



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“DISEÑO DE UN ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA CONECTAR LAS
CENTRALES DE YALANCAY, SIBAMBE, Y LA REPETIDORA DE
AYURCO EN EL SECTOR SUR DE LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO”**

Autor: (es)

YESENIA ELIZABETH CALLE CORNEJO
CARLOS RAMIRO PEÑAFIEL OJEDA

Director:
Ing. MARCO NOLIVOS

Riobamba – Ecuador
2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “DISEÑO DE UN ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA CONECTAR LAS CENTRALES DE YALANCAJ, SIBAMBE, Y LA REPETIDORA DE AYURCO EN EL SECTOR SUR DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO” presentado por: CALLE CORNEJO YESENIA ELIZABETH, PEÑAFIEL OJEDA CARLOS RAMIRO y dirigida por: el Ing. MARCO NOLIVOS

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Yesenia Cevallos
Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Marco Nolivos
Director de Tesis

Firma

Ing. Javier Haro
Miembro del Tribunal

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Calle Cornejo Yesenia Elizabeth, Peñafiel Ojeda Carlos Ramiro y del Director del Proyecto Ing. Marco Nolivos; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

Cada día es una nueva oportunidad para agradecer a todos quienes hacen de nuestro diario vivir, una de las cosas más maravillosas de la vida, agradecemos a Dios por iluminar y dirigir nuestra existencia, a nuestra hermosa familia por ser la fuerza, el pilar y sobretodo esa mano amiga que siempre estuvieron presentes, también a todas las personas que creyeron en nosotros y quienes nos han ayudado de una u otra manera en este proyecto.

Mención aparte merece nuestro Director de Tesis, el Ingeniero Marco Nolivos quien supo guiarnos a lo largo de nuestra investigación.

DEDICATORIA

A ti mi Dios, quien me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño principalmente a mis Padres, quienes con su ejemplo de lucha, su amor incondicional, sus consejos, su comprensión y paciencia fueron mi soporte a lo largo de mi formación académica. A mis Hermanos que con su cariño y comprensión han sido mi sustento y ejemplo de dedicación. A mi hermana Gabriela por ser mi amiga incondicional.

En especial a Carlos, mi amigo y compañero de largas jornadas de dedicación y esfuerzo, quien con su actitud me ayudó a comprender que amarle es una verdad, tenerle a mi lado es un sueño inalcanzable.

YESENIA

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de poder vivir y además permitirme realizar mis sueños.

Agradezco a mis padres porque día a día se esforzaron y me brindaron la oportunidad de poder prepararme además de siempre estar a mi lado y compartir de mis triunfos y fracasos, a mis hermanos que siempre han sido mi inspiración para superarme, en fin a toda mi familia que siempre me apoyaron a pesar de todo.

Y un agradecimiento especial a Yesenia, quien con su amor, su paciencia y perseverancia me ayudó a lograr mi objetivo, gracias Yesita por todas las aventuras que juntos compartimos en nuestra vida universitaria. Dios nos mantenga unidos y nos ayude a seguir cumpliendo nuestras metas futuras y seguirnos amando a otro nivel.

CARLOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES.....	v
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
I. GENERALIDADES.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación del proyecto de tesis.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo principal.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.5 Identificación de la Empresa.....	4
1.5.1 Nombre de la Empresa.....	4
1.5.2 Antecedentes de la Empresa.....	4
1.5.3 Misión.....	4
1.5.4 Visión.....	4
1.5.5 Plan Nacional de Conectividad.....	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1 Tipos de fibra y cables ópticos.....	5
2.1.1 Introducción.....	5
2.2 Fibra óptica monomodo.....	19
2.3 Fibra multimodo de índice gradiente gradual.....	20
2.4 Fibra multimodo de índice escalonado.....	20
2.5 Efectos no Lineales en la Fibra Óptica.....	21
2.6 Atenuación.....	21
2.7 Apertura Numérica (NA).....	24
2.8 Dispersión en la fibra.....	25
2.9 Comparación de los tres tipos de fibras ópticas.....	28
2.10 Componentes y fuentes con fibra.....	29
2.11 Amplificadores.....	32
2.12 Detectores ópticos.....	34
2.13 Redes de nueva generación NGN.....	35
2.13.1 Conceptos y visiones de las NGN.....	35

2.13.2	Evolución y migración hacia las NGN.....	37
2.13.4	Componentes de una NGN	41
2.13.5	Arquitectura NGN.....	44
2.13.6	Plataforma IMS (Internet Protocol Multimedia System)	45
2.14	Redes ópticas.....	47
2.14.1	Arquitectura de red	48
2.14.3	Generaciones de Redes ópticas	50
2.15	ATM (Asynchronous Transfer Mode).....	51
2.16	Internet Protocol (Protocolo de Internet).....	52
2.17	MPLS (MultiProtocol Label Switching)	53
2.18	SDH (Synchronous Digital Hierachy).....	54
2.19	DWDM (Dense WaveLenght Division Multiplexing) y sus variaciones	55
III.	CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.	57
3.1	Tecnologías y servicios existentes en la CNT EP.....	57
3.1.1	Servicios y redes de servicios	58
3.1.2	Tecnologías en servicios	58
3.1.3	Fortalezas de la plataforma actual de la CNT EP a nivel nacional.....	59
3.1.4	Transición de la CNT EP hacia la convergencia de servicios	60
3.1.5	Convergencia en Telecomunicaciones	60
3.1.6	Proyección del crecimiento de la red de CNT EP.....	62
3.2	Red Actual CNT	63
3.2.1.	Red actual Alausi – Repetidor Ayurco	64
3.2.2.	Red actual repetidor Ayurco - Central Sibambe	64
3.2.3.	Red actual Repetidor Ayurco – Central Yalancay	65
3.2.3.	Red actual de fibra óptica entre Chunchi y Huigra	65
3.2.4.	Red actual de enlaces de radio y fibra óptica.....	66
3.2.5.	Capacidad actual del backbone de Ayurco de CNT EP.	67
IV.	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL ANILLO DE FIBRA ÓPTICA	70
4.1	Introducción.....	70
4.2	Estudio de demanda.....	70
4.2.1	Red de Alausí.....	71
4.2.2	Red de Sibambe	72
4.2.3	Red de Yalancay	74
4.2.4	Red de Huigra	76
4.3	Selección de la ruta.....	78
4.4	Tipo de fibra óptica.....	80
4.5	Estudio topológico de la ruta	83
4.5.1	Enlace Central Alausí – Huigra- Chunchi- Alausí	84
4.5.2	Enlace Alausí – Ayurco	84
4.5.3	Enlace Ayurco – Sibambe.....	85
4.5.4	Enlace Sibambe – Yalancay.....	85

4.5.5	Enlace Yalancay – Huigra.....	85
4.5.6	Enlace Huigra - Chunchi.....	85
4.5.7	Enlace Chunchi –Alausí.....	85
4.6	Proyeccion de tráfico para el sistema de fibra óptica.....	86
4.7	Cálculo de la atenuación.....	90
V.	ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	94
5.1	Introducción.....	94
5.2	Costos de los equipos, materiales y volumen de obra.....	94
5.3	Costos de Ingeniería	95
5.4	Costo total del proyecto.....	96
5.5	Justificación de la inversión.....	96
5.6	Viabilidad del proyecto.....	96
5.7	Flujo de caja.....	97
5.8.	Período de recuperación de la inversión.....	97
VI.	CONCLUSIONES	100
VII.	RECOMENDACIONES	101
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	102
8.1	Linkografía	103
ANEXOS	104

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA II-1	Espectro electromagnético	13
TABLA II-2	Acoplamiento de fibra con respecto al transmisor de luz.....	25
TABLA II-3	Tipos de WDM	55
TABLA II-4	Funcionalidades de capas, Red clásica vs NGN	39
TABLA II-5	Características de las NGN.....	40
TABLA II-6	Características del Softswitch	41
TABLA II-7	Ejes fundamentales de la red NGN.....	46
TABLA II-8	Características de las redes ópticas.....	48
TABLA III-1	Tipos de convergencia.....	61
TABLA III-2	Ubicación Geográfica de la repetidora y centrales descritas.	63
TABLA IV-1	Datos de utilización y crecimiento de demanda de Telefonía de la Red Alausí	71
TABLA IV-2	Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Red Alausí.....	71
TABLA IV-3	Datos de utilización y crecimiento de demanda de la Red Sibambe.	72
TABLA IV-4	Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Central Sibambe.	73
TABLA IV-5	Datos de utilización y crecimiento de demanda de la Red Yalancay	74
TABLA IV-6	Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Red Yalancay	75
TABLA IV-7	Datos de utilización y crecimiento de la demanda en la Central Huigra.....	76
TABLA IV-8	Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Red Huigra 77	
TABLA IV-9	Características de la fibra óptica monomodo de dispersión desplazada no – nula (Especificación UIT-T G.655)	81
TABLA IV-10	Estudio topológico de la ruta	83
TABLA IV-11	Distancia de enlace a enlace	84
TABLA IV-12	Distancia de enlace a enlace y el bucle de exceso	86
TABLA IV-13	Matriz actual de tráfico de voz y XDSL de la empresa CNT EP	88
TABLA IV-14	Matriz de tráfico proyectado de voz y datos de la empresa CNT EP (AÑO 2017)...	89
TABLA IV-15	Resultados de los enlaces	92
TABLA V-1	Descripción de Materiales y equipos propuestos	94
TABLA V-2	Costos de Ingeniería	96
TABLA V-3	Costo total del proyecto.....	96
TABLA V-4	Flujo de caja correspondiente al año 5	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Figura 2.1 Núcleo y revestimiento de la fibra óptica.....	5
Figura 2.2 Ley de Snell.....	6
Figura 2.3 Reflexión interna total.....	8
Figura 2.4 Modo de propagación en una fibra.....	9
Figura 2.5 Diferencia entre refracción y reflexión.....	9
Figura 2.6 Fibra de índice de refracción.....	10
Figura 2.7 Fibra de índice escalón.....	10
Figura 2.8 Espectro electromagnético.....	11
Figura 2.9 Espectro visible para el ojo humano.....	14
Figura 2.10 Longitud de onda con respecto a los colores.....	14
Figura 2.11 Fibra monomodo.....	20
Figura 2.12 Fibra multimodo índice gradual.....	20
Figura 2.13 Fibra multimodo índice escalonado.....	21
Figura 2.14 Pérdidas de propagación en curvaturas.....	22
Figura 2.15 Medición con un OTDR Hewlett Packard 8146A.....	22
Figura 2.16 Gráfica de empalmes promediados de fibra óptica.....	23
Figura 2.17 Gráfica de empalmes atenuados de fibra óptica.....	23
Figura 2.18 Reflexión de la señal en una fibra óptica.....	24
Figura 2.19 Distintos modos recorren caminos con distinta longitud.....	26
Figura 2.20 Dispersión por polarización de modo en una fibra monomodo asimétrica.....	26
Figura 2.21 Variación de la dispersión según los materiales y el tipo de guía de onda para el caso de fibras DSF (Dispersion Shifted Fiber), SMF (Standard Single Mode Fiber) y NZDF (NonZero Dispersion Fiber).....	27
Figura 2.22 Variación de la dispersión con la longitud de onda para el caso de fibras DSF (Dispersion Shifted Fiber), SMF (Standard Single Mode Fiber) y NZDF (NonZero Dispersion Fiber).....	27
Figura 2.23 Compensación de la dispersión cromática mediante grating de fibra de Bragg chirpeado.....	28
Figura 2.24 Tipos de conectores de fibra.....	30
Figura 2.25 Diagrama esquemático de un amplificador de fibra dopada.....	32
Figura 2.26 Tecnologías en las capas OSI.....	52
Figura 2.27 Modelo conceptual de las NGN.....	35
Figura 2.28 Servicios de una red NGN.....	36
Figura 2.29 Visión NGN con la voz.....	37
Figura 2.30 Escenario de la evolución NGN.....	37
Figura 2.31 Modelos de provisión de servicios.....	38
Figura 2.32 Internet y su influencia en la evolución hacia las NGN.....	38
Figura 2.33 Evolución de la red clásica a NGN, simplificación de protocolos.....	39
Figura 2.34 Componentes Softswitch.....	42
Figura 2.35 Niveles NGN.....	44
Figura 2.36 Arquitectura NGN.....	45
Figura 2.37 NGN e IMS.....	45
Figura 2.38 Arquitectura de redes ópticas.....	48
Figura 2.39 Red óptica de nueva generación.....	50
Figura 2.40 Modelo de red de Transporte.....	51
Figura 3.1 Arquitectura de una red para cada servicio.....	57
Figura 3.2 Arquitectura de convergencia de servicios para una misma red.....	57
Figura 3.3 Red IP-ATM-MPLS de la CNT.....	59
Figura 3.4 Convergencia Digital.....	61
Figura 3.5 Dimensiones, estrategias y etapas de convergencia.....	62
Figura 3.6 Crecimiento de la red.....	62

<i>Figura 3.7 Ubicación geografía de las centrales y la repetidora Ayurco.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3.8 Enlace central Alausí – Repetidora Ayurco</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3.9 Enlace Repetidora Ayurco - Central Sibambe</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3.10 Enlace Repetidora Ayurco - Central Yalancay</i>	<i>65</i>
<i>Figura 3.11 Enlace F.O. Chunchi - Central Huigra.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 3.12 Enlaces de Radio y F.O actual.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3.13 Enlace F.O proyectado</i>	<i>69</i>
<i>Figura4.1 Bucles de exceso de fibra</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.2 Caja de empalmes montada sobre un poste</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.3 Cable de Fibra Óptica para tendido aéreo</i>	<i>82</i>
<i>GRÁFICO IV-1 Índice de crecimiento de la Central de Alausí</i>	<i>71</i>
<i>GRÁFICO IV-2 Índice de crecimiento de XDSL proyectada en Central de Alausí</i>	<i>72</i>
<i>GRÁFICO IV-3 Índice de crecimiento de la Central Sibambe.....</i>	<i>73</i>
<i>GRÁFICO IV-4 Índice de crecimiento de XDSL proyectada en Central de Sibambe.....</i>	<i>74</i>
<i>GRÁFICO IV-5 Índice de crecimiento de la Central de Yalancay.....</i>	<i>75</i>
<i>GRÁFICO IV-6 Índice de crecimiento de XDSL proyecta en Central de Yalancay.....</i>	<i>76</i>
<i>GRÁFICO IV-7 Índice de crecimiento en la Central de Huigra</i>	<i>77</i>
<i>GRÁFICO IV-8 Índice de crecimiento XDSL en la Central de Huigra.....</i>	<i>78</i>

RESUMEN

El objetivo del proyecto “DISEÑO DE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA CONECTAR LAS CENTRALES DE YALANCAY, SIBAMBE, Y LA REPETIDORA AYURCO EN EL SECTOR SUR DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO” consiste en diseñar una red de telecomunicaciones que tenga la capacidad suficiente de transporte para cubrir la demanda de servicios actuales y futuros en la región sur de la provincia de Chimborazo, en especial a las centrales de Sibambe, Yalancay, Repetidora Ayurco, incorporando a la red de transmisión actual, mediante enlaces de fibra óptica, a 3 poblaciones de la región sierra, donde están instaladas centrales que no disponen del servicio de datos.

