa en las siguientes tecnologías:

El Encadenamiento Virtual (VCAT): Consiste en la agrupación en un único trayecto, denotado VC-N-Xv, de X VC-Ns miembros con idéntico origen y destino.

Permite la asignación flexible de ancho de banda, con granularidad dependiente de la capa concreta (VC-12, VC-3 ó VC-4) utilizada, en la figura 6.14 se muestra un contenedor virtual.

También ofrece tramas de ancho de banda variable en incrementos por debajo de 2 Mbit/s por una existencia red de SDH, sin cambios necesarios a la infraestructura de red.

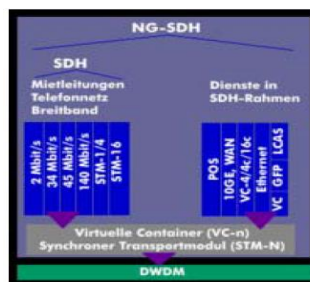


Figura 6.14: Ejemplo práctico de concatenación virtual.

Fuente: [http:// www.archaeologics.com/](http://www.archaeologics.com/)

El Esquema de Ajuste de Capacidad de Eslabón (LCAS): Tiene en cuenta el cambio dinámico del ancho de banda para concatenar contenedores de multiplexación basados en necesidades de ancho de banda a corto plazo en la red.

Permite la variación de perfeccionamiento del ancho de banda. Esto también permite que el ancho de banda de protección sea reutilizada para el tráfico, un rasgo que también es proporcionado en la tecnología de Anillo de Paquete Resistente.

Procedimiento de Trama Genérico (GFP): Técnica estándar de mapeado de tramas Ethernet sobre trayectos SDH. La aplicación más conocida es Ethernet (GFP), de 10 Mbit/s hasta Gigabit Ethernet aunque también cubre a otros como Canal de Fibra y Emisión de Vídeo Digital. Ofrece correlaciones estándares por la industria para muchos servicios de datos en SDH, y sustituye esquemas patentados.

Sin embargo, el interfuncionamiento sigue siendo un desafío cuando una mezcla de servicios debe ser lograda, extendiéndose a través del espectro de Ethernet línea privada/arrendada (E-línea) a VPN.

6.6.4 ANILLOS DE FIBRA ÓPTICA

Según la dirección electrónica http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_md1/maestria_en_tecnologias_de_informacion/tem_sel_redes/sesion7/actividades/RedesSONET.pdf, menciona que “Un anillo de fibra óptica hace un uso más eficiente del ancho de banda, proveen la protección máxima para la supervivencia de la red y brindan mayor flexibilidad para el crecimiento de la misma.

Estos anillos manejan una alta capacidad de tráfico simultáneo y proveen un 100% de supervivencia alrededor del mismo. Esta alternativa nos permite proveer diversidad y crecimiento inmediato en nuestra red.

El establecimiento de los anillos de cables de fibra óptica tiene varias ventajas:

a. Proveer diversidad de rutas de transmisión.

Con los anillos se logra establecer diversidad de rutas (dos o más) para lograr conexión desde un punto a otro. Esto hace que la red sea flexible y confiable debido a que en caso de una avería, la conexión se restablece por otra ruta. En muchos casos,

esto se realiza de forma automática, con un mínimo de interrupción de servicio inadvertido a los clientes.

b. Proveer mayor ancho de banda para las demandas de nuevos servicios y aplicaciones.

Los anillos proveen mayor ancho de banda en la red para la demanda de servicio. Esto incluye los servicios actuales y futuros.

c. Utilizar nuevas tecnologías para crear una red de transmisión que permita la restauración automática.

Debido a la arquitectura de los anillos, se pueden implementar equipos con capacidad de restauración automática. Estos equipos se vigilan continuamente y, en caso de una avería en el cable de fibra óptica o del propio equipo, éste enruta el tráfico por otro paso, de forma tal, que la interrupción en el servicio es mínima. De esta manera, la red se torna más confiable según lo requieren los clientes, servicios y aplicaciones actuales.

6.6.5 TIPOS DE ANILLOS

Los anillos SONET/SDH son la arquitectura de red más común debido a su implementación relativamente simple y a su fácil gestión. El elemento clave para la construcción de anillos SONET/SDH es el ADM (add-drop multiplexer). Un ADM puede insertar o extraer señales STS-1 o VCs individualmente, a la vez que permite el paso del resto del tráfico sin ningún tipo de procesamiento costoso. Adicionalmente, también se encarga de realizar diversas funciones para mantener la supervivencia de la red. Estos anillos SONET/SDH basados en ADMs pueden interconectarse posteriormente entre sí por medio de DXCs (digital cross-connects) mediante topologías de anillos o árboles de anillos.

Existen tres tipos de configuraciones de anillos estandarizadas y que se conocen como: anillo unidireccional con conmutación de ruta (**UPSR**, unidirectional path-

switched ring), anillo bidireccional de dos fibras con conmutación de línea (**BLSR/2**, two-fiber bidirectional line-switched ring) y anillo bidireccional de cuatro fibras con conmutación de línea (**BLSR/4**, four-fiber bidirectional line-switched ring).

A continuación se muestra en la tabla 6.4 el comparativo entre los diferentes tipos de anillos.

Tabla 6.4: Comparativa entre los diferentes anillos.

	UPSR	BLSR/2	BLSR/4
Anillos de fibra	2	2	4
Capacidad de trabajo	Completa	Mitad	Completa
Acceso de protección	Ninguno	Permitido	Permitido
Entidad protegida	Ruta	Línea	Línea
Mecanismo de protección	Conmutación 1+1	Conmutación de anillo	Conmutación de tramo o anillo
Reutilización de canal	Ninguna	Permitida	Permitida
Enrutado	Trivial	Complicado	Mismo que en BLSR/2
Aplicación	Redes de acceso	Redes metropolitanas	Redes metropolitanas de largo alcance
Coste	Bajo	Ligeramente mayor	El doble
Gestión	Sencilla	Más difícil	Similar a BLSR/2

Fuente: USBECK, Carlos. Tecnología de Transmisión por Fibra Óptica

6.7 Metodología. Modelo operativo

6.7.1. Descripción

Con el fin de proporcionar una mejor comunicación y protección en el servicio entre los nodos que se mencionan en este proyecto, se propone el diseño de un anillo de fibra óptica con las tecnologías NG-SDH. Los enlaces que formarán parte del anillo de fibra óptica se puede observar en la figura 6.15.

a) Requerimientos para el diseño del anillo de fibra óptica

Los requerimientos para el diseño se detallan a continuación:

- La red debe ser apta para incrementar su capacidad, proteger y soportar los servicios que se tendrá a futuro, sin necesidad de rediseñar la red.
- El diseño de la red NG-SDH basada en la topología y en matriz de tráfico, esquemas (físicos y lógicos) del anillo, las capacidades e interfaces de cada nodo, sus secciones y métodos de protección.
- Equipos NG-SDH provistos de un 75% de su capacidad máxima, que garantice futuras ampliaciones.
- Equipos con tecnología actual y del tipo “Carrier Class”, que posee total redundancia de las fuentes de potencia y tarjetas comunes, con una disponibilidad superior al 99,999%.
- El equipamiento no debe tener puntos de falla que afecte el tráfico.
- La red debe ser capaz de manejar cualquier tipo de servicio, entre ellos tenemos: Ethernet, GigabitEthernet, SONET/SDH, TDM, ATM, y que sea compatible con DWDM.
- La red propuesta debe captar la mayor cantidad de aplicaciones actuales y futuras de los usuarios, por ejemplo: datos, voz, video, servicios de vpn, video conferencia, Ipv6, etc.
- El diseño debe contar con equipos de gestión, es decir con equipos de monitoreo constante de la red.

- Los equipos que se utilicen deben ser idóneos para las tecnologías NG-SDH y capaces de manejar aplicaciones como Ethernet.
- El diseño de la red debe fundamentarse en un estudio geográfico de la zona y la demanda.

b) Criterios técnicos para el diseño del anillo de fibra óptica

Los aspectos que serán analizados en el diseño son:

- Determinación de la Infraestructura Actual.
- Localización geográfica y cobertura de la red.
- Abonados Existentes.
- Determinación de la topología de la red.
- Detalle de la ruta y recorrido de la fibra.
- Selección de la fibra óptica a utilizar.
- Método de tendido de fibra óptica
- Estudio de las pérdidas del enlace.
- Selección de los equipos más adecuados para la red.

6.7.2 Determinación de la Infraestructura Actual

La ciudad de Ambato posee lugares distribuidos en toda la ciudad llamados nodos, cada uno tiene su funcionalidad, algunos funcionan como mini centrales y otros solamente como AMGs un punto en donde se concentran las fibras desde el nodo central y se distribuyen a los demás AMGs asociados.

Para conocer la situación actual de los nodos, se realizó una investigación en base a documentación proporcionada por la empresa y se recabo los siguientes datos:

Nombre, acrónimo, nombre del distribuidor, conmutación (fabricante, modelo y tipo), sistema de transmisión y conexión. A continuación en la Tabla 6.5 Se describe la infraestructura actual de cada una de las centrales de dichos proyecto:

Tabla 6.5: Información equipos existentes

CENTRAL	ACRÓNIMO	NOMBRE DISTRIBUIDOR	CONMUTACIÓN			TRANSMISIÓN FIBRA/RADIO /SATELITE	CONEXIÓN
			FABRICANTE	MODELO	TIPO		
PINLLO (NQU1)	PINL	MSAN.PINLLO	ALCATEL LU	LITESPAN	AMG	F.O.	NQU1
FICOA (NQU1)	FCOA	AMG.FICOA	HUAWEI	UA5000	AMG	F.O.	NQU1
SANTA CATALINA (NQU1)	SCT1	MSAN.SANTA CATALINA	ALCATEL LU	LITESPAN	AMG	F.O.	NQU1
HUACHIS (TDA)	HGRN	HUACHI GRANDE	HUAWEI	UA5000	CONCENTRADOR	F.O.	TDA
HUACHI TOTORAS (NQU1)	HUTO	MSAN.HUACHI TOTORAS	ALCATEL LU	LITESPAN	AMG	F.O.	NQU1
PICAIHUA (TDA)	PICA	PICAIHUA	ALCATEL	CONC-E10B	CONCENTRADOR	F.O.	TDA
AMBATO (AMB1)	3 AMB3	AMBATO NORTE	ALCATEL	CSN MM (MULTIMEDIA)	CONCENTRADOR	F.O.	AMB1
IZAMBA (TDA)	IZMB	IZAMBA	ALCATEL	CONC-E10B	CONCENTRADOR	F.O.	TDA
EL PISQUE (NQU1)	EPIS	MSAN.EL PISQUE	ALCATEL LU	LITESPAN	AMG	F.O.	NQU1

Fuente: CNT-EP Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

6.7.3 Localización geográfica y cobertura de la red

Se requiere diseñar un anillo de fibra óptica para enlazar algunos lugares en la periferia de la ciudad de Ambato que se mencionan a continuación: Pinllo, Ficoa, Santa Catalina, Huachi Grande, Huachi Totoras, Picaihua, Ambato Norte, Izamba y Pisque, en total forman 9 nodos, mediante el programa Google Earth se pudo tener la localización geográfica de cada nodo, como se puede observar en la figura 6.15.

A continuación la tabla 6.6 presenta la ubicación geográfica de cada uno de los nodos:

Tabla 6.6: Información de los nodos existentes

CENTRALES	NODOS	CÓDIGO	CANTÓN	PARROQUIA	DIRECCIÓN
PINLLO (NQU1)	MSAN. PINLLO	1226	AMBATO	PINLLO	Calle Nieto Polo del Águila Junto a cancha Central
FICOA (NQU1)	AMG. FICOA	888	AMBATO	ATOCHA - FICOA	Calle Las Magnolias y Calle Los Nisperos
SANTA CATALINA (NQU1)	MSAN. SANTA CATALINA	1278	AMBATO	HUACHI CHICO	Av. José Peralta (Canchas Huachi La Magdalena)
HUACHIS (TDA)	HUACHI GRANDE	213	AMBATO	HUACHI GRANDE	Vía a la Libertad
HUACHI TOTORAS (NQU1)	MSAN. HUACHI TOTORAS	1689	AMBATO	TOTORAS	Vía a Huachi Totoras - Barrio Cristal
PICAIHUA (TDA)	PICAIHUA	181	AMBATO	PICAIHUA	Pasaje S/N y Calle Galo Vela (Junto al Centro de Salud)
AMBATO 3 (AMB1)	AMBATO NORTE	324	AMBATO	LA MERCED	Calle Colombia y Calle Bolivia (Interior del Terminal Terrestre)
IZAMBA (TDA)	IZAMBA	55	AMBATO	IZAMBA	Via Panamericana y Pedro Vásquez
EL PISQUE (NQU1)	MSAN. EL PISQUE	1280	AMBATO	IZAMBA	Calle Héroes de Paquisha

Fuente: CNT-EP Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

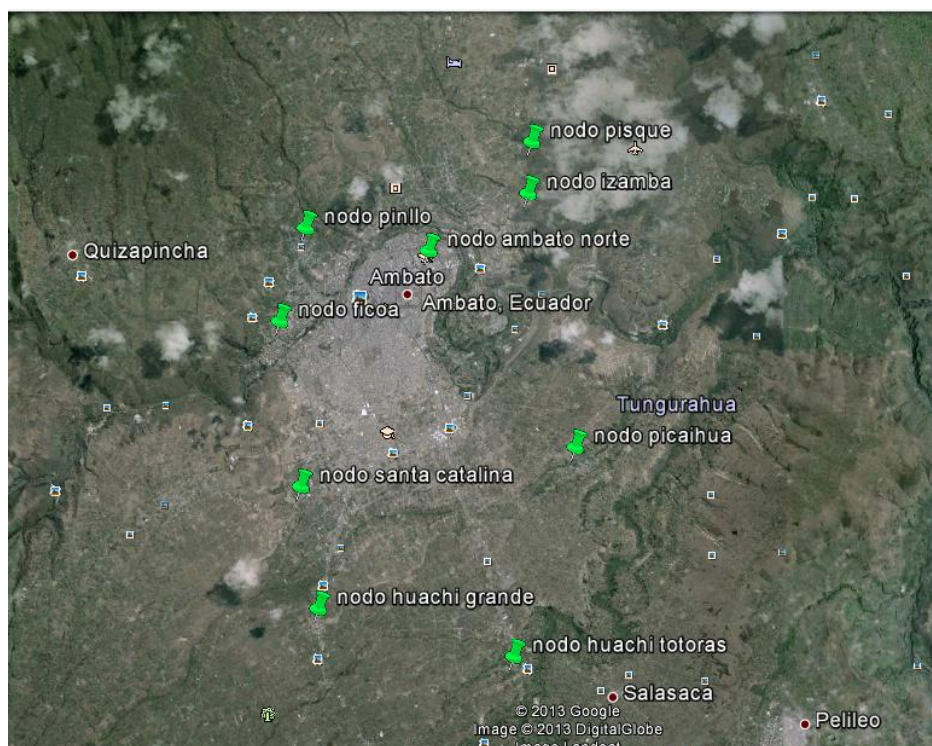


Figura 6.15: Localización Geográfica de los nodos.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

El Anexo A (**Ubicación de los nodos**) y Anexo C (**Distribución de nodos candidatos en mapa**) presentando una imagen más clara.

6.7.4 Abonados Existentes

En la tabla 6.7 se muestra los abonados existentes de telefonía en cada una de las centrales, así mismo la capacidad que tiene cada uno desde el año 2010 hasta el año 2013, se puede observar que en el 2010 algunas de las centrales (Pinllo, Santa Catalina, Huachi Totoras y el Pisque) no existía capacidad en las mismas, mientras que en el 2013 la demanda de abonados fue creciendo a sí mismo la capacidad de las centrales. Mientras que en la tabla 6.8 se muestra los abonados existentes y la capacidad de cada central en cuanto a los datos (internet) desde el año 2010 al 2013.

Tabla 6.7: Información de abonados de telefonía

CENTRAL	2010		2011		2012		2013	
	OCUP	CAP	OCUP	CAP	OCUP	CAP	OCUP	CAP
PINLLO (NQU1)	0	0	1342	1680	1376	1680	1418	1680
FICOA (NQU1)	1692	2368	1795	2368	1817	2368	1876	2368
SANTA CATALINA (NQU1)	0	0	0	0	3312	3504	3436	3504
HUACHIS (TDA)	2088	3008	1622	3142	1648	3142	1647	3142
HUACHI TOTORAS (NQU1)	0	0	0	0	0	0	885	1296
PICAIHUA (TDA)	744	767	1141	1279	1128	1279	1258	1279
AMBATO 3 (AMB1)	2661	2959	2655	3327	3239	3327	3287	3327
IZAMBA (TDA)	5743	6039	5896	6039	5306	6039	5429	6039
EL PISQUE (NQU1)	0	0	0	0	1082	1728	1101	1728

Fuente: CNT-EP Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.8: Información de abonados de Datos

DISTRIBUIDOR	2010		2011		2012		2013	
	OCUP	CAP	OCUP	CAP	OCUP	CAP	OCUP	CAP
PINLLO (NQU1)	0	0	340	384	501	528	509	528
FICOA (NQU1)	409	800	711	800	779	800	901	1696
SANTA CATALINA (NQU1)	0	0	0	0	1076	1133	1573	2141
HUACHIS (TDA)	86	96	128	160	529	672	627	800
HUACHI TOTORAS (NQU1)	0	0	0	0	0	0	121	528
PICAIHUA (TDA)	40	48	336	368	360	368	545	624
AMBATO 3 (AMB1)	417	510	585	691	1245	1979	1445	1925
IZAMBA (TDA)	482	520	757	792	1329	1455	1944	2223
EL PISQUE (NQU1)	0	0	0	0	318	336	453	960

Fuente: CNT-EP Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

6.7.5 Determinación de la topología de la red

La topología de la red de fibra óptica se fundamenta en un tipo de red anillo, debido a muchas ventajas que esta posee con respecto a la confiabilidad de la red. Se toma esta topología como referencia pues nos permite tener una red que ofrezca redundancia como se ilustra en la Figura 6.16 en este direccionamiento se utiliza cuatro hilos de fibra óptica para la transmisión en ambos sentidos, con ello, si ocurre un fallo en el cable o nodo, otra ruta estará trabajando normalmente y se tendrá la información por una ruta alternativa, permitiendo un fácil enrutamiento de los datos e inserción de rutas lógicas a través de la red.

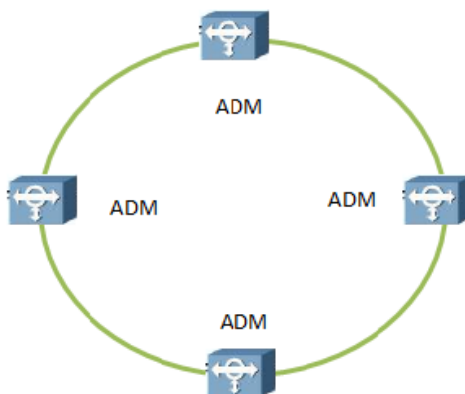


Figura 6.16: Anillo NG-SDH

Elaborado por: El Investigador

6.7.6 Detalle de la ruta y recorrido de la fibra

En el diseño del anillo de fibra óptica es necesario el trazado de una ruta a seguir, ubicando los nodos a unir en base a la topología en anillo.

El tendido de la fibra óptica se realiza por calles y avenidas de la ciudad de forma estratégica, con el fin de tener la ruta más corta entre los nodos. A continuación en la tabla 6.9 se detalla estos puntos para el diseño de la red de fibra óptica.

La ubicación de los nodos se ha realizado con las coordenadas de ubicación que nos ha proporcionado la CNT, las distancias son extraídas del Google Earth y comparadas con las mediciones hechas por el investigador, las cuales coinciden, hay que tener en cuenta que las distancias medidas son entre los nodos, pero para el trazado total de la fibra cada 550 metros hay que dejar una reserva de 50 metros en caso de que surja un inconveniente en los postes.

Tabla 6.9: Distancia del trayecto de los Nodos.

Enlaces de Fibra Óptica para anillos NG - SDH provincia de Tungurahua		
Ítem	Enlace A-B	Distancia (Km)
1	PINLLO -FICOA	3.12
2	FICOA - SANTA CATALINA	4.73
3	SANTA CATALINA - HUACHI GRANDE	3.38
4	HUACHIS GRANDE - HUACHI TOTORAS	6.14
5	HUACHI TOTORAS - PICAIHUA	6.26
6	PICAIHUA - AMBATO NORTE	7.12
7	AMBATO NORTE - IZAMBA	5.22
8	IZAMBA - EL PISQUE	1.64
9	IZAMBA - PINLLO	6.51
	TOTAL	44.1

Fuente: CNT-EP Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

Enlace Pinllo – Ficoa:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Periodico la Nacion, Las Nispolas, Las Pomarrosos y las Magnolias, como se observa en la figura 6.17.

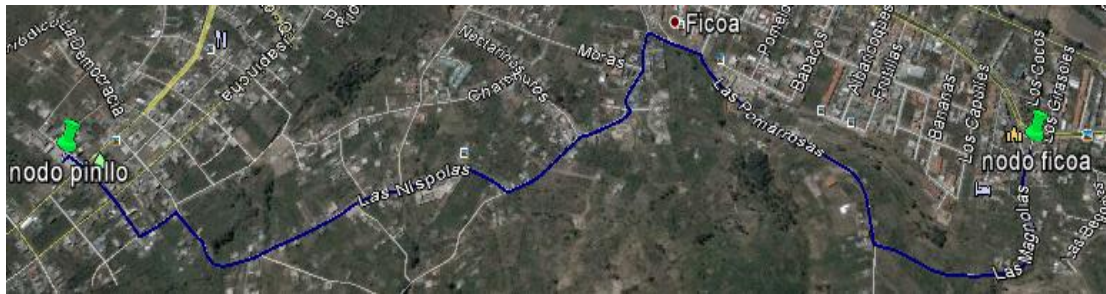


Figura 6.17: Trayecto Pinllo – Ficoa.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Ficoa – Santa Catalina:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Las Magnolias, Los Guaytambos y Manuelita Saenz, como se observa en la figura 6.18.

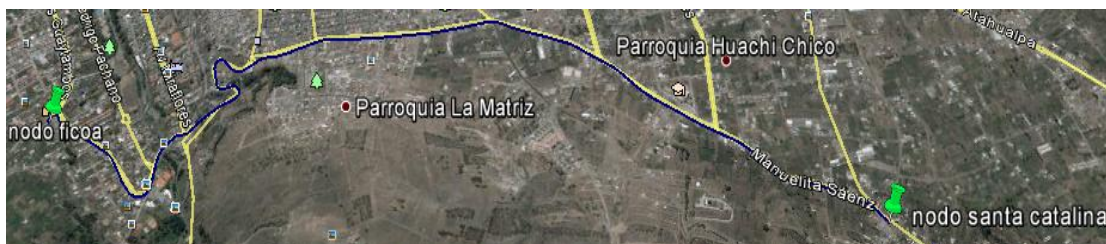


Figura 6.18: Trayecto Ficoa – Santa Catalina.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Santa Catalina – Huachi Grande:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Gustavo Lemus Ramirez, Alfredo Perez Guerrero, Miguel de Santiago y Samaniego, Atahualpa y Alaska, como se observa en la figura 6.19.



Figura 6.19: Trayecto Santa Catalina – Huachi Grande.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Huachi Grande – Huachi Totoras:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Alaska, Atahualpa, Paso lateral y Bolivariana, como se observa en la figura 6.20.



Figura 6.20: Trayecto Huachi Grande – Huachi Totoras.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Huachi Totoras – Picaihua:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Bolivariana, Marco Tulio Ciceron y Galo Vela, como se observa en la figura 6.21.

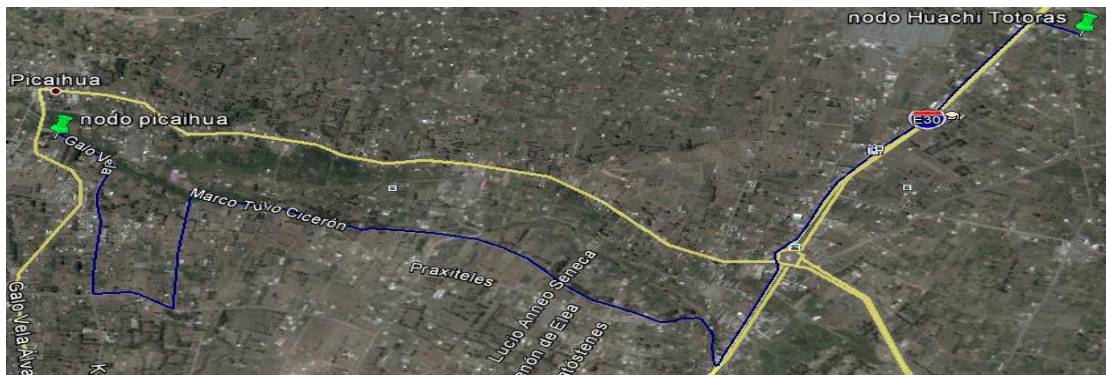


Figura 6.21: Trayecto Huachi Totoras – Picaihua.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Picaihua – Ambato Norte:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Galo Vela Alvarez, Bolivariana, Queseras del medio, Camino del Rey, Las Americas, Indoamerica y Colombia, como se observa en la figura 6.22.



Figura 6.22: Trayecto Picaihua – Ambato Norte.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Ambato Norte – Izamba:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Colombia, Las Americas e Indoamerica, como se observa en la figura 6.23.

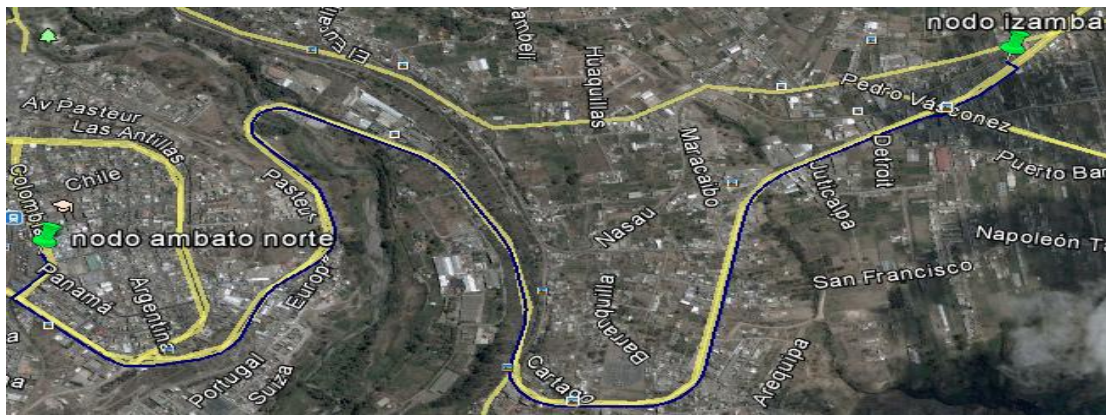


Figura 6.23: Trayecto Ambato Norte – Izamba.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Izamba – Pinllo:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Indoamerica, Dr. Rodrigo Pachano Lalama, Los Guaytambos, Olleros y Periodico la Nacion, como se observa en la figura 6.24.

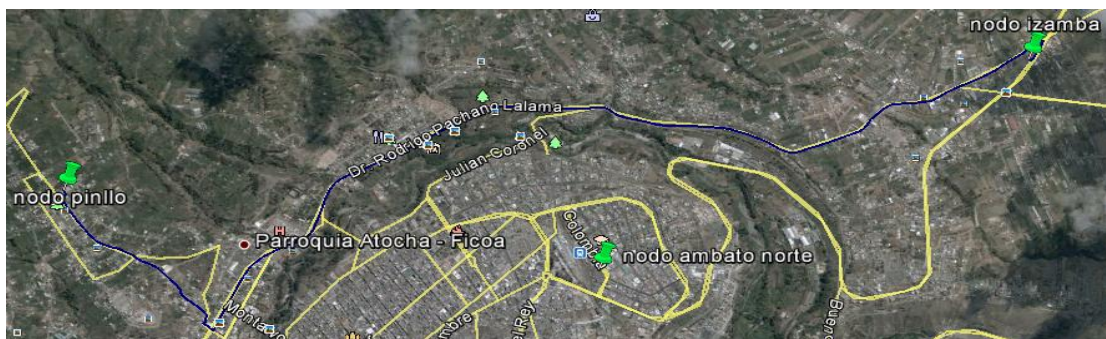


Figura 6.24: Trayecto Izamba – Pinllo.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Enlace Izamba – El Psique:

La ruta tomada entre estos nodos pasa por las avenidas y calles: Indoamerica y Abel Barahona, como se observa en la figura 6.25



Figura 6.25: Trayecto Izamba – El Psique.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la figura 6.26, se describe gráficamente el tendido de la fibra para una mejor comprensión (Esquema de tendido de fibra óptica, Ver Anexo F.).

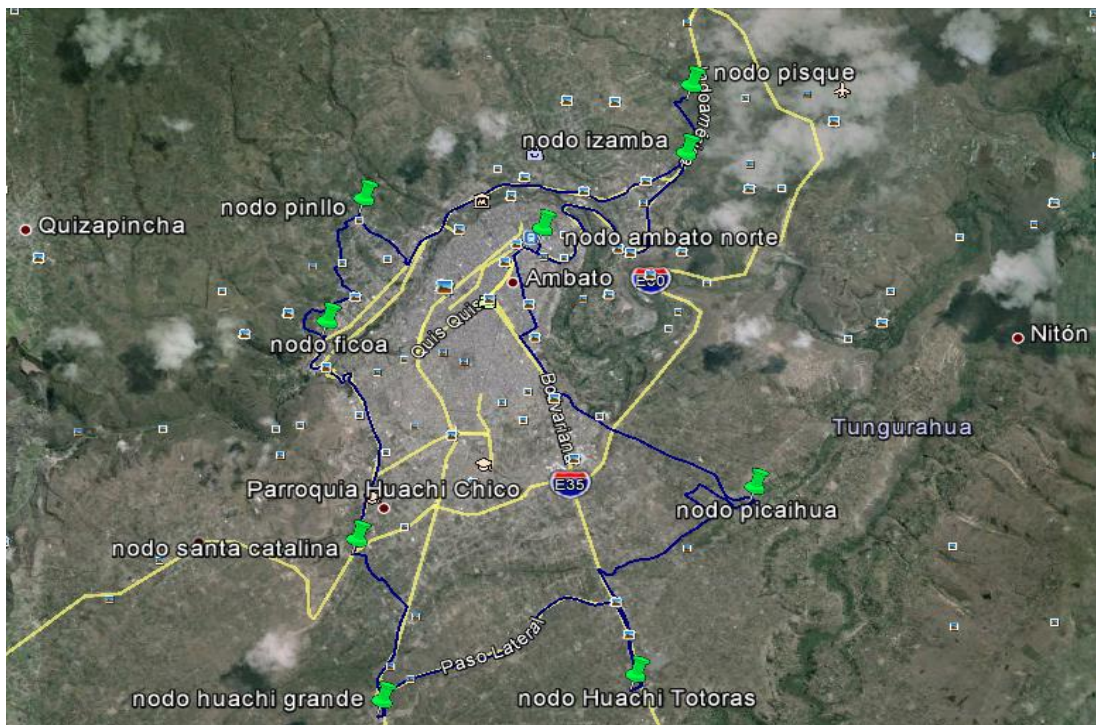


Figura 6.26: Trayecto de los Nodos.

Fuente: Google Earth

Elaborado por: El Investigador

La ruta se la ha graficado en Google Earth, un software que permite tener una vista aérea de la zona que se desee, en este caso utilizando las coordenadas geográficas de los nodos y que ha permitido realizar el recorrido simulado de la fibra óptica.

6.7.7 Selección de la fibra óptica a utilizar.

Se debe escoger un tipo de fibra que permita cubrir distancias superiores a 10Km, ya que el enlace completo supera esta distancia y además que trabaje en las ventanas de operación de 1310nm y 1550nm.

La fibra óptica multimodo solo alcanza distancias máximas de 550 metros sin repetidor; la fibra monomodo, en la ventana de 1330nm, posee capacidad de transmisión superior a 1Gbps logrando cubrir distancias de hasta 10 Km sin repetidores, mientras que en la ventana de 1550nm alcanza distancias hasta 100Km sin repetidores.

Según los datos tomados sobre las distancias entre nodos, ninguna sobrepasa los 10 Km, pero, para permitir la futura unión de las otras centrales, se toma como referencia la fibra óptica monomodo en la ventana de 1550nm.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones en el ámbito de normalización (UIT-T) ha publicado dos recomendaciones para tendidos aéreos de fibra óptica monomodo que son:

- **G.652**, describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de un cable monomodo diseñado para transmitir en la región de los 1310 nm de longitud de onda en donde se tiene dispersión nula. Es ideal para transmitir en altas velocidades en distancias medias y largas. Cuenta con cuatro variaciones: G.652A (especificaciones para aplicaciones que corren sobre sistemas de hasta STM-16), G.652B (especificaciones para aplicaciones que corren sobre sistemas de hasta STM-64), G.652C (similar a G.652A pero con longitudes de onda de 1360 hasta 1530 nm) y, G.652D (similar a G.652B pero con longitudes de onda de 1360 hasta 1530 nm).

- **G.655**, describe a las fibras monomodo en las cuales el punto de dispersión cromática nula (Non Zero Dispersion Shifted Fiber, NZDSF) es desplazado a longitudes de onda por encima o por debajo de los 1550 nm. Son recomendadas para enlace de largas distancias.

Analizando las dos recomendaciones, se puede concluir que debido a las mejores características que posee la fibra Monomodo que cumple con la recomendación G.652D (que se muestra en la tabla 6.11) es el tipo de medio físico escogido para el diseño del enlace, en la tabla 6.10 se puede observar el tipo de fibra que se va a utilizar en el trayecto de los nodos.

En enlaces con éste tipo de fibra no se necesita la inclusión de regeneradores de señal en el trayecto. Esta fibra es llamada también como de pico de agua cero (ZWP, Zero Water Peak) ya que los picos de atenuación causados por la humedad se eliminan casi en su totalidad, debido a que se va a trabajar en la ventana de 1550nm con una atenuación de 0.21dB/km y con una dispersión cromática de 18 ps/nm.Km.

Tabla 6.10: Tipo de fibra a utilizar en el trayecto.

Item	Trayecto	Distancia (Km)	Tipo de Fibra
1	Pinllo – Ficoa	3.12	G.652D
2	Ficoa - Santa Catalina	4.73	G.652D
3	Santa Catalina - Huachi Grande	3.38	G.652D
4	Huachi Grande –Huachi Totoras	6.14	G.652D
5	Huachi Totoras - Picaihua	6.26	G.652D
6	Picaihua - Ambato Norte	7.12	G.652D
7	Ambato Norte - Izamba	5.22	G.652D
8	Izamba - Pisque	1.64	G.652D
9	Izamba – Pinllo	6.51	G.652D

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.11: Recomendación ITU-T Fibra Monomodo G.652D.

Parámetros Ópticos	Valor
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ dB/Km
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,35$ dB/Km
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,23$ dB/Km
Atenuación en 1285-1625 nm	$\leq 0,40$ dB/Km
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	$\leq 0,05$ dB
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm
Pendiente de dispersión cero	$\leq 0,090$ ps/nm ² .Km
Dispersión cromática en 1285 -1330 nm	$\leq 3,5$ ps/nm.Km
Dispersión cromática en 1550 nm	$\leq 18,0$ ps/nm.Km
Dispersión cromática en 1625 nm	$\leq 22,0$ ps/nm.Km
PMD fibra individual	$\leq 0,15$ ps/ $\sqrt{\text{Km}}$
PMDq	$\leq 0,08$ ps/ $\sqrt{\text{Km}}$

Fuente: <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica/fibra-monomodo-g652d/>.

6.7.8 Método de tendido de fibra óptica

Para el diseño del enlace existen dos alternativas para el tendido del cable de fibra óptica:

- Tendido subterráneos.
- Tendido aéreo.

En el caso del tendido subterráneo surgen muchas complicaciones, debido a que las características del suelo deben ser las adecuadas, además de que la causa principal para no optar por ésta alternativa son los costos elevados y su instalación e implementación requiere un mayor tiempo.

Para la segunda opción (tendido aéreo) se propone seguir las diferentes vías sobre la cual se tiene la presencia de postería perteneciente a la empresa eléctrica en gran parte del trayecto. Además, la instalación de la fibra, la localización y corrección de roturas del cable de fibra es mucho más sencilla que en la opción antes descrita lo que permite determinar que el tendido aéreo es la mejor opción para el diseño, también hay que tener en cuenta que la distancia entre los postes es aproximadamente 60 metros.

A continuación se describe tres tipos de cables aéreos:

El OPGW (Optical Power Ground Wire) es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica realiza las funciones de enlace de telecomunicaciones, está constituida por fibra óptica y elementos de protección y cableado, la parte metálica realiza la función de cable de tierra de la línea aérea de alta tensión. Usa el hilo de guarda para colocar las fibras pero se debe suspender el servicio de energía eléctrica para su instalación. Cable OPGW, satisface los requerimientos de la CCITT, G.652 (fibras monomodo estándar) y G.655 (NZDSF: fibras monomodo de dispersión desplazada no nula). Operan sobre las ventanas de transmisión de 1310 y 1550 nm.

El cable ADSS (All Dielectric Self Supported) es de sencilla instalación, no requiere el corte de energía eléctrica para su instalación y por la ubicación en la parte alta de los postes o torres de energía eléctrica el mantenimiento no presenta complicaciones. Además es totalmente inmune a las interferencias electromagnéticas y no es susceptible a la caída de rayos. Se utiliza en distancias medias y largas. Es sensible a radiación ultravioleta y su cubierta externa puede llegar a dañarse.

Cable Figura 8, al igual que los dos tipos anteriores, soporta las recomendaciones G.652 y G.655 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Es de estructura holgada y, posee adosado un cable guía usualmente de acero con el fin de soportar fuerzas externas. Se recomienda su empleo en tendidos aéreos de vanos largos.

En la Tabla 6.12 se muestra un análisis comparativo entre las características de estos tres tipos de cables aéreos.

Tabla 6.12: Características de los tipos de cables aéreos.

Características	ADSS	OPGW	Figura 8
Confiabilidad	Alta	Alta	Alta
Sobrecarga Estructural	Pequeña	Considerable	Considerable
Inmunidad ante caída de rayos	Total	Ninguna	Total
Instalación	Simple	Compleja	Simple
Facilidad de Mantenimiento	Fácil	Difícil	Fácil
Costo del cable	Bajo	Alto	Medio
Costo de instalación	Bajo	Alto	Medio
Acceso a fibras ópticas	Fácil	Difícil	Fácil

Fuente: http://ocw.upc.edu/redes_de_comunicaciones_digitaes-3251.pdf

Luego de hacer las comparaciones entre las características técnicas de estos tipos de cable de fibra óptica de tendido aéreo, se escogió el cable ADSS, pues su instalación y mantenimiento es más simple, ya que su costo del cable e instalación es bajo, tiene una alta confiabilidad y es inmune ante la caídas de royo, además de que este cable cumple con las especificaciones UIT-T G.652D que se muestran en la tabla 6.12, en la figura 6.27 se puede observar el cable ADSS.

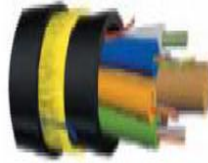


Figura 6.27: Cable ADSS.

Fuente: http://ocw.upc.edu/redes_de_comunicaciones_digitales-3251.pdf

6.7.9 Estudio de las pérdidas del enlace.

A continuación se detalla los cálculos necesarios para el diseño de red, se especifica la atenuación total por tramo, dispersión cromática por enlace, ancho de banda, y la potencia en el receptor, los cálculos realizados están basadas en las recomendaciones especificadas por los estándares UIT - T para la fibra G.652D, y las especificaciones técnicas para interfaces y equipos del fabricante.

a) Cálculo de las pérdidas

Con el fin de garantizar que el enlace de fibra óptica se encuentre correctamente dimensionado se debe cumplir con todos los parámetros que influyen en la atenuación total del enlace.

Datos:

Atenuación máxima: 0.21dB

Dispersión máxima: 18ps/nm*Km

Pérdidas por empalme: 0.1dB

Pérdidas por conector: 0.5dB

El número de empalmes está relacionado entre la distancia del tramo y la cantidad de fibra que viene en cada bobina, en este caso se toma como referencia bobinas de 5 kilómetros de fibra óptica. Los conectores que se requieren son dos por nodo, a continuación se muestra la fórmula de calcular el número de empalmes:

$$N_e = \frac{L}{5Km} + 1$$

Para calcular la atenuación se utiliza la fórmula:

$$A_{\text{enlace}} (\text{db}) = L * a + N_e * a_e + N_c * a_c$$

Dónde:

- Aenlace: Atenuación del enlace db
- L: Longitud entre nodos Km
- a: Atenuación del cable en db/Km
- Ne: Numero de Empalmes
- ae: Atenuación por Empalme
- Nc: Numero de Conectores
- ac: Atenuación por Conector

TRAMO PINLLO – FICOA

$$A_{\text{enlace}} = L * a + N_e * a_e + N_c * a_c$$

$$A_{\text{enlace}} = 3.12 * 0.21 + 2 * 0.1 + 2 * 0.5$$

$$A_{\text{enlace}} = 1.86 \text{ db}$$

TRAMO FICOA – SANTA CATALINA

$$\text{Aenlace} = L*a + \text{Ne}*ae + \text{Nc}*ac$$

$$\text{Aenlace} = 4.73*0.21 + 2*0.1 + 2*0.5$$

$$\text{Aenlace} = 2.19 \text{ db}$$

TRAMO SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE

$$\text{Aenlace} = L*a + \text{Ne}*ae + \text{Nc}*ac$$

$$\text{Aenlace} = 3.38*0.21 + 2*0.1 + 2*0.5$$

$$\text{Aenlace} = 1.91 \text{ db}$$

TRAMO HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS

$$\text{Aenlace} = L*a + \text{Ne}*ae + \text{Nc}*ac$$

$$\text{Aenlace} = 6.14*0.21 + 2*0.1 + 2*0.5$$

$$\text{Aenlace} = 2.49 \text{ db}$$

TRAMO HUACHI TOTORAS – PICAIHUA

$$\text{Aenlace} = L*a + \text{Ne}*ae + \text{Nc}*ac$$

$$\text{Aenlace} = 6.*0.21 + 2*0.1 + 2*0.5$$

$$\text{Aenlace} = 2.51 \text{ db}$$

TRAMO PICAIHUA – AMBATO NORTE

$$\text{Aenlace} = L*a + \text{Ne}*ae + \text{Nc}*ac$$

$$\text{Aenlace} = 7.12*0.21 + 2*0.1 + 2*0.5$$

$$\text{Aenlace} = 2.70 \text{ db}$$

TRAMO AMBATO NORTE – IZAMBA

$$\text{Aenlace} = L*a + \text{Ne}*ae + \text{Nc}*ac$$

$$\text{Aenlace} = 5.22*0.21 + 2*0.1 + 2*0.5$$

$$\text{Aenlace} = 2.30 \text{ db}$$

TRAMO IZAMBA – PISQUE

$$A_{\text{enlace}} = L \cdot a + N_e \cdot a_e + N_c \cdot a_c$$

$$A_{\text{enlace}} = 1.64 \cdot 0.21 + 1 \cdot 0.1 + 2 \cdot 0.5$$

$$A_{\text{enlace}} = 1.44 \text{ db}$$

TRAMO IZAMBA – PINLLO

$$A_{\text{enlace}} = L \cdot a + N_e \cdot a_e + N_c \cdot a_c$$

$$A_{\text{enlace}} = 6.51 \cdot 0.21 + 2 \cdot 0.1 + 2 \cdot 0.5$$

$$A_{\text{enlace}} = 2.57 \text{ db}$$

A continuación en la tabla 6.13 se muestra las atenuaciones en cada tramo.

Tabla 6.13: Atenuaciones de cada enlace.

Enlace	L(Km)	Nc	Ne	Aenlace(db)
PINLLO – FICOA	3.12	2	2	1.86
FICOA – SANTA CATALINA	4.73	2	2	2.19
SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE	3.38	2	2	1.91
HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS	6.14	2	2	2.49
HUACHI TOTORAS – PICAIHUA	6.26	2	2	2.51
PICAIHUA – AMBATO NORTE	7.12	2	2	2.70
AMBATO NORTE – IZAMBA	5.22	2	2	2.30
IZAMBA – PISQUE	1.64	2	1	1.44
IZAMBA – PINLLO	6.51	2	2	2.57

Elaborado por: El Investigador

Atenuación Máxima Permisible

Es la diferencia de potencia existente entre el equipo transmisor (P_t) y el equipo receptor (P_r), medido en (db). Este parámetro indica el valor máximo de atenuación que puede alcanzar el cálculo de pérdidas en cada enlace. Estos valores son proporcionados por el fabricante basado en la Recomendación G 959.1

$$A_{\max} = P_t - P_s$$

$$A_{\max} = -1 - (-14)$$

$$A_{\max} = 13 \text{ db}$$

Como se muestra en la tabla 6.13 los valores de la atenuación de cada enlace no sobrepasan la atenuación máxima permisible en cada enlace por esa razón los valores están correctos.

b) CALCULO DISPERSIÓN CROMÁTICA DEL ENLACE

La dispersión total de cada tramo satisface la siguiente ecuación:

$$CD_t = CD_c * L$$

Dónde:

CD_t : Dispersión total en el tramo

CD_c : Dispersión cromática nominal a la longitud de onda especificada por la ITUT G.652D en este caso (18ps/nm*Km)

L: Longitud total del tramo

TRAMO PINLLO – FICOA

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 3,12 \text{ km}$$

$$CD_t = 56.16 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO FICOA – SANTA CATALINA

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 4.73 \text{ km}$$

$$CD_t = 85.14 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 3.38 \text{ km}$$

$$CD_t = 60.84 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 6.14 \text{ km}$$

$$CD_t = 110.52 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO HUACHI TOTORAS – PICAIHUA

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 6.26 \text{ km}$$

$$CD_t = 112.68 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO PICAIHUA – AMBATO NORTE

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 7.12 \text{ km}$$

$$CD_t = 128.16 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO AMBATO NORTE – IZAMBA

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 5.22 \text{ km}$$

$$CD_t = 93.96 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO IZAMBA – PISQUE

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 1.64 \text{ km}$$

$$CD_t = 29.52 \frac{ps}{nm}$$

TRAMO IZAMBA– PINLLO

$$CD_t = CD_c * L$$

$$CD_t = 18 \frac{ps}{nm * Km} * 6.51 \text{ km}$$

$$CD_t = 117.18 \frac{ps}{nm}$$

Tabla 6.14: Dispersión total en cada tramo.

Enlace	L(Km)	Dispersión tramo (ps/nm)
PINLLO – FICOA	3.12	56.16
FICOA – SANTA CATALINA	4.73	85.14
SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE	3.38	60.84
HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS	6.14	110.52
HUACHI TOTORAS – PICAIHUA	6.26	112.68
PICAIHUA – AMBATO NORTE	7.12	128.16
AMBATO NORTE – IZAMBA	5.22	93.96
IZAMBA – PISQUE	1.64	29.52
IZAMBA – PINLLO	6.51	117.18

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la tabla 6.14 la dispersión total en cada tramo no sobrepasa la condición de que $CD_t \ll CD_{fabricante}$, en este caso la $CD_{fabricante}$ es $800 \frac{ps}{nm}$ por ende los valores de la dispersión cromática se encuentran correctos.

c) CALCULO DEL ANCHO DE BANDA (AB).

El ancho de banda de la fibra óptica está determinado por la dispersión y la longitud del enlace. La dispersión es el arribo de la información por la fibra óptica a diferentes tiempos de lo esperado, con un ensanchamiento en los pulsos de bits. En la fibra óptica monomodo, interviene la dispersión cromática o espectral, la cual es causada por la variación de la velocidad de la luz, a través de una fibra a una determinada longitud de onda.

El ancho de banda para enlaces de fibra óptica monomodo se determina con la ecuación:

$$AB(\text{GHz}) = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

Dónde:

$D(\lambda)$: Dispersión cromática de la fibra óptica en este caso (18ps/nm*km)

$\Delta \lambda$: Anchura espectral de la fuente de luz el valor típico de un láser es 0.1 (nm)

L: Longitud del tramo o enlace

TRAMO PINLLO – FICOA

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{\text{ps}}{\text{nm} * \text{km}} * 0.1 \text{nm} * 3.12 \text{km}}$$

$$AB = 78.53 \text{ GHz}$$

TRAMO FICOA – SANTA CATALINA

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{\text{ps}}{\text{nm} * \text{km}} * 0.1 \text{nm} * 4.73 \text{km}}$$

$$AB = 51.78 \text{ GHz}$$

TRAMO SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 3.38km}$$

$$AB = 72.49 \text{ GHz}$$

TRAMO HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 6.14km}$$

$$AB = 39.90 \text{ GHz}$$

TRAMO HUACHI TOTORAS – PICAIHUA

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 6.26km}$$

$$AB = 39.14 \text{ GHz}$$

TRAMO PICAIHUA – AMBATO NORTE

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 7.12km}$$

$$AB = 34.41 \text{ GHz}$$

TRAMO AMBATO NORTE – IZAMBA

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 5.22km}$$

$$AB = 46.93 \text{ GHz}$$

TRAMO IZAMBA – PISQUE

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 1.64km}$$

AB= 149.39 GHz

TRAMO IZAMBA – PINLLO

$$AB = \frac{0.441}{D(\lambda) * \Delta\lambda * L}$$

$$AB = \frac{0.441}{18 \frac{ps}{nm * km} * 0.1nm * 6.51km}$$

AB= 37.63 GHz

Tabla 6.15: Ancho de banda de cada tramo.

Enlace	L(Km)	Ancho de Banda (GHz)
PINLLO – FICOA	3.12	78.53
FICOA – SANTA CATALINA	4.73	51.78
SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE	3.38	72.49
HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS	6.14	39.90
HUACHI TOTORAS – PICAIHUA	6.26	39.14
PICAIHUA – AMBATO NORTE	7.12	34.41
AMBATO NORTE – IZAMBA	5.22	46.93
IZAMBA – PISQUE	1.64	149.39
IZAMBA– PINLLO	6.51	37.63

Elaborado por: El Investigador

A continuación en la tabla 6.15 se muestra el ancho de banda en cada tramo. Este resultado corresponde al ancho de banda máximo proporcionado por la fibra óptica utilizada para el presente proyecto, el cual está limitado por las características de transmisión del equipo de comunicaciones Optix OSN 3500 y recomendación ITU-T G 959.1.

d) CALCULO DE LA POTENCIA DEL RECEPTOR

Siempre en un diseño de red, cualquiera que sea la tecnología usada, se debe considerar el peor de los casos, por ello para los cálculos se utilizará la mayor potencia posible de sensibilidad, la menor potencia de transmisión y la mayor distancia, con el objetivo de tener una mayor y mejor respuesta frente a daños que la ruta de fibra pueda sufrir por atenuaciones, por empalmes, por cortes etc. A continuación se muestra en la tabla 6.16 los parámetros específicos para la interfaz óptica STM 64 según la recomendación ITU-T G 959.1:

Tabla 6.16: Parámetros específicos para la interfaz óptica STM 64

Señal digital	Unidad	Valor
Velocidad binaria	10Gbps	STM 64
Código de aplicación		S-64.2b
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1530-1565
Tasa máxima de error en los bits		10^{-12}
Tipo de Fibra		G.652D
TRASMISOR		
Tipo de Fuente		SLM con Modulador EA
Potencia media mínima de salida	dBm	2
Potencia media máxima de salida	dBm	-1
RECEPTOR		
Potencia media máxima de entrada	dBm	-1
Sensibilidad mínima	dBm	-14

Fuente: Parámetros del equipo Optix OSN 3500 y ITU-T G 959.1

Datos:

- $P_t = -1$ dbm
- $P_s = -14$ dbm

La potencia recibida por el equipo receptor es:

$$P_{RX} = P_t - A_{enlace}$$

Dónde:

P_{RX} : Potencia del equipo receptor

P_t : Potencia del transmisor

A_{enlace} : Atenuación total del tramo

TRAMO PINLLO – FICOA

$$P_{RX} = P_t - A_{enlace}$$

$$P_{RX} = -1 - 1.86$$

$$P_{RX} = -2.86$$

TRAMO FICOA – SANTA CATALINA

$$P_{RX} = P_t - A_{enlace}$$

$$P_{RX} = -1 - 2.19$$

$$P_{RX} = -3.19$$

TRAMO SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE

$$P_{RX} = P_t - A_{enlace}$$

$$P_{RX} = -1 - 1.91$$

$$P_{RX} = -2.91$$

TRAMO HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS

$$P_{RX} = P_t - A_{enlace}$$

$$P_{RX} = -1 - 2.49$$

$$P_{RX} = -3.49$$

TRAMO HUACHI TOTORAS – PICAIHUA

$$P_{RX} = P_t - Aenlace$$

$$P_{RX} = -1 - 2.51$$

$$P_{RX} = -3.51$$

TRAMO PICAIHUA – AMBATO NORTE

$$P_{RX} = P_t - Aenlace$$

$$P_{RX} = -1 - 2.70$$

$$P_{RX} = -3.70$$

TRAMO AMBATO NORTE – IZAMBA

$$P_{RX} = P_t - Aenlace$$

$$P_{RX} = -1 - 2.30$$

$$P_{RX} = -3.30$$

TRAMO IZAMBA – PISQUE

$$P_{RX} = P_t - Aenlace$$

$$P_{RX} = -1 - 1.44$$

$$P_{RX} = -2.44$$

TRAMO IZAMBA – PINLLO

$$P_{RX} = P_t - Aenlace$$

$$P_{RX} = -1 - 2.57$$

$$P_{RX} = -3.57$$

Tabla 6.17: Potencia de recepción en cada tramo.

Enlace	L(Km)	Potencia de Recepción
PINLLO – FICOA	3.12	-2.86
FICOA – SANTA CATALINA	4.73	-3.19
SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE	3.38	-2.91
HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS	6.14	-3.49
HUACHI TOTORAS – PICAIHUA	6.26	-3.51
PICAIHUA – AMBATO NORTE	7.12	-3.70
AMBATO NORTE – IZAMBA	5.22	-3.30
IZAMBA – PISQUE	1.64	-2.44
IZAMBA – PINLLO	6.51	-3.57

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la tabla 6.17 se muestra la potencia de recepción de cada enlace, lo que ocasiona que se tenga una buena recepción de la señal en cada uno de ellos.

6.7.10 Disponibilidad, Planimetría y Obra Civil

Se efectuó una visita técnica a los nodos, se tomó de fotografías a los equipos en funcionamiento (expuestos en el Anexo B). Además se tomó datos de enlaces, se observó la ocupación y disponibilidad de la misma.

6.7.11 Equipamiento de la Red

El análisis del equipamiento necesario para cada uno de los nodos a formar parte de la red NG-SDH de anillos ópticos en la periferia de la ciudad de Ambato permitirá brindar servicios de gran capacidad con interfaces GigabitEthernet (GE), FastEthernet (FE), STM64, STM16, STM-4, STM-1, PDH y aquellas necesarias para prestar todos los servicios de voz, datos y video.

6.7.11.1 Requerimientos de la red

Según el estudio realizado el proyecto deberá incluir los siguientes puntos a ser consideradas:

- a. Implementación de un sistema de gestión de red (TMN) que permita un manejo eficaz de la capacidad del sistema de transmisión así como el “grooming” de los diferentes servicios de cliente.
- b. Suministro, instalación de Multiplexores NG - SDH (ADM64) en los sitios (nodos) de la periferia de la ciudad de Ambato.
- c. Implementación del sistema de sincronismo respectivo.
- d. Un único sistema de gestión para la red NG-SDH, protegido (servidores 1+1 Hot Standby) que permita administrar en forma remota todos los elementos de red del sistema de transmisión.

6.7.11.2 Equipos Multiplex SDH

A continuación se describe los siguientes puntos a ser considerados en los equipos multiplexores SDH:

- a. Los nodos de transmisión deben tener equipos multiplexores NG-SDH.
- b. El sub bastidor principal del equipo NG-SDH debe ser equipado hasta un 75 por ciento de su capacidad máxima, de ser necesario se debe considerar sub-bastidor de extensión para complementar el equipamiento que exceda la capacidad antes indicada y garantizar futuras ampliaciones.
- c. Los equipos multiplexores ADM deben conformar una topología de Red, STM64 a 4 fibras con esquema de protección MS-SPRING, mismos que serán instalados en todos los nodos que conformarán la red.

d. Los equipos deben ser ampliables y modulares, de forma que sea posible modificar la configuración y la programación de los mismos de forma fácil y sin interrumpir el servicio.

e. Multiplexores ADM NG-SDH que forman la topología de anillos con protección MS-SPRing a 4 fibras a nivel STM-64 según corresponda y un enlace punto a punto de capacidad STM-16 con protección 1+1 MSP.

f. Los equipos multiplexores ADM NG-SDH formaran una topología de anillos, con un enlace adicional para los nodos de Izamba y el Pisque: Anillo 1 (STM-64 MS-SPRing a 4 fibras): Izamba, Pinllo, Ficoa, Santa Catalina, Huachi Grande, Huachi Totoras, Picaihua, Ambato Norte. El enlace adicional entre los nodos de Izamba - El Pisque STM -16 (1+1).