El alcance general del proyecto incluye: La ingeniería y diseño de la red de transmisiones, así como su tecnología de transporte digital que permita llevar a efecto la evolución de las tecnologías de transporte rentabilizando los recursos, migrando los servicios de manera transparente y permitiendo la escalabilidad para soportar las nuevas demandas de ancho de banda y prestaciones futuras.

En este trabajo se ilustra los enlaces de microondas actuales con sus respectivas capacidades, a la vez presenta el diseño del anillo de fibra óptica que unirá a las centrales antes mencionadas con Huigra y Chunchi que permitirá concluir el enlace y a su vez actuar con redundancia en la red actual de la CNT EP.

SUMMARY

The aim of the project “DESIGN OF AN OPTICAL FIBER RING TO CONNECT THE YALANCAY, SIBAMBE CENTRALS AND AYURCO REPEATER INSOUTHERN AREA OF THE CHIMBORAZO PROVINCE” It consists on designing a telecommunications network which is large enough to cover the transport demand for current and future services in the southern area of the Chimborazo province, especially Sibambe and Yalancay centrals and Ayurco Repeater, by incorporating the existing transmission network by optical fiber links, 3 towns in the highlands region, where there are centrals that do not have data service.

The general scope of the project includes engineering and design of the transmission network and its digital transmission technology that allows carrying out the evolution of transportation technologies monetizing resources, migrating services in a transparent way and allowing scalability to support the new demands for bandwidth and future benefits.

This paper illustrates the current microwave links to their respective capabilities, at the same time it presents the design of an optical fiber ring that will link the centrals before mentioned with Chunchi and Huigra, allowing the completion of the link and act with redundancy in the current network of the CNT EP.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los medios de comunicación es un factor fundamental en el progreso de la civilización. Como tantas otras conquistas del hombre, las comunicaciones son causa y efecto del progreso social.

En la actualidad todo sistema de comunicaciones se inclina hacia la tecnología digital, la cual utiliza diversos medios de transmisión, de los cuales uno de ellos es la fibra óptica.

Por lo tanto el presente trabajo se centra en esta última tecnología y su aplicación a la resolución de un problema práctico. Es así que se plantea la posibilidad de un nuevo medio de transmisión mediante cable de fibra óptica para brindar servicios de datos a altas velocidades a las centrales de Sibambe y Yalancay y mejorar la distribución de tráfico en la repetidora Ayurco.

El diseño de un anillo de fibra óptica se proyecta para enlazar las centrales de Alausí, Sibambe, Yalancay, la Repetidora Ayurco, Huígra, Chunchi y nuevamente Alausí cerrando de esta forma el anillo, lo cual mejorará la capacidad de información de datos, la calidad de transmisión y además servirá como ruta alterna del enlace Alausí – Chunchi si éste llegara a colisionar.

Queda constancia de que este trabajo no pretende ser exhaustivo en la materia sino que, de acuerdo al propósito y nombre del presente estudio es una buena alternativa para cubrir la demanda de tráfico actual y proyectarse a futuro según las expectativas de la empresa.

CAPÍTULO I

I. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) se encuentra en una etapa de transición hacia la provisión de Multiservicios de telecomunicaciones como son voz y datos, internet e IPTV, convergentes entre sí, los mismos que se requiere ofertar hacia las centrales telefónicas de Sibambe y Yalancay y mejorar la distribución de tráfico en la Repetidora de Ayurco que actualmente cuentan con equipos de radio microondas instalados. Es así que se plantea un diseño de anillo de fibra óptica con la ruta Alausí, Repetidora Ayurco, Sibambe, Yalancay, Huigra, Chunchi y nuevamente a Alausí, para ello se utilizará enlaces existentes como lo son: el enlace puntual Huigra - Chunchi y el enlace Chunchi – Alausí que pertenece a la Red Troncalizada de Fibra Óptica RTFO a nivel nacional.

El diseño del anillo de fibra propuesto se integrará la RTFO nacional permitiendo un enlace de back-up para la ruta existente Alausí – Chunchi si éste fuera víctima de ruptura o llegara a colisionar.

1.2 Justificación del proyecto de tesis

La red de conexión en la ruta de Alausí y Huigra contiene a la repetidora Ayurco, las centrales telefónicas de Sibambe y Yalancay, sin embargo estas centrales no brindan servicio de datos a altas velocidades y los equipos existentes son muy limitados para brindar este tipo de servicio. Además en la repetidora Ayurco se considera como un punto estratégico ya que en éste se integra tráfico telefónico de las centrales: Sibambe, Yalancay y Huigra, tráfico de la tecnología CDMA-450 en telefonía, tráfico de la tecnología CDMA-450 en datos, saturando de esta forma a los enlaces existentes de microonda. Para ello se plantea migrar todo el tráfico existente en la repetidora Ayurco hacia fibra óptica para posteriormente ingrese a la RTFO nacional.

Debido a esta situación se requiere una topología en anillos para conectar Alausí – Ayurco- Sibambe –Yalancay - Huigra, Huigra – Chunchi, Chunchi – Alausí, este sistema se traduce en una red con un sistema fiable y seguro, permitiendo restaurar el tráfico cuando suceda alguna falla, esto también se traduce en costos y

pérdidas mucho menores para la CNT EP, además que se aseguraría la excelencia en el posicionamiento e imagen Corporativa de la empresa.

Mediante la implantación de esta red a la topología actual, se puede usar los enlaces microonda como sistema de respaldo o back up, teniendo de esta forma un sistema redundante, necesarios para prevenir posibles cortes deservicio en este sector, levantando inmediatamente el servicio telefónico de acuerdo a las políticas adoptadas por la empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo principal

Diseñar un anillo de fibra óptica para conectar las centrales de Yalancay, Sibambe, y la repetidora Ayurco en el sector sur de la provincia de Chimborazo

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Consolidar una alianza con la CNT EP-CH para realizar un estudio de la red actual en el sector sur de la provincia de Chimborazo
- ✓ Diseñar el anillo de fibra óptica que enlazará Alausí, Repetidora Ayurco, Sibambe, Yalancay, Huigra, Chunchi y Alausí, aprovechando los enlaces existentes de Alausí– Chunchi y Huigra – Chunchi.
- ✓ Levantar información in-Situ de la red actual de la CNT EP-CH para estructurar el nuevo diseño de fibra óptica en las zonas previstas
- ✓ Determinar la factibilidad económica para la implementación del sistema propuesto.

1.4 Hipótesis

Realizar el estudio y diseño de un anillo fibra óptica para conectar las centrales de Alausí, Repetidora de Ayurco, Sibambe, Yalancay, Huigra, Chunchi y Alausí que brindará servicios de alta velocidad de datos y convergencia entre sí.

1.5 Identificación de la Empresa

1.5.1 Nombre de la Empresa

Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP

1.5.2 Antecedentes de la Empresa

Con la finalidad de brindar un mejor servicio a todos los ecuatorianos y conectar a todo el país con redes de telecomunicaciones, nace en Octubre del 2008, la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT S.A, resultado extintas Andinatel S.A y Pacifictel S.A, y en Febrero del 2010 se convierte en una empresa pública. Desde Marzo de 2010 se oficializó la fusión de la Corporación con la empresa de telefonía ALEGRO, lo que permitió mejorar la cartera de servicios.

1.5.3 Misión

“Unimos a todos los ecuatorianos integrando nuestro país al mundo, mediante la provisión de soluciones de telecomunicaciones innovadoras, con talento humano comprometido y calidad de servicio de clase mundial”

1.5.4 Visión

“Ser la empresa líder de telecomunicaciones del país, pos la excelencia en su gestión, el valor agregado que ofrece a sus clientes y el servicio a la sociedad, que sea orgullo de los ecuatorianos”.

1.5.5 Plan Nacional de Conectividad

Este proyecto pretende expandir y fomentar la accesibilidad a los servicios de telecomunicaciones y conectividad. De acuerdo a dicho plan el FODETEL tendrá como meta hasta el 2010 el desarrollo de infraestructura, acceso a servicios de telecomunicaciones con especial énfasis en el internet.

CAPÍTULO II

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Tipos de fibra y cables ópticos

2.1.1 Introducción

La Historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser. Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

Descripción física

La fibra óptica es una guía de ondas dieléctrica que opera a frecuencias ópticas.

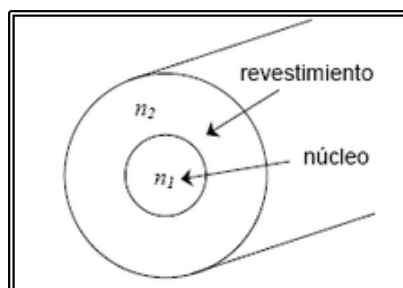


Figura 2.1 Núcleo y revestimiento de la fibra óptica.

Cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal (óxido de silicio y germanio) con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor. Cuando la luz llega a una superficie que limita con un índice de refracción menor, se refleja en gran parte, cuanto mayor sea la diferencia de índices y mayor el ángulo de incidencia, se habla entonces de reflexión interna total.

En el interior de una fibra óptica, la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente avanza por su centro. De este modo, se pueden guiar las señales luminosas sin pérdidas por largas distancias, a lo largo de toda la creación y desarrollo de la fibra óptica, algunas de sus características han ido cambiando para mejorarla. Las características más destacables de la fibra óptica en la actualidad son:

- Cobertura más resistente: La cubierta contiene un 25% más material que las cubiertas convencionales.
- Uso dual (interior y exterior): La resistencia al agua y emisiones ultravioleta, la cubierta resistente y el funcionamiento ambiental extendido de la fibra óptica contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida de la fibra.
- Mayor protección en lugares húmedos: Se combate la intrusión de la humedad en el interior de la fibra con múltiples capas de protección alrededor de ésta, lo que proporciona a la fibra, una mayor vida útil y confiabilidad en lugares húmedos.
- Empaquetado de alta densidad: Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

Aspectos básicos de óptica

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, conviene repasar ciertos aspectos básicos de óptica.

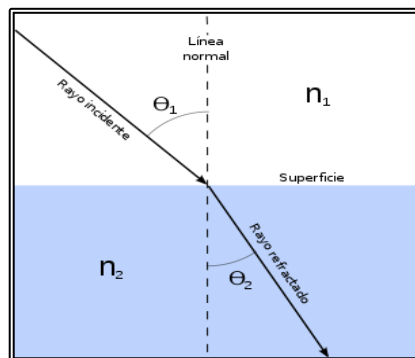


Figura 2.2 Ley de Snell

Consideremos dos medios caracterizados por índices de refracción n_1 y n_2 separados por una superficie S. Los rayos de luz que atraviesen los dos medios se refractarán en la superficie variando su dirección de propagación dependiendo del cociente entre los índices de refracción n_1 y n_2 .

Para un rayo luminoso con un ángulo de incidencia θ_1 sobre el primer medio, ángulo entre la normal a la superficie y la dirección de propagación del rayo, tendremos que el rayo se propaga en el segundo medio con un ángulo de refracción θ_2 cuyo valor se obtiene por medio de la ley de Snell.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Obsérvese que para el caso de $\theta_1 = 0$ (rayos incidentes de forma perpendicular a la superficie) los rayos refractados emergen con un ángulo $\theta_2 = 0$ para cualquier n_1 y n_2 .

La simetría de la ley de Snell implica que las trayectorias de los rayos de luz son reversibles. Es decir, si un rayo incidente sobre la superficie de separación con un ángulo de incidencia θ_1 se refracta sobre el medio con un ángulo de refracción θ_2 , entonces un rayo incidente en la dirección opuesta desde el medio 2 con un ángulo de incidencia θ_2 se refracta sobre el medio 1 con un ángulo θ_1 .

Una regla cualitativa para determinar la dirección de la refracción es que el rayo en el medio de mayor índice de refracción se acerca siempre a la dirección de la normal a la superficie. La velocidad de la luz en el medio de mayor índice de refracción es siempre menor.

La ley de Snell se puede derivar a partir del principio de Fermat, que indica que la trayectoria de la luz es aquella en la que los rayos de luz necesitan menos tiempo para ir de un punto a otro. En una analogía clásica propuesta por el físico Richard Feynman, el área de un índice de refracción más bajo es substituida por una playa, el área de un índice de refracción más alto por el mar, y la manera más rápida para un socorrista en la playa de rescatar a una persona que se ahoga en el mar es recorrer su camino hasta ésta a través de una trayectoria que verifique la ley de Snell, es decir, recorriendo mayor espacio por el medio más rápido y menor en el medio más lento girando su trayectoria en la intersección entre ambos

Reflexión interna total

Es el fenómeno que se produce cuando un rayo de luz, atravesando un medio de índice de refracción n_2 mayor que el índice de refracción n_1 en el que éste se encuentra, se refracta de tal modo que no es capaz de atravesar la superficie entre ambos medios reflejándose completamente.

Este fenómeno solo se produce para ángulos de incidencia superiores a un cierto valor crítico, θ_c . Para ángulos mayores la luz deja de atravesar la superficie y es reflejada internamente de manera total. La reflexión interna total solamente ocurre

en rayos viajando de un medio de alto índice refractivo hacia medios de menor índice de refracción.

La reflexión interna total se utiliza en fibra óptica para conducir la luz a través de la fibra sin pérdidas de energía. En una fibra óptica el material interno tiene un índice de refracción más grande que el material que lo rodea. El ángulo de la incidencia de la luz es crítico para la base y se produce una reflexión interna total que preserva la energía transportada por la fibra.

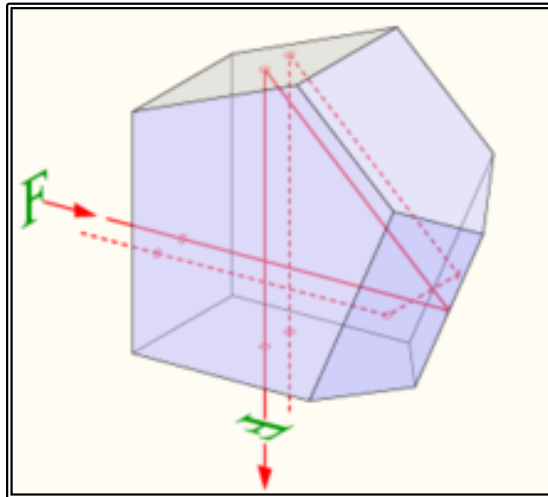


Figura 2.3 Reflexión interna total

En aparatos de óptica se prefiere utilizar la reflexión total en lugar de espejos metalizados. Como ejemplo de utilización de la reflexión total en aparatos corrientes encontramos el penta-prisma de las cámaras fotográficas réflex y los prisma de Porro o Schmidt-Pechan de los prismáticos.

La reflexión interna total es responsable de los destellos de luz que se observan en un diamante tallado.

Propagación de la luz por medio de una fibra óptica

La luz puede propagarse por un cable de fibra óptica, por reflexión o refracción. Cómo se propaga la luz depende del modo de propagación y el perfil del índice de la fibra.

Modo de propagación

En la terminología de fibra óptica, la palabra modo simplemente significa trayectoria. Si hay sólo una trayectoria que la luz toma en el cable, se llama modo sencillo. Si hay más de una trayectoria, se llama multimodo. La figura 2.4 muestra la propagación sencilla y múltiple de la luz por una fibra óptica.