Adicionalmente, deben permitir incrementar o modificar la configuración de la red, configurar redundancias, aumentar el número de interfaces de salida/entrada, sustituir elementos averiados, sustituir tarjetas por versiones revisadas o de mejores prestaciones o características.

Características específicas del equipo NG SDH.

Las características del equipo NG-SDH se describe a continuación:

a. El multiplexor NG SDH debe tener obligatoriamente capacidad de conexión cruzada a los niveles VC-12, VC-3 y VC-4 y podrá multiplexar y demultiplexar señales de 2/34/45/140Mbps, STM-1 eléctrico y óptico, en una trama SDH STM-N, también debe poder realizar concatenaciones de los niveles VC necesarios para obtener cross conexiones a nivel de Ethernet, FastEthernet y GigabitEthernet.

b. El equipo debe funcionar en configuración: terminal (TM), cross-conector local (DXC) y de extracción/inserción (ADM) en conexiones lineales y de anillo.

c. Se debe poder realizar conexiones a nivel de VC-12, VC-3 y VC-4, con señales bidireccionales, punto a punto y señales unidireccionales, punto a punto y punto -

multipunto, conexiones en bucle de señales en paso y la funcionalidad de Drop & Continúe, para la protección de la interconexión de anillos a través de dos nodos.

d. Las interfaces de 2 Mbps son requeridas para las señales no-estructuradas y para las estructuradas.

e. El equipo NG-SDH debe soportar funcionalidades EoS para el transporte estándar y optimizado de tráfico Ethernet sobre SDH y debe soportar mecanismos de transporte de datos, como:

- GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041.
- LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.7042.
- VCAT (Virtual concatenation)
- El equipo de SDH debe incorporar un switch capa 2 (L2) capaz de agregar y conmutar servicios Ethernet y ser una solución de infraestructura para soportar servicios como Ethernet Private LAN, Ethernet VPN, ATM y MPLS
- Debe manejar redes virtuales (VLANs).

6.7.11.3 Interfaces Externas.

A continuación se describe las interfaces de cada equipo:

a) Interfaz Óptica STM-64

Las características de la interfaz STM-64 se describen a continuación:

a. El equipo ADM requerido debe ser equipado con interfaces ópticas de línea STM-64 de acuerdo a la recomendación UIT-T G.691, con interfaces ópticas seleccionadas de acuerdo al cálculo de presupuesto de potencia solicitado en este proceso.

b. Deben ser equipables con módulos SFP.

c. La interfaz STM-64 debe estar cableada y conectorizada en el ODF destinado a servicios SDH.

b) Interfaz STM-16

Las características de la interfaz STM-16 se describen a continuación:

- a. La interfaz STM-16 operará a 2,5 Gbit/s según recomendaciones de la ITU G.957
- b. la tolerancia de fluctuación del interfaz óptico deberá satisfacer los requerimientos de estabilidad de la recomendación UIT-T G. 783.
- c. Se requiere la protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta.
- d. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.
- e. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

c) Interfaz Óptica STM-4

Las características de la interfaz STM-4 se describen a continuación:

- a. El equipo NG-SDH debe poder equiparse con unidades de interfaz óptica STM-4 que operarán en 622 Mbps según la recomendación UIT-T G.957, con interfaces: L-4.1, L-4.2, L-4.3, JE-4.2, JE-4.3.
- b. la tolerancia de fluctuación del interfaz óptico deberá satisfacer los requerimientos de estabilidad de la recomendación UIT-T G. 783.
- c. Se requiere protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta.
- d. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.

e. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

d) Interfaz Óptica STM-1

Las características de la interfaz STM-1 se describen a continuación:

a. La interfaz óptica STM-1 operará en 155,520 Mbps según la recomendación UIT-T G. 957 y G.704.

b. la tolerancia de fluctuación del interfaz óptico deberá satisfacer los requerimientos de estabilidad de la recomendación UIT-T G. 783.

c. Se requiere de protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta.

d. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.

e. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

e) Interfaz eléctrica 2,048 Mbps

Las características de la interfaz E1 se describe a continuación:

a. El interfaz E1 del multiplexor NG SDH operará a 2,048 Mbps según es descrito en las recomendaciones de la UIT-T G.703 y G.704.

b. Los interfaces de 2 Mbps estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados, conectores tipo BNC con punto de monitoreo y cableadas a un DDF.

c. La tolerancia de fluctuación y desviación de fase de los puertos de entrada, la generación de fluctuación intrínseca, y la transferencia de fluctuación y desviación estarán dentro de los límites de acuerdo con la recomendación UIT-T G.823.

d. La densidad de puertos por tarjeta no será inferior a 63 E1, de existir sitios donde se requiera menor número de puertos por tarjetas, el equipamiento a suministrar serán como mínimo las tarjetas necesarias para disponer de 63 puertos físicos E1, no se aceptara solo tarjetas de control sin sus correspondientes interfaces de puertos físicos E1.

e. Deben ser conectorizados desde el equipo al DDF todos los puertos de las tarjetas 2M suministradas.

f) Interfaz Eléctrica 34/45 Mbps

Las características de la interfaz 34/45 Mbps se describen a continuación:

a. La interfaz E3/DS3 del equipo operará a 34/45 Mbps conforme a la recomendación UIT-T G. 703.

b. Estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados, conectores tipo BNC con punto de monitoreo y cableadas a un DDF.

c. Deben ser conectorizados desde el equipo al DDF todos los puertos de las tarjetas E3/DS3 suministradas.

d. Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.

g) Interfaz Fast Ethernet (10/100 Mbps)

Las características de la interfaz Fast Ethernet se describen a continuación:

a. El equipo NG SDH debe disponer de interfaz Fast Ethernet 100 Mbps conforme a la recomendación IEEE 802.3u.

b. Las tarjetas suministradas deberán trabajar con Protocolos y funcionalidades de capa 1, 2 y hasta 3 para manejar paquetes MPLS, VLAN y RSTP, de manera transparente y permitiendo el uso del 100% de la capacidad de la interfaz con una MTU mínimo de 2000 bytes.

c. Las tarjetas Fast Ethernet deben tener las siguientes funcionalidades necesariamente:

- GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041.
- LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.7042.
- VCAT (Virtual concatenation)
- Debe manejar redes virtuales (VLANs)

h) Interfaz Gigabit Ethernet (1 Gbps)

Las características de la interfaz Gigabit Ethernet se describen a continuación:

a. El equipo NG SDH se debe equipar con interfaz Gigabit Ethernet (1 Gbps) conforme a la recomendación IEEE 802.3z

b. Las tarjetas suministradas deben trabajar con Protocolos y funcionalidades de capa 1, 2 y hasta 3 para manejar paquetes MPLS, VLAN y RSTP, de manera transparente y permitiendo el uso del 100% de la capacidad de la interfaz con un MTU mínimo de 2000 bytes.

c. Se requiere de protección 1 más 1 (1+1) de tarjeta.

d. Las tarjetas GE deben tener las siguientes funcionalidades necesariamente:

- GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041.
- iLCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.7042.
- VCAT (Virtual concatenation).
- Debe manejar redes virtuales (VLANs).

- e. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.
- f. Las interfaces ópticas deben estar disponibles a 1310nm (LX a 1310nm)
- g. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

6.7.11.4 Distribuidores Digitales DDF, distribuidores ópticos ODF.

La oferta debe considerar en todas las estaciones el suministro de distribuidores DDFs, distribuidores ópticos ODF, patch panel para los salones de transmisión y sus aditamentos, así como de todos los cables, escalerillas, herrajes, conectores, etc. necesarios, al igual que los servicios de instalación respectivos, para la terminación de todos los tributarios de 2 Mbps, 10/100Mb/s y 34/45Mb/s de cada estación en un Distribuidor Digital DDF y patch panel.

ODF (Optical Distribution Frame)

Para habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado y conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Se proyecta un ODF por estación o dos ODFs por enlace, que se distribuyen uno en cada extremo del enlace. Compatibilidad de dimensiones con la infraestructura presente o proyectada (rack o módulos de equipos).

Las características del ODF se describen a continuación:

- Radio de curvatura mínimo de 30mm en todo ODF
- De preferencia se utilizara un diseño modular
- Identificación de las conexiones en el ODF
- Dependiendo del lugar y las condiciones de trabajo se puede requerir protección de conexión frontal.

6.7.11.5 Gestión de Red.

El sistema de gestión debe ser capaz de supervisar y gestionar (OA&M), todos los suministrados para la red de transmisión diseñada y deberá enmarcarse dentro del modelo TMN, como único sistema, como detalles deberá contar con las siguientes características generales:

- Basado en arquitectura Cliente / Servidor. El sistema podrá crecer en forma gradual a medida que crezca la red vinculando equipos servidores adicionales si es necesario.
- El sistema de gestión estará en condiciones de ejecutar funciones de administración de fallas, configuración, desempeño y seguridad sobre la red y sus elementos.
- El sistema debe tener una Interfaz Gráfica de Usuario -GUI- que permita la visualización en un mapa de red todos los elementos y trayectos del sistema de gestión, por ejemplo: equipos y enlaces ópticos, puertos de toda la red, protecciones de red, etc.
- El sistema debe estar acorde y operar desde un inicio con la arquitectura de la Recomendación ITU-T M.3010, la cual identifica cinco (5) áreas funcionales de gestión, así:
 - Gestión de la calidad de funcionamiento
 - Gestión de fallas
 - Gestión de configuración
 - Gestión de desempeño
 - Gestión de seguridad

6.7.11.6 Configuración de la Red de Sincronismo.

Al tener una red de configuración en anillo, utilizando tecnología NG-SDH, es necesario tener en cuenta la capacidad de los equipos de mantener el sincronismo

dentro de toda la red, para lo cual, se debe basarse en las especificaciones de un reloj interno master.

Las unidades de reloj del equipo ADM, deben cumplir con el estándar. G. 813, definido por la UIT-T. Al igual que debe procesar los mensajes de sincronización SSM (Byte S1), según la recomendación UIT-T G. 813.

En modo “Holdover” el reloj interno del equipo deberá garantizar una desviación de frecuencia menor de 1 ppm durante las primeras 24 horas, de acuerdo con la recomendación UIT-T G. 813.

El ADM, debe disponer de interfaz de entrada para fuentes de reloj externo y de interfaz de salida para proveer señales de temporización a otros equipos.

6.7.11.7 Vida útil del equipamiento

Todo el equipamiento propuesto debe estar en capacidad de operar sin degradación del servicio y bajo condiciones ambientales de operación normales, por un mínimo de 15 años.

Teniendo en cuenta, las características anteriormente indicadas, que deben cumplir los equipos y al estudio realizado a los diferentes oferentes de la CNT, se concluye que el oferente que cumple todas las características requeridas, es aquella que ofrece equipos de comunicación de la serie Optix OSN.

6.7.12 Diseño Físico de la Red NG-SDH

En la figura 6.28 se puede observar el diseño físico que se tiene en el anillo de fibra óptica NG-SDH y cada uno de los nodos que intervienen en el anillo.

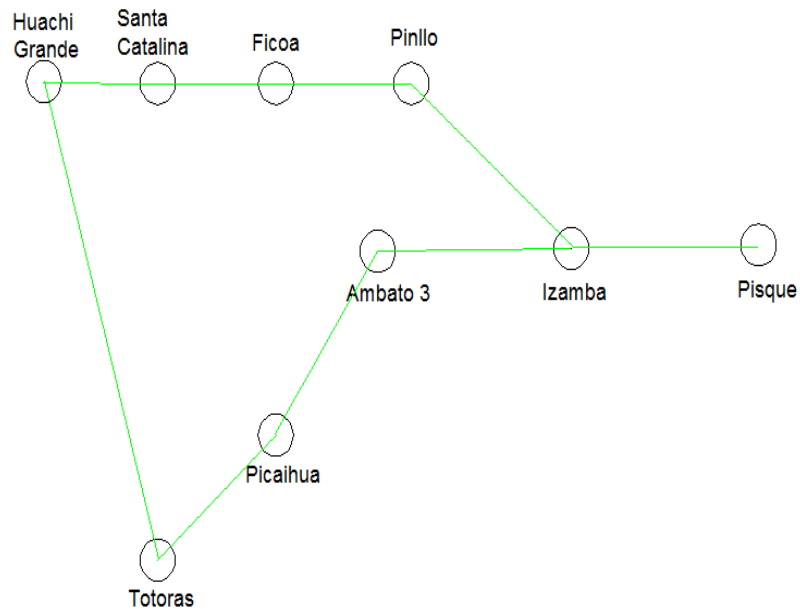


Figura 6.28: Diseño inicial
Elaborado por: El Investigador

6.7.13 Cálculo de Capacidades

El cálculo de tráfico expondrá el anillo que deberá ser implementado, para lo cual se utilizara matrices auto calculadas que permitirán alcanzar resultados puntuales para el dimensionamiento del anillo, estableciendo los enlaces que tiene cada uno de los nodos, el tipo de enlace y el tráfico que cursa en horas pico en cada uno de ellos, también hay que tomar en cuenta el índice de crecimiento poblacional que se detalla más adelante para obtener la matriz de tráfico, además de obtener los resultados en base a los valores correspondientes a cada una de las interfaces: E1, FE, GE, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, en la tabla 6.18 se observa la matriz de trafico de cada nodo en Mbps.

Tabla 6.18: Matriz de tráfico

NODOS	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	TOTAL
AMBATO NORTE		138	103	4	20	22	1	12	300
IZAMBA	138								138
PINLLO	103								103
FICOA	4								4
SANTA CATALINA	20								20
HUACHI GRANDE	22								22
HUACHI TOTORAS	1								1
PICAIHUA	12								12
TOTAL	300	138	103	4	20	22	1	12	600

Fuente: CNT Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

6.7.13.1 Matrices de Cross-Conexión y tráfico

Con la tabla anterior del tráfico, se procede a colocar valores con una aproximación y redondeo de la cantidad de enlaces existente en cada una de las interfaces: E1, FastEthernet, Gigabit Ethernet, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, DS3.

En la tabla 6.19 se puede observar el modelo de la matriz de cross conexión, donde se describe el número de nodos, el total de puertos y las cantidades de tarjetas que se van a utilizar (trabajo y protección)

Tabla 6.19: Matriz genérica de Cross-Conexión

MATRIZ (Interfaz) A CROSS CONEXION					CANTIDAD DE TARJETAS			
ANILLOS PERIFÉRICOS								
Protección(1:N)								
CENTRAL	Nodo 1	Nodo n	TOTAL PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL	CANTIDAD DE PUERTOS POR TARJETA
Nodo 1		0	0	*	1	1	2	32X(interfaz)
.....	0		0	*	1	1	2	32X(interfaz)
Nodo n	0	0		*	1	1	2	32X(interfaz)
TOTAL	*	*	*	*	*	*	*	

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.20: Matriz de Cross-Conexión detallada E1

MATRIZ E1 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:N)											TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS			
AMBATO NORTE		16	22	4	11	25	4	10	6	98	2	2	4
IZAMBA	16		0	0	0	0	0	0	0	16	1	1	2
PINLLO	22	0		0	0	0	0	0	0	22	1	1	2
FICOA	4	0	0		0	0	0	0	0	4	1	1	2
SANTA CATALINA	11	0	0	0		0	0	0	0	11	1	1	2
HUACHI GRANDE	25	0	0	0	0		0	0	0	25	1	1	2
HUACHI TOTORAS	4	0	0	0	0	0		0	0	4	1	1	2
PICAIHUA	10	0	0	0	0	0	0		0	10	1	1	2
EL PISQUE	6	0	0	0	0	0	0	0		6	1	1	2
TOTAL DE PUERTOS	98	16	22	4	11	25	4	10	6	196	10	10	20

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.21: Matriz de Cross-Conexión E1

MATRIZ E1 A CROSS CONEXION											CANTIDA D DE TARJETA S		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:N)													
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CANTIDAD DE PUERTOS POR TARJETA	63xE1	32XE1	32XE1	32XE1	32XE1	32XE1	32XE1	32XE1	32XE1				
TOTAL DE PUERTOS	98	16	22	4	11	25	4	10	6	196	10	10	20

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la tabla 6.21 se tiene que para Ambato Norte un total de 98 puertos, para Izamba 16 puertos, Pinllo 22 puertos, Ficao 4 puertos, Santa catalina 11 puertos, Huachi Grande 25 puertos, Huachi Totoras 4 puertos, Picaihua 10 puertos y el Pisque 6 puertos, el total de puertos E1 es de 196 para todo el diseño.

Tabla 6.22: Matriz de Cross-Conexión detallada DS3

MATRIZ DS3 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:N)											TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS			
AMBATO NORTE	2	1	0	1	1	0	0	0	0	5	1	1	2
IZAMBA	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	2
PINLLO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
FICOA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SANTA CATALINA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
HUACHI GRANDE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
HUACHI TOTORAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PICAIHUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL PISQUE	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
TOTAL DE PUERTOS	5	3	1	0	1	1	0	0	1	12	6	6	12

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.23: Matriz de Cross-Conexión DS3

MATRIZ DS3 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:N)											TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS			
TOTAL DE PUERTOS	5	3	1	0	1	1	0	0	1	12	6	6	12

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.24: Matriz de Cross-Conexión detallada FE

MATRIZ FE A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:1)													
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
AMBATO NORTE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	16	2	2	4
IZAMBA	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
PINLLO	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
FICOA	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
SANTA CATALINA	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
HUACHI GRANDE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
HUACHI TOTORAS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
PICAIHUA	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
EL PISQUE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2
TOTAL DE PUERTOS	16	2	2	2	2	2	2	2	2	32	10	10	20

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.25: Matriz de Cross-Conexión FE

MATRIZ FE A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:1)													
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
TOTAL DE PUERTOS	16	2	2	2	2	2	2	2	2	32	10	10	20

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.26: Matriz de Cross-Conexión detallada GE

MATRIZ GE A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS											CANTIDAD DE TARJETAS		
Protección(1:1)											CANTIDAD DE TARJETAS		
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
AMBATO NORTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	4	4	8
IZAMBA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
PINLLO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
FICOA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
SANTA CATALINA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
HUACHI GRANDE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
HUACHI TOTORAS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
PICAIHUA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
EL PISQUE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
TOTAL DE PUERTOS	8	1	1	1	1	1	1	1	1	16	12	12	24

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.27: Matriz de Cross-Conexión GE

MATRIZ GE A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS											CANTIDAD DE TARJETAS		
Protección(1:1)											CANTIDAD DE TARJETAS		
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CANTIDAD DE PUERTOS TARJETA POR	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE	2XGE
TOTAL DE PUERTOS	8	1	1	1	1	1	1	1	1	16	12	12	24

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.28: Matriz de Cross-Conexión detallada STM-1

MATRIZ STM-1 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:1)											TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS			
AMBATO NORTE	1	1	0	1	1	0	1	0	5	2	2	4	
IZAMBA	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
PINLLO	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
FICOA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SANTA CATALINA	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
HUACHI GRANDE	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
HUACHI TOTORAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PICAIHUA	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
EL PISQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL DE PUERTOS	5	1	1	0	1	1	0	1	0	10	7	7	14

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.29: Matriz de Cross-Conexión STM-1

MATRIZ STM-1 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:1)											TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS			
CANTIDAD DE PUERTOS POR TARJETA	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1	4XSTM1			
TOTAL DE PUERTOS	5	1	1	0	1	1	0	1	0	10	7	7	14

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.30: Matriz de Cross-Conexión detallada STM-4

MATRIZ STM-4 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS											CANTIDAD DE TARJETAS		
Protección(1:1)											CANTIDAD DE TARJETAS		
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
AMBATO NORTE	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4	1	1	2
IZAMBA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
PINLLO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
FICOA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SANTA CATALINA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
HUACHI GRANDE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
HUACHI TOTORAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PICAIHUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL PISQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE PUERTOS	4	1	1	0	1	1	0	0	0	8	5	5	10

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.31: Matriz de Cross-Conexión STM-4

MATRIZ STM-4 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS											CANTIDAD DE TARJETAS		
Protección(1:1)											CANTIDAD DE TARJETAS		
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CANTIDAD DE PUERTOS POR TARJETA	4XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	2XSTM4	8	5	5	10
TOTAL DE PUERTOS	4	1	1	0	1	1	0	0	0	8	5	5	10

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.32: Matriz de Cross-Conexión detallada STM-16

MATRIZ STM-16 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:1)													
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
AMBATO NORTE	0	1	0	1	1	0	0	0	3	3	3	6	
IZAMBA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	
PINLLO	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
FICOA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SANTA CATALINA	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
HUACHI GRANDE	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
HUACHI TOTORAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PICAIHUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EL PISQUE	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
TOTAL DE PUERTOS	3	1	1	0	1	1	0	0	1	8	8	8	16

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.33: Matriz de Cross-Conexión STM-16

MATRIZ STM-16 A CROSS CONEXION											CANTIDAD DE TARJETAS		
ANILLOS PERIFÉRICOS													
Protección(1:1)													
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCIÓN	TOTAL
CANTIDAD DE PUERTOS TARJETA POR	STM16	STM16	STM16	STM16	STM16	STM16	STM16	STM16	STM16	8	8	8	16
TOTAL DE PUERTOS	3	1	1	0	1	1	0	0	1	8	8	8	16

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.34: Matriz de Cross-Conexión STM-64

MATRIZ STM-64 A CROSS CONEXION										CANTIDAD DE TARJETAS			
ANILLOS PERIFERICOS													
Proteccion(1:1)													
CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	TOTAL DE PUERTOS	TRABAJO	PROTECCION	TOTAL
CANTIDAD DE PUERTOS POR TARJETA	32xE1	32xE1	32xE1	32xE1	32xE1	32xE1	32xE1	32xE1	32xE1				
TOTAL DE PUERTOS	2	2	2	2	2	2	2	2	0	16	8	8	16

Elaborado por: El Investigador

Posteriormente al cálculo de la matriz de tráfico de cada nodo, se determina el total de tarjetas a utilizarse en el diseño, como se observa a continuación en la tabla 6.35:

Tabla 6.35: Total De Tarjetas

CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	CANTIDAD
TARJETAS DE SERVICIO										
STM-64	2	2	2	2	2	2	2	2	0	16
STM-16	6	2	2	0	2	2	0	0	2	16
4xSTM-4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2xSTM-4	0	2	2	0	2	2	0	0	0	8
4xSTM-1	4	2	2	0	2	2	0	2	0	14
GE	8	2	2	2	2	2	2	2	2	24
FE	4	2	2	2	2	2	2	2	2	20
DS3/E3	2	2	2	0	2	2	0	0	2	12
63xE1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
32xE1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	16

Elaborado por: El Investigador

6.7.14 Diagrama Lógico

Con los resultados obtenidos anteriormente, se estableció la tabla 6.36 con los detalles que se va a implementar:

Tabla 6.36: Detalles del anillo

Cantidad de anillos	Capacidad	Protección	Tecnología	Tipo de Fibra
1	STM-64	MS-SPRING	NG-SDH	G652D

Elaborado por: El Investigador

En síntesis constituye un anillo con capacidad STM-64, protección MS-SPRING, que trabajara a través de los enlaces que se observan en la tabla 6.37:

Tabla 6.37: Enlaces a Implementar

Enlace A-B
PINLLO - FICOA
FICOA - SANTA CATALINA
SANTA CATALINA - HUACHI GRANDE
HUACHIS GRANDE - HUACHI TOTORAS
HUACHI TOTORAS - PICAIHUA
PICAIHUA - AMBATO NORTE
AMBATO NORTE - IZAMBA
IZAMBA - EL PISQUE
IZAMBA - PINLLO

Elaborado por: El Investigador

Distribución de los nodos: Ver Anexo D, **Diagrama lógico:** Ver Anexo E

6.7.14.1 Dimensionamiento del Ancho de Banda

Para efectuar el dimensionamiento calculamos el índice de crecimiento de usuarios que se expone a continuación:

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

Donde:

D_t = Demanda Final

D_0 = Demanda Inicial

i = Índice de Crecimiento

t = Tiempo

En la Tabla 6.38 se puede observar la demanda a 5 años de los usuarios en telefonía, se tiene un incremento de 1490 clientes respecto a los 1418 iniciales en Pinllo, en Ficoa se tiene un incremento de 1972 clientes respecto a los 1876 iniciales, en Santa Catalina se tiene un incremento de 3611 clientes respecto a los 3436 iniciales, en Huachi Grande se tiene un incremento de 1818 clientes respecto a los 1647 iniciales, en Huachi Totoras se tiene un incremento de 930 clientes respecto a los 885 iniciales, en Picaihua se tiene un incremento de 1322 clientes respecto a los 1258 iniciales, en Ambato Norte se tiene un incremento de 3455 clientes respecto a los 3287 iniciales, en Izamba se tiene un incremento de 5706 clientes respecto a los 5429 iniciales y en el Pisque se tiene un incremento de 1157 clientes respecto a los 1101 iniciales.

En la tabla 6.39 se puede observar la demanda a 5 años de los usuarios en datos, se tiene un incremento de 590 clientes respecto a los 509 iniciales en Pinllo, en Ficoa se tiene un incremento de 995 clientes respecto a los 901 iniciales, en Santa Catalina se tiene un incremento de 1737 clientes respecto a los 1573 iniciales, en Huachi Grande se tiene un incremento de 879 clientes respecto a los 627 iniciales, en Huachi Totoras se tiene un incremento de 186 clientes respecto a los 121 iniciales, en Picaihua se tiene un incremento de 764 clientes respecto a los 545 iniciales, en Ambato Norte se tiene un incremento de 1934 clientes respecto a los 1445 iniciales, en Izamba se tiene un incremento de 2146 clientes respecto a los 1944 iniciales y en el Pisque se tiene un incremento de 500 clientes respecto a los 453 iniciales.

Tabla 6.38: Demanda a 5 años de Usuarios de telefonía

CENTRAL	TELEFONÍA				INDICE DE CRECIMIENTO	DEMANDA				
	2010	2011	2012	2013		2014	2015	2016	2017	2018
PINLLO (NQU1)	0	1342	1376	1418	1%	1432	1447	1461	1476	1490
FICOA (NQU1)	1692	1795	1817	1876	1%	1895	1914	1933	1952	1972
SANTA CATALINA (NQU1)	0	0	3312	3436	1%	3470	3505	3540	3576	3611
HUACHIS (TDA)	2088	1622	1648	1647	2%	1680	1714	1748	1783	1818
HUACHI TOTORAS (NQU1)	0	0	0	885	1%	894	903	912	921	930
PICAIHUA (TDA)	744	1141	1128	1258	1%	1271	1283	1296	1309	1322
AMBATO 3 (AMB1)	2661	2655	3239	3287	1%	3320	3353	3387	3420	3455
IZAMBA (TDA)	5743	5896	5306	5429	1%	5483	5538	5594	5649	5706
EL PISQUE (NQU1)	0	0	1082	1101	1%	1112	1123	1134	1146	1157

Fuente: CNT Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

Tabla 6.39: Demanda a 5 años de Usuarios en datos

DISTRIBUIDOR	DATOS				INDICE DE CRECIMIENTO	DEMANDA				
	2010	2011	2012	2013		2014	2015	2016	2017	2018
PINLLO (NQU1)	0	340	501	509	3%	524	540	556	573	590
FICOA (NQU1)	409	711	779	901	2%	919	937	956	975	995
SANTA CATALINA (NQU1)	0	0	1076	1573	2%	1604	1637	1669	1703	1737
HUACHIS (TDA)	86	128	529	627	7%	671	718	768	822	879
HUACHI TOTORAS (NQU1)	0	0	0	121	9%	132	144	157	171	186
PICAIHUA (TDA)	40	336	360	545	7%	583	624	668	714	764
AMBATO 3 (AMB1)	417	585	1245	1445	6%	1532	1624	1721	1824	1934
IZAMBA (TDA)	482	757	1329	1944	2%	1983	2023	2063	2104	2146
EL PISQUE (NQU1)	0	0	318	453	2%	462	471	481	490	500

Fuente: CNT Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

A continuación en la tabla 6.40 Se puede observar el Ancho de Banda en cada uno de los enlaces dependiendo del número de usuarios, los enlaces de cada central y el tráfico que cursa entre ellos.

Tabla 6.40: Ancho de Banda de cada enlace.

Enlace A-B	BW max(Mbps)
PINLLO –FICOA	102.59
FICOA - SANTA CATALINA	3.87
SANTA CATALINA - HUACHI GRANDE	20.35
HUACHIS GRANDE - HUACHI TOTORAS	22.29
HUACHI TOTORAS - PICAIHUA	1.47
PICAIHUA - AMBATO NORTE	11.75
AMBATO NORTE - IZAMBA	138.41
IZAMBA - PINLLO	103.12

Fuente: CNT Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

El anillo propuesto tiene la topología BLSR/4 que viene a ser un anillo Bidireccional de 4 fibras debido a que hace un uso más eficiente del ancho de banda, proveen la protección máxima para la supervivencia de la red y brindan mayor flexibilidad para el crecimiento de la misma, además maneja una alta capacidad de tráfico simultáneo y proveen un 100% de supervivencia alrededor del mismo, esto hace que la red sea flexible y confiable debido a que en caso de una avería, la conexión se restablece por otra ruta, esto se realiza de forma automática, con un mínimo de interrupción del servicio inadvertido por los clientes.

El anillo bidireccional de 4 fibras tiene dos fibras que se dedican a la capacidad de trabajo, mientras que los otros dos se destinan al tráfico de protección en sentidos contrarios. El tráfico se envía normalmente a través de las fibras de trabajo hasta la utilización máxima de estas fibras, BLSR/4 soporta tanto conmutación de tramo (directamente entre dos nodos) como conmutación de anillo (a lo largo de la ruta más

larga entre dos nodos). Su funcionamiento es muy similar al caso de BLSR/2, existiendo un protocolo de intercambio de mensajes APS.

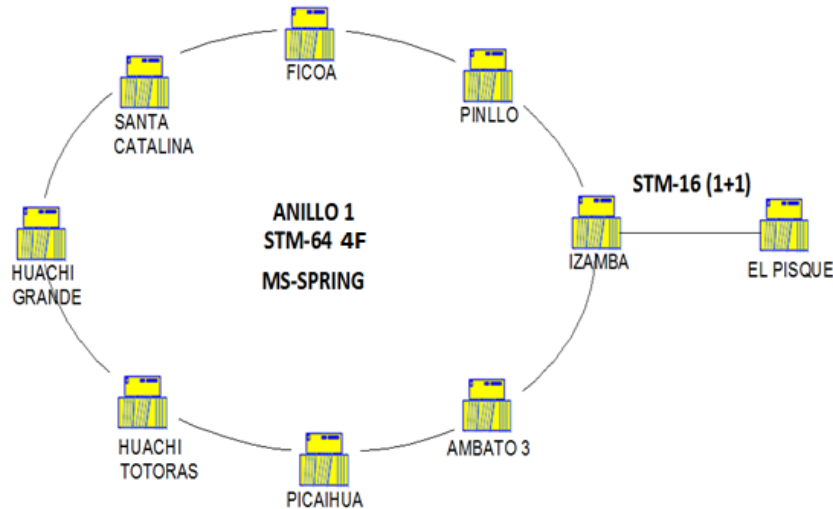


Figura 6.29: Anillo NG-SDH con protección MS – SPRING.

Elaborado por: El Investigador

El diseño del anillo de fibra óptica que se muestra en este proyecto, se efectuó de acuerdo al análisis de la demanda de posibles clientes que podrían acceder a este medio, al análisis de tráfico de cada central y en base a la información recolectada, de esta forma se obtiene una factibilidad técnica real y efectiva al momento de la ejecución del proyecto, el anillo y sus nodos se puede ver en la figura 6.29.

6.7.15 HUAWEI OPTIX OSN 3500

OptiX OSN 3500 es una solución flexible, el Multiplexer add / drop SDH ofrece servicios agregados y el transporte de gran ancho de banda de tráfico de voz y datos en una única plataforma. OptiX OSN 3500 ofrece eficiente servicios de gestión, rápida actualización y capacidad de expansión sin interrumpir el servicio.

El OptiX OSN 3500 está dotado con todas las características dentro de los productos de la plataforma de nueva generación NG – SDH, es decir, con la plataforma construida por la alta tasa en el bus del backplane, OptiX OSN 3500 puede ser

fácilmente convertido en un producto de la red óptica inteligente. Además, como miembro de la familia de productos de redes ópticas Huawei, OptiX OSN 3500 tiene funciones de orden superior e inferiores, capacidad de cross – connect y abundante servicio de interfaces, y su tasa puede ser fácilmente actualizado de 2,5 Gbps. a 10Gbps. La Figura 6.30, muestra un equipo OSN 3500.



Figura 6.30: HUAWEI OPTIX OSN 3500

Fuente: <http://www.huawei.com/ec/products/transport-network/osn3500/>

Características:

- **Funcionalidad multiplexor ADM, TM (Terminal Multiplexer)**
- **Servicios de capacidades de acceso**
 - STM-64 estándar o servicio concatenado.
 - STM-16 estándar o servicio concatenado.
 - STM-4 estándar o servicio concatenado.
 - STM-1 servicio óptico o servicio eléctrico.
 - Servicio de E4, E1/T1, E3/DS3, FE, GE.
- **Servicios de crossconexión**
 - Provee crossconexión de alto orden de 80G para VC-4 y crossconexión de bajo orden de 20G para VC-12, o equivalencias de VC-3.
- **Provisión multiservicio**
 - Interfaces STM-1, STM-4, STM-16, STM-64 estándar o concatenados y E1.
 - Provisto de protocolo GMPLS.

- **Protección de red**
 - Control inteligente de unidades de protección 1+1, para elementos principales incluido la tarjeta cross-crossconectora y el reloj de la red.
- **Servicios Ethernet**
 - Soporta tráfico Ethernet que se integran en la misma plataforma SDH, permitiendo tráfico Ethernet de 10/100/1000Mbps, además de protocolos de encapsulación como: HDLC29, LAPS30 Y GFP.
 - Soporte para la transmisión y la convergencia de tráfico Ethernet.
- **Tecnología WDM incorporada**
 - Usada para la transmisión para anchos de banda superiores, provee dos canales ópticos para tarjetas ADM.
- **Redes y Protección**
 - Al ser un sistema de MADM, el OptiX OSN 3500 puede proporcionar una capacidad de procesamiento de hasta 40 canales integrados de control (ECC), cumpliendo plenamente los requisitos para redes complicadas. Se aplica a diversas redes a nivel STM-1/STM-4/STM-16/STM-64, tales como anillos, punto a punto, malla, anillos con punto a punto, anillos tangentes y anillos intersecantes. Para una protección a nivel de red, el OptiX OSN 3500 soporta 4-fibras/2-fibras Multiplex Section Protection Ring (MSP Ring), MSP Ring lineal, para compartir la protección de la ruta virtual óptica y Subnetwork Connection Protection (SNCP).

6.7.16 Estudio Económico

En este estudio se determina si el presupuesto establecido es suficiente para su ejecución. Si el resultado es positivo, no habrá ningún inconveniente pero si es insuficiente se establecerá soluciones alternativas que ayuden siempre y cuando no alteren el curso normal del proyecto.

Se puede establecer la viabilidad económica y proporcionar criterios para la toma de decisiones.

6.7.16.1 Presupuesto Total de Equipos

En la Tabla 6.41 se muestra el Presupuesto Total de los equipos estimados en los Nodos:

Tabla 6.41: Presupuesto Total

CENTRAL	AMBATO NORTE	IZAMBA	PINILLO	FICOA	SANTA CATALINA	HUACHI GRANDE	HUACHI TOTORAS	PICAIHUA	EL PISQUE	CANTIDAD	PRECIO REFERENCIAL	SUBTOTAL
RACKS												
Rack externo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1158,00	10422,00
Subrack principal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	2632,00	23688,00
EQUIPAMIENTO BASICO NECESARIO Y ACCESORIOS												
XCU (cros conectores)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	914,00	16452,00
Fuentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	240,00	2160,00
Tarjeta de Reloj de cros conexión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1004,00	9036,00
Tablero de control	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	228,00	4104,00
Cable de Fibra óptica ADSS G652.D de 24 hilos										48100	2,49	119769,00
Elementos de Fijación aérea (Herrajes)										735	15,00	11025,00
Empalme aérea por fusión (mangas) cada 5Km										10	413,00	4130,00
Equipo Huawei Optix OSN 3500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	70000,00	630000,00
TARJETAS DE SERVICIO												
STM-64	2	2	2	2	2	2	2	2	0	16	987,00	15792,00
STM-16	6	2	2	0	2	2	0	0	2	16	1442,00	23072,00
4xSTM-4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2145,00	4290,00
2xSTM-4	0	2	2	0	2	2	0	0	0	8	1116,00	8928,00
4xSTM-1	4	2	2	0	2	2	0	2	0	14	1200,00	16800,00
GE	8	2	2	2	2	2	2	2	2	24	1010,00	24240,00
FE	4	2	2	2	2	2	2	2	2	20	223,00	4460,00
DS3/E3	2	2	2	0	2	2	0	0	2	12	350,00	4200,00
63xE1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	579,00	2316,00
32xE1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	16	120,00	1920,00
MATERIALES												

Fibra Monomodo Exterior (LC)	8	8	10	8	10	10	8	8	8	78	1,84	143,52
Fibra Monomodo Exterior(LC-LC)	3	3	5	3	5	5	3	3	3	33	1,67	55,11
Cable troncal de micro datos	25	25	35	25	35	35	25	25	25	255	13,00	3315,00
Cable troncal de datos	1	1	2	1	2	2	1	1	1	12	5,50	66,00
Cable de poder para rack	1	1	2	1	2	2	1	1	1	12	22,00	264,00
Cable de protección a tierra -rack	1	1	2	1	2	2	1	1	1	12	10,50	126,00
Cable de red	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	2,70	48,60
Atenuador óptico	5	5	15	5	15	15	5	5	5	75	27,00	2025,00
Base regulable para rack	1	1	2	1	2	2	1	1	1	12	6,00	72,00
ODF												
ODF(48-puertos)	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7	950,11	6650,77
ODF(24-puertos)	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	514,98	1029,96
Patch cord	48	48	96	48	96	96	96	96	48	672	22,04	14810,88
DDF												
DDF(63E1)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	380,00	3040,00
NMS												
Software de gestión	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	20,00	20,00
TOTAL												968470,84

Elaborado por: El Investigador

6.7.16.2 Costo Beneficio

La viabilidad económica se define mediante la comparación de los beneficios y costos del proyecto, para determinar si es factible o no su implementación.

En la viabilidad del proyecto se utiliza cuatro indicadores de rentabilidad, estos son:

- Flujo de caja (FC)
- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

a. Flujo de caja FC

El costo beneficio del Diseño se verá reflejado en la cantidad de usuarios a los que se brinda los servicios de datos, estimado en un costo mensual de \$18 + IVA por el servicio, el mismo que varía según el requerimiento del cliente.

La tabla 6.42 muestra el total de usuarios existentes en los nodos que forman el anillo y el ingreso mensual correspondiente:

Tabla 6.42: Ingreso mensual de CNT–EP Tungurahua.

Número de usuarios	Precio mensual del servicio \$	Ingreso mensual \$
8118	20.16	163659

Fuente: CNT- EP Tungurahua

Elaborado por: El Investigador

La tabla 6.43 muestra los ingresos y egresos que se tiene en el flujo de caja para los 5 años:

Tabla 6.43: Flujo de caja para cada año

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Tarifa mensual del servicio		1963908	1963908	1963908	1963908	1963908
TOTAL INGRESOS		1963908	1963908	1963908	1963908	1963908
EGRESOS						
Equipos y accesorios de instalación	968470,84					
Arrendamiento postes		7570,5	7570,5	7570,5	7570,5	7570,5
Mantenimiento		1700	1700	1700	1700	1700
TOTAL EGRESOS	968470,84	9270,5	9270,5	9270,5	9270,5	9270,5
FLUJO NETO DE CAJA	968470,84	1954637,5	1954637,5	1954637,5	1954637,5	1954637,5

Elaborado por: El Investigador

b. Valor Actual Neto VAN

El Valor Actual Neto representa el valor de la inversión en el año cero al cual se le descuenta los ingresos y egresos a una determinada tasa, el VAN expresa las perspectivas de retorno confiadas en el proyecto mediante un monto en dólares que representa las ganancias que se podrían tomar por adelantado al emprender el proyecto considerando la tasa de corte establecido.

El VAN se calcula mediante la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{i=0}^{10} \left[\frac{FCt}{(1+i)^t} \right] - IO$$

Donde

- FCt= Flujo de Caja al año t
- i= tasa de rentabilidad
- t= tiempo de vida del proyecto
- IO= inversión inicial

La tasa de rentabilidad que se toma para este proyecto es del 10%, como ya se determinó anteriormente el tiempo se tomó de 5 años y la inversión inicial del proyecto es de \$968470,84.

$$VAN = \sum_{i=0}^{10} \left[\frac{FCt}{(1+0,1)^t} \right] - IO$$

$$VAN = - 968470,84 + \frac{1954637,5}{(1+0,1)^1} + \frac{1954637,5}{(1+0,1)^2} + \frac{1954637,5}{(1+0,1)^3} + \frac{1954637,5}{(1+0,1)^4} + \frac{1954637,5}{(1+0,1)^5}$$

$$VAN = -968470,84 + 1776943,18 + 1615402,89 + 1468548,08 + 1335043,71 + 1213676,10$$

$$VAN = 6441143,12$$

Cuando el valor del VAN en un proyecto de inversión es mayor que cero indica que tiene rentabilidad y es factible, como se puede observar el valor es muy superior a cero; por lo tanto se aprecia que el proyecto planteado es totalmente rentable.

c. Tasa Interna de Retorno TIR

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de interés que determina que el VAN de un proyecto sea igual a cero, también se puede considerar al TIR como la tasa máxima que se dispondría a pagar a quién financie el proyecto, considerando que se recupere la inversión establecida.

Esta tasa es un criterio de rentabilidad y no de ingreso monetario neto como lo es el VAN. En términos relativos ayuda a medir la rentabilidad de una inversión. La fórmula con la que se calcula el TIR es:

$$0 = \sum_{i=0}^{10} \left[\frac{FCt}{(1+TIR)^t} \right] - IO$$

Donde

- FCt= Flujo de Caja al año t
- i= tasa interna de retorno
- TIR= tiempo de vida del proyecto
- IO= inversión inicial

$$0 = \sum_{i=0}^{10} \left[\frac{FCt}{(1+TIR)^t} \right] - IO$$

$$0 = - 968470,84 + \frac{1954637,5}{(1+TIR)^1} + \frac{1954637,5}{(1+TIR)^2} + \frac{1954637,5}{(1+TIR)^3} + \frac{1954637,5}{(1+TIR)^4} + \frac{1954637,5}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 201\%$$

El proyecto propuesto es muy rentable ya que el valor del TIR es positivo y no genera pérdidas a largo plazo.

d. Periodo de Recuperación de la Inversión PRI

El PRI es un indicador que mide la liquidez y riesgo relativo del proyecto, permite anticipar los eventos en corto plazo.

El periodo de recuperación se calcula mediante la siguiente formula que dice que es igual a la división de la inversión inicial y la media aritmética de los ingresos anuales.

$$\text{Media de ingresos} = \frac{1954637,5 + 1954637,5 + 1954637,5 + 1954637,5 + 1954637,5}{5}$$

$$\text{Media de ingresos} = 1954637,5$$

$$\text{PRI} = \frac{\text{INVERSION INICIAL}}{\text{MEDIA DE INGRESOS}}$$

$$\text{PRI} = \frac{968470,84}{1954637,5}$$

$$\text{PRI} = 0,50 \text{ años}$$

El periodo de recuperación de 0,50 se expresa en años y meses:

$$\text{Meses: } 0,50 * 12$$

$$\text{Meses: } 6$$

El flujo de caja expresa indicadores de rentabilidad óptimos para el proyecto, la inversión que se requiere para el proyecto se recuperaría en seis meses, los flujos que se tendrá en ese tiempo será superior al costo de la inversión.

El proyecto presenta gran rentabilidad por lo que el retorno de la inversión es óptimo y cubre las expectativas de la inversión.

6.8 Simulación del Anillo NG-SDH.

Para el diseño del anillo de fibra óptica se utilizó el simulador OptiSystem 7.0 que permite visualizar los parámetros que se dan en un enlace real con fibra, logo de la figura 6.31.

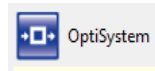


Figura 6.31: Logo del Simulador.

Fuente: OptiSystem 7.0.

Este simulador tiene una biblioteca que incluye cientos de componentes a los que se les permite introducir los parámetros que pueden ser medidos en los dispositivos reales; los usuarios pueden incorporar nuevos componentes e incluso interactuar con otras herramientas de simulación como el MATLAB o SPICE. Calcula señales utilizando algoritmos apropiados teniendo en cuenta la exactitud requerida de la simulación y la eficiencia; permite predecir el rendimiento del sistema calculando parámetros como el BER y el Q-Factor. Posee herramientas de visualización avanzada como el diagrama de ojo. Utiliza el lenguaje Visual Basic Script.

Debido a su flexibilidad y eficiencia en el diseño OptiSystem es un software que tiene un alto reconocimiento en el ámbito académico e investigativo a nivel mundial, es utilizado por el Instituto de Óptica de la Universidad de Rochester, Universidad de Australia, Instituto de ciencias de la India, Universidad de Arizona, entre otros.

En el desarrollo de este capítulo se pretende describir los elementos utilizados en la simulación con el software OptiSystem 7.0, mostrar cómo se realiza la simulación paso a paso y el análisis realizado a partir de los gráficos que nos muestran los analizadores y visualizadores de la señal recibida en los ADM.

6.8.1 Elementos Utilizados en la Simulación

Dentro del simulador OptiSystem 7.0, existen diversos elementos que permiten la realización del diseño de red elaborado, entre los cuales se encuentran:

Fibra bidireccional: La fibra óptica utilizada en el desarrollo de este diseño es fibra monomodo bidireccional (figura 6.32), en el software este elemento simula la propagación bidireccional de las señales ópticas. Esta fibra se emplea para conectar todos los elementos del diseño.



Figura 6.32: Fibra monomodo Bidireccional.
Fuente: OptiSystem.

Subsystem: Un subsistema es como un componente, donde tiene los parámetros y puertos de entrada y de salida. Se construye un subsistema utilizando un grupo de componentes o de otros subsistemas. Usted puede crear un subsistema mediante la agrupación de los componentes seleccionados en el diseño (véase la figura 6.33).

Subsistemas le ayudan a crear sus propios componentes basados en la Biblioteca de componentes sin necesidad de programación, y permite organizar la distribución en diferentes niveles jerárquicos, cuando hay un gran número de componentes en diferentes niveles.

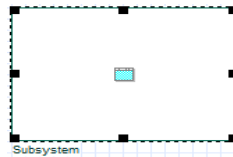


Figura 6.33: Subsystem.
Fuente: OptiSystem.

CW Laser: Continuous Wave laser, laser de onda continua, es una fuente óptica común en el simulador, emite línea de transmisión con longitudes de onda entre 334 y

550 nm a partir de argón ionizado. Se caracteriza por ocupar poco ancho de banda y por tener una relación señal/ruido muy alta; todo ello permite la comunicación a larga distancia aun en condiciones desfavorables de la propagación. A continuación se puede observar en la figura 6.34 el Laser CW.



Figura 6.34: CW Laser.

Fuente: OptiSystem.

Match – Zehnder Modulator: Moduladores de Niobato de Litio, son adecuados para su uso en área metropolitana, se los usa en trayectorias largas y muy largas. Operan en segunda y tercera ventana. Generalmente modulan CW laser para generar señales digitales para luego ser transmitidas a través de la fibra, como se muestra en la figura 6.35.

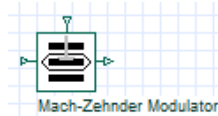


Figura 6.35: Match – Zehnder Modulator.

Fuente: OptiSystem.

Pseudo-Random Bit Sequence Generator: Es un generador de secuencias de dígitos binarios, en el que por lo menos se cumple un estándar de aleatoriedad. Es usado en telecomunicaciones, encriptación, simulación, técnicas de correlación, etc. En la figura 6.36 se muestra el generador de secuencia de bit.

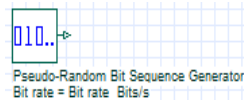


Figura 6.36: Pseudo-Random Bit Sequence Generator.

Fuente: OptiSystem 7.0.

NRZ Pulse Generator: Generador de pulso que crea una secuencia de pulsos no retorno a cero (Non Return to Zero), codificados por una señal digital de entrada. A continuación se muestra en la figura 6.37 el generador de pulsos NRZ.

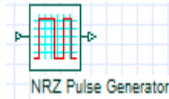


Figura 6.37: NRZ Pulse Generator.

Fuente: OptiSystem.

Photodetector ADP: Convierte el flujo de los fotones incidentes en un flujo de electrones. Después esta corriente es amplificada y procesada. Trabaja con longitudes de onda entre 600 y 900 nm para los fotodetectores fabricados con silicio.

En la figura 6.38 se muestra el fotodetector ADP, el cual proporciona una SNR más alto para la misma potencia óptica incidente. La mejora en la SNR es debido a la ganancia interna que aumenta la fotocorriente por el factor de multiplicación M .

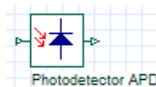


Figura 6.38: Photodetector ADP.

Fuente: OptiSystem.

Low pass Bessel Filter: Los filtros de Bessel son un tipo de filtro electrónico los cuales son usados en aplicaciones de audio debido a su linealidad. En la figura 6.39 se muestra el filtro pasa bajo Bessel, que este filtro está diseñado para filtrar señales de onda cuadrada, lo que los hace especiales.

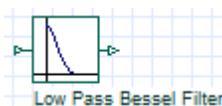


Figura 6.39: Low pass Bessel Filter.

Fuente: OptiSystem.

Conector Óptico: En la mayoría de las aplicaciones con fibras ópticas se utiliza un cable conectorizado en sus extremos para unir el cable de transporte con el terminal óptico, en la figura 6.40 se puede observar el conector óptico.

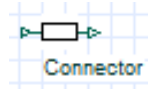


Figura 6.40: Conector Óptico.
Fuente: OptiSystem.

WDM Add and Drop: Este dispositivo permiten insertar (o extraer) señales plesiócronas y síncronas de menor velocidad binaria en el flujo de datos SDH de Alta velocidad, el WDM Add and Drop se puede observar en la figura 6.41.

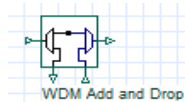


Figura 6.41: WDM Add and Drop.
Fuente: OptiSystem.

Oscilloscope Visualizer: Es uno de los instrumentos electrónicos más usados, generalmente se lo usa como voltímetro aunque también se le ha dado diferentes usos. Los osciloscopios se encuentran limitados por el ancho de banda en el que trabajan, fuera de este rango no pueden mostrar ningún tipo de señal, En la figura 6.42 se muestra el Oscilloscope Visualizer.



Figura 6.42: Oscilloscope Visualizer.
Fuente: OptiSystem.

Optical spectrum analyzer: El analizador de espectros permite realizar medidas de señales de radiofrecuencia, separando sus componentes de su espectro. Generalmente nos muestra señales de potencia pico, y expresadas en dBm.

En la figura 6.43 se muestra el analizador de espectro, este instrumento permite al usuario calcular y mostrar las señales ópticas en el dominio de frecuencia.

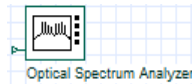


Figura 6.43: Optical spectrum analyzer.

Fuente: OptiSystem.

Optical Time Domain Visualizer: OTDR, reflectómetro en el dominio del tiempo, utilizado para evaluar las propiedades de una fibra o de un enlace completo; En la figura 6.44 se muestra el OTDR, que es un instrumento que envía pulsos de luz a una longitud de onda deseada, para luego medir las reflexiones producidas a lo largo de la fibra óptica.



Figura 6.44: Optical Time Domain Visualizer.

Fuente: OptiSystem.

Eye Diagram Analyzer: Es un diagrama que muestra la superposición de las distintas combinaciones posibles de 1 y 0, en un rango de tiempo o cantidad de bits determinados (se puede observar en la figura 6.45), esta señal es transmitida por el enlace, permite obtener las características de los pulsos que se propagan por la fibra.

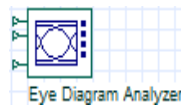


Figura 6.45: Eye Diagram Analyzer.

Fuente: OptiSystem.

BER Analyzer: El Analizador BER es un visualizador que permite al usuario calcular y mostrar la tasa de error de bit (BER) de una señal eléctrica de forma automática.

Con el fin de calcular el rendimiento del sistema se puede utilizar el Analizador BER, el cual se muestra en la figura 6.46, este componente puede predecir el BER, el factor Q, umbral y la abertura del ojo. También puede obtener los patrones del BER y el valor de BER en cada punto del diagrama de ojo utilizando gráficos 3D.

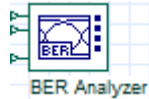


Figura 6.46: BER Analyzer.

Fuente: OptiSystem.

Optical Power Meter: El Optical Power Meter es un visualizador que permite al usuario calcular y mostrar potencia en cada uno de los dispositivos, en la figura 6.47 se puede observar el medidor de potencia.

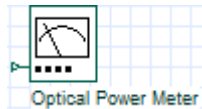


Figura 6.47: Optical Power Meter.

Fuente: OptiSystem.

6.8.2 Desarrollo de la Simulación

El software OptiSystem se instala en la carpeta C:\Archivos de programa\Optiwave Software\OptiSystem 7.0. Para la instalación de esta aplicación se debe tener en cuenta una configuración mínima: procesador Pentium 3 o equivalente, Microsoft Windows Vista o XP, 400 MB de espacio en disco, resolución de pantalla 1024 x 768, RAM 128.

Al iniciar la aplicación sale la interfaz gráfica del usuario que se muestra a continuación en la figura 6.48, posee una librería de componentes para fuentes ópticas, procesador de señal, elementos ópticos pasivos, fibra óptica, generadores de

pulsos, filtros, amplificadores ópticos, y visualizadores, tiene un área de trabajo denominada layout y la barra de herramientas.

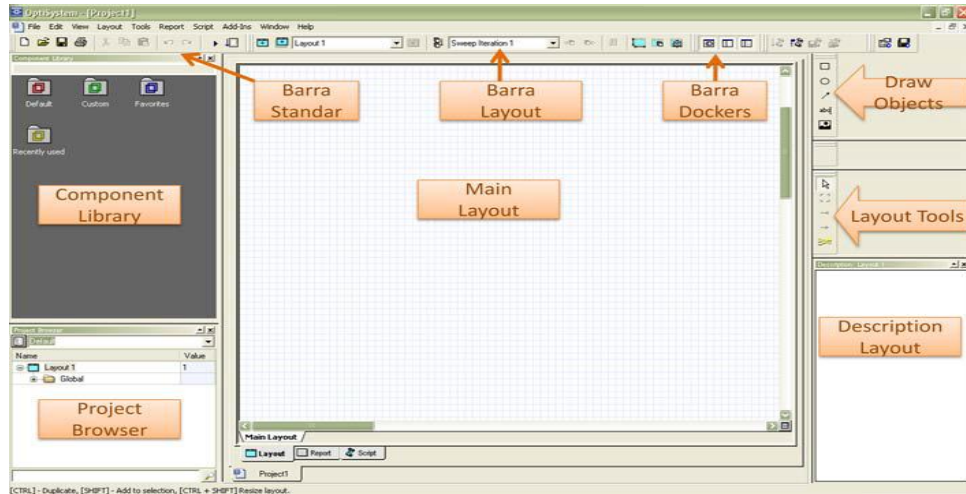


Figura 6.48: Pantalla inicial

Fuente: OptiSystem.

A continuación se describirán la interfaz gráfica del simulador. Inicialmente en la figura 6.49 encontramos la zona de trabajo, allí se insertan los componentes, se editan y se crean conexiones entre ellos.

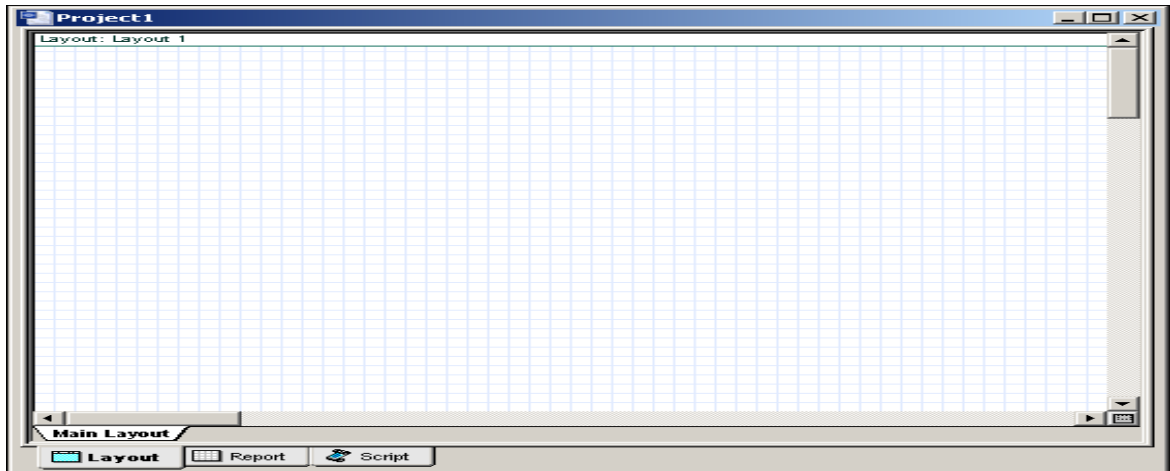


Figura 6.49: Área de trabajo – Layout

Fuente: OptiSystem.