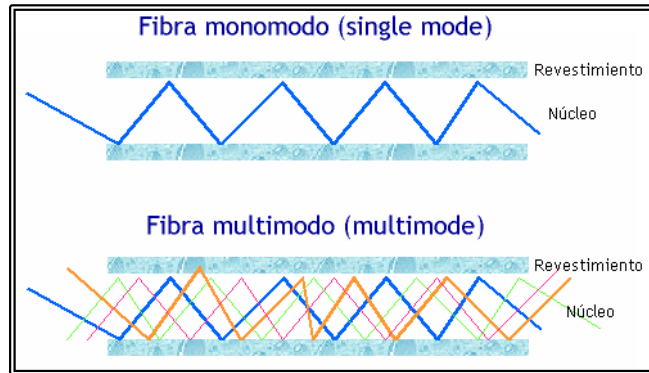


Figura 2.4 Modo de propagación en una fibra

Perfil del índice

El perfil del índice, de una fibra óptica, es una representación gráfica del valor del índice refractivo, a través de la fibra. El índice refractivo está indicado en el eje horizontal y la distancia radial del eje del núcleo se gráfica en el eje vertical.

Hay dos tipos básicos de perfiles de índice: escalón y graduado. Una fibra de índice de escalón tiene un núcleo central, con un índice refractivo uniforme. El núcleo está rodeado por una cubierta exterior con un índice refractivo uniforme, menor al del núcleo central. En una fibra de índice de escalón hay un cambio repentino en el índice refractivo en la interface de núcleo/cubierta. En una fibra de índice graduado no hay cubierta, y el índice refractivo del núcleo no es uniforme; está más alto en el centro y disminuye gradualmente con la distancia hacia el borde externo.

Ángulo crítico

El ángulo crítico o ángulo límite también es el ángulo mínimo de incidencia en el cual se produce la reflexión interna total. El ángulo de incidencia se mide respecto a la normal de la separación de los medios. El ángulo crítico viene dado por:

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios con $n_2 < n_1$. Esta ecuación es una simple aplicación de la ley de Snell donde el ángulo de refracción es 90° .

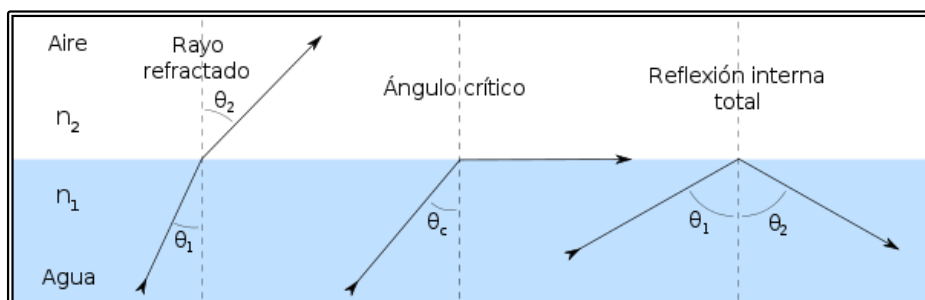


Figura 2.5 Diferencia entre refracción y reflexión

Índice de refracción

Es la variación índice conforme nos movemos en la sección transversal de la fibra óptica, es decir a lo largo del diámetro. Se tiene al índice escalón e índice gradual.

Fibras de índice escalón o también llamadas salto de índice (SI), son aquellas en las que al movernos sobre el diámetro AB, el índice de refracción toma un valor constante n_2 desde el punto A hasta el punto donde termina el revestimiento y empieza el núcleo. En ese punto se produce un salto con un valor $n_1 > n_2$ donde también es constante a lo largo de todo el núcleo. Este tipo de perfil es utilizado en las fibras monomodo.

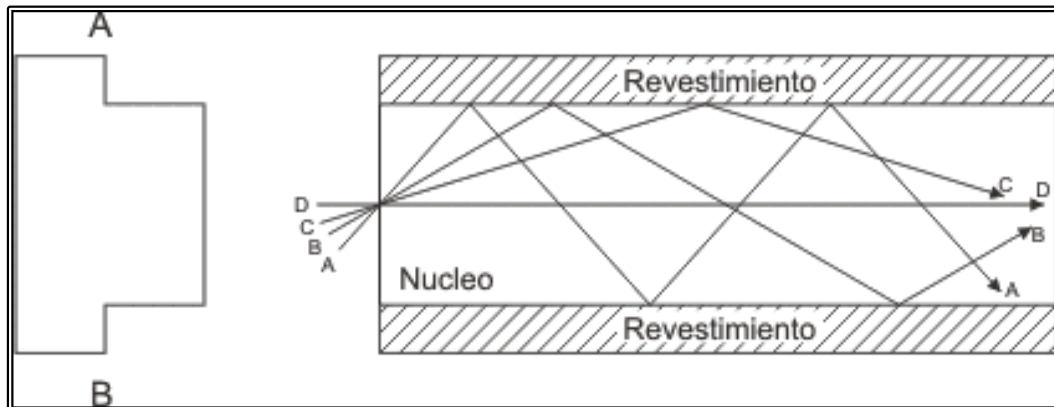


Figura 2.6 Fibra de índice de refracción

En las fibras de índice escalón multimodo la dispersión del haz de luz ocasionado por retardo de los distintos caminos de los modos de propagación, limita en ancho de banda

Fibras de índice gradual.- El índice de refracción n_2 es constante en el revestimiento, pero en el núcleo varía gradualmente (en forma parabólica) y se tiene un máximo en el centro del núcleo. Este tipo de perfil es utilizado en las fibras multimodo pues disminuye la dispersión de las señales al variar la velocidad para las distintas longitudes de los caminos en el centro y próximos a la frontera.

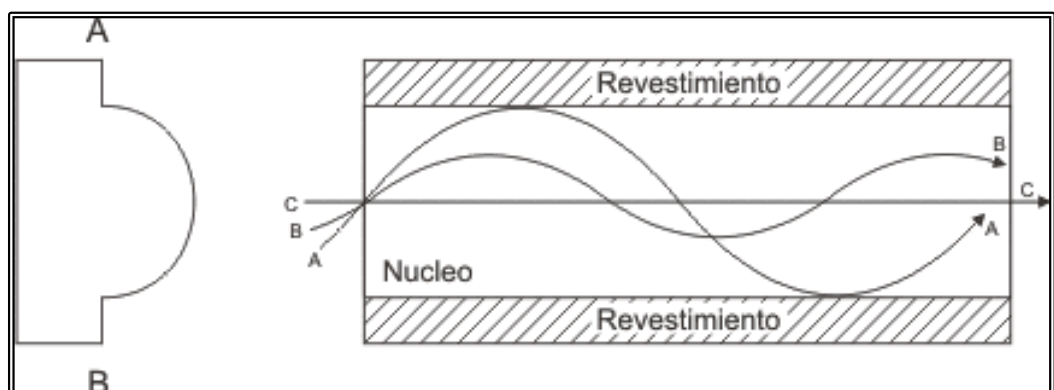


Figura 2.7 Fibra de índice escalón

Modulación

Los dos principales métodos empleados para variar la señal óptica de salida de los diodos láser son: La modulación PCM para sistemas digitales y la Modulación AM, para sistemas analógicos. La limitación para aumentar la velocidad de modulación del láser depende directamente del tiempo de vida de los portadores y de los fotones

Espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitir observar el espectro, permiten realizar medidas sobre el mismo, como son la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

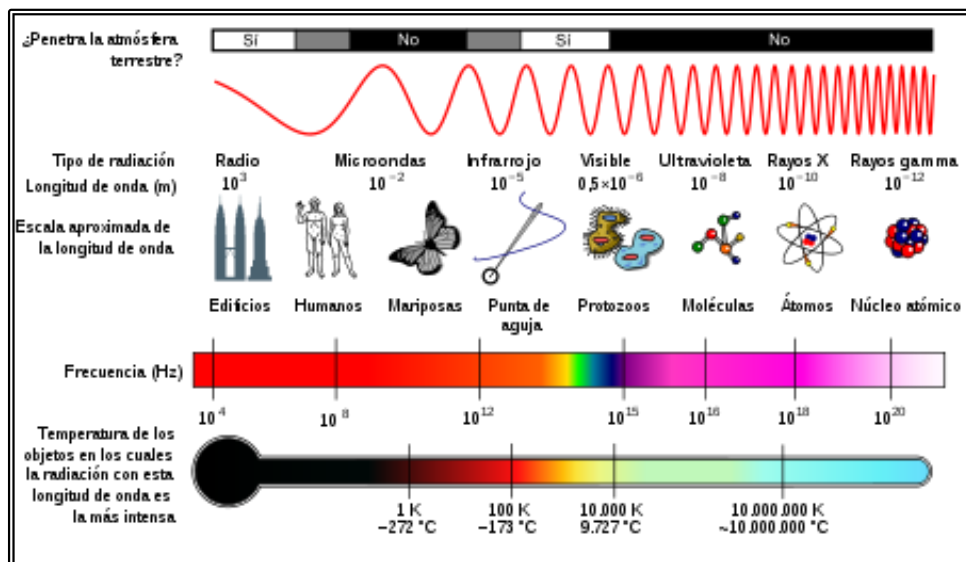


Figura 2.8 Espectro electromagnético

Diagrama del espectro electromagnético, mostrando el tipo, longitud de onda con ejemplos, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo (véase Cosmología física) aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

Rango energético del espectro

El espectro electromagnético cubre longitudes de onda muy variadas. Existen frecuencias de 30 Hz y menores que son relevantes en el estudio de ciertas nebulosas. Por otro lado se conocen frecuencias cercanas a $2,9 \times 10^{27}$ Hz, que han sido detectadas provenientes de fuentes astrofísicas.

La energía electromagnética en una particular longitud de onda λ como se muestra en la Ecuación 4 (en el vacío) tiene una frecuencia f asociada y una energía de fotón E que se muestra en la ecuación 5. Por tanto, el espectro electromagnético puede ser expresado igualmente en cualquiera de esos términos. Se relacionan en las siguientes ecuaciones:

$$c = f\lambda \quad \text{o que es lo mismo} \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$E = hf \quad \text{o que es lo mismo} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$$c = 299.792.458 \frac{m}{s} \quad \text{Siendo este el valor de la velocidad de la Luz}$$

$$h \approx 6,626069 \cdot 10^{-34} J \cdot s \approx 4,13567 \frac{\mu eV}{GHz} \quad \text{Siendo la constante de Planck}$$

Por lo tanto, las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y mucha energía mientras que las ondas de baja frecuencia tienen grandes longitudes de onda y poca energía.

Por lo general, las radiaciones electromagnéticas se clasifican basándose en su longitud de onda en ondas de radio, microondas, infrarrojos, visible que percibimos como luz visible ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

El comportamiento de las radiaciones electromagnéticas depende de su longitud de onda. Cuando la radiación electromagnética interactúa con átomos y moléculas puntuales, su comportamiento también depende de la cantidad de energía por quantum que lleve.

La espectroscopia puede detectar una región mucho más amplia del espectro electromagnético que el rango visible de 400 a 700 nm. Un espectrómetro de laboratorio común y corriente detecta longitudes de onda de 2 a 2500 nm.

Bandas del espectro electromagnético

Para su estudio, el espectro electromagnético se divide en segmentos o bandas, aunque esta división es inexacta. Existen ondas que tienen una frecuencia, pero varios usos, por lo que algunas frecuencias pueden quedar en ocasiones incluidas en dos rangos.

TABLA I0-1 Espectro electromagnético

Banda	λ (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30,0 EHz	> $20 \cdot 10^{-15}$ J
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 PHz	> $20 \cdot 10^{-18}$ J
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 PHz	> $993 \cdot 10^{-21}$ J
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz	> $523 \cdot 10^{-21}$ J
Luz Visible	< 780 nm	> 384 THz	> $255 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo cercano	< 2,5 μ m	> 120 THz	> $79 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo medio	< 50 μ m	> 6,00 THz	> $4 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> $200 \cdot 10^{-24}$ J
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz	> $2 \cdot 10^{-24}$ J
Ultra Alta Frecuencia - Radio	< 1 m	> 300 MHz	> $19.8 \cdot 10^{-26}$ J
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz	> $19.8 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Corta - Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> $11.22 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Media - Radio	< 650 m	> 650 kHz	> $42.9 \cdot 10^{-29}$ J
Onda Larga - Radio	< 10 km	> 30 kHz	> $19.8 \cdot 10^{-30}$ J
Muy Baja Frecuencia - Radio	> 10 km	< 30 kHz	< $19.8 \cdot 10^{-30}$ J

Infrarrojo

Las ondas infrarrojas están en el rango de 0,7 a 100 micrómetros. La radiación infrarroja se asocia generalmente con el calor. Ellas son producidas por cuerpos que generan calor, aunque a veces pueden ser generadas por algunos diodos emisores de luz y algunos láseres.

Las señales son usadas para algunos sistemas especiales de comunicaciones, como en astronomía para detectar estrellas y otros cuerpos y para guías en armas, en los que se usan detectores de calor para descubrir cuerpos móviles en la oscuridad.

También se usan en los mandos a distancia de los televisores y otros aparatos, en los que un transmisor de estas ondas envía una señal codificada al receptor del televisor. En últimas fechas se ha estado implementando conexiones de área local LAN por medio de dispositivos que trabajan con infrarrojos, pero debido a los

Espectro visible

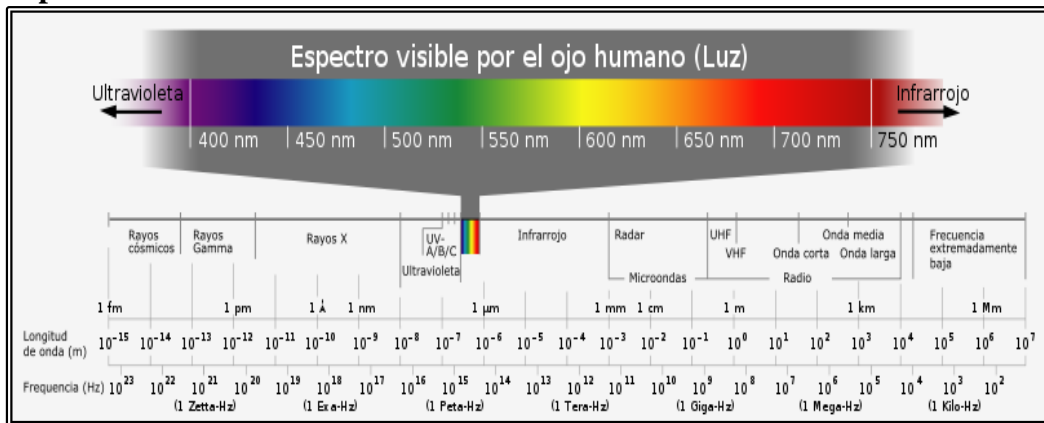


Figura 2.9 Espectro visible para el ojo humano



Figura 2.10 Longitud de onda con respecto a los colores

Por encima de la frecuencia de las radiaciones infrarrojas se encuentra lo que comúnmente es llamado luz, un tipo especial de radiación electromagnética que tiene una longitud de onda en el intervalo de 0,4 a 0,8 micrómetros. Este es el rango en el que el sol y las estrellas similares a las que emiten la mayor parte de su radiación. Probablemente, no es una coincidencia que el ojo humano sea sensible a las longitudes de onda que emite el sol con más fuerza. La luz visible (y la luz del infrarrojo cercano) es normalmente absorbida y emitida por los electrones en las moléculas y los átomos que se mueven de un nivel de energía a otro. La unidad usual para expresar las longitudes de onda es el Angstrom. La luz que vemos con nuestros ojos es realmente una parte muy pequeña del espectro electromagnético, la radiación electromagnética con una longitud de onda entre 380 nm y 760 nm (790–400 terahertz) es detectada por el ojo humano y se percibe como luz visible. Otras longitudes de onda, especialmente en el infrarrojo cercano (más de 760 nm) y ultravioleta (menor de 380 nm) también se refiere a veces como la luz, especialmente cuando la visibilidad a los seres humanos no es relevante. Si la radiación tiene una frecuencia en la región visible del espectro electromagnético se refleja en un objeto, por ejemplo, un tazón de fruta, y luego golpea los ojos, esto da lugar a la percepción visual de la escena. Nuestro sistema visual del cerebro procesa la multitud de frecuencias se refleja en diferentes tonos

y matices, ya través de este no del todo entendido fenómeno psico-físico, la mayoría de la gente percibe un tazón de fruta; Un arco iris muestra la óptica (visible) la parte del espectro electromagnético.