En la figura 6.50 se observa las carpetas de la librería de componentes, desde acá se accede a los componentes para realizar el diseño, en la figura 6.51 se muestra el contenido de la carpeta Default, esta carpeta es la que contiene las librerías.

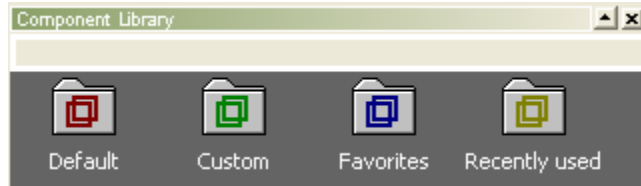


Figura 6.50: Carpetas de librerías

Fuente: OptiSystem.

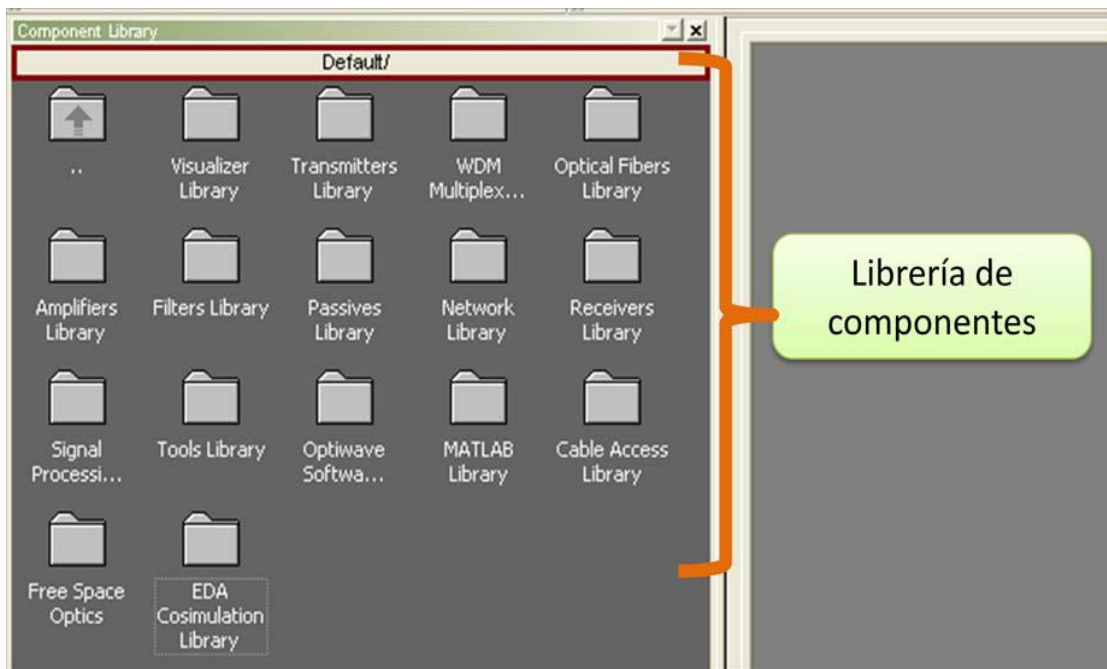


Figura 6.51: Librería de componentes

Fuente: OptiSystem.

A continuación en la figura 6.52 se presenta la imagen del montaje para cada uno de los nodos del anillo de fibra óptica en OptiSystem.

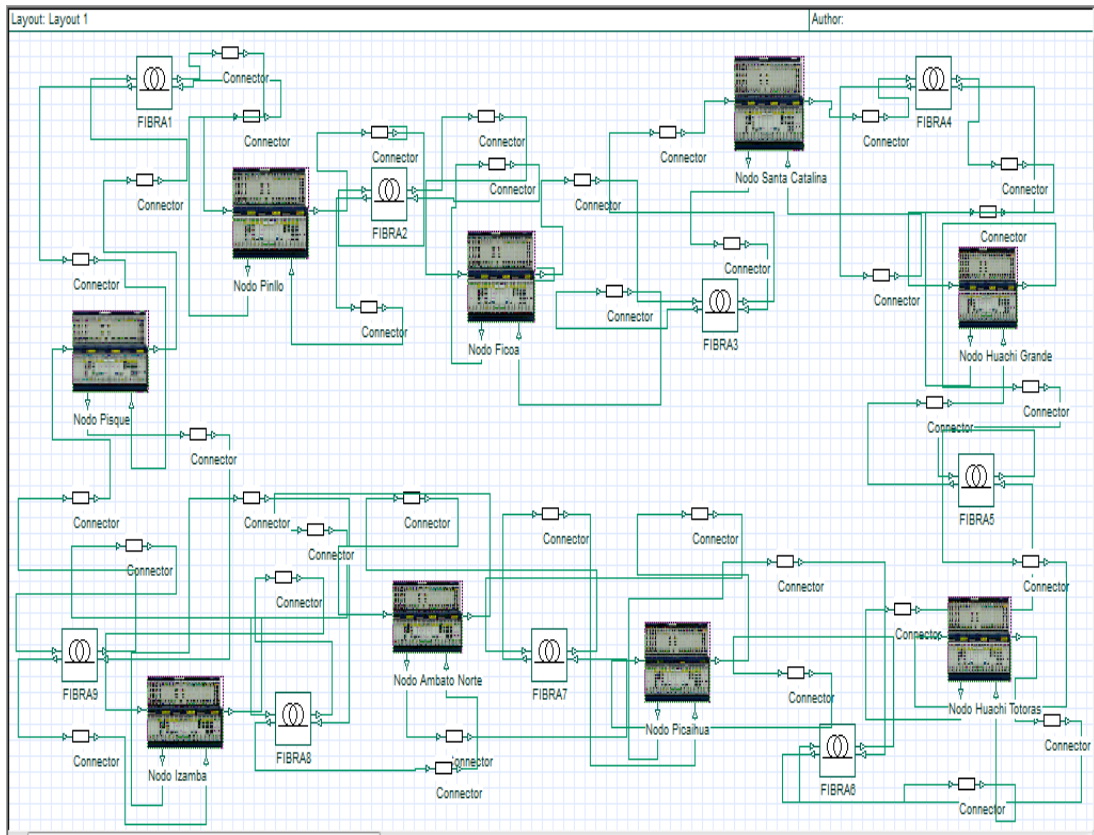


Figura 6.52: Simulación Anillo de Fibra Óptica.

Elaborada por: El Investigador

En la simulación se hicieron las mediciones de potencia y BER para cada dispositivo con el fin de asegurar que los valores del diseño se cumplieran de acuerdo con la Figura 6.52. Las pruebas de simulación se realizaron para todos los enlaces, pero, para documentar la metodología de simulación, la descripción se realizará únicamente para uno de los enlaces en este caso se realizó para el tramo del Nodo de Pinillo – Nodo Ficoa.

En este enlace se utilizó el cable de fibra óptica bidireccional que en esta ventana permite poner la longitud de cable, la atenuación y la ventana de operación que se está empleando en el enlace, este puede variar dependiendo la necesidad del proyecto. Esto se puede apreciar en la figura 6.53.

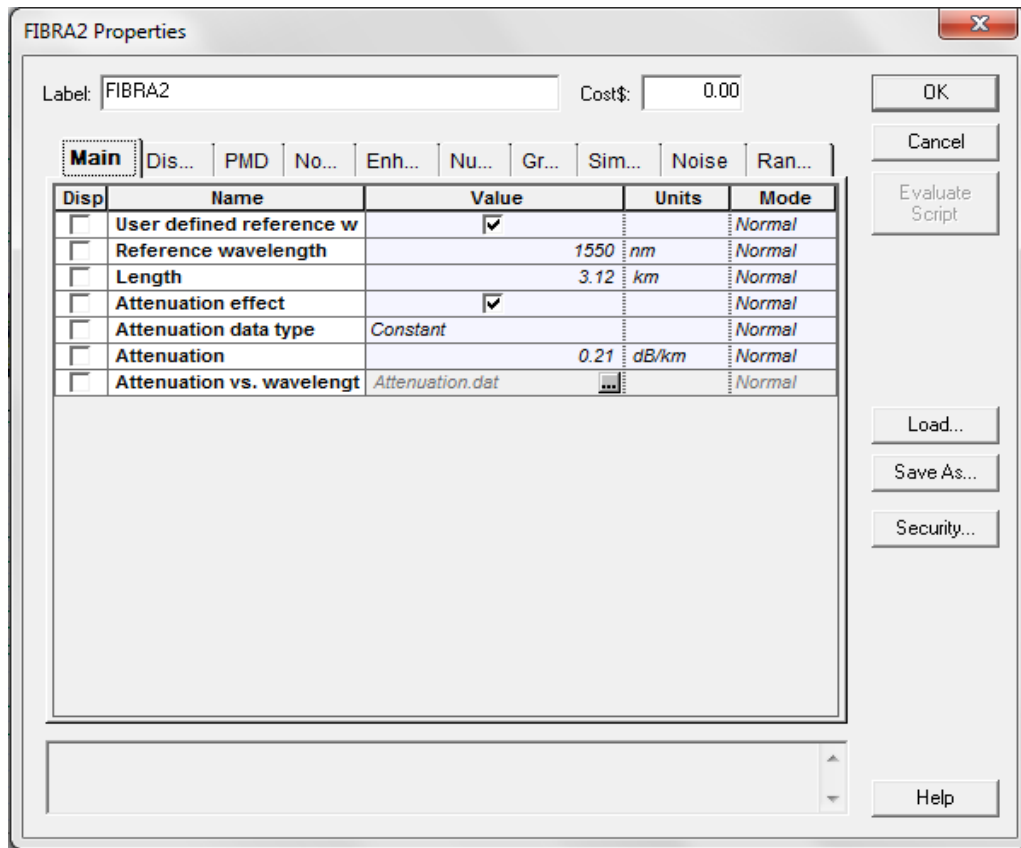


Figura 6.53: Ventana de Propiedades de la fibra óptica.

Fuente: OptiSystem.

En cada nodo se utiliza un equipo ADM que tiene una frecuencia de 193.1 THz, un espaciamiento de frecuencia de 100 GHz, un ancho de banda de 10 GHz. Cabe recalcar que puede variar los parámetros mencionados anteriormente. En la figura 6.54 se muestra la ventana de este elemento.

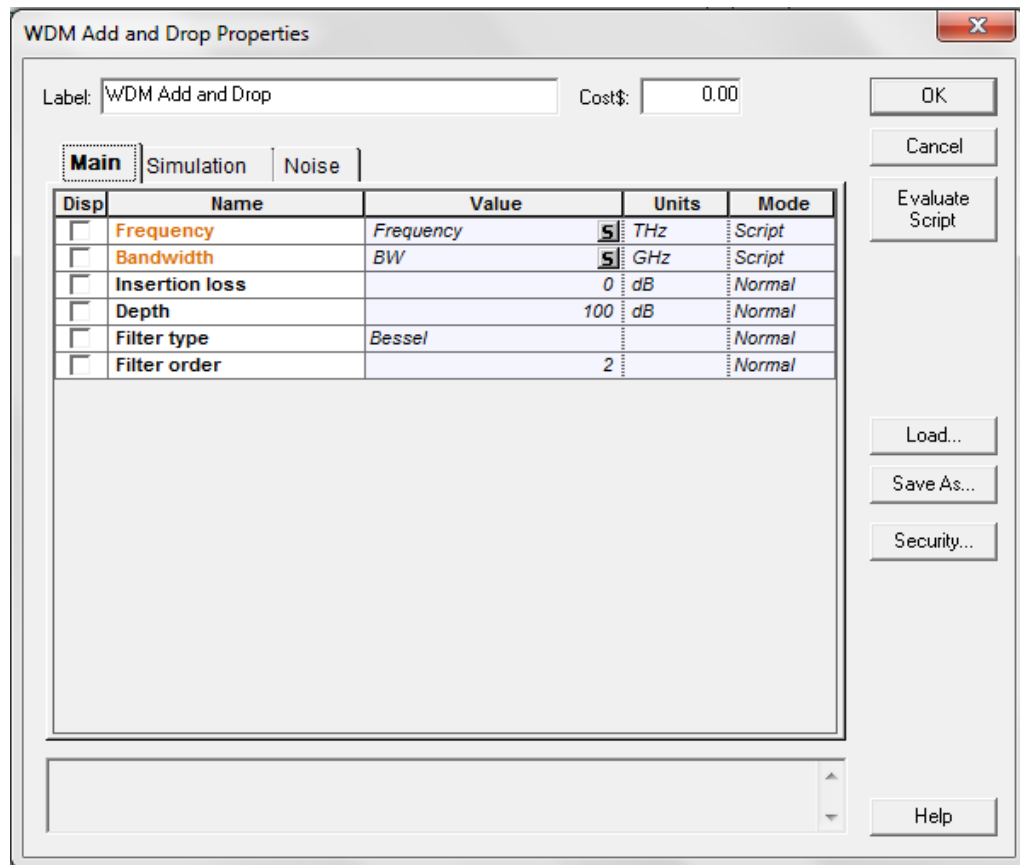


Figura 6.54: Ventana del WDM Add and Drop.

Fuente: OptiSystem.

Para la simulación del enlace se creó un Subsystem en el equipo ADM en el cual se puede observar la frecuencia de 193.1 THz, el ancho de banda de 10 GHz y la potencia de 2 dBm, lo cual se puede visualizar en la figura 6.55 y 6.56 con el nombre de Nodo Pinllo y Nodo Ficoa.

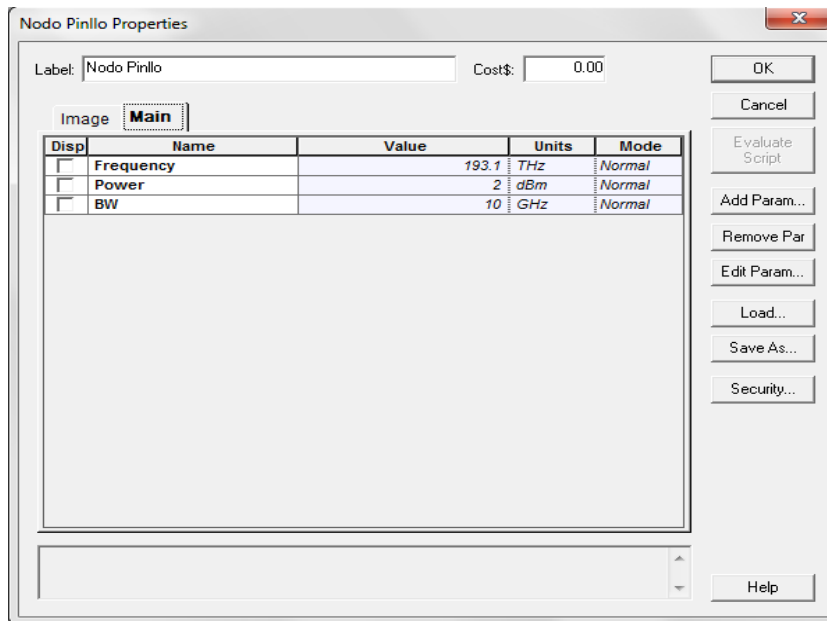


Figura 6.55: Ventana del Subsystem Nodo Pinllo.

Fuente: OptiSystem.

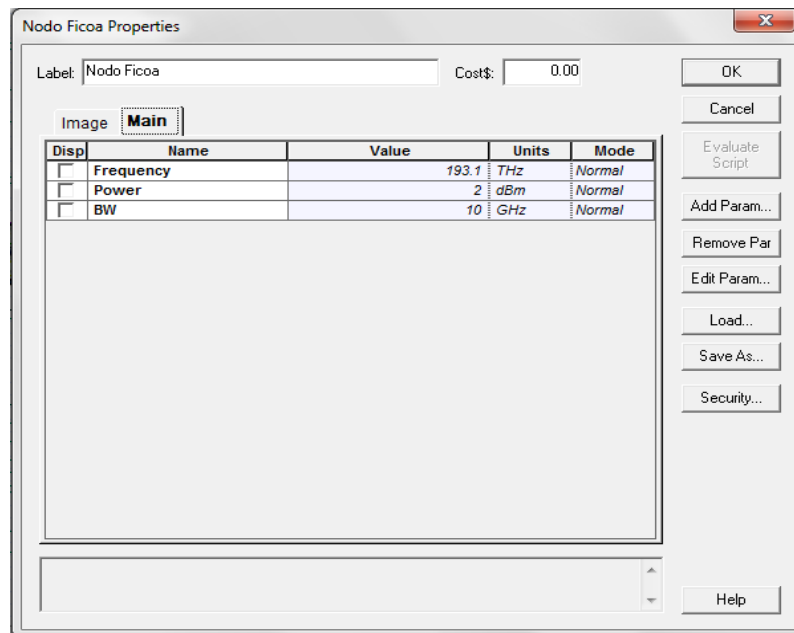


Figura 6.56: Ventana del Subsystem Nodo Ficoa.

Fuente: OptiSystem.

En las siguientes ventanas se visualiza los elementos que intervienen en el transmisor los cuales son el generador de la secuencia de bit, el generador de pulsos NRZ, el modulador Mach Zehnder y por último el CW laser, cada uno con sus características, los cuales pueden variar su valor. A continuación se puede visualizar en la figura 6.57, 6.58, 6.59, 6.60 cada uno de estos elementos.

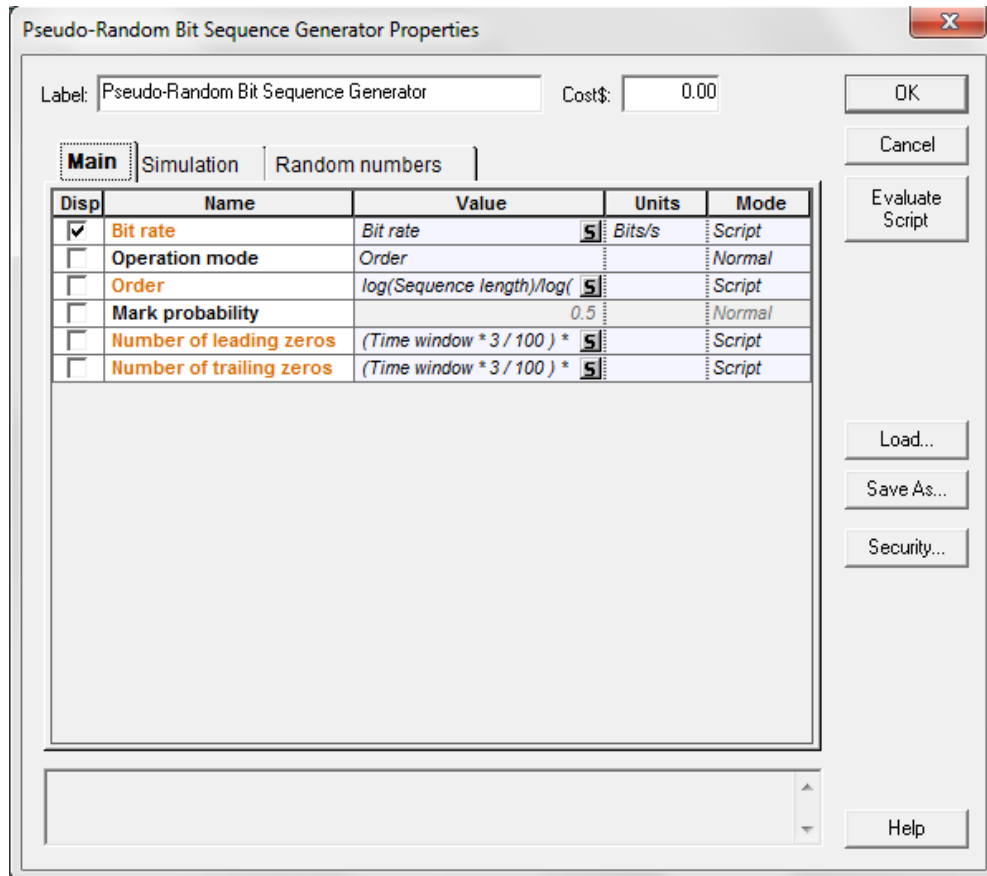


Figura 6.57: Ventana del Generador de secuencia de bit Pseudo Random.

Fuente: OptiSystem.

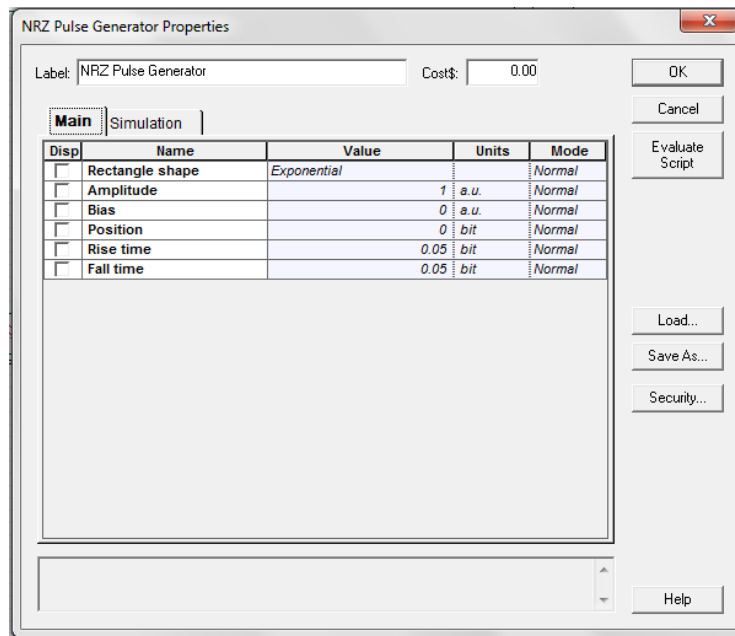


Figura 6.58: Ventana del Generador de Pulsos NRZ.

Fuente: OptiSystem.

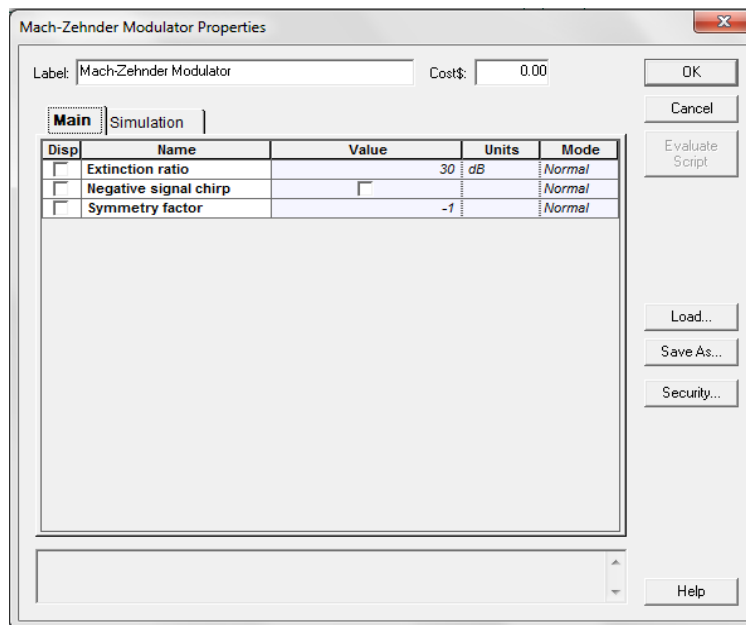


Figura 6.59: Ventana del Modulador Mach Zehnder.

Fuente: OptiSystem.

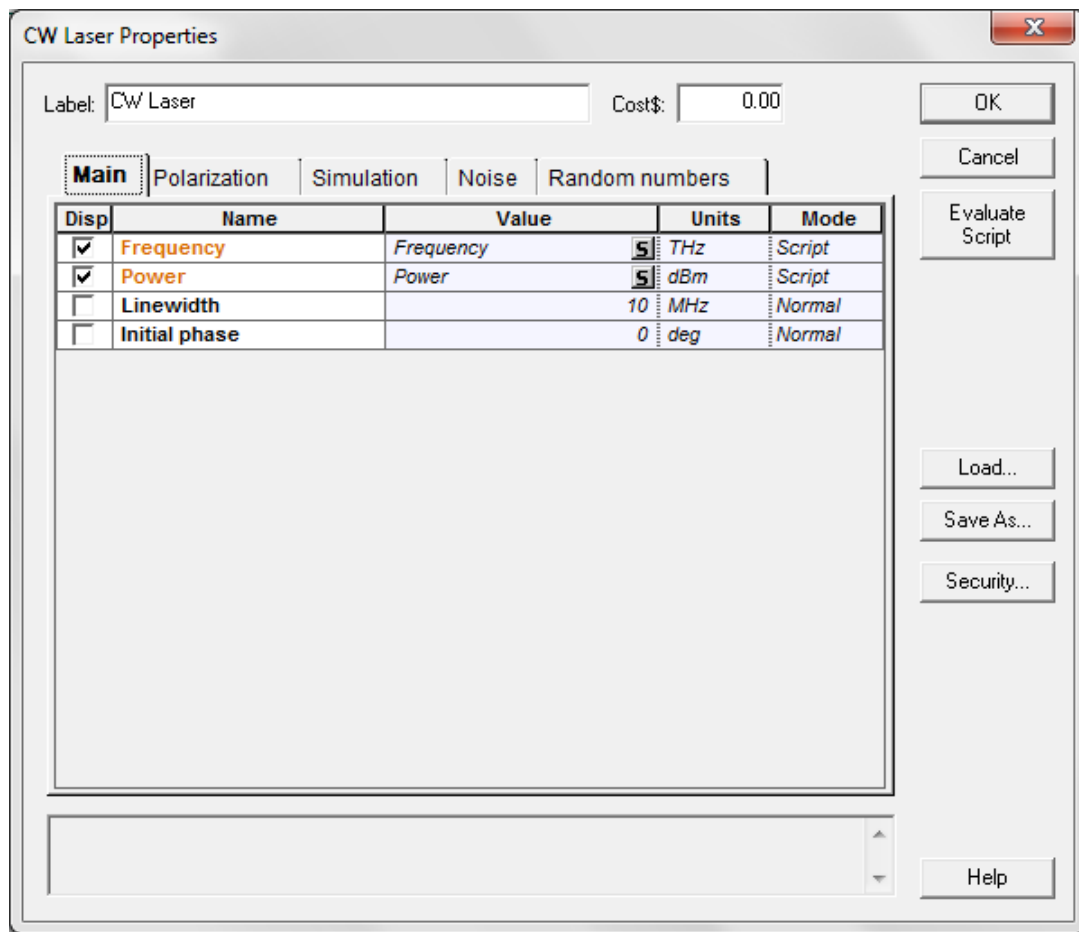


Figura 6.60: Ventana del Laser CW.

Fuente: OptiSystem.

De igual forma que el transmisor al inicio del enlace, también se tiene un receptor para la señal de salida, el cual está compuesto por un fotodetector ADP donde se observa la ganancia, radio ionización, respuesta y corriente oscura, además cuenta con un filtro pasa bajos Beseel, como se puede visualizar en la figura 6.61 y 6.62.

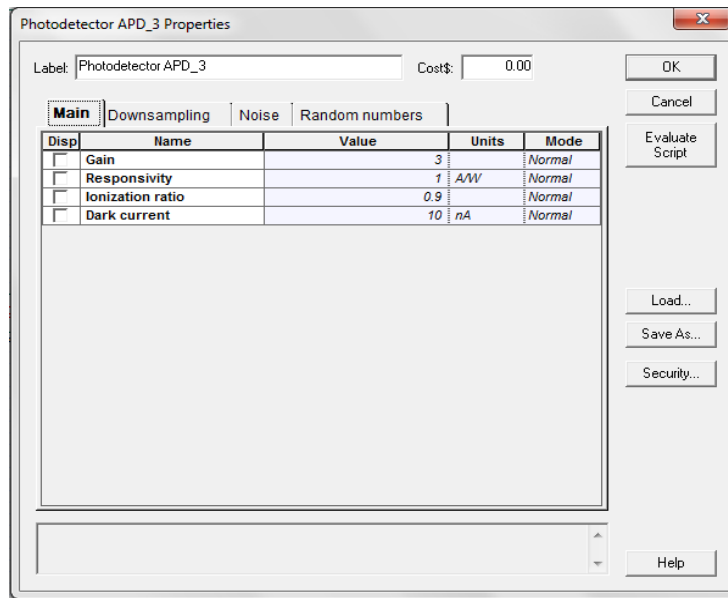


Figura 6.61: Ventana del Fotodetector ADP.