La luz puede usarse para diferentes tipos de comunicaciones. Las ondas de luz pueden modularse y transmitirse a través de fibras ópticas, lo cual representa una ventaja pues con su alta frecuencia es capaz de llevar más información.

Por otro lado, las ondas de luz pueden transmitirse en el espacio libre, usando un haz visible de láser.

En la mayoría de las longitudes de onda, sin embargo, la información transportada por la radiación electromagnética no es detectada directamente por los sentidos humanos. Las fuentes naturales producen radiación electromagnética en el espectro, y nuestra tecnología también se puede manipular una amplia gama de longitudes de onda. La fibra óptica transmite luz que, aunque no es adecuado para la visión directa, puede llevar los datos que se puede traducir en sonido o una imagen. La codificación utilizada en estos datos es similar a la utilizada con las ondas de radio.

Propagación de la luz

Una de las propiedades de la luz más evidentes a simple vista es que se propaga en línea recta. Lo podemos ver, por ejemplo, en la propagación de un rayo de luz a través de ambientes polvorientos o de atmósferas saturadas. La óptica geométrica parte de esta premisa para predecir la posición de la luz, en un determinado momento, a lo largo de su transmisión.

De la propagación de la luz y su encuentro con objetos surgen las sombras. Si interponemos un cuerpo opaco en el camino de la luz y a continuación una pantalla, obtendremos sobre ella la sombra del cuerpo. Si el origen de la luz o foco se encuentra lejos del cuerpo, de tal forma que, relativamente, sea más pequeño que el cuerpo, se producirá una sombra definida. Si se acerca el foco al cuerpo surgirá una sombra en la que se distinguen una región más clara denominada penumbra y otra más oscura denominada umbral.

Sin embargo, la luz no siempre se propaga en línea recta. Cuando la luz atraviesa un obstáculo puntiagudo o una abertura estrecha, el rayo se curva ligeramente. Este fenómeno, denominado difracción, es el responsable de que al mirar a través de un agujero muy pequeño todo se vea distorsionado o de que los telescopios y microscopios tengan un número de aumentos máximo.

Velocidad de propagación

En el vacío es por definición una constante universal de valor $299.792.458 \text{ m/s}^{23}$ (suele aproximarse a $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), o lo que es lo mismo $9,46 \cdot 10^{15} \text{ m/año}$; la segunda cifra es la usada para definir al intervalo llamado año luz.

Se simboliza con la letra c , proveniente del latín *celéritās* (en español celeridad o rapidez), y también es conocida como la constante de Einstein

El valor de la velocidad de la luz en el vacío fue incluida oficialmente en el Sistema Internacional de Unidades como constante el 21 de octubre de 1983, pasando así el metro a ser una unidad derivada de esta constante.

La rapidez a través de un medio que no sea el "vacío" depende de su permitividad eléctrica, de su permeabilidad magnética, y otras características electromagnéticas. En medios materiales, esta velocidad es inferior a " c " y queda codificada en el índice de refracción. En modificaciones del vacío más sutiles, como espacios curvos, efecto Casimir, poblaciones térmicas o presencia de campos externos, la velocidad de la luz depende de la densidad de energía de ese vacío.

Fabricación de la fibra óptica

La fabricación de fibra óptica se realiza en tres pasos: creación de la preforma, o tubo cilíndrico de entre unos 60 120 cm de largo y un diámetro de entre 10 y 25 mm, la creación de la fibra óptica propiamente dicha mediante un procedimiento de estirado con la posterior aplicación de un revestimiento primario y por último las pruebas y medidas.

Fases

Reacción de la preforma

Para la generación de la preforma se utilizan distintos métodos que los podemos englobar en los grupos siguientes:

- Métodos en fase líquida: sólo permiten la fabricación de fibras de salto de índice.
 - ✓ Método de la varilla en tubo (rod in tube).
 - ✓ Método de los cri.

- Técnicas de deposición de vapor: son los más empleados en la actualidad y los que permiten una mayor versatilidad de fabricación, ya que con ellos pueden obtenerse fibras de salto de índice y de índice gradual.
 - ✓ Deposición química modificada en fase de vapor (MCVD).
 - ✓ Deposición química en fase de vapor activada por plasma (PCVD).
 - ✓ Deposición externa en fase de vapor (OVCD).
 - ✓ Deposición axial en fase de vapor (VAD).

Procedimiento de estirado

Una vez que se dispone de la preforma, fabricada por medio de cualquiera de los métodos reseñados anteriormente se puede proceder al segundo paso, que consiste en la obtención de la fibra óptica propiamente dicha mediante un procedimiento de estirado de la preforma y posterior aplicación de un revestimiento primario.

Pruebas y mediciones

Después del estirado la fibra pasa a la etapa de prueba y medidas en la cual se verifican todos los parámetros ópticos y geométricos. Existen tres tipos de pruebas: mecánico, óptico, y geométrico.

Características Generales:

✓ **Coberturas más resistentes**

La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga arista helicoidal que se aseguran con los sub-cables.

La cubierta contiene 25% más material que las cubiertas convencionales.

La resistencia al agua, hongos y emisiones ultra violeta; la cubierta resistente; buffer de 900 μm ; fibras ópticas probadas bajo 100 kpsi; y funcionamiento ambiental extendida; contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.

✓ **Mayor protección en lugares húmedos**

En cables de tubo holgado rellenos de gel, el gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permitan que el agua migre hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. Combaten la intrusión de humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra óptica. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.

✓ **Protección Anti-inflamable**

Los nuevos avances en protección anti-inflamable hacen que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable.

Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentan un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos

avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.

✓ **Empaquetado de alta densidad**

Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

Características Técnicas

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

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

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm. Y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

El silicio tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600C. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

Características Mecánicas

La F.O. 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.

La investigación sobre componentes opto electrónicos y fibras ópticas ha traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las micro- curvaturas 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.
- Limitaciones Térmicas: estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción.

2.2 Fibra óptica monomodo

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. El dibujo muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 mm. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado.

Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

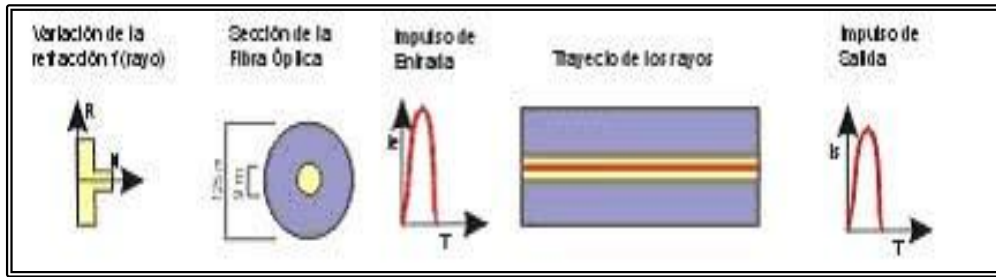


Figura 2.11 Fibra monomodo

2.3 Fibra multimodo de índice gradiente gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 μm (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:- Multimodo de índice escalonado 100/140 μm .
- Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 μm .

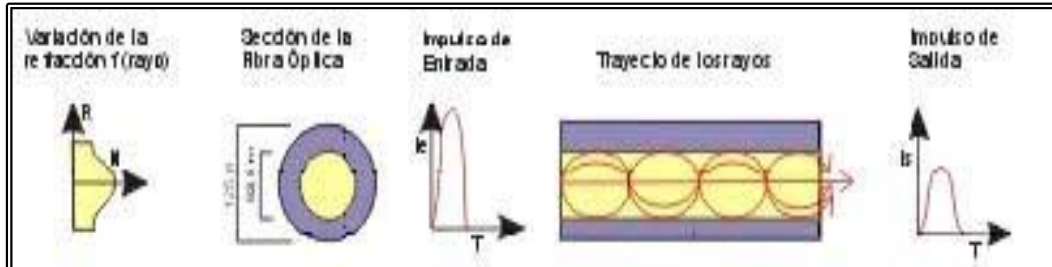


Figura 2.12 Fibra multimodo índice gradiente

2.4 Fibra multimodo de índice escalonado

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

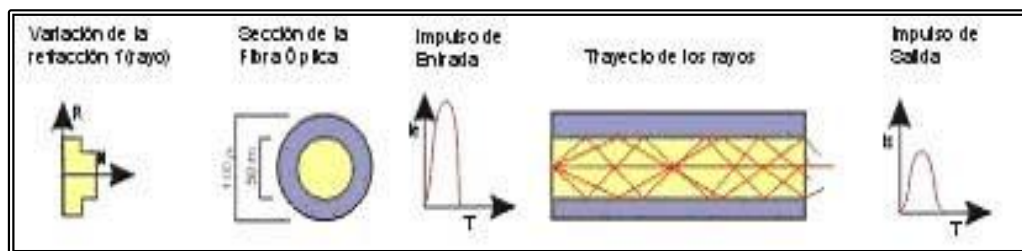


Figura 2.13 Fibra multimodo índice escalonado

2.5 Efectos no Lineales en la Fibra Óptica

El gran atractivo que poseen los sistemas de comunicaciones ópticas se debe a la capacidad que poseen las fibras ópticas para transportar grandes cantidades de información sobre trayectos extensos sin utilizar repetidores. Para aprovechar el ancho de banda disponible pueden multiplexarse numerosos canales a diferente longitud de onda sobre una misma fibra, técnica que se conoce como WDM (wavelength division multiplexing).

Adicionalmente, para incrementar los márgenes del sistema se requieren mayores potencias ópticas de transmisión o pérdidas de la fibra inferiores. Sin embargo, todos los intentos realizados para utilizar las capacidades de las fibras ópticas se encontrarán limitados por las interacciones no lineales que se producen entre las portadoras ópticas que transportan la información y el medio de transmisión

2.6 Atenuación

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra, y se mide en dB y dB/Km.

Una pérdida del 50% de la potencia de entrada equivale a -3dB.

Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas.

Intrínsecas: dependen de la composición del vidrio, impurezas, etc., y no las podemos eliminar.

Las ondas de luz en el vacío no sufren ninguna perturbación. Pero si se propagan por un medio no vacío, interactúan con la materia produciéndose un fenómeno de dispersión debida a dos factores:

- Dispersión por absorción: la luz es absorbida por el material transformándose en calor.
- Dispersión por difusión: la energía se dispersa en todas las direcciones.

Esto significa que parte de la luz se irá perdiendo en el trayecto, y por lo tanto resultará estar atenuada al final de un tramo de fibra.

Extrínsecas: son debidas al mal cableado y empalme.

Las pérdidas por curvaturas se producen cuando le damos a la fibra una curvatura excesivamente pequeña (radio menor a 4 o 5 cm) la cual hace que los haces de

luz logren escapar del núcleo, por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna.

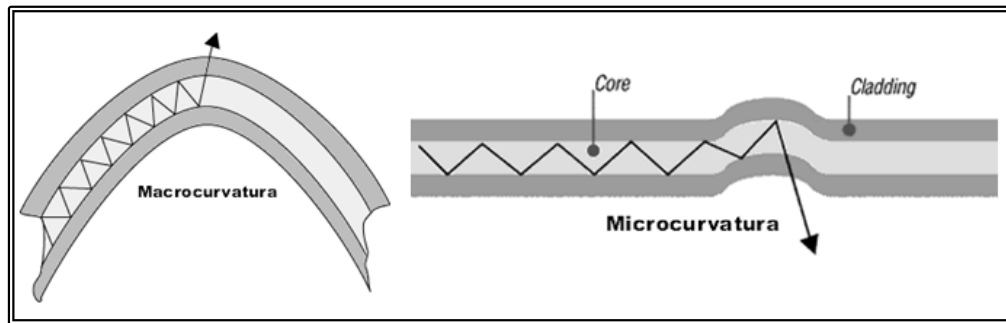


Figura 2.14 Pérdidas de propagación en curvaturas

También se dan cuando, al aumentar la temperatura y debido a la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica entre fibras y buffer, las fibras se curvan dentro del tubo.

Atenuación por tramo

Es debida a las características de fabricación propia de cada fibra (naturaleza del vidrio, impurezas, etc.) y se mide en dB/Km, lo cual nos indica cuántos dB se perderán en un kilómetro.

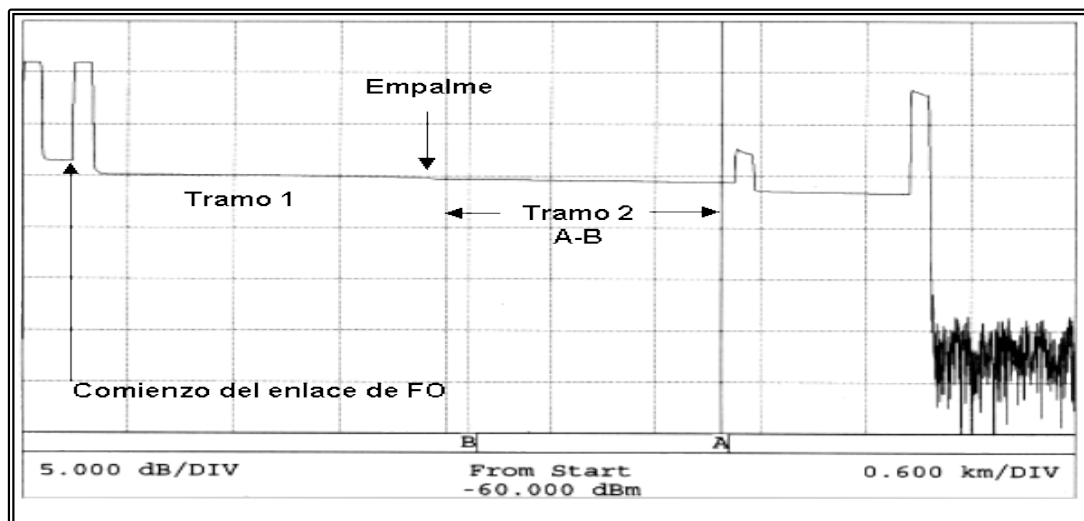


Figura 2.15 Medición con un OTDR Hewlett Packard 8146A

Atenuación por empalme

Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, todo esto resulta en una atenuación.

Se mide en ambos sentidos tomándose el promedio. La medición en uno de los sentidos puede dar un valor negativo, lo cual parecería indicar una amplificación

de potencia, lo cual no es posible en un empalme, pero el promedio debe ser positivo, para resultar una atenuación.

Pérdidas

- Por inserción: es la atenuación que agrega a un enlace la presencia de un conector o un empalme.
- De retorno: es la pérdida debida a la energía reflejada, se mide como la diferencia entre el nivel de señal reflejada y la señal incidente, es un valor negativo y debe ser menor a -30 dB (típico -40dB). En ocasiones se indica obviando el signo menos.

Empalmes promediados

El resultado real de la medición de un empalme se obtiene midiéndolo desde un extremo, luego, en otro momento se medirá desde el otro, y finalmente se tomará como atenuación del empalme el promedio de ambas (suma sobre 2)

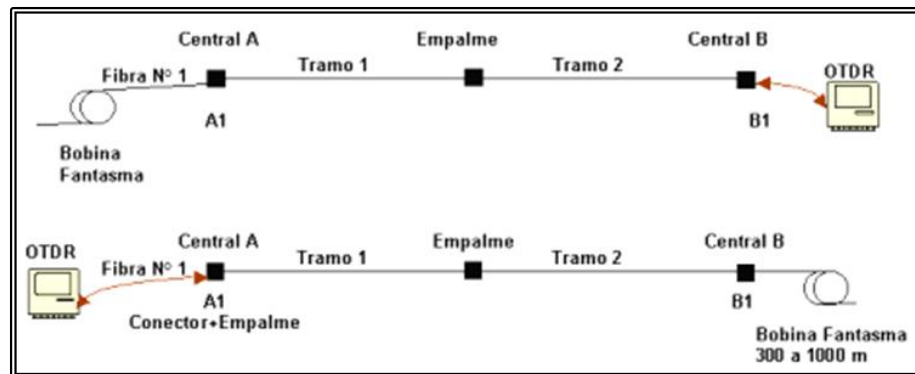


Figura 2.16 Gráfica de empalmes promediados de fibra óptica

Empalmes atenuados

En algunos casos, la atenuación de un tramo de F.O. es tan baja que en el final del mismo la señal óptica es demasiado alta y puede saturar o dañar el receptor. Entonces es necesario provocar una atenuación controlada y esto se hace con la misma empalmadora, con la función de empalme atenuado.

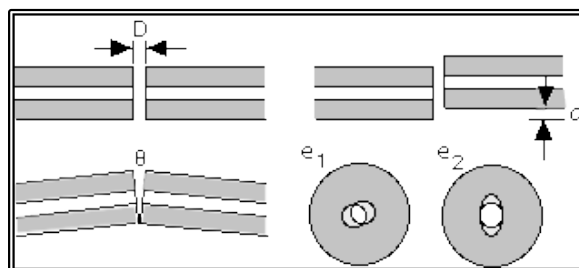


Figura 2.17 Gráfica de empalmes atenuados de fibra óptica

2.7 Apertura Numérica (NA)

Es un parámetro que da idea de la cantidad de luz que puede ser guiada por una fibra óptica. Por lo tanto cuanto mayor es la magnitud de la apertura numérica de una fibra, mayor es la cantidad de luz que puede guiar o lo que es lo mismo, mas cantidad de luz es capaz de aceptar en su núcleo.

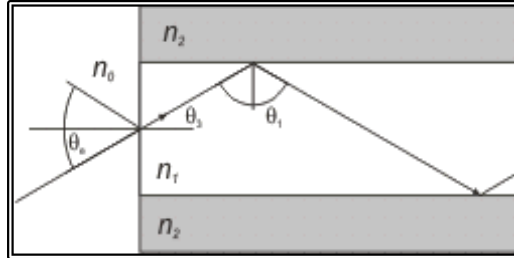


Figura 2.18 Reflexión de la señal en una fibra óptica

Por ley de Snell para ángulo crítico $n_1 \sin \theta_1 = n_2$

$$\theta_e = \theta_{1_{min}} = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

θ_3 complementario de $\theta_1 \Rightarrow \sin^2 \theta_3 + \sin^2 \theta_1 = 1$

$$\sin^2 \theta_3 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = 1$$

$$\sin^2 \theta_3 = 1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}$$

$$\sin^2 \theta_3 = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1}$$

Snell a la entrada

$$n_0 \sin \theta_{e_{max}} = n_1 \sin \theta_2$$

$$\text{Si } n_0 = 1 \sin \theta_{e_{max}} = n_1 \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Donde θ_e es el ángulo de aceptación o de entrada (aceptancia)

Por esta razón la apertura numérica será $NA = \sin \theta_e$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Ecuación 4}$$

La potencia acoplada a una fibra P_A puede expresarse como:

$$P_A = P_T [1 - (\cos \theta_e)^{m+1}] \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde

P_T = potencia total en el núcleo

m = parámetro definido por el patrón de radiación,

Para el LED de superficie $m = 1$

En porcentaje % de acoplamientos típicos

TABLA 10-2 Acoplamiento de fibra con respecto al transmisor de luz

LED	1 – 10% (multimodo)	< 1% (monomodo)
	50-100µm	9 µm (diámetro núcleo)
LASER	50% (multimodo)	10% (monomodo)
	50 µm	9 µm (diámetro núcleo)

2.8 Dispersión en la fibra

La dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido a que las distintas componentes de la señal viajan a distintas velocidades llegando al receptor en distintos instantes de tiempo. Sin embargo, existen varios tipos de dispersión:

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

La dispersión supone una reducción del ancho de banda pues al ensancharse los pulsos se limitan la tasa de transmisión. La dispersión se caracteriza mediante el parámetro D (ps/nm·km), que indica el ensanchamiento del pulso. Este ensanchamiento aumenta con la longitud recorrida y con el ancho espectral de la fuente óptica.

Dispersión modal

La dispersión modal se debe a que los distintos modos de una fibra óptica tienen distintas velocidades de grupo, como se decide al observar la constante de propagación, β , tras resolver las ecuaciones de Maxwell que es distinta para cada modo. Esto se puede ver pensando, según la teoría de la óptica de rayos, en la diferencia que de caminos recorre la luz por la fibra según el modo al que se acople.

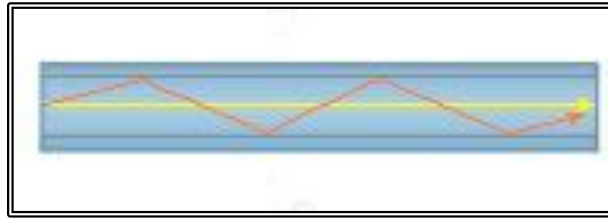


Figura 2.19 Distintos modos recorren caminos con distinta longitud

Por tanto este efecto puede solucionarse empleando fibras monomodo, de índice gradual (que reducen la diferencia de la velocidad de grupo de cada monomodo), entre otras soluciones.

Dispersión por polarización del modo

Cuando una fibra es perfectamente circular la constante de propagación entre las polarizaciones es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagación de cada polarización. Pero como muestra la siguiente figura, en el caso de una fibra monomodo cuando no es perfectamente circular la velocidad de propagación de cada polarización (en este tenemos dos modos degenerados polarizados linealmente) va a ser distinta produciéndose la dispersión por polarización del modo PMD.

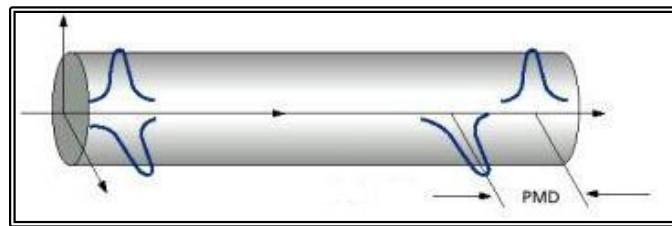


Figura 2.20 Dispersión por polarización de modo en una fibra monomodo asimétrica

Dispersión cromática

El fenómeno de la dispersión cromática surge debido a dos razones:

- **Dispersión material:** es el principal causante de la dispersión, y consiste en que el índice de refracción del silicio, material usado para fabricar las fibras ópticas, depende de la frecuencia. Por ello, las componentes de distinta frecuencia, viajan a velocidades diferentes por el silicio.
- **Dispersión por guiado de onda:** para comprender esta componente hay que recordar que la potencia de un modo se propaga parcialmente por el núcleo y parcialmente por el revestimiento. El índice efectivo de un modo se sitúa entre el índice de refracción del núcleo y del revestimiento, acercándose más a uno u otro dependiendo de cuál sea el porcentaje de la potencia que se propaga por ellos (si la mayor parte de la potencia está contenida en el núcleo, el índice efectivo estará más cerca del índice de refracción del núcleo). Como la distribución de la potencia de un modo entre el núcleo y el revestimiento depende de la longitud de onda, si la longitud de onda cambia, la distribución

de potencia también cambia, provocando un cambio en el índice efectivo o constante de propagación del modo.

Por lo tanto, aún en ausencia de dispersión material, es decir, aunque los índices de refracción del núcleo y del revestimiento sean independientes de la longitud de onda, si la longitud de onda varía, seguiría produciéndose el fenómeno de la dispersión debido a la dispersión por guiado de onda.

Analizando la dispersión de forma matemática, ésta se produce porque la constante de propagación b no es proporcional a la frecuencia angular ω , es decir $db/d\omega$ no es independiente de ω . El término $db/d\omega$ se denota por β_1 , y a $1/\beta_1$, se le denomina velocidad de grupo, que es la velocidad a la que un pulso se propagaría a lo largo de la fibra en ausencia de dispersión. Pero como $\beta_2 = d^2b/d\omega^2$ es distinto de cero, se produce la dispersión. A este parámetro β_2 se le denomina parámetro de dispersión de la velocidad de grupo (parámetro GVD), y es el que gobierna la dispersión, también conocida como dispersión de velocidad de grupo.

En la siguiente figura se muestra como varía la dispersión en tres tipos de fibra en función de los materiales dopantes empelados y del silicio en su construcción.

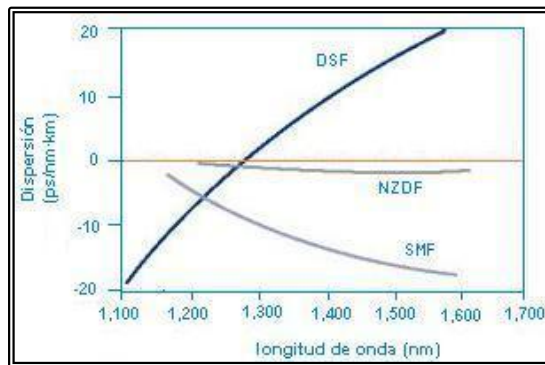


Figura 2.21 Variación de la dispersión según los materiales y el tipo de guía de onda para el caso de fibras DSF (Dispersion Shifted Fiber), SMF (Standard Single Mode Fiber) y NZDF (Non Zero Dispersion Fiber)

En esta figura se muestra como varía la dispersión con la longitud de onda en los tres tipos de fibras del caso anterior.

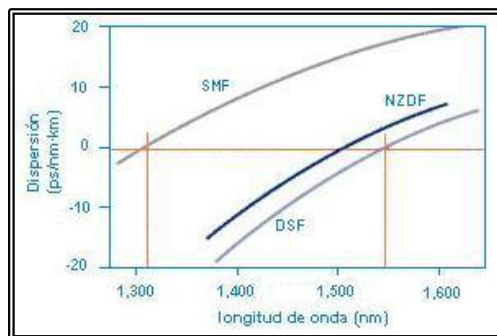


Figura 2.22 Variación de la dispersión con la longitud de onda para el caso de fibras DSF (Dispersion Shifted Fiber), SMF (Standard Single Mode Fiber) y NZDF (Non Zero Dispersion Fiber)

La fibra SMF es la fibra monomodo estándar. En cambio existen otros tipos de fibra como la DSF (Dispersion Shifted Fiber) cuya dispersión está desplazada que permiten tener una dispersión nula en la tercera ventana como se muestra en la figura anterior. La fibra NZDF (Non Zero Dispersion Fiber) se caracteriza por tener una dispersión muy próxima a cero en la tercera ventana pero no nula. La utilidad de este tipo de fibras es que buscan tener algo de dispersión cromática que pueda compensar los efectos producidos por los fenómenos no lineales.

Los principales métodos para compensar los efectos de la dispersión cromática son:

El empleo de fibras compensadoras de dispersión. Como se explica anteriormente existen fibras especiales cuyo diseño reduce o anula la dispersión en la tercera ventana como DSF (Dispersion Shifted Fiber) y la fibra NZDF (Non Zero Dispersion Fiber). Existe otro tipo de fibras que tienen un valor de dispersión elevado y de signo contrario al de las fibras monomodo estándar, SMF, de esta forma alternando tramos de fibras SMF y de fibras compensadoras de dispersión se obtiene en cómputo global una dispersión nula. El problema de estas fibras es su mayor atenuación y un agravamiento en los efectos de los fenómenos no lineales.

Utilización de grating de Bragg de fibra (FBG) chirpeado. El FBG chirpeado introduce un retardo que depende de la longitud de onda de forma que se compense el retardo sufrido por las diferentes longitudes de onda de la señal transmitida. Se utilizan junto con un circulador como muestra la siguiente figura.

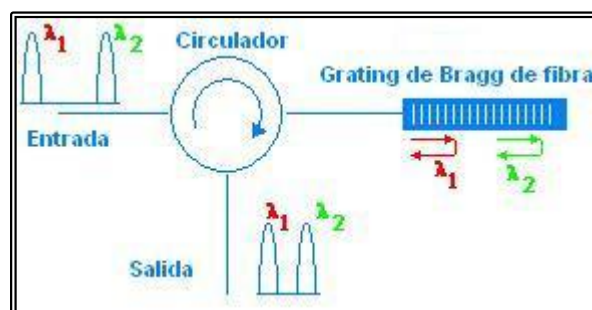


Figura 2.23 Compensación de la dispersión cromática mediante grating de fibra de Bragg chirpeado

2.9 Comparación de los tres tipos de fibras ópticas.

Fibra de índice de escalón de modo sencillo

Ventajas

- Hay una dispersión mínima.
- La alta exactitud en la reproducción de los pulsos transmitidos en el lado de recepción, los anchos de bandas, más grandes, y las velocidades de transmisión de información, más altas, son posibles con las fibras de índice de escalón de modo sencillo que con los otros tipos de fibras.

Desventajas

- Debido a que el núcleo central es muy pequeño, es difícil de acoplar la luz, dentro y fuera de este tipo de fibra.
- Las fibras de índice de escalón de modo sencillo son costosas y difíciles de fabricar.

Fibra de Índice de Escalón Multimodo.

Ventajas.

- Las fibras de índice de escalón multimodo son baratas y sencillas de fabricar.
- Es fácil acoplar la luz, dentro y fuera de las fibras de índice de escalón multimodo; tienen una apertura de fuente a fibra relativamente grande.

Desventajas.

- Los rayos de luz utilizan muchas trayectorias diferentes por la fibra, lo cual resulta en grandes diferencias en sus tiempos de propagación. En consecuencia, un pulso de luz que se propaga por una fibra de índice de escalón multimodo se distorsionará más que con otros tipos de fibras.
- El ancho de banda y razón de transferencia de información posible, con este tipo de cable, son menores que con los otros tipos.

Fibra de índice graduado multimodo

Esencialmente, no hay ventajas o desventajas sobresalientes de este tipo de fibra.

2.10 Componentes y fuentes con fibra

Componentes de la fibra óptica

Dentro de los componentes que se usan en la fibra óptica caben destacar los siguientes: los conectores, el tipo de emisor del haz de luz, los conversores de luz, etc.

Transmisor de energía óptica. Lleva un modulador para transformar la señal electrónica entrante a la frecuencia aceptada por la fuente luminosa, la cual convierte la señal electrónica (electrones) en una señal óptica (fotones) que se emite a través de la fibra óptica.