Fuente: OptiSystem.

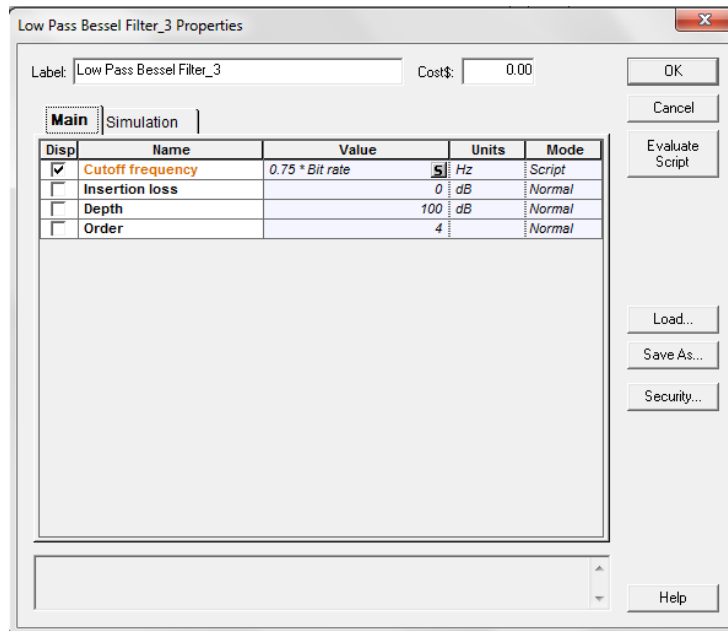


Figura 6.62: Ventana del Filtro Pasa Bajos Bessel.

Fuente: OptiSystem.

Después de tener concretado el diseño y definidos los parámetros de los equipos, se corre la simulación como se muestra en la figura 6.63 y 6.64, si las conexiones están correctas muestra un mensaje “completed successfully” finalizando la simulación, de lo contrario muestra un mensaje de error, para lo cual se debe verificar las conexiones y los parámetros de configuración.

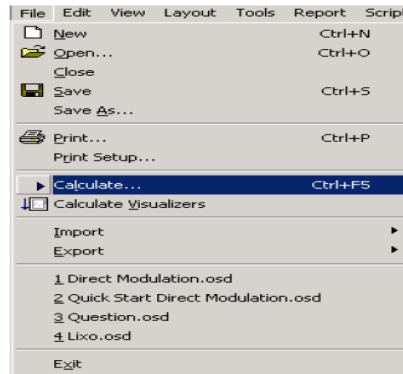


Figura 6.63: Menú para correr la simulación

Fuente: OptiSystem.

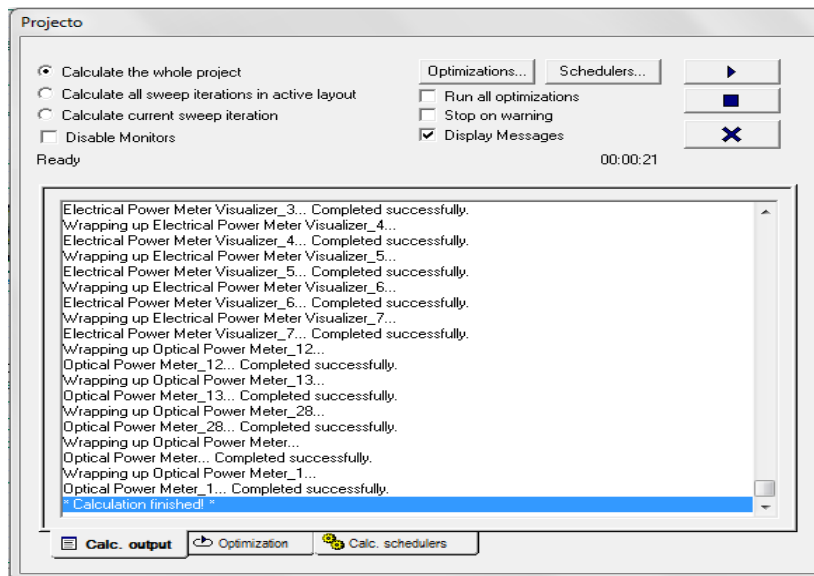


Figura 6.64: Ventana donde se visualiza cuando está corriendo la simulación

Fuente: OptiSystem.

6.8.3 Resultados de la Simulación

El simulador OptiSystem permite colocar los parámetros de la red propuesta, permitiendo adaptar características iniciales de acuerdo a las necesidades de cada equipo, como son:

- Frecuencia
- Potencia
- Velocidad de transmisión (bit rate)
- Distancia del enlace
- Tipo de modulación.

A continuación se muestran los resultados de los analizadores y visualizadores conectados a los elementos del diseño, cada uno origina el comportamiento de la señal de acuerdo al dispositivo muestreado, para esto se requiere correr la simulación para que actualice los datos.

a) Comparación cálculos teóricos con resultados simulación

Para verificar los datos obtenidos en los cálculos teóricos, se utiliza el instrumento de medición del simulador OptiSystem Electrical Power Meter Visualizer, conectado en el puerto de Trasmisión del ADM en el Nodo de Pinllo y en el puerto de Recepción del ADM en el Nodo de Ficoa.

Los datos arrojados por el medidor de potencia en el trasmisor es $-1,018$ dBm (figura 6.65), comparando con los resultados de los cálculos teóricos que fue de -1 dBm, en el mismo caso, mientras que los datos obtenidos en el receptor es $-2,674$ (figura 6.66), comparando con los resultados del cálculo teórico que fue de $-2,86$ se puede verificar que el resultado en la simulación son parecidos con los resultados teóricos, confirmando que la transmisión es óptima para este receptor.

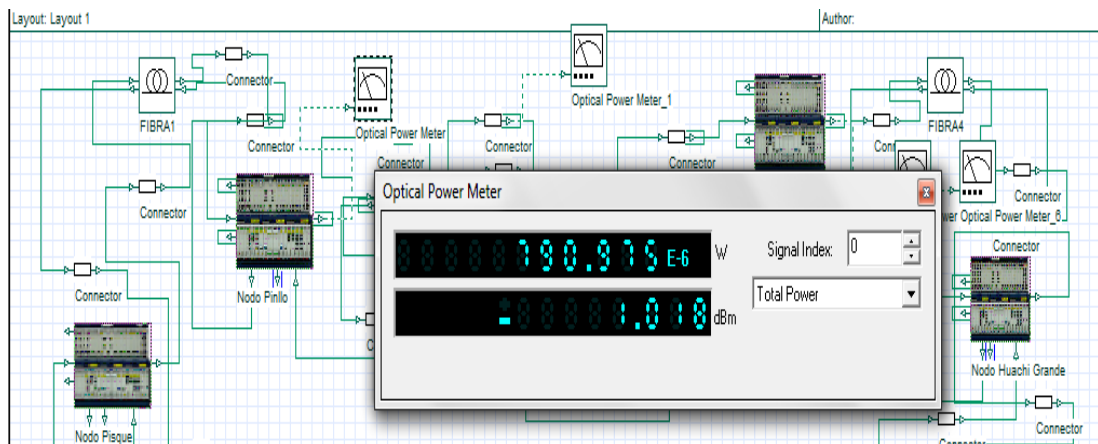


Figura 6.65: Ventana donde se visualiza resultado de potencia en el Trasmisor

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

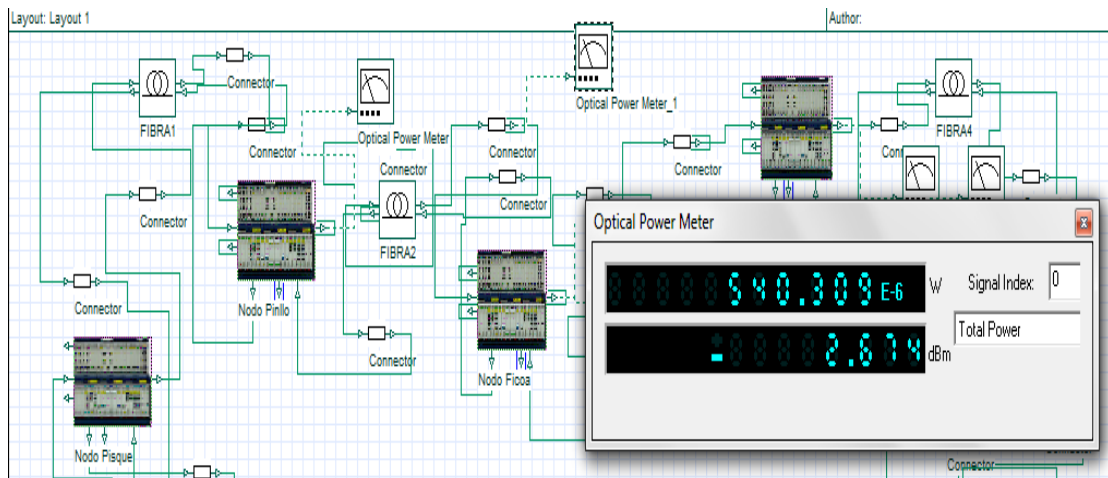


Figura 6.66: Ventana donde se visualiza resultado de potencia en el Receptor

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 6.44 se resumen los resultados de las mediciones de potencia en los transmisores y receptores de cada uno de los enlaces simulados:

Tabla 6.44: Comparación de los resultado de potencia en el Trasmisor y Receptor

Enlace	Potencia Teórico (dbm)		Potencia Simulación (dbm)	
	Tx	Rx	Tx	Rx
PINLLO – FICOA	-1	-2.86	-1.018	-2.674
FICOA – SANTA CATALINA	-1	-3.19	-1.018	-3.012
SANTA CATALINA – HUACHI GRANDE	-1	-2.91	-0.948	-2.657
HUACHI GRANDE – HUACHI TOTORAS	-1	-3.49	-0.948	-3.237
HUACHI TOTORAS – PICAIHUA	-1	-3.51	-1.018	-3.332
PICAIHUA – AMBATO NORTE	-1	-3.70	-0.948	-3.445
AMBATO NORTE – IZAMBA	-1	-3.30	-0.878	-2.975
IZAMBA – PISQUE	-1	-2.44	-1.090	-2.434
IZAMBA – PINLLO	-1	-3.91	-0.878	-3.493

Elaborado por: El Investigador

En la tabla 6.44 se puede observar que los datos arrojados tanto en la simulación como los teóricos coinciden tanto en el transmisor como en el receptor, ocasionando que los resultados están bien realizados.

b) Descripción de gráficas de señal en el transmisor

La figura 6.67 es del analizador de espectro que se conectó a la salida del equipo ADM nodo Pinllo (Trasmisor), muestra el espectro de la señal en el dominio de la frecuencia, se puede observar la amplitud de la frecuencia de la señal de salida y la intensidad de esta, la longitud de onda en el punto central es de $1,5526 \mu\text{m}$ o 193.1 THz este dato concuerda con los parámetros ingresados en la fibra (1550nm).

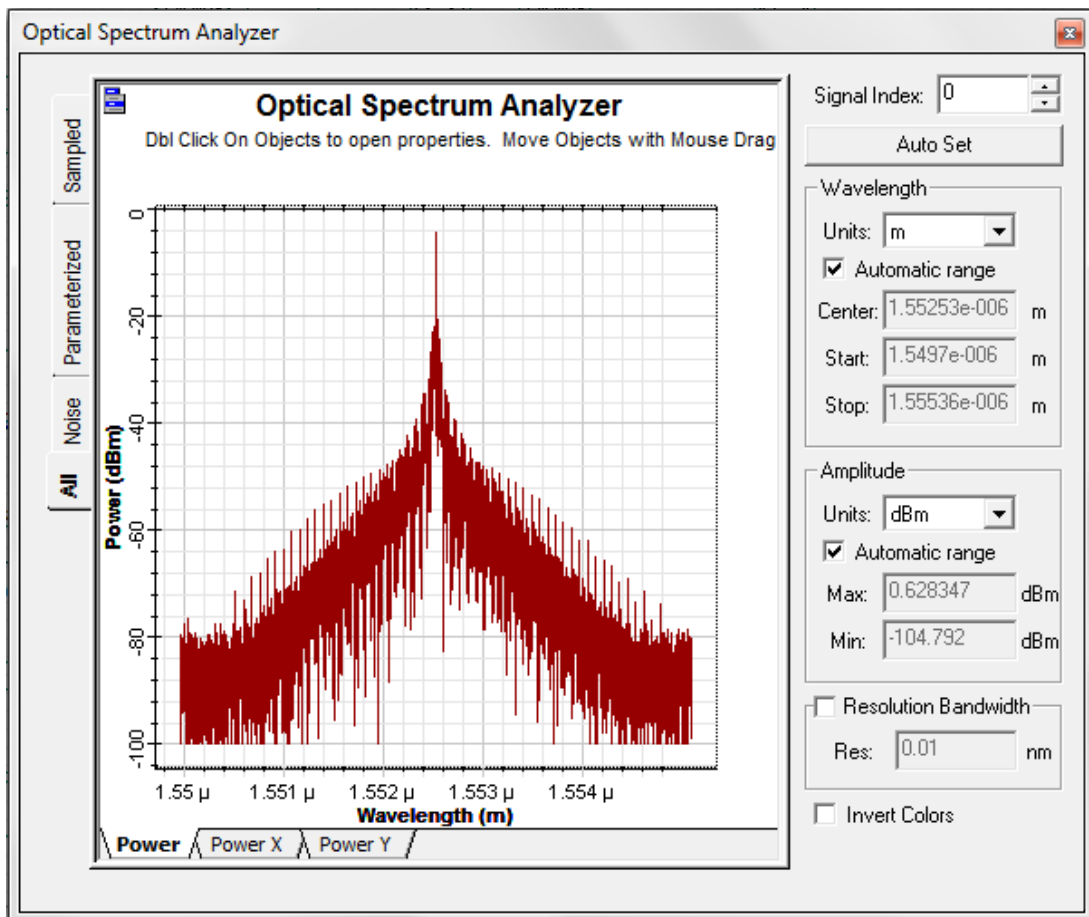


Figura 6.67: Optical Spectrum Analyzer

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

A continuación en la figura 6.68 se visualiza el patrón de forma de onda capturado de la señal en el dominio del tiempo, esta grafica nos muestra que la señal en el momento de la emisión tiene la potencia requerida para llegar hasta el receptor.

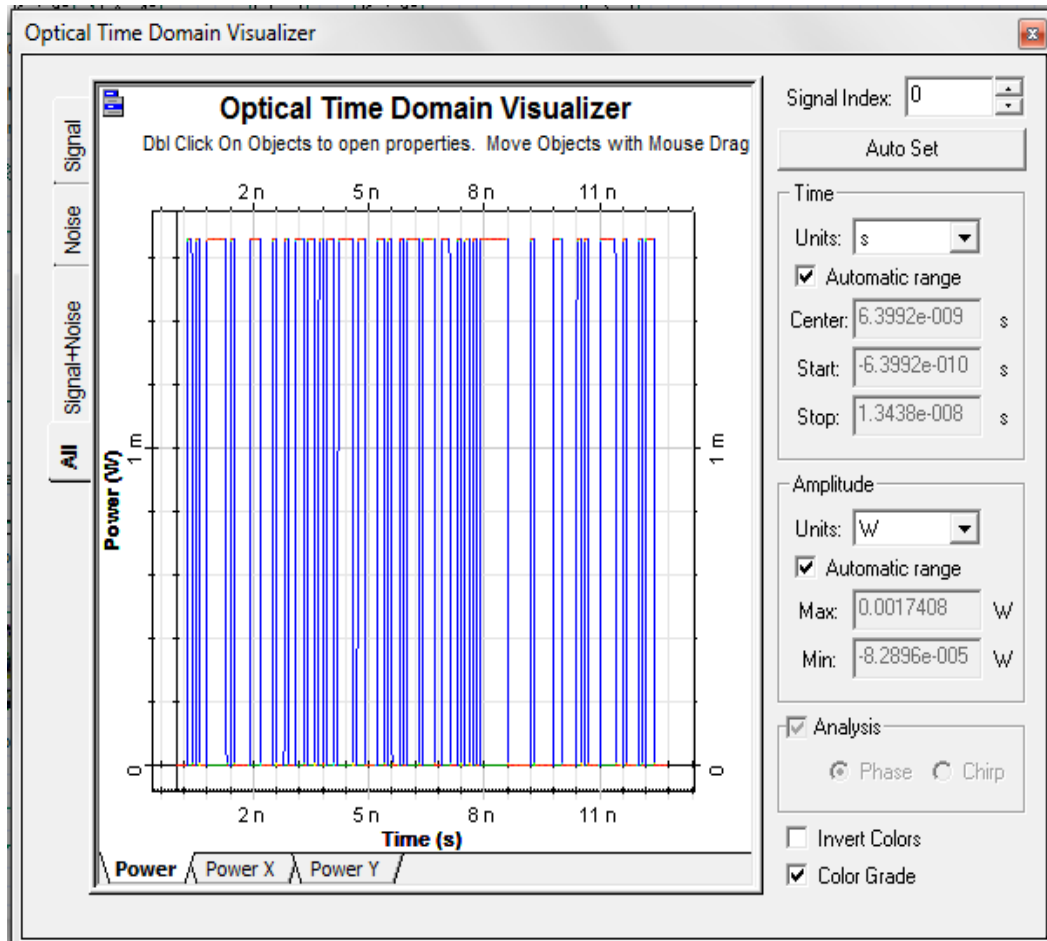


Figura 6.68: Resultado Optical Time Domain Visualizer

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

c) Descripción de gráficas de la señal en el Receptor

La figura 6.69 es del analizador de espectro que se conectó en la entrada del equipo ADM nodo Ficoa (Receptor), muestra el espectro de la señal en el dominio de la frecuencia, se puede observar la amplitud de la frecuencia de la señal de salida y la intensidad de esta, la longitud de onda en el punto central es de $1,5526 \mu\text{m}$ o 193.1 THz este dato concuerda con los parámetros ingresados en la fibra (1550nm).

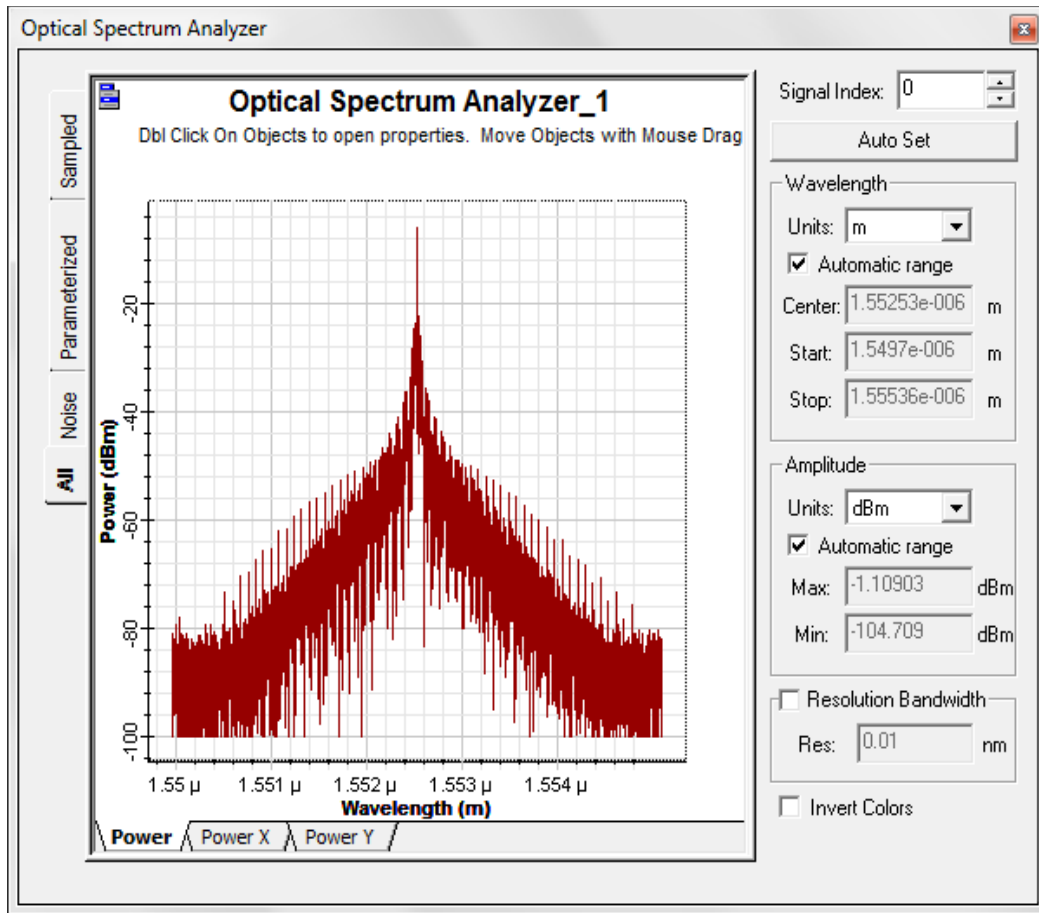


Figura 6.69: Optical Spectrum Analyzer

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

A continuación en la figura 6.70 se visualiza el patrón de forma de onda capturado de la señal en el dominio del tiempo en el receptor, lo que se puede observar es que la señal que llega al receptor es óptimo.

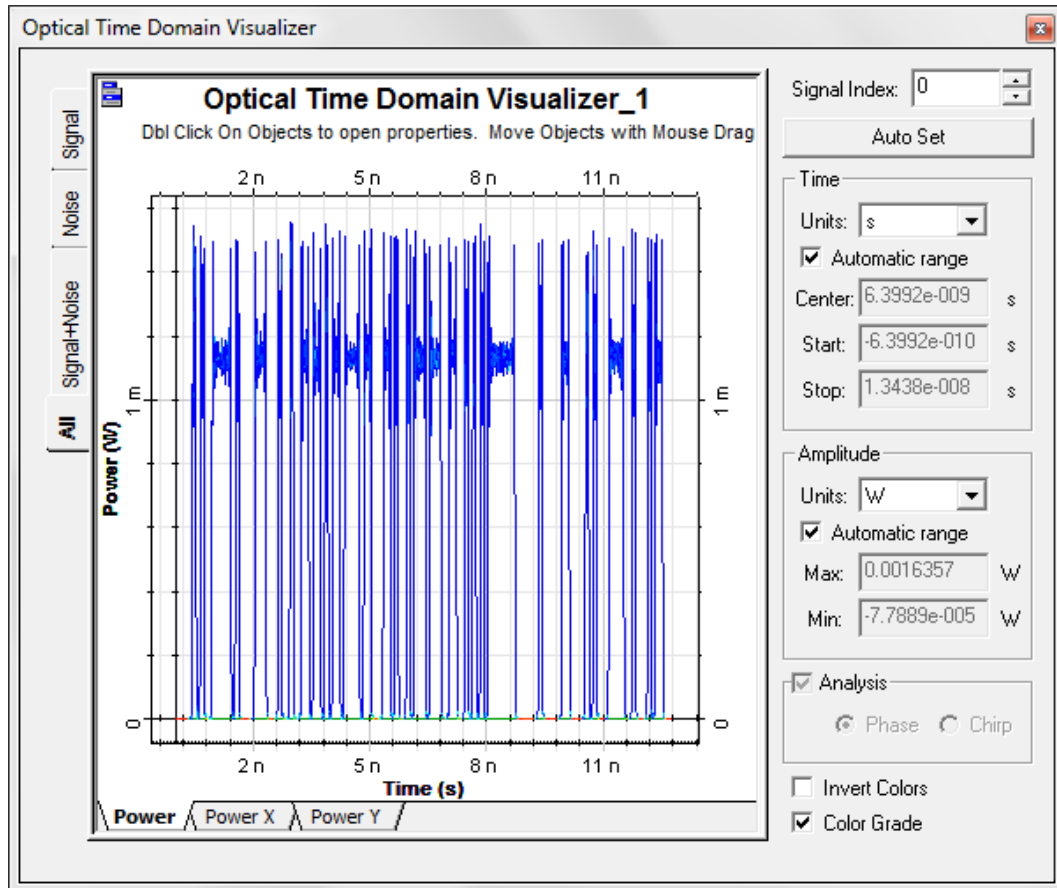


Figura 6.70: Resultado Optical Time Domain Visualizer

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador.

El osciloscopio permite interpretar gráficamente el comportamiento de una señal, se puede obtener medidas en la escala del tiempo pequeñas.

El visualizador muestra 4 gráficas de señal, una de ellas muestra todo el comportamiento de la señal: la señal, el ruido, la portadora como se muestra en la figura 6.71; de la misma manera se pueden visualizar de forma independiente.

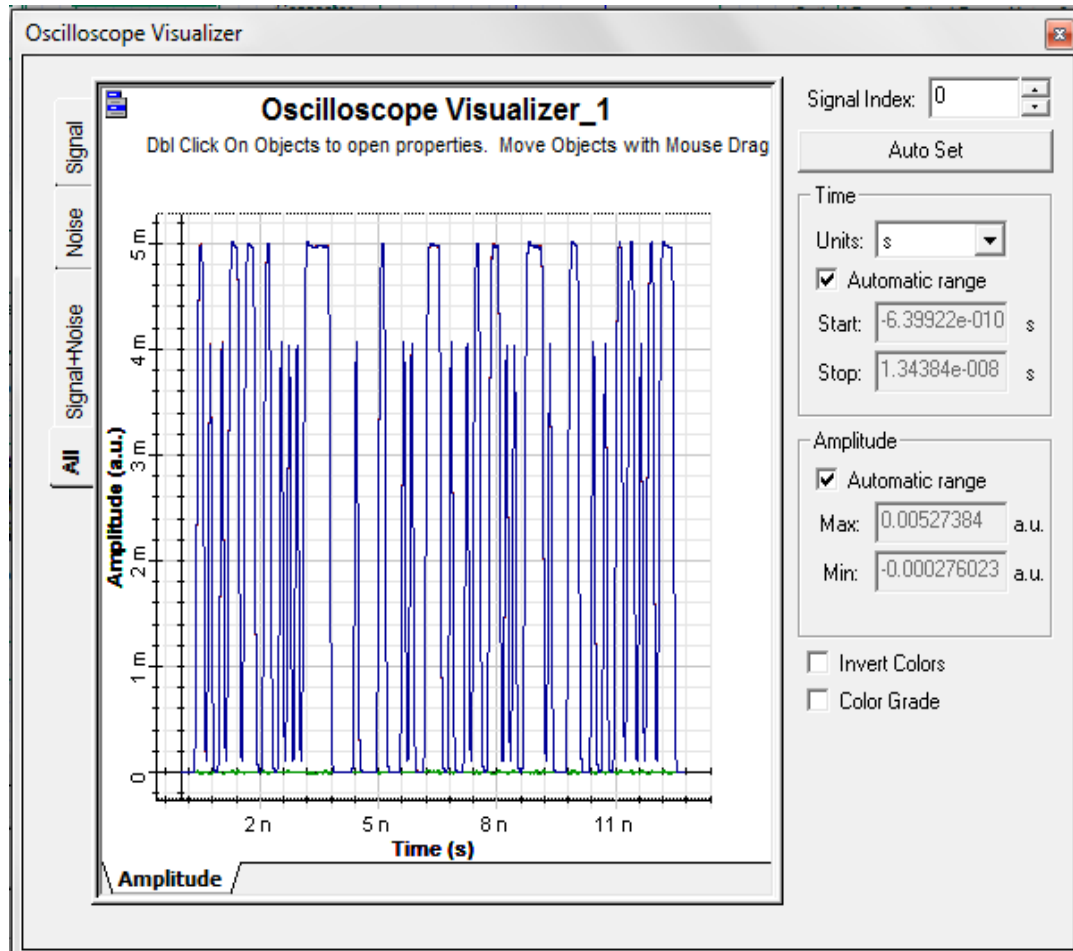


Figura 6.71: Señal del osciloscopio

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

En la figura 6.72 se muestra únicamente el ruido, es decir no hay transmisión de señal, se puede detallar que se encuentra en una escala de $-20\mu\text{s}$ y $20\mu\text{s}$, es decir que el ruido tiene una amplitud de $40\mu\text{s}$. El ruido debe ser mínimo con respecto a la transmisión.