Detector de energía óptica. Normalmente es un fotodiodo que convierte la señal óptica recibida en electrones (es necesario también un amplificador para generar la señal)

Su componente es el silicio y se conecta a la fuente luminosa y al detector de energía óptica. Dichas conexiones requieren una tecnología compleja.

Tipos de conectores

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

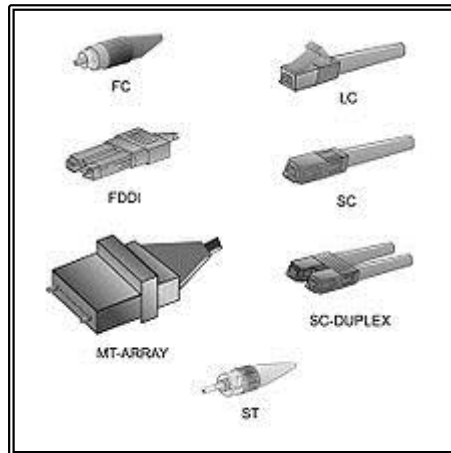


Figura 2.24 Tipos de conectores de fibra

Tipos de conectores de la fibra óptica.

- FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- FDDI, se usa para redes de fibra óptica.
- LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

Emisores del haz de luz

Estos dispositivos se encargan de convertir la señal eléctrica en señal luminosa, emitiendo el haz de luz que permite la transmisión de datos, estos emisores pueden ser de dos tipos:

- LEDs. Utilizan una corriente de 50 a 100 mA, su velocidad es lenta, solo se puede usar en fibras multimodo, pero su uso es fácil y su tiempo de vida es muy grande, además de ser económicos.
- Lasers. Este tipo de emisor usa una corriente de 5 a 40 mA, son muy rápidos, se puede usar con los dos tipos de fibra, monomodo y multimodo, pero por el contrario su uso es difícil, su tiempo de vida es largo pero menor que el de los LEDs y también son mucho más costosos.

Conversores luz-corriente eléctrica

Este tipo de dispositivos convierten las señales luminosas que proceden de la fibra óptica en señales eléctricas. Se limitan a obtener una corriente a partir de la luz modulada incidente, esta corriente es proporcional a la potencia recibida, y por tanto, a la forma de onda de la señal moduladora.

Se fundamenta en el fenómeno opuesto a la recombinación, es decir, en la generación de pares electrón-hueco a partir de los fotones. El tipo más sencillo de detector corresponde a una unión semiconductor P-N.

Las condiciones que debe cumplir un foto detector para su utilización en el campo de las comunicaciones, son las siguientes:

- La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.

Hay dos tipos de detectores: los fotodiodos PIN y los de avalancha APD.

- Detectores PIN: Su nombre viene de que se componen de una unión P-N y entre esa unión se intercala una nueva zona de material intrínseco (I), la cual mejora la eficacia del detector.

Se utiliza principalmente en sistemas que permiten una fácil discriminación entre posibles niveles de luz y en distancias cortas.

- Detectores APD: Los fotodiodos de avalancha son fotodetectores que muestran, aplicando un alto voltaje en inversa, un efecto interno de ganancia de corriente (aproximadamente 100), debido a la ionización de impacto (efecto avalancha). El mecanismo de estos detectores consiste en lanzar un electrón a gran velocidad (con la energía suficiente), contra un átomo para que sea capaz de arrancarle otro electrón.

Estos detectores se pueden clasificar en tres tipos:

- de silicio: presentan un bajo nivel de ruido y un rendimiento de hasta el 90% trabajando en primera ventana. Requieren alta tensión de alimentación (200-300V).
- de germanio: aptos para trabajar con longitudes de onda comprendidas entre 1000 y 1300 nm y con un rendimiento del 70%.
- de compuestos de los grupos III y V.

2.11 Amplificadores

Amplificador óptico

En fibra óptica, un amplificador óptico es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico.

Amplificadores de fibra dopada

Amplificadores en fibra son amplificadores ópticos que usan fibra dopada, normalmente con tierras raras. Estos amplificadores necesitan de un bombeo externo con un láser de onda continua a una frecuencia óptica ligeramente superior a la que amplifican. Típicamente, las longitudes de onda de bombeo son 980 nm o 1480 nm y para obtener los mejores resultados en cuanto a ruido se refiere, debe realizarse en la misma dirección que la señal.

Un amplificador óptico es capaz de amplificar un conjunto de longitudes de onda (WDM, wavelengthdivisionmultiplexing).

Amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA)

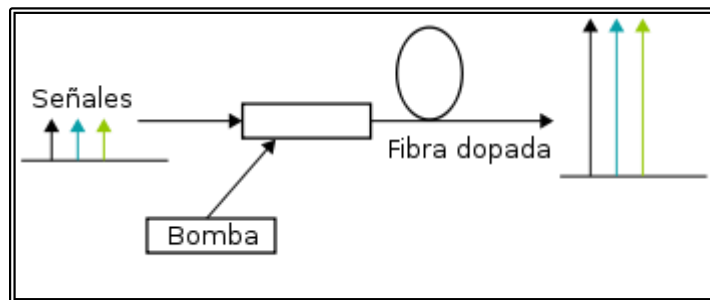


Figura 2.25 Diagrama esquemático de un amplificador de fibra dopada

El amplificador de fibra dopada más común es el EDFA (del inglés, Erbium Doped Fiber Amplifier) que se basa en el dopaje con Erblio de una fibra óptica.

Algunas características típicas de los EDFAs comerciales son:

- ✓ Frecuencia de operación: bandas C y L (approx. de 1530 a 1605 nm).
- ✓ Para el funcionamiento en banda S (below 1480 nm) son necesarios otros dopantes.
- ✓ Baja figura de ruido (típicamente entre 3-6 dB).
- ✓ Ganancia entre (15-40 dB).
- ✓ Baja sensibilidad al estado de polarización de la luz de entrada.
- ✓ Máxima potencia de salida: 14-25 dBm.
- ✓ Ganancia interna: 25-50 dB.
- ✓ Variación de la ganancia: +/- 0,5 dB.
- ✓ Longitud de fibra dopada: 10-60 m para EDFAs de banda C y 50-300 m para los de banda L.

- ✓ Número de láseres de bombeo: 1-6.
- ✓ Longitud de onda de bombeo: 980 nm o 1480 nm².
- ✓ Ruidopredominante: ASE (Amplified Spontaneous Emission).

El ruido ASE generado a la salida de un amplificador de este tipo se puede calcular como:

$$P_{ASE} = 2n_{sp}(G - 1)hf \cdot B_0 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde, n_{sp} es el factor de emisión espontánea, G es la ganancia del amplificador y B_0 es el ancho de banda óptico del amplificador.

Amplificador óptico de semiconductor (Semiconductor optical amplifier, SOA)

Los amplificadores ópticos de semiconductor tienen una estructura similar a un láser Fabry-Perot salvo por la presencia de un anti reflectante en los extremos. El anti reflectante incluye un anti reflection coating y una guía de onda cortada en ángulo para evitar que la estructura se comporte como un láser.

El amplificador óptico de semiconductor suele ser de pequeño tamaño y el bombeo se implementa de forma eléctrica. Podría ser menos caro que un EDFA y puede ser integrado con otros dispositivos (láseres, moduladores...).

Sin embargo, en la actualidad, las prestaciones no son tan buenas como las que presentan los EDFAs. Los SOAs presentan mayor factor de ruido, menos ganancia, son sensibles a la polarización, son muy no lineales cuando se operan a elevadas velocidades...

Su elevada no-linealidad hacen atractivos los SOAs para aplicaciones de procesado como la conmutación toda óptica o la conversión de longitud de onda. También se está estudiando su uso para implementar puertas lógicas.

Amplificadores Raman

Estos dispositivos se basan en amplificar la señal óptica mediante el efecto Raman. A diferencia de los EDFAs y de los SOAs, los amplificadores Raman se basan en una interacción no lineal entre la señal óptica y la señal de bombeo de alta potencia. De esta forma, la fibra convencional ya instalada puede ser usada como medio con ganancia para la amplificación Raman. Sin embargo, es mejor emplear fibras especialmente diseñadas (fibra altamente no lineal) en las que se introducen dopantes y se reduce el núcleo de la fibra para incrementar su no linealidad.

La señal de bombeo se puede acoplar a la fibra tanto en la misma dirección en la que se transmite la señal (bombeo co-direccional) o en el sentido contrario (bombeo contra direccional). Es más habitual el bombeo contra direccional para evitar la amplificación de las componentes no lineales.

El máximo de ganancia se consigue 13 THz (unos 100 nm) por debajo de la longitud de onda de bombeo.

Para obtener una buena amplificación es necesario usar potencias de bombeo elevadas (de hasta 1 W y hasta 1,2 W para amplificación en banda L en fibra monomodo estándar). Normalmente se emplean más de dos diodos de bombeo. El nivel de ruido que se obtiene es bajo especialmente cuando se usa junto con EDFAs.

2.12 Detectores ópticos

En los sistemas de comunicación por fibra óptica se utilizan fundamentalmente dos tipos de detectores de luz en el extremo receptor. La débil señal óptica que llega al final de la fibra debe ser convertida a una señal eléctrica, antes de que continúe su paso por etapas de amplificación, demodulación, demultiplexaje, etc. Un detector de luz es, entonces, el primer elemento de la cadena de dispositivos que propiamente conforman al equipo receptor.

Los dos tipos de detectores que se emplean son, ambos, fotodiodos. De acuerdo con lo dicho, su función es transformar la potencia óptica de entrada a una corriente eléctrica de salida.

Al igual que las fuentes luminosas, los detectores ópticos están fabricados con semiconductores de estado sólido, que en base a la teoría de las uniones P-N generan un flujo de corriente cuando captan un fotón; su grado de respuesta depende de los materiales empleados y de la longitud de onda de trabajo. La explicación de los principios físicos bajo los cuales funcionan los fotodiodos es un análisis amplio en electrónica por lo que nos limitaremos simplemente a mencionar algunos aspectos relacionados con dichos detectores ópticos.

Entre otros parámetros de operación, es deseable que los fotodiodos sean altamente eficientes, que tengan un bajo nivel de ruido, un amplio ancho de banda (es decir, que respondan de manera uniforme y rápida en todas las longitudes de onda de la señal), que sean poco sensibles a las variaciones de temperatura, baratos, pequeños, etc.

La eficiencia de un fotodiodo está relacionada con su responsividad, es decir, la cantidad de electrones que es capaz de generar en relación con los fotones recibidos. Dicho de otra forma, es la corriente eléctrica que entrega a la salida en relación con la potencia óptica de entrada.

Los tipos de fotodiodos que se emplean son el fotodetector PIN y el fotodiodo de avalancha (APD). La responsividad de un fotodiodo de avalancha es mayor que la de un foto detector PIN. Sin embargo, el primero es más sensible a los cambios de temperatura y más caro que el segundo. El detector PIN se usa más comúnmente en enlaces de corta distancia y el ADP es muy útil en transmisiones de larga distancia, donde la señal óptica de llegada es muy débil y se requiere alta

responsividad. Por lo que se refiere a la velocidad de respuesta, ambos fotodiodos pueden trabajar actualmente a velocidades muy altas de transmisión digital.

2.13 Redes de nueva generación NGN

“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.”

Otras definiciones

- ✓ Para Telcordia, NGN es una red de transporte y conmutación a alta velocidad para servicios de voz, fax, datos y vídeo, realizados de forma integrada y usando una red basada en paquetes.
- ✓ Para ETSI y “NGN StarterGroup”, NGN es un concepto para la definición y despliegue de redes, con una separación formal entre diferentes capas y planos con interfaces abiertos, que ofrece a los proveedores de servicios una plataforma sobre la que sea posible evolucionar paso a paso para crear, desplegar y gestionar servicios innovadores.
- ✓ Algunos fabricantes de equipos definen a NGN como una red única y abierta, de paquetes, basada en estándares, capaz de soportar un gran número de aplicaciones y servicios, con la escalabilidad necesaria para afrontar las futuras demandas de tráfico IP y con la flexibilidad para responder a las exigencias del mercado.

2.13.1 Conceptos y visiones de las NGN

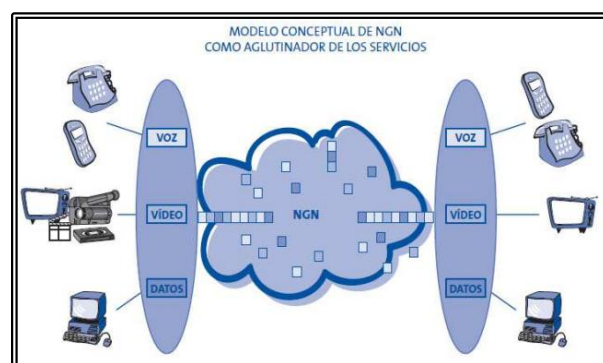


Figura 2.26 Modelo conceptual de las NGN

CONCEPTOS

- ✓ Red Multiservicio capaz de manejar voz, datos y video
- ✓ Red con el plano de control (señalización, control) separado del plano de transporte y conmutación/ruteo
- ✓ Red con interfaces abiertos entre el transporte, el control y las aplicaciones
- ✓ Red que usa la tecnología de paquetes (IP) para transportar todo tipo de información
- ✓ Red con QoS garantizada para distintos tipos de tráfico y SLA.
- ✓ NGN es una red funcional multiservicio, basada en tecnología IP, producto de la evolución de las actuales redes IP, con la posibilidad de ofrecer servicios diferenciados y acordes a la calidad de servicio demandada por las aplicaciones de cliente.

VISIONES

NGN relacionado con los datos e internet, la red de datos e internet brindará:

- ✓ Soporte de conectividad a un conjunto de elementos terminales inteligentes.
- ✓ Los servicios son absolutamente independientes de la red. Todo servicio estará basado en la interacción entre terminales inteligentes.
- ✓ Los servicios tradicionales, también conocidos como legacy, verán disminuir de forma paulatina su importancia a favor de nuevos servicios.

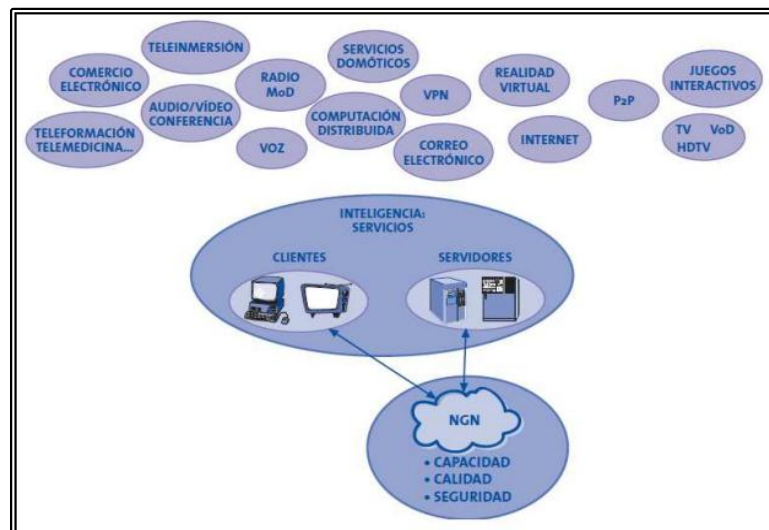


Figura 2.27 Servicios de una red NGN

NGN relacionado con la voz

- ✓ Los servicios serán suministrados a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes.

- ✓ La red tendrá la inteligencia y el control sobre los servicios y se adaptará a éstos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.
- ✓ La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN.

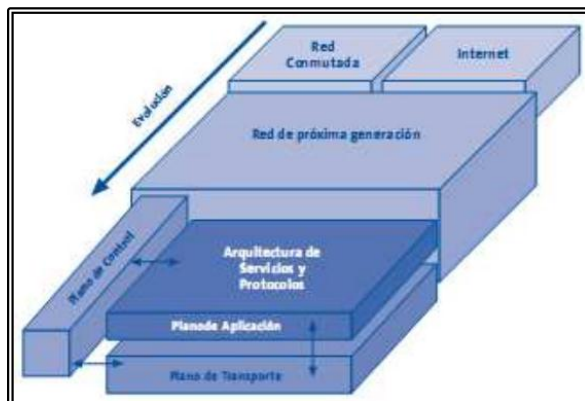


Figura 2.28 Visión NGN con la voz

2.13.2 Evolución y migración hacia las NGN

Evolución

NGN debe permitir la evolución, migración en términos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación. La convergencia es imperativa en todos los aspectos: desde la convergencia de aplicaciones hasta la convergencia de infraestructuras.

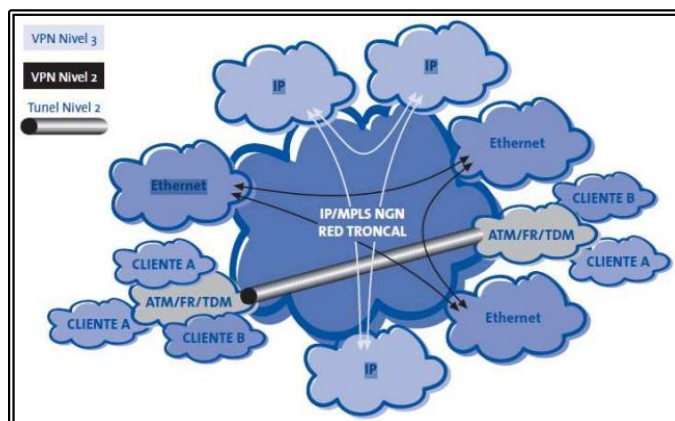


Figura 2.29 Escenario de la evolución NGN

Factores para el cambio

Con la aparición de la libre competencia, inició la motivación en los operadores para intentar ampliar el abanico de servicios que podía ofrecer a sus clientes. De esta forma, las redes se vieron en la necesidad de dar soporte a servicios para los que inicialmente no habían sido diseñadas, apareciendo los primeros síntomas de un problema de fondo: la incapacidad de las redes existentes para dar soporte.

El fenómeno Internet

El proceso evolutivo del sector de las telecomunicaciones ha provocado cambios en el modelo de negocio. Se ha pasado de un modelo vertical, en el cual la red y los servicios aparecen estrechamente ligados, a un modelo vertical-intermedio, que se inició con la aparición de la competencia, en el que se mezclan redes y servicios de una forma no siempre óptima, para terminar en un modelo horizontal en el que se propone una independencia absoluta entre ambos y una única solución.

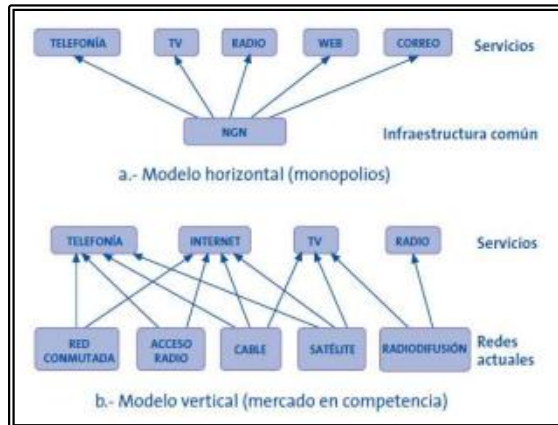


Figura 2.30 Modelos de provisión de servicios

Influencia del internet

Los usuarios habituales de Internet por primera vez no estaban sujetos a lo que el operador de red les ofrecía y tenían la libertad de decidir qué servicios usar. La red era siempre la misma, pero los servicios variaban en función de su disponibilidad y de los deseos de cada cliente en un momento dado.

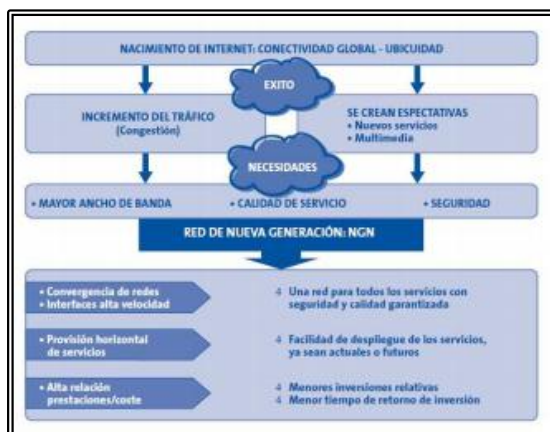


Figura 2.31 Internet y su influencia en la evolución hacia las NGN

Proceso de evolución

El proceso de evolución ha sido largo, no obstante en la actualidad aparece una tendencia clara hacia entornos convergentes basados en el modelo NGN.

Modelos de red clásica vs. NGN

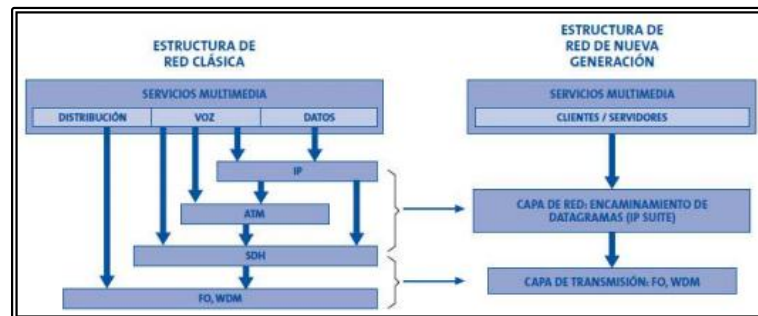


Figura 2.32 Evolución de la red clásica a NGN, simplificación de protocolos

Funcionalidades de las capas

TABLA I0-3 Funcionalidades de capas, Red clásica vs NGN
Fuente: Integración de infraestructura mediante NGN – Red Troncal, imaginar

	Capa FO/WDM	Capa SDH	Capa ATM	Capa IP	Capa de red
Clásica	T	A, P	A, G, C	E	---
NGN	T, A, P	---	---	---	E, A, G, C, P

A= Agregación
C= Calidad de servicio
E= Encaminamiento
G= Gestión de tráfico
P= Protección
T= Transporte

MIGRACIÓN

La migración hacia NGN es un elemento fundamental para lograr la convergencia de redes y servicios. Consiste en pasar de las redes telefónicas públicas (PSTN) basadas en voz a NGN basadas en el protocolo IP. Estas redes están estableciendo un cambio de redes separadas y redes IP hacia redes unificadas basadas en protocolo IP con plataformas Multiservicios y basadas en paquetes de servicios. Dentro de las principales razones para la migración hacia Redes de Nueva Generación, se pueden citar las siguientes:

- ✓ Eficiencia de costos: economías de alcance propias de una única red troncal basada en IP y reducción de costos operativos al permitir la eliminación de centrales locales.
- ✓ Demanda de los consumidores de mayores velocidades de transmisión.
- ✓ Presión competitiva: prestadores de TV por cable, empresas eléctricas, proyectos municipales/públicos y proveedores alternativos.

La migración hacia NGN no significa la sustitución total de las redes ya existentes, sino por el contrario, la integración de las redes de telefonía

convencionales. La modernización de acceso es la base para proveer los nuevos servicios y aplicaciones (datos, voz y multimedia) en la misma red.

2.13.3 Características fundamentales de las NGN

Según los lineamientos y estándares de la UIT, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001 son:

TABLA 0I-4 Características de las NGN
Fuente: Recomendación Y.200 – ITU

Características	Descripción
Transferencia	Basada en paquetes
Funciones de control	Separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
Desacoplamiento	De la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas. Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia)
Capacidades	Banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.
Interfuncionamiento	Con redes tradicionales a través de interfaces abiertas
Movilidad	Generalizada
Acceso	Sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios
Identificación	Diferentes esquemas de identificación
Unificación	Las mismas características para el mismo servicio
Convergencia	Entre servicios fijos y móviles
Independencia	De las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
Soporte	De las múltiples tecnologías de última milla y de servicios de diferente naturaleza: tiempo real y no real, streaming, servicios multimedia (voz, video, texto).
Requisitos reglamentarios	Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios: de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc.
Infraestructuras	Para la creación, desarrollo y gestión de toda clase de servicios, distinguiendo y separando los servicios y las redes de transporte. Posee una arquitectura de red horizontal basada en una división transparente de los planos de transporte, control y aplicación.
Transporte	Basado en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS
Migración	De las redes actuales (PSTN, ISDN y otras) a NGN, a través de interfaces abiertos y protocolos estándares.
Escalabilidad	De la infraestructura de red; esto implica permitir la ampliación de la red de acuerdo a las necesidades, teniendo en cuenta la cantidad de usuarios y la variedad de servicios a ofrecer.
Arquitectura funcional	Que soporta la conexión a red basada en tres modos de conmutación: de circuitos, de paquetes y de paquetes sin conexión.
Distribución	La simultánea de diferentes servicios, como telefonía, televisión, acceso a Internet, datos y otros servicios de valor agregado.

Flexibilidad	Para distribuir solo los servicios que el usuario requiera, en cualquier combinación
Simplificar	Al máximo la administración, el mantenimiento y la distribución de los servicios
Redundancia	Configuraciones redundantes para asegurar alta tasa e disponibilidad de los servicios.
Ahorro	Mantenimiento y consumo de energía.

2.13.4 Componentes de una NGN

Softswitch

Es el principal dispositivo en la capa de control, encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP).

El softswitch busca la utilización de estándares abiertos para lograr la integración de las redes de próxima generación con la capacidad de transportar voz (Voz sobre IP), datos y multimedia, sobre redes IP, considerándolo como una eficiente plataforma de integración para el intercambio de servicios y aplicaciones.

Softswitch/MGC

Conocido como CallAgent o Media Gateway Controller (MGC), es el mecanismo que provee el “control de provisión de servicio” en la red, está a cargo:

- ✓ Control de llamada
- ✓ Maneja el control de las Pasarelas de Medios (Acceso y/o Enlace).
- ✓ Realiza la función de una pasarela de señalización.
- ✓ Provee conexión a los servidores de Red Inteligente/aplicaciones para proveer los mismos servicios que los disponibles para los abonados a TDM.

Características del Softswitch

TABLA 0I-5 Características del Softswitch

Fuente: Estudio Integral de Redes de Nueva Generación y Convergencia - Imaginar

Características	Descripción
Control	De servicios de conexión asociados a las pasarelas multimedia (Media Gateways) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo.
Capacidad	De proveer sobre la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento y de transferir el control de una llamada a otro elemento de red.
Selección	De procesos en cada llamada
Enrutamiento	De las llamadas en función de la señalización y de la información almacenada en la base de datos de los clientes.
Interfaces	Con funciones de gestión como los sistemas de facturación y provisión.
Coexistencia	Con las redes tradicionales de conmutación.
Servicios	Voz, Fax, vídeo, datos y nuevos servicios que serán ofrecidos en el futuro.

Dispositivos finales	Pueden ser; teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadores, beepers, terminales de video conferencia, etc.
Interoperabilidad	Libertad en la elección de productos de distintos fabricantes en todas las capas de la red.
Flexibilidad	Al soportar el desarrollo de equipos de telefonía de gran nivel.

Arquitectura del Softswitch

Un Softswitch puede estar compuesto por uno o más componentes, es decir sus funciones se pueden desarrollar en un sistema o a través de varios sistemas.

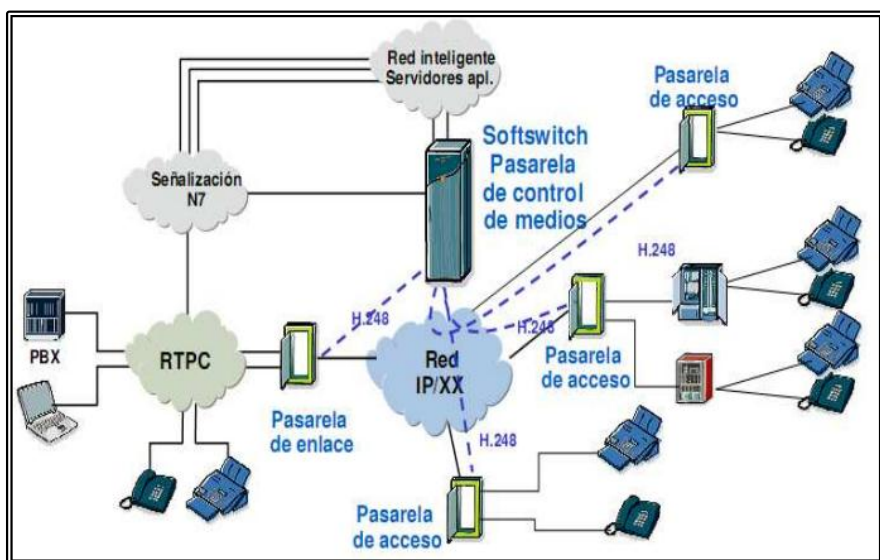


Figura 2.33 Componentes Softswitch

Componentes de un Softswitch

Gateway Controller (Controlador De Pasarela): También llamado CallAgent, es el centro operativo del softswitch, mantiene las normas para el procesamiento de llamadas, comunicándose con otras partes del Softswitch, y componentes externos utilizando diferentes protocolos. Es responsable del manejo del tráfico de Voz y datos a través de varias redes.

Las principales funciones del Gateway Controller son:

- ✓ Control de llamadas.
- ✓ Protocolos de establecimiento de llamadas: H.323, SIP.
- ✓ Protocolos de Control de Medios: MGCP, MEGACO H.248.
- ✓ Control sobre la Calidad y Clase de Servicio.
- ✓ Protocolo de Control SS7: SIGTRAN (SS7 sobre IP).
- ✓ Procesamiento SS7 cuando usa SIGTRAN.
- ✓ Enrutamiento de llamadas.
- ✓ Detalle de las llamadas para facturación.

- ✓ Manejo del Ancho de Banda.

Signalling Gateway (Pasarela De Señalización)

Sirve como puente entre la red de señalización SS7 y la red IP bajo el control del Gateway Controller. Es el responsable de ejecutar el establecimiento y desconexión de la llamada.

Principales funciones del Signaling Gateway:

- ✓ Proveer conectividad física para la red SS7 vía T1/E1 o T1/V.35.
- ✓ Capaz de Transportar información SS7 entre el Gateway Controller y el Signaling Gateway a través de IP.
- ✓ Proporciona una ruta de transmisión para la voz y opcionalmente para los datos.
- ✓ Alta disponibilidad de operación para servicios de telecomunicaciones.

Media Gateway (Pasarela De Medios)

El media gateway proporciona el transporte de voz, datos, fax y vídeo entre la Red IP y la red PSTN. El componente más básico que posee el media Gateway es el DSP (digital signalprocessor), siendo su función más importante el transformar la voz en paquetes para poder ser comprendidos por la red IP.

Principales funciones y características del Media Gateway:

- ✓ Transmisión de paquetes de voz empleando RTP como protocolo de transmisión.
- ✓ Posee una entrada y salida de datos alta, la cual puede aumentar a medida que la red aumente su tamaño, por lo tanto debe poseer la característica de ser escalable, en puertos, tarjetas, nodos externos y otros componentes del softswitch.
- ✓ Tiene un Interfaz Ethernet y algunos poseen redundancia.

Servidor De Aplicaciones (Application Server)

Esta unidad provee la ejecución de los servicios, por ejemplo para controlar los servidores de Llamadas y los recursos especiales de NGN (ej.: servidores de medios y servidores de mensajes).

Media Server (Servidor De Medios):

Mejora las características funcionales del Softswitch, contiene las aplicaciones de procesamiento del medio, esto significa que soporta un alto funcionamiento del hardware del DSP.

Principales funciones del Media Server:

- ✓ Funcionalidad básica de voicemail.
- ✓ Integrar fax y mail box, notificando por e-mail o pre-grabación de los mensajes.
- ✓ Capacidad de videoconferencia.
- ✓ Speech-to-text, el cual se basa en el envío de texto a las cuentas de e-mail de las personas o a los beeper usando entradas de voz.
- ✓ Speech-to-Web, es una aplicación que transforma palabras claves en códigos de texto los cuales pueden ser usados en el acceso a la Web.
- ✓ Unificación de los mensajes de para voice, fax y e- por un interfaz Ethernet.
- ✓ Fax-over-IP (Fax sobre IP).

Redes de Paquetes

- ✓ La información es empaquetada en unidades de tamaño variable con cabeceras de control que permiten el enrutamiento y entrega apropiados
- ✓ La tendencia NGN es usar redes IP sobre varias posibilidades de transporte (ATM, SDH, WD)
- ✓ Estas redes IP deben ofrecer QoS con respecto a voz en tiempo real.

2.13.5 Arquitectura NGN

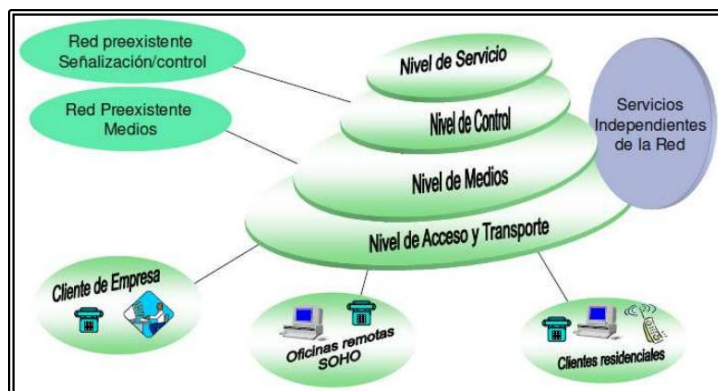


Figura 2.34 Niveles NGN

Las NGN requieren una arquitectura que permita la integración perfecta de servicios de telecomunicaciones tanto nuevos como tradicionales entre redes de paquetes de alta velocidad, Inter-operando con clientes que poseen capacidades distintas. Dicha arquitectura generalmente está estructurada alrededor de cuatro capas principales de tecnología: conectividad (transporte, medios), acceso, servicio y gestión (control).

Cada una de estas capas se basa en una serie de normas que son esenciales para la implementación exitosa de una NGN. El UIT-T está trabajando activamente en una visión emergente de una NGN, la cual se basa en un prototipo de redes inalámbricas y alámbricas convergentes.

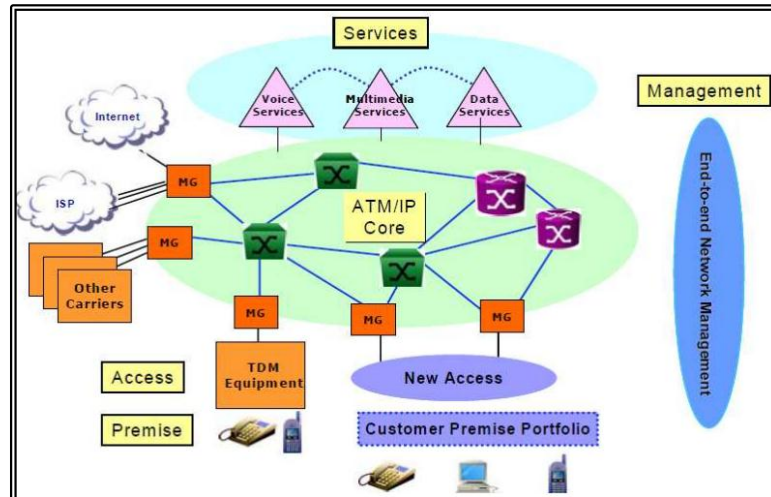


Figura 2.35 Arquitectura NGN

2.13.6 Plataforma IMS (Internet Protocol Multimedia System)

Esta tecnología se basa en una nueva arquitectura, donde los servicios ya no están integrados verticalmente, lo cual permite la convergencia de servicios de texto, datos, video y multimedia. Entre los beneficios se pueden destacar: una red básica de acceso independiente y una red para voz y datos que permite servicios multimedia integrados

Definiciones de IMS

- ✓ Se denomina IMS “IP Multimedia Subsistema”, al subsistema de control, acceso y ejecución de servicios común y estándar para todas las aplicaciones en el modelo de arquitectura de nueva generación, capa de control de una red de nueva generación.
- ✓ IMS permite controlar de forma centralizada y deslocalizada el diálogo con los terminales de los clientes para la prestación de cualquiera de los servicios (voz, datos, video, etc.) que estos requieran.

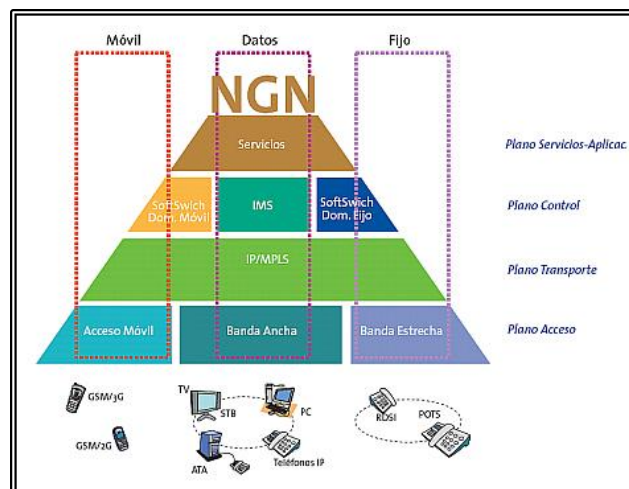


Figura 2.36 NGN e IMS

Ejes fundamentales de IMS

El modelo IMS se basa en tres ejes fundamentales que pueden asegurar su éxito:

TABLA 0I-6 Ejes fundamentales de la red NGN
Fuente: La próxima generación de redes, NGN, un trayecto hacia la Convergencia – Telefónica

Eje	Descripción
Tecnologías de la información	Se adoptan los protocolos de Internet SIP (HTTP, etc.), se integran las comunicaciones personales (voz, Mensajería, etc.) con las aplicaciones IT. Se aprovecha la mayor capacidad y flexibilidad de estos protocolos para la prestación de todo tipo de nuevos servicios multimedia.
Conectividad IP del cliente	La convergencia de accesos fijos y móviles definiéndose IMS como “agnóstico” al tipo de acceso, siempre que éste sea banda ancha.
Movilidad generalizada	Movilidad entre diferentes accesos de un mismo operador incluyendo el mantenimiento de las comunicaciones en itinerancia, la movilidad entre redes (deslocalización) y movilidad del cliente y sus aplicaciones entre diferentes terminales (móvil, PDA, PC, etc.).

Para el operador

El cliente está suscrito al dominio del operador que controla bajo perfiles de suscripción el acceso de éste a cualquier aplicación (SIM-Dominio- Operador) esté o no en su red. Se traslada el concepto de dominio de aplicación (ISP) al concepto de operador Telco.

Para el cliente

Movilidad, localización y accesibilidad garantizada, acceso a los mismos servicios siempre bajo la mejor opción de conexión (AlwaysBestconnected) en función de preferencias de usuario, de coste o de ancho de banda requerido, tarificación simple y flexible que le permita control de gasto y dotando a estas comunicaciones de valores propios como QoS, seguridad, fiabilidad y alta disponibilidad de las redes Telcos.

Ventajas e inconvenientes de las NGN

Ventajas

- ✓ Disponibilidad de una gran variedad de servicios y fácil movilidad entre ellos, la posibilidad del usuario para elegir el tipo de acceso que más se adecue a

sus necesidades ya sea atendiendo a criterios de precios ó calidad del servicio, y la mayor velocidad de transmisión, entre otras.

- ✓ Las NGN permiten la convergencia de las comunicaciones fijas y móviles, permitiendo así que el usuario escoja acceso fijo o móvil o una combinación de ambas con las capacidades de transporte utilizando una única identidad como suscriptor.
- ✓ Invierte en el desarrollo de la red gradualmente.
- ✓ Permite que el costo por abonado se ajuste a los servicios brindados.
- ✓ Reduce los costos operativos e incrementa la rentabilidad de los negocios.
- ✓ Dispone de una red con redundancia, lo que implica asegurar la disponibilidad permanente de los servicios y el incremento de la rentabilidad global del negocio.
- ✓ Puede diseñar esquemas de negocios donde el abonado pague de acuerdo a los servicios que utiliza, manteniendo un costo base por abonado.

Inconvenientes

La migración a NGN puede traer consigo un desarrollo desigual ya que se espera que las áreas densamente pobladas sean las primeras en ser atendidas, siendo las rurales y más alejadas las últimas.

Siguiendo este análisis, los consumidores con mayor capacidad de pago probablemente se moverán mucho más rápido a las NGN. Como el tráfico migra hacia redes IP habrá menos consumidores generando ingresos por redes PSTN (Legacy Networks) de servicios de voz y estos tendrán un incremento en su precio.

Estos inconvenientes pueden mitigarse si se realizan planeaciones de optimetría de las redes y aplicaciones innovadoras, ya que el acceso a NGN provee servicios en convergencia a costos más bajos, lo que constituiría una ventaja competitiva, aprovechable por parte de los operadores y los usuarios.

2.14 Redes ópticas

Una red óptica es una red de telecomunicación en donde los enlaces de transmisión son fibras ópticas cuya arquitectura está diseñada para explotar las características singulares de este medio de transmisión. Su diseño e implementación requiere en general de una combinación compleja de elementos ópticos y electrónicos, así como del software adecuado que pueda garantizar su correcto funcionamiento, y su concepción arquitectónica obedece a un modelo de capas.

Características de las redes ópticas

TABLA 0I-7 Características de las redes ópticas

Fuente: Redes Ópticas – José Capmany

Característica	Descripción
Gran capacidad de transmisión.	Gracias a WDM que proporcionó la obtención, a partir de una única fibra de muchas fibras virtuales, transmitiendo cada señal sobre una portadora óptica con una longitud de onda diferente.
Aumento de la seguridad.	Realizando la restauración de señales en la capa óptica mejor que en la capa eléctrica, además, la capa óptica puede proporcionar capacidad de restauración de señales en las redes que actualmente no tienen un esquema de protección.
Reducción de costes.	En las redes ópticas solo aquellas longitudes de onda que suban o bajen datos a un sitio necesitarán el correspondiente nodo eléctrico y los otros canales pueden pasar simplemente de forma óptica proporcionando así un gran ahorro de gastos en equipos y administración de red.
Aprovechamiento del ancho de banda	Al maximizar la capacidad posible en una fibra las empresas de servicios pueden mejorar sus ingresos con la venta de longitudes de onda, independientemente de la tasa de datos (Bit Arte) que se necesite y para los clientes este servicio proporciona el mismo ancho de banda que una fibra dedicada entre otros.

2.14.1 Arquitectura de red

Las Redes ópticas deben soportar conexiones de redes punto a punto, anillo, permitir la conectividad entre anillos, mallas y topología de estrella mientras provee la combinación de redes de banda ancha y transporte óptico.

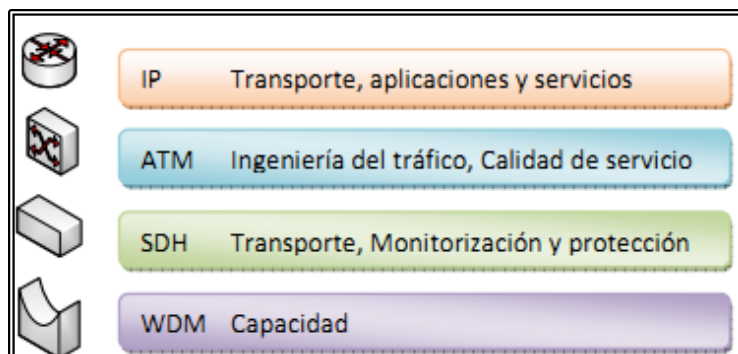


Figura 2.37 Arquitectura de redes ópticas

El subsistema tributario permite proveer de forma directa de una variedad de servicios desde conexiones LAN, IP y servicios ATM hasta los tradicionales servicios de voz, porque múltiples servicios pueden ser adaptados a un formato común y de esta forma se conforman los paquetes y son multiplexados para que los recursos se puedan compartir eficazmente.

Equipos utilizados en las redes ópticas

Amplificador óptico (EDFA):Dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico.

Multiplexores Add/Drop: El multiplexor de extracción-inserción (ADM) permite extraer en un punto intermedio de una ruta parte del tráfico cursado y a su vez inyectar nuevo tráfico desde ese punto

Transconectores Ópticos (Cross-Connect Óptico u OXC):Es un aparato que utiliza las telecomunicaciones, para las compañías del interruptor de alta velocidad de las señales ópticas en una fibra óptica de la red.

2.14.2 Redes PON (Passive Optical Network)

Las Redes PON son alternativas de solución gracias a su robustez y ancho de banda ilimitado, además porque su costo contenido en equipamiento electroóptico y la eficiencia de las topologías árbol-rama aportan un incentivo adicional frente a los despliegues tradicionales basados en conectividad punto a punto.

Ventajas

Las arquitecturas PON están centrando atender la problemática de la última milla, puesto que presenta evidentes ventajas:

- ✓ Permiten atender a usuarios localizados a distancias de hasta 20Km desde la central (O nodo óptico), dicha distancia supera con creces la máxima cobertura de las tecnologías DSL. (Máximo 5Km desde la central)
- ✓ Minimizan el despliegue de fibra en el bucle local al poder utilizar topologías árbol - rama mucho más eficientes que las topologías punto a punto, además de que este tipo de arquitecturas simplifica la densidad del equipamiento de central, reduciendo el consumo.
- ✓ Ofrecen una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre.
- ✓ Elevan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, no propagar las descargas eléctricas procedentes de rayos, etc.
- ✓ Las Redes PON permite crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales.

2.14.3 Generaciones de Redes ópticas

Redes ópticas de primera generación

Las redes ópticas de primera generación se caracterizan por emplear la fibra óptica únicamente como medio de transmisión de alta calidad en sustitución del cobre. Como consecuencia, todo el procesado, encaminamiento y conmutación se realiza en el dominio eléctrico de la señal.

Redes ópticas de segunda generación