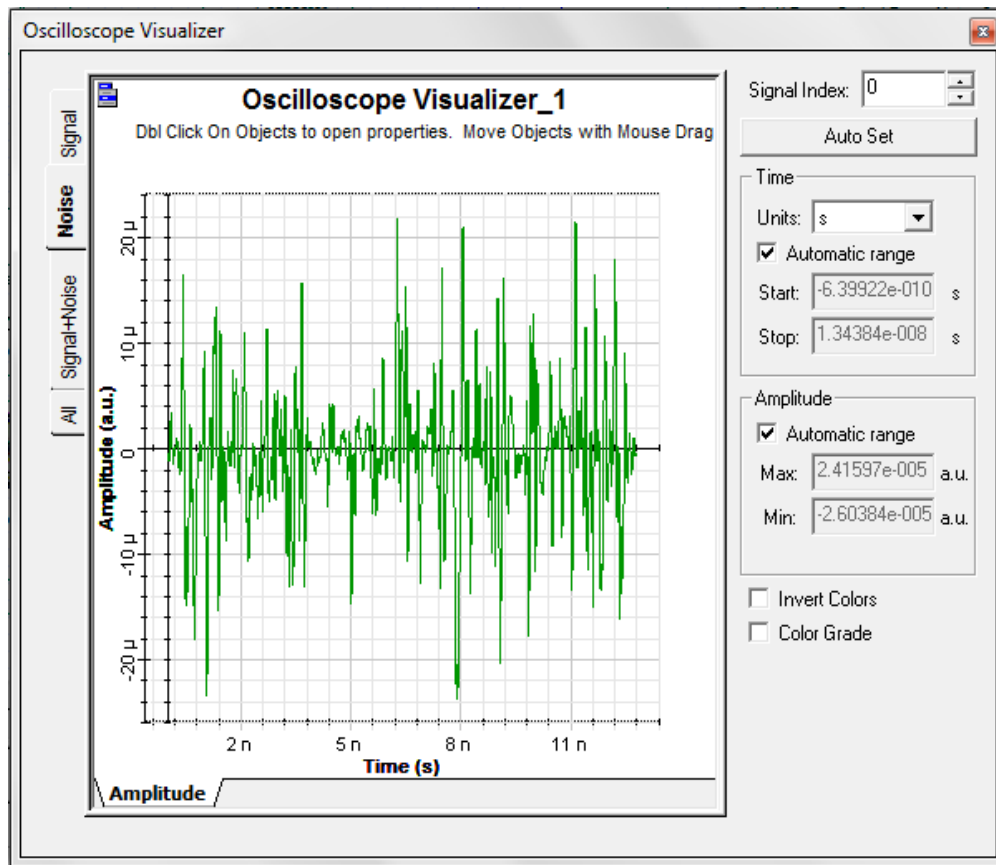


Figura 6.72: Señal de ruido

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en el receptor a través del analizador BER (Bit Error Rate). La medición del BER determina la calidad del enlace de transmisión y su desempeño.

En la figura 6.73 se observa que el factor de calidad se mantiene en el rango de 0,59 bit donde hay mayor probabilidad de transmisión.

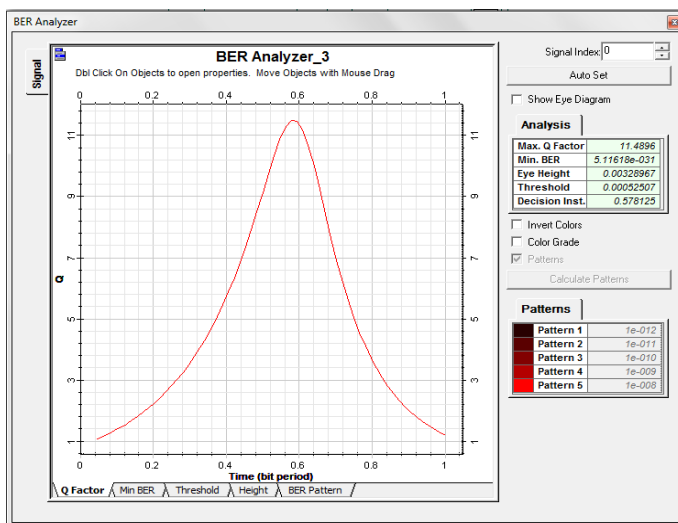


Figura 6.73: Resultado BER analyzer – Q factor

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

Dentro de los gráficos obtenidos en la señal que llega al receptor, también se grafica el valor del mínimo Bit Error Rate, como se ve en la figura 6.74. En esta gráfica se observa que la señal se transmite con menor índice de error en el rango 0,59 bit.

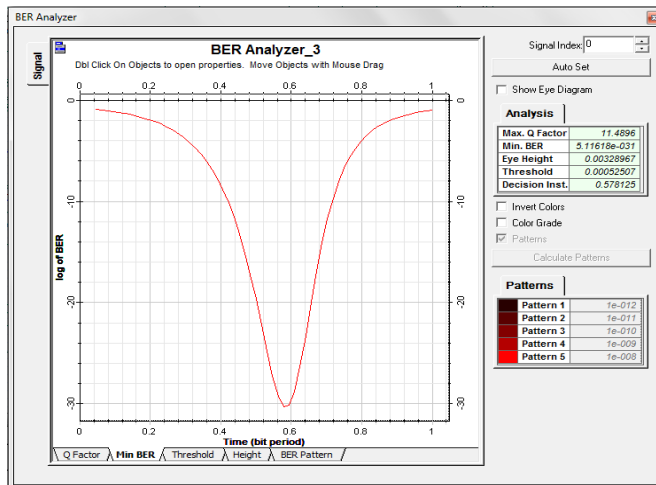


Figura 6.74: Resultado BER analyzer– Min VER

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

Del mismo modo se puede obtener la gráfica del umbral de la señal como se muestra en la figura 6.75, el threshold se toma haciendo un foco en un sector de la señal observando el comportamiento de la amplitud en un instante de tiempo determinado.

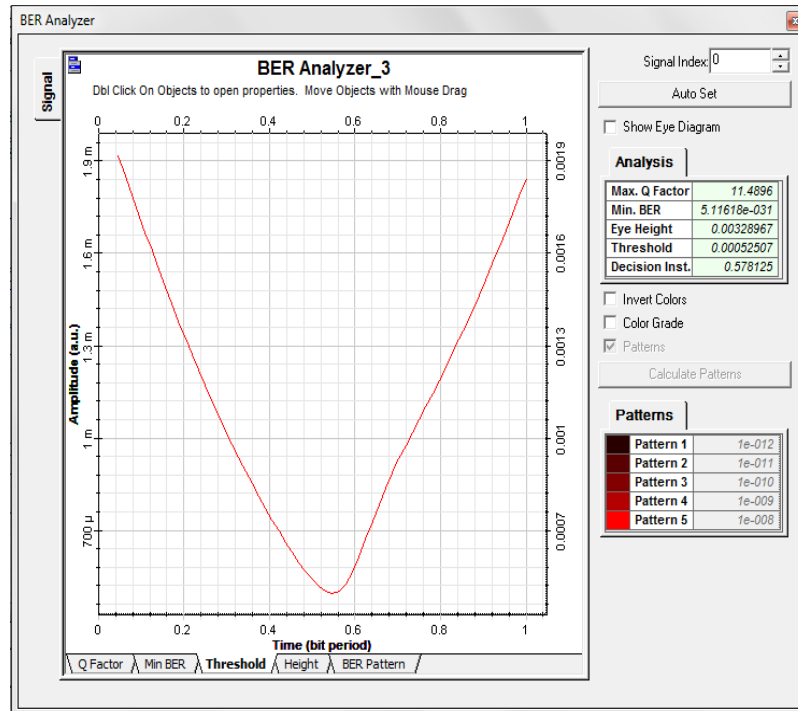


Figura 6.75: Resultado BER analyzer– Threshold

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

A continuación se puede observar la gráfica del Height de la forma de la onda que tenemos a la salida del enlace como se muestra en la figura 6.76.

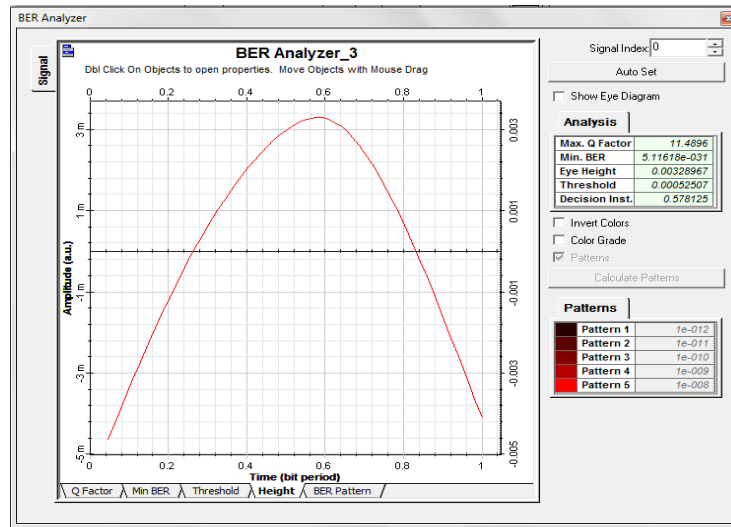


Figura 6.76: Resultado BER analyzer– Height

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

Del mismo modo se puede obtener la gráfica del BER Pattern como se muestra en la figura 6.77, donde se tiene a la señal según su amplitud y en cualquier instante del tiempo.

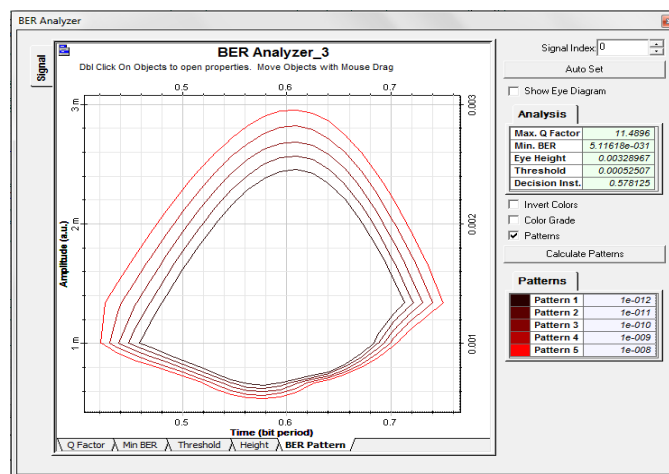


Figura 6.77: Resultado BER analyzer– BER Pattern

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

Y por último se tiene el diagrama de ojo que permite observar que la señal es transmitida por el enlace de manera eficiente combinando los parámetros del diagrama del ojo con el Factor Q, BER, Threshold y Height, esto se visualiza en las figuras 6.78, 6.79, 6.80, 6.81, 6.82 y 6.83.

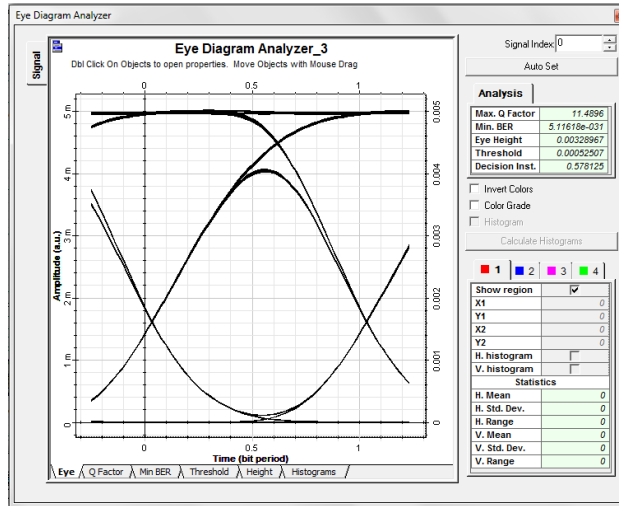


Figura 6.78: Diagrama del Ojo.

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

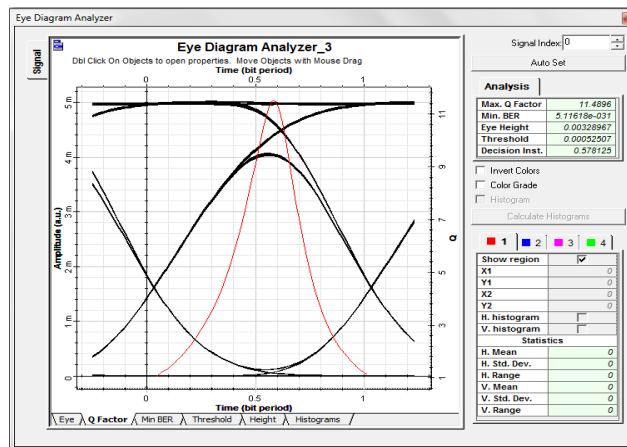


Figura 6.79: Diagrama del Ojo y el Factor Q.

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

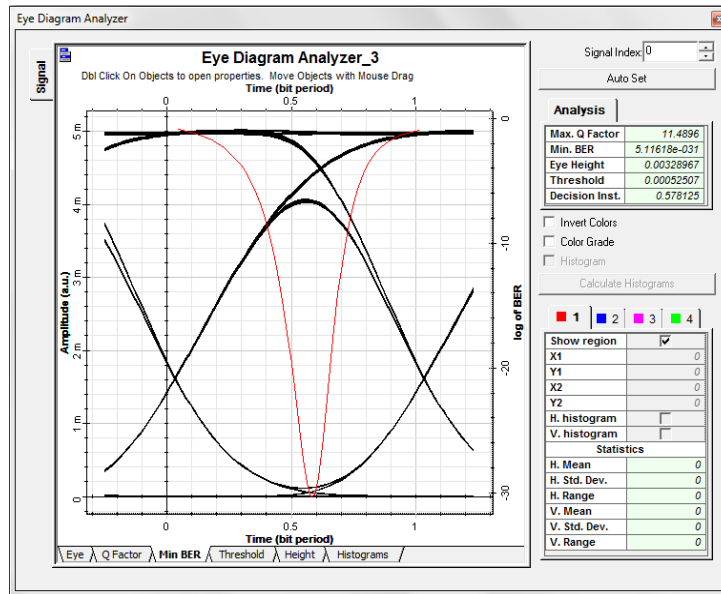


Figura 6.80: Diagrama del Ojo y el mínimo BER.

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

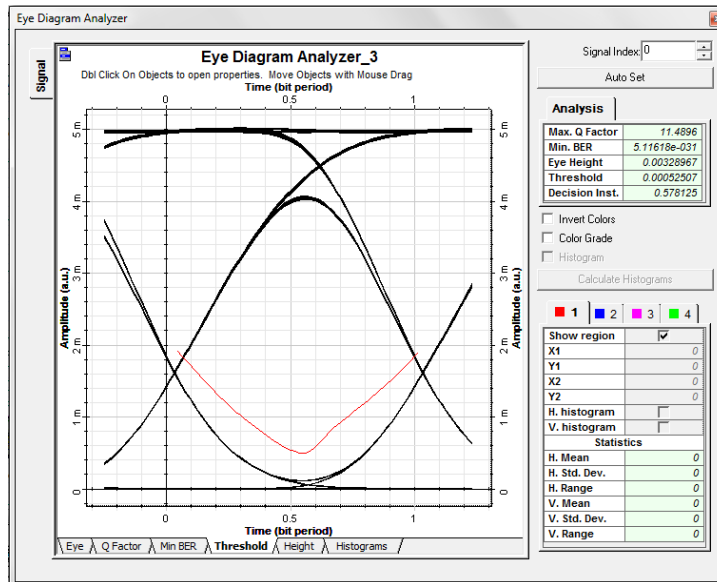


Figura 6.81: Diagrama del Ojo y el Threshold.

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

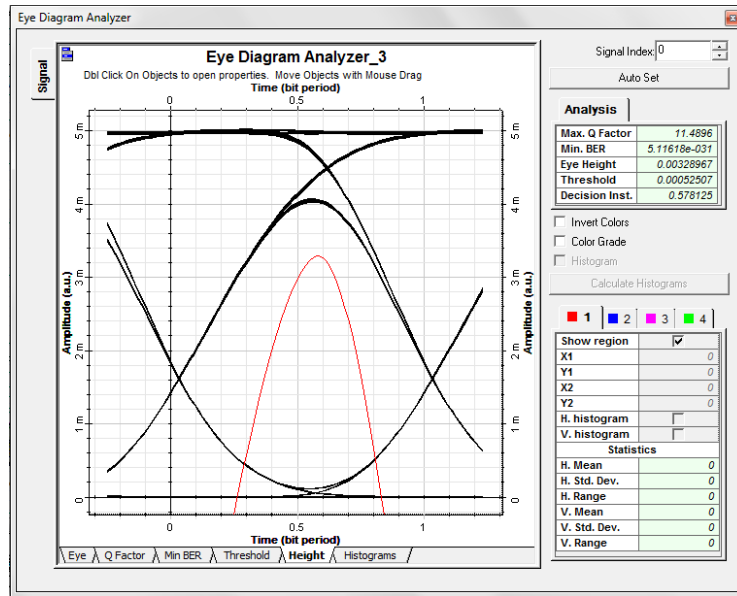


Figura 6.82: Diagrama del Ojo y el Height.

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

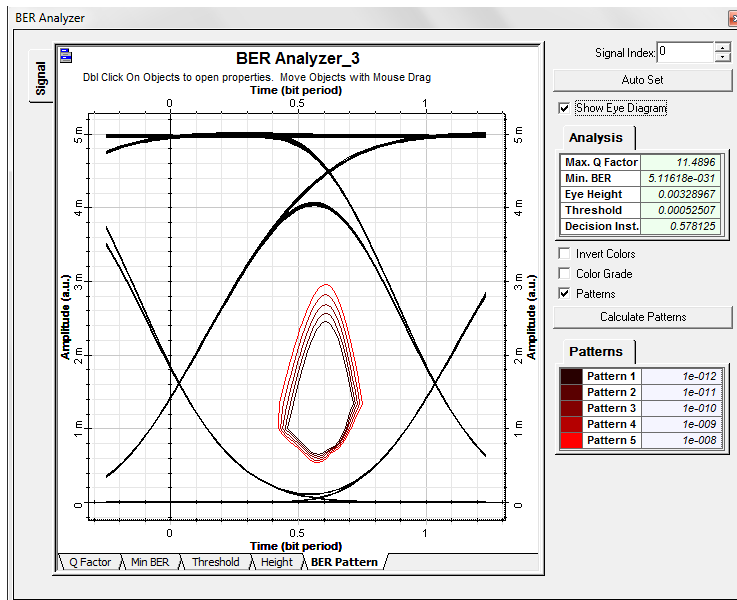


Figura 6.83: Diagrama del Ojo y el BER Pattern.

Fuente: OptiSystem.

Elaborado por: El Investigador

Estas señales obtenidas al final del enlace tienen valores aproximados que se pueden tener en la fibra óptica instalada en un proyecto.

Con las anteriores graficas obtenidas por el simulador OptiSystem 7.0, se confirma que el anillo de fibra óptica con tecnología NG-SDH en la periferia de la ciudad de Ambato cumple con los objetivos de dar un excelente servicio a sus usuarios cumpliendo los estándares exigidos por la norma ITU-T.

6.9 Conclusiones y Recomendaciones

6.9.1 Conclusiones

- Al diseñar un anillo de fibra óptica NG SDH como tecnología de transmisión se incrementa la capacidad de protección de los servicios, además que NG SDH es una red confiable, flexible y de alta capacidad, que brindan servicios de calidad con rentabilidad, con los cuales se puede ofrecer al cliente la capacidad contratada y cumplir con los niveles de calidad de servicio y tiempos de recuperación.
- El diseño de dicho proyecto en la ciudad de Ambato permite a la CNT tener una red segura y competente a nivel nacional, además cuenta con el personal y equipo adecuado para dar el soporte técnico y mejoras al servicio, lo cual conlleva a consolidarse como una empresa pionera en proyectos de última generación.
- Otro aspecto importante es el tendido de la fibra, en este caso se va hacer por tendido aéreo ya que facilita la instalación, es más económico, pero también hay que tener en cuenta que está expuesta al robo y sabotaje de mangas, herrajes, etc.
- Las especificaciones técnicas propuestas, van a garantizar que los equipos que se deba utilizar sean de última generación y garanticen total confiabilidad de toda la red, a la vez que permitan actualizaciones en caso de requerir ampliaciones de nuevos servicios.
- La topología anillo bidireccional de 4 fibras, permite conmutar a la ruta disponible en alguna falla por la redundancia que ofrece, pudiéndose alcanzar con facilidad un SLA del 99.98%, esto quiere decir que al año el servicio ya hacer interrumpió solo 2 horas.

6.9.2 Recomendaciones

- Para contar con una red de comunicación confiable, se debe tener en cuenta la seguridad de la red, ya que es necesario implementar todo tipo de seguridades para evitar sabotajes internos y externos, realizando pruebas de las debilidades de la red y de los riesgos a la que podría estar expuesta, además realizar un análisis sobre el ancho de banda que brindarían los equipos, la distancia máxima del alcance y su potencia de recepción de los mismos.
- La instalación de los equipos, así como el tendido de la fibra deben ser realizados por personal calificado, se recomienda que los equipos escogidos para la red cumplan con cada una de las características básicas especificadas en este estudio.
- Se debe hacer un estudio complementario de equipos de monitoreo e interconexión de este anillo con lo que se podría tener una idea clara de tráfico y control de los clientes.
- Se tiene que seguir la Recomendaciones de la UIT-T para tener un diseño óptimo en el anillo de fibra óptica y el sistema de gestión deberá ser un sistema de gestión remoto y centralizado, adecuado para la administración, configuración, operación y mantenimiento de todos los equipos expuestos en el proyecto.
- Se sugiere para la implantación utilizar equipos HUAWEI OPTIX OSN 3500 para alcanzar el STM-64 previsto en el diseño para proveer de mayor capacidad a la red.

Bibliografía

- CHOMYCZ, Bob (1998). *Instalaciones de fibra óptica*. 1era edición. Editorial Mc Graw-Hill.
- FRENZEL, Louis (2003). *Electrónica Aplicada a los Sistemas de Comunicaciones*. Editorial Alfaomega. México D.F.
- J. CAPMANY, B. Ortega (2006). *Redes Ópticas*. Editorial UPV. Valencia
- MARTINEZ, Baltasar (2000). *Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica*. Editorial Addison – Wesley Iberoamérica. Buenos Aires.
- USBECK, Carlos (1996). *Tecnología de Transmisión por Fibra Óptica*. Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Ingeniería Electrónica
- HESSELBACH, Xavier (2002). *Análisis de Redes y Sistemas de Comunicaciones*. Editorial UPC. Barcelona.
- GARCÍA, Fidel (2002). *Un Panorama de las Telecomunicaciones*. Editorial Alfaomega.
- W. U. Kumara (1998). *Optical Network Technical*. Suport Dep. Huawei Technologies Company Ltda. China.
- W. Tomasi (2001). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, 4 ed. Prentice Hall.
- LUNA Elena,(2007) “*Estudio de factibilidad y diseño de una red que brinde servicios Triple Play en el sector de Pueblo Blanco mediante la implementación de un Access Media Gateway (AMG), que se conectará al softswitch de ANDINATEL S.A*” (Tesis) (Ing.Electrónico). Quito-Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, “Normas Técnicas de Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica”, Quito, Ecuador, Gerencia de Ingeniería y Acceso Fijo, 2012
- CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, “Normas Técnicas de Diseño y Construcción de Planta Externa”, Quito Ecuador, Gerencia de Ingeniería y Acceso Fijo, 2007.

Linkografía

Tipos de redes de comunicación:

- <http://www.iea.edu.ar/archivos/Tipos de Redes apunte para clases.pdf>
- http://ocw.upc.edu/tema5_redes_de_comunicaciones_digitaes-3251.pdf

Tipos de Calidad de Servicio:

- http://www.gatv.ssr.upm.es/material_consulta/1_apuntes_y_servicios.pdf

Protección del Servicio:

- <http://www.gco.upv.es/es/webdocente/redes/transpar/PROTECCION.pdf>
- <http://www.tektronix.com/optical>

Fundamentos de la Fibra Óptica:

- Folleto “Comunicaciones ópticas” Ing. Junan Pablo Pallo
- <http://ingeborda.com.ar/biblioteca/Biblioteca%20Internet/Articulos%20Tecnicos%20de%20Consulta/Fibra%20optica/Principiod%20de%20fibra%20Optica.pdf>

Perdidas por Dispersión por el Material o de Rayleigh:

- <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/atenuacion-fibras-opticas-potencia-otdr.php>
- http://www.edutechne.com.ar/Edutechne/Electronica/Elec_Apuntes/Comunicaciones/3_Introduccion%20a%20las%20fibras%20opticas.pdf

Tipos de Conectores:

- <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>

- <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlanteIExterior/IntroduFO1.pdf>

Componentes de una Red Síncrona:

- http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_md/maestria_en_tecnologias_de_informacion/tem_sel_redes/sesion7/actividades/RedesSONET.pdf
- http://com3usac.net.au.net/Docs_Opticos/5_TENDENCIAS_DE_LAS_REDES_OPTICAS.pdf

Redes NG-SDH:

- <http://www.archaeologics.com/TechnologyQtoS/SONET.php+Next+Generation+Synchronous+Digital+Hierarchy>

Anillos de Fibra Óptica:

- http://moodle.unid.edu.mx/dts_cursos_md/maestria_en_tecnologias_de_informacion/tem_sel_redes/sesion7/actividades/RedesSONET.pdf

Equipo Huawei Optix OSN 3500:

- <http://www.huawei.com/ec/products/transport-network/hybrid-mstp/osn3500/>
- Hardware Description Manual OptiX OSN 3500 Intelligent Optical Switching System Technical Specifications Reference (V100R009_04). Huawei Technologies Company Ltd. China

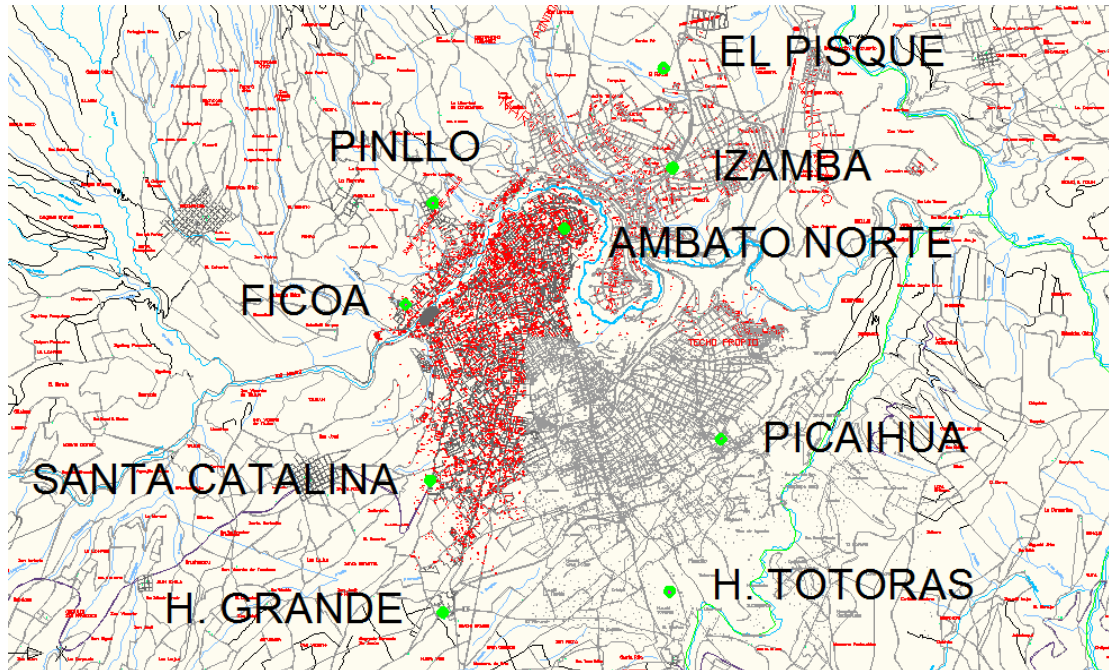
Simulador Optisystem:

- Optiwave Products. *Optisystem Key Features and Functionality*. Optiwave Systems, 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.optiwave.com/2006/products/optisystem/keyfeatures.htm>
- OptiSystem Component Library. *Version 4.1 for Windows 7*. Optiwave Systems, 2005.

Anexos

Anexo A (Ubicación de los nodos)

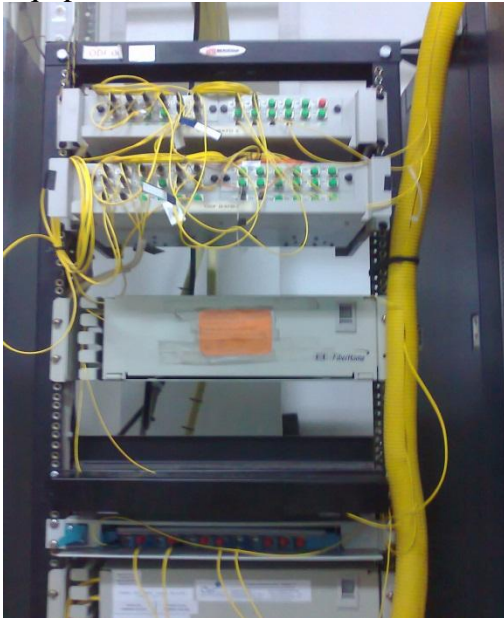
A continuación se muestra la ubicación física de los nodos dentro del plano ofreciendo una visión general de las distancias y localizaciones



Anexo B (Fotografías de visita técnica)

Imágenes de visitas realizadas a los nodos, en donde se exhiben los equipos de conmutación, energía y climatización y de las instalaciones.

Equipo con ODF



Optical Distribution Frame



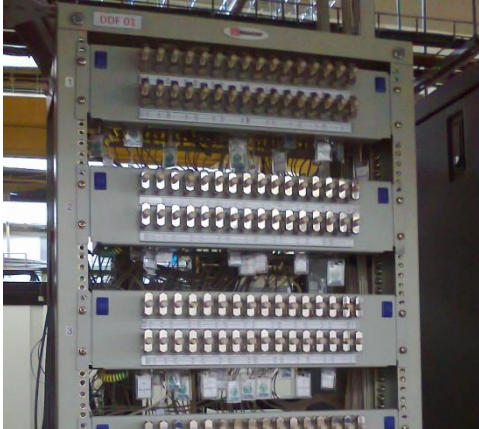
Equipo de climatización



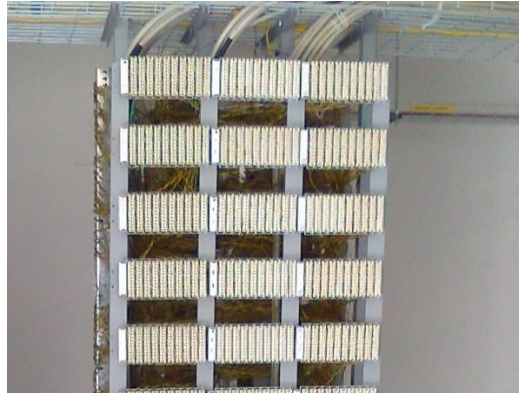
Router y conversor óptico-eléctrico



Especificación de fibras (Tx y Rx)



Tarjetas con líneas telefónicas y conexiones ADSL



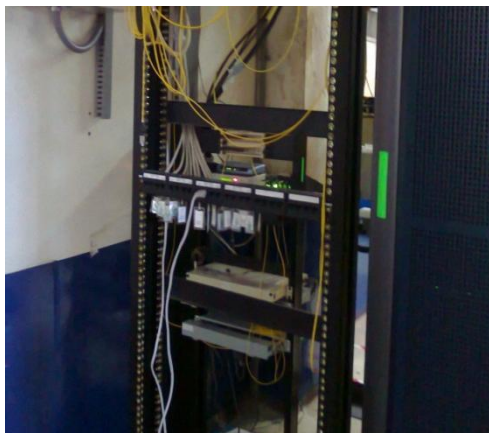
Equipos de energía (baterías)



Equipo de control de energía



Convertidores ópticos a eléctricos

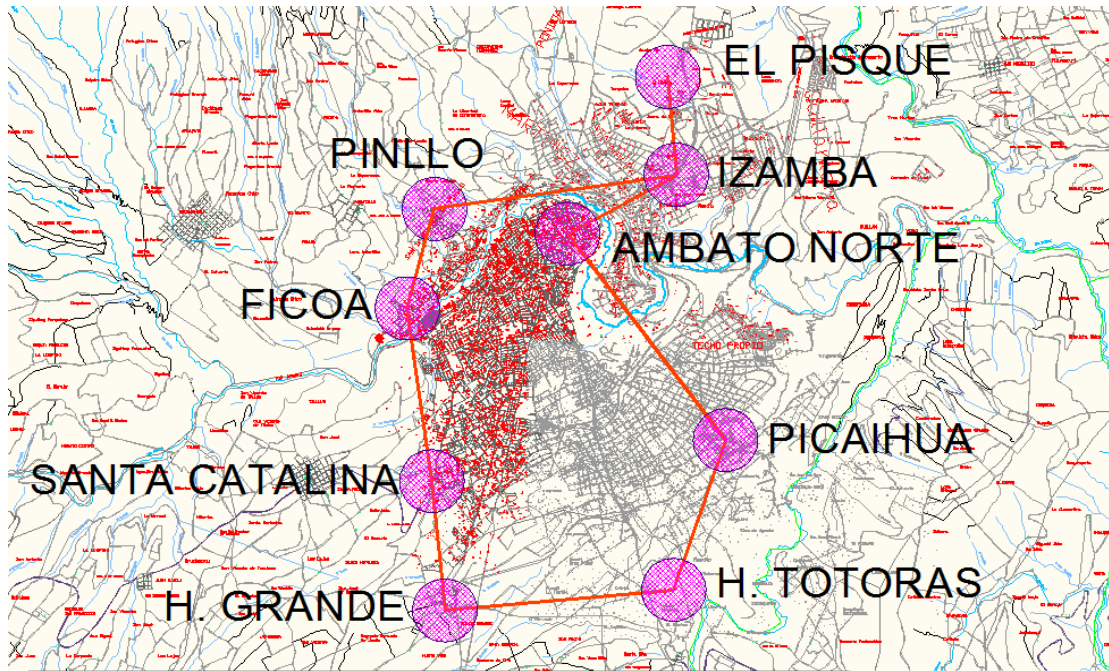


Entradas de fibras y E1 a los equipos



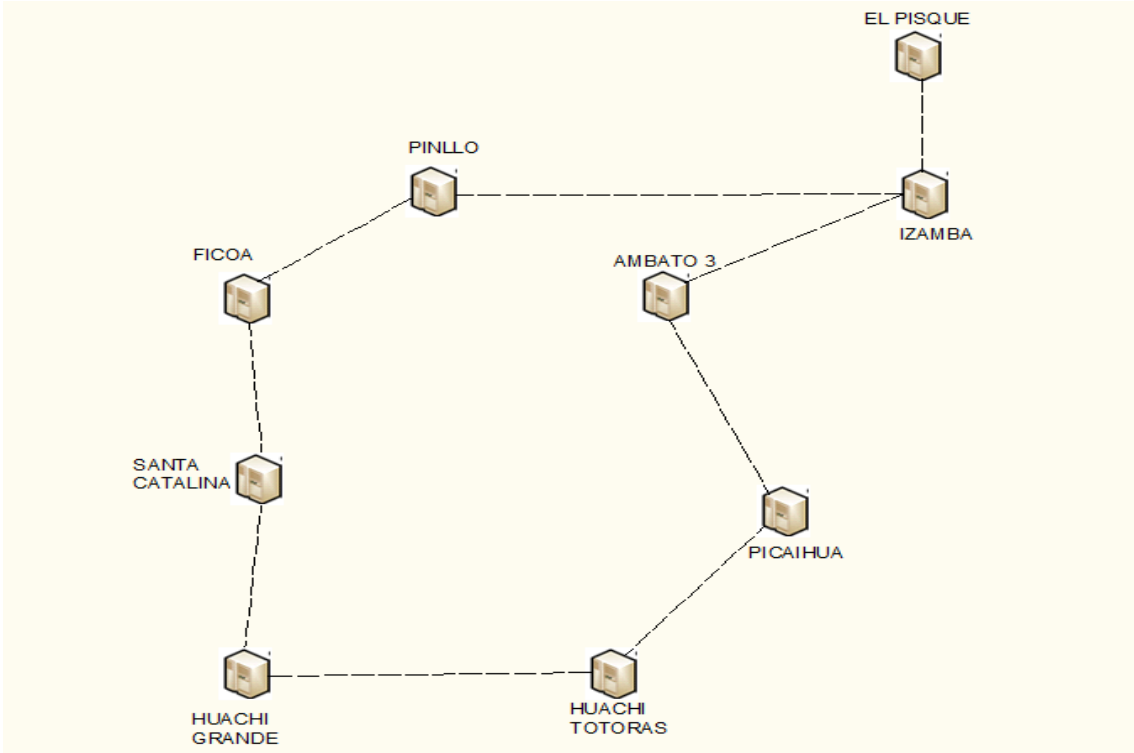
Anexo C (Distribución de nodos candidatos en mapa)

Mapa con la distribución de nodos candidatos a ser parte de los anillos de fibra óptica



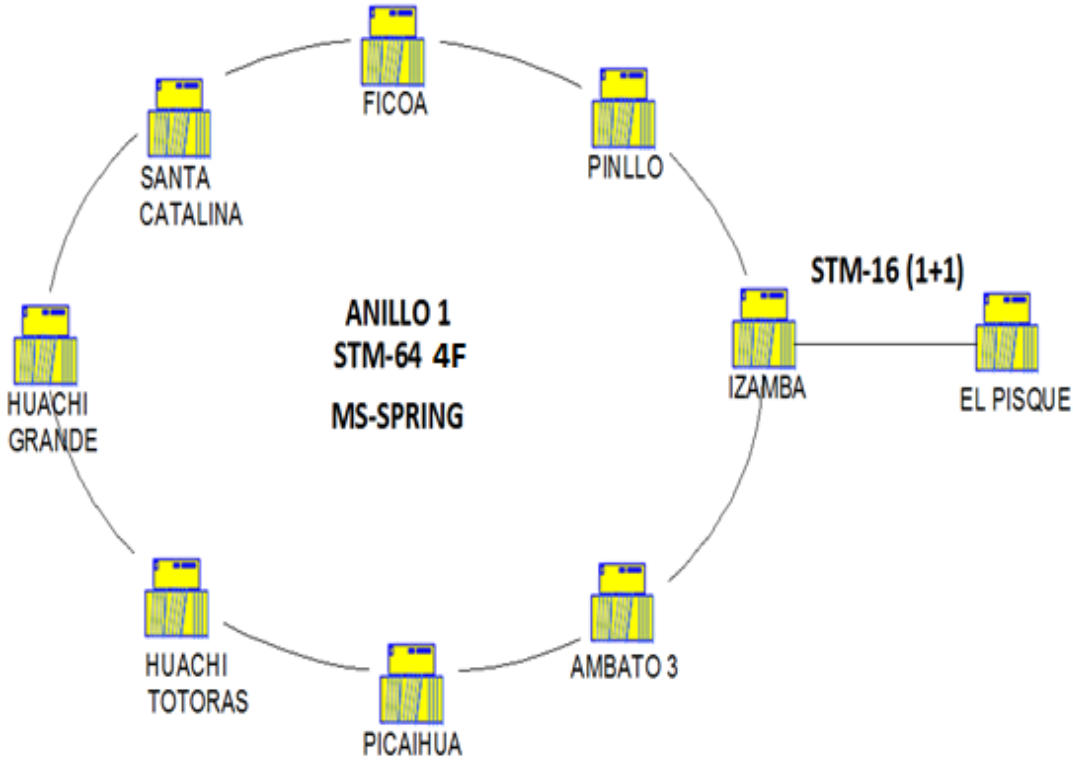
Anexo D (Distribución de los nodos)

Esquema lógico de la distribución de nodos



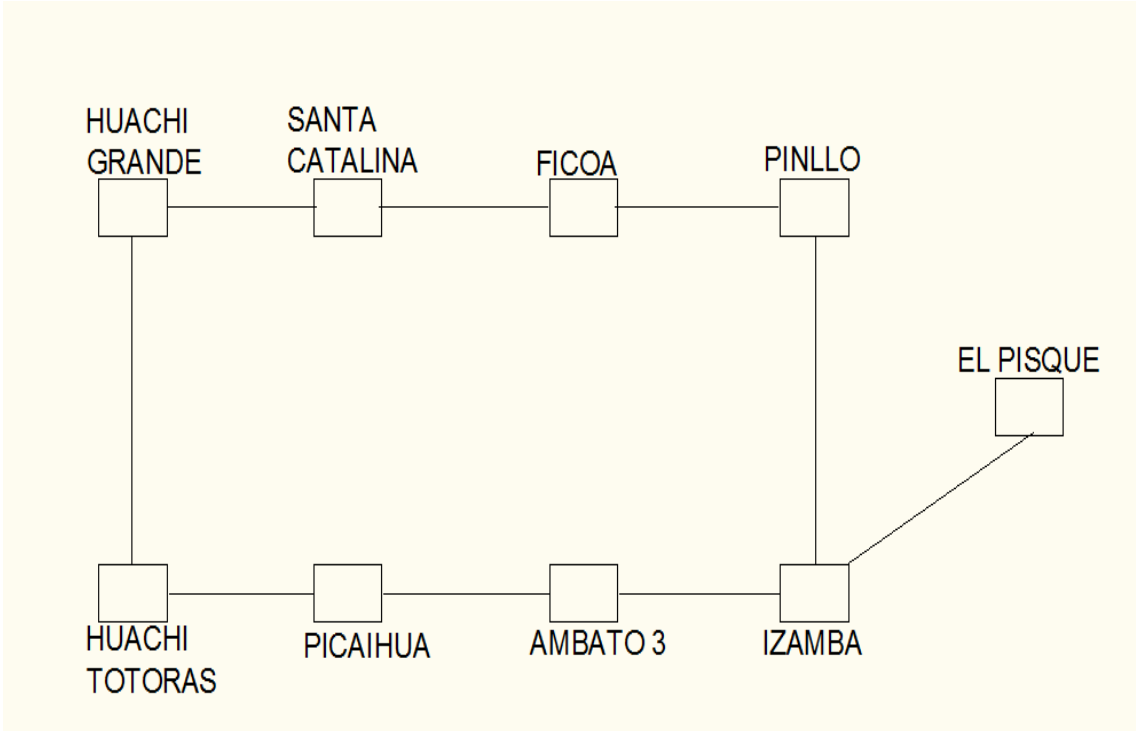
Anexo E (Diagrama lógico)

Esquema anillos STM-64 4F MS-SPRING



Anexo F (Esquema de tendido de fibra óptica)

Distancias y tendido del fibra óptica



Anexo G (Encuesta)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Entrevista dirigida al departamento de operaciones de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP Regional 3 en la ciudad de Ambato

INSTRUCCIONES: Marque con una X la opción que usted elija.

1.- ¿Es posible implementar un anillo de fibra óptica para mejorar la protección de los servicios que presta la CNT?

SI ()

NO ()

2.- ¿Cuán importante es la protección de los servicios que presta la CNT?

Muy importante ()

Poco importante ()

Nada importante ()

3.- ¿El diseño del anillo de fibra óptica creé, que ayudará a la protección de los servicios que presta la CNT?

SI ()

NO ()

4.- ¿Qué beneficios dará el anillo de fibra óptica?

Ancho de banda ()

Protección ()

Eficiencia ()

5.- ¿Las ventajas que ofrece el anillo de fibra óptica, creé que recompensa el costo de su implementación?

SI ()

NO ()

6.- ¿Qué tipo de tendido de fibra óptica se debe realizar para interconectar las zonas?

Tendido aéreo ()

Tendido subterráneo ()

7.- ¿Qué opina usted con respecto al servicio que ofrece la CNT en cuanto a la protección de los servicios?

Excelente ()

Muy bueno () Bueno ()

Malo ()

8.- ¿Cree usted, que la implementación de este proyecto es factible dentro de la CNT?

SI ()

NO ()

¡AGRADECEMOS SU COLABORACIÓN!

Anexo H (Recomendaciones ITU-T G652.D)

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	λ_{cero}	1300 nm
	$\lambda_{\text{máx}}$	1324 nm
	S_{cero}	0,092 ps/nm ² × km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm (Nota 2)	0,4 dB/km
	Máximo de 1383 nm \pm 3 nm (Nota 3)	(Nota 3)
	Máximo a 1550 nm	0,3 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTA 1 – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD_Q en la fibra no cableada para soportar el requisito primario de PMD_Q del cable.</p> <p>NOTA 2 – Esta región de longitud de onda puede ampliarse hasta 1260 nm añadiendo 0,07 dB/km de pérdida por dispersión de Rayleigh inducida al valor de atenuación a 1310 nm. En este caso, la longitud de onda de corte del cable no deberá sobrepasar 1250 nm.</p> <p>NOTA 3 – La atenuación media detectada en muestras a esta longitud de onda debe ser menor o igual al valor especificado para el intervalo 1310 nm a 1625 nm después del proceso de envejecimiento del hidrógeno conforme a CEI 60793-2-50 en relación con la categoría de fibra B1.3.</p>		

Anexo I (Equipo Optix OSN 3500)

1 Equipment Architecture

This chapter introduces the architecture of the OptiX OSN 3500, OptiX OSN 2500, OptiX OSN 1500A, and OptiX OSN 1500B.

1.1 Architecture of the OptiX OSN 3500

Figure 1-1 shows the appearance of the OptiX OSN 3500.



Figure 1-1 The OptiX OSN 3500

The OptiX OSN 3500 can be inserted in a 300-mm or 600-mm deep ETSI cabinet. Figure 1-2 shows the components when the equipment is seated in a 300-mm deep ETSI cabinet.

The OptiX OSN 3500 is composed of cabinet, side panel, power distribution unit, subrack, fixing frame for order wire, boards, and cables.

3 Subrack

This chapter introduces the structure, slot distribution, and technical parameters of the subrack of:

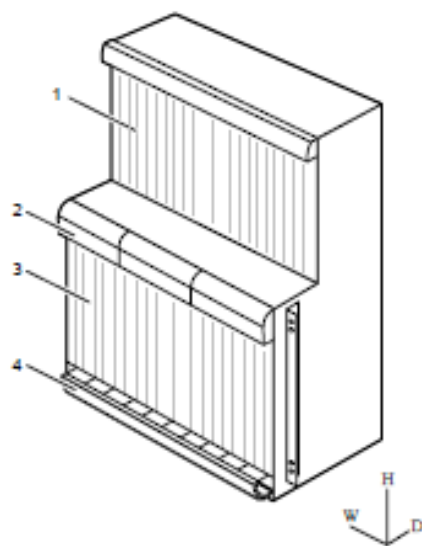
- The OptiX OSN 3500
- The OptiX OSN 2500
- The OptiX OSN 2500 REG
- The OptiX OSN 1500A
- The OptiX OSN 1500B

3.1 Subrack for the OptiX OSN 3500

This section introduces the structure, slot distribution, and technical parameters of the OptiX OSN 3500 subrack.

3.1.1 Structure

The subrack of the OptiX OSN 3500 adopts two-layer structure. It is divided into board area, fan area, and fiber routing area, as shown in Figure 3-1.



1. Interface board area 2. Fan area 3. Processing board area 4. Fiber routing area

Figure 3-1 Structure of the OptiX OSN 3500 subrack

- Interface board area: housing all interface boards of the OptiX OSN 3500
- Fan area: housing three fan modules, enabling heat dissipation function
- Processing board area: housing all processing boards of the OptiX OSN 3500
- Fiber routing area: for fiber routing

3.1.2 Slot Distribution

The subrack of the OptiX OSN 3500 has two layers. The upper layer gives 16 slots for interface boards. The lower layer gives 18 slots, 15 slots of them for processing boards. Figure 3-2 shows the slot distribution.

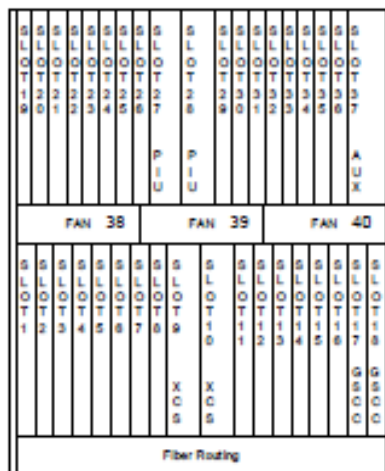


Figure 3-2 Slot distribution of the OptiX OSN 3500

Slots for Interface Boards

- Service interface boards: slots 19–26, slots 29–36

Slots for Processing Boards

- Service processing boards: slots 1–8 and slots 11–17

Slots for Other Boards

- XCS boards: slots 9–10
- GSCC boards: slots 17–18 (Slot 17 can also hold a service processing board)
- Power interface boards: slot 27 and slot 28
- Auxiliary interface boards: slot 37

Slot Mapping Table

Table 3-1 shows the slot mapping table which associates slots for processing boards to the slots for its corresponding interface boards.

5 SDH Boards

This chapter introduces the SDH boards of the OptiX OSN 3500, OptiX OSN 2500, OptiX OSN 2500REG, and OptiX OSN 1500 in terms of:

- Functionality
- Principle
- Front panel
- Parameter configuration
- Protection configuration
- Version description
- Technical parameters

The SDH boards supported by the OptiX OSN 3500/2500/1500 are listed in Table 4-1.

5.1 SL64

The SL64 is the 1 x STM-64 processing board.

Table 5-1 lists the slots for the SL64 board.

Table 5-1 Slots for the SL64

Product	SL64
OptiX OSN 3500 (80 Gbit/s)	Slots 7–8, 11–12
OptiX OSN 3500 (40 Gbit/s)	Slots 8, 11
OptiX OSN 2500	Not available
OptiX OSN 2500 REG	Slots 5–8, 11–13
OptiX OSN 1500A	Not available
OptiX OSN 1500B	Not available

5.1.1 Functionality

Functionality	SL64
Basic function	Receive/Transmit one STM-64 optical signal.
Optical interface specifications	Support the I-64.2, S-64.2b, L-64.2b, Le-64.2, Ls-64.2 and V-64.2b (used with BA, PA, and DCU) optical module, which complies with ITU-T Recommendation G.691 and ITU-T Recommendation G.692. Support the ITU-T G.692-compliant fixed wavelength output, which can access DWDM equipment directly.
Optical module specifications	Support the detecting and query of the information on optical modules. Laser can be open and close. Automatic laser shutdown function can be enabled or disabled.
Service processing	Support VC-12/VC-3/VC-4 services and the concatenated services at levels from VC-4-4c to VC-4-64c.
Overhead processing	Support the processing of the section overheads of STM-64 signals. Support the processing of the path overheads (transparent transmission and termination). Support setting and querying J0/J1/C2 byte. Support tandem connection monitoring (TCM) function.
Alarms and performance events	Provide abundant alarms and performance events.
K byte processing	Be able to process multiple sets of K bytes. One SL64 board can support up to two multiplex section protection (MSP) rings.
REG specifications	Support setting and querying REG working mode.
Protection schemes	Support two-fiber and four-fiber MSP, linear MSP and subnetwork connection protection (SNCP). Support shared optical path protection of MSP ring and SNCP ring, or that of two MSP rings.
Maintenance	Support inloop and outloop at optical interfaces. Support warm and cold reset. Warm reset brings no impact to services. Support the query of board information. Support the in-service uploading of FPGA. Support smooth upgrade of board software.

Table 5-2 Relationship between C2 setting and service type for the SL64

Service type	Parameter setting of C2 (in Hex)
TUG structure	02
34 Mbit/s or 45 Mbit/s into C-3	04
140 Mbit/s into C-4	12
Unequipped	00

5.1.5 Version Description

The version of the SL64 is N2 in OSN 3500. The N2 version supports tandem connection monitoring (TCM) function.

5.1.6 Technical Parameters

Table 5-3 lists the technical parameters of the SL64. Table 5-4 lists the supported optical interface parameters with fixed wavelength output, complying with ITU-T Recommendation G.692.

Table 5-3 Technical parameters of the SL64

Parameter	Description							
Bit rate	9953280kbit/s							
Processing capability	1 x STM-64 standard service or concatenated service							
Line code pattern	Non return to zero (NRZ)							
Dimensions (mm)	262.05 (H) x 220 (D) x 25.4 (W)							
Weight (kg)	1.12							
Power consumption (W)	32							
Type of optical interfaces	I-64.2	S-64.2 b	L-64.2b (BA)	Le-64. 2	Li-64. 2	V-64.2b (BA+PA+DCU) (Note1)		
Wavelength (nm)	1530~ 1565	1530~ 1565	1530~1565	1530~ 1565	1530~ 1565	1550.12		
Launched power (dBm)	-5 to -1	-1 to 2	-4 to 2	13 to 15 (BA)	2 to 4	3 to 7	-4 to -1	13 to 15 (BA)
Receiver sensitivity (dBm)	-14	-14	-14	-21	-21	-14	-27(P A)	
Receiver overload (dBm)	-1	-1	-1	-8	-8	-1	-10 (PA)	

Parameter	Description					
Minimum extinction ratio (dB)	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
Maximum dispersion tolerance (ps/nm)	500	800	1600	1200	1600	2400 (Note2)
Long-term operating condition	Temperature: 0°C to 45°C Humidity: 10% to 90%					
Short-term operating condition	Temperature: -5°C to 55°C Humidity: 5% to 95%					
Environment for storage	Temperature: -40°C to 70°C Humidity: 10% to 100%					
Environment for transportation	Temperature: -40°C to 70°C Humidity: 10% to 100%					

Note1: The bracketed part indicates that V-64.2b optical interface specification consists of booster amplifier (BA), preamplifier (PA) and the dispersion compensation unit (DCU).

Note2: The dispersion coefficient is 17 ps/nm when the signal is transmitted by the G.602 fiber at the wavelength of 1550.12 nm. So, the dispersion tolerance is 2040 ps/nm at 120 km.

Anexo J (Recomendaciones UIT-T G.959.1)



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.959.1

(02/2001)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea digital

**Interfaces de capa física de red de transporte
óptica**

Recomendación UIT-T G.959.1

Cuadro 8-4/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 10G NRZ

Parámetro	Unidades:	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	P1L1-2D1
Información general	-	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)
Número máximo de canales	-	1	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	-	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ
Tasa máxima de errores en los bits	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Tipo de fibra	-	G.652	G.652	G.653, G.655	G.653, G.655	G.652
Interfaz en el punto S_{M-S}						
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1290-1320
Tipo de fuente	-	SLM con mod. ext.	SLM con modulador EA	SLM con mod. ext.	SLM con modulador EA	SLM
Anchura máxima RMS (σ)	nm	NA	NA	NA	NA	NA
Anchura máxima a -20 dB	nm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Relación mínima de supresión de modos laterales	dB	30	30	30	30	30
Potencia media máxima de salida	dBm	-1	+2	-1	+2	+7
Potencia media mínima de salida	dBm	-5	-1	-5	-1	+4
Relación mínima de extinción	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	6
Trayecto óptico del punto S_{M-S} al R_{S-M}						
Atenuación máxima	dB	11	11	11	11	22
Atenuación mínima	dB	7	3	7	3	17
Dispersión máxima cromática	ps/nm	800	800	130	130	130
Pérdida óptica mínima de retorno en S _{M-S}	dB	24	24	24	24	24
Reflectancia discreta máxima entre S _{M-S} y R _{S-M}	dB	-27	-27	-27	-27	-27
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	30	30	30	30	30

Cuadro 8-4/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 10G-NRZ (*fn*)

Parámetro	Unidades	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	P1L1-2D1
Interfaz en el punto R_{SM}						
Potencia media máxima de entrada	dBm	-8	-1	-8	-1	-10
Sensibilidad mínima	dBm	-18	-14	-17	-13	-19
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	2	2	1	1	1
Reflectancia máxima	dB	-27	-27	-27	-27	-27
<p>NOTA 1 – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en UIT-T G.691.</p> <p>NOTA 2 – Los códigos de aplicación con sufijo "a" tienen niveles de potencia de transmisor apropiados a los receptores APD; los códigos de aplicación con sufijo "b" tienen niveles de potencia de transmisor apropiados a los receptores PIN.</p>						

9 Consideraciones de seguridad óptica

Véanse en UIT-T G.664 las consideraciones de seguridad óptica.

NOTA – La reducción automática de potencia (APR, *automatic power reduction*) no es necesaria para los niveles de potencia ópticos especificados en la versión actual de esta Recomendación de conformidad con UIT-T G.664 e ISO 60825-1 e ISO 60825-2. Las versiones futuras de esta Recomendación pueden, sin embargo, contener niveles de potencia que excedan los niveles de seguridad. En este caso, para las aplicaciones pre-OTN, se aplicará el procedimiento ALS definido en G.664 solamente en las interfaces individuales de señal de cliente SDH.

10 Gestión de nivel de potencia

Queda en estudio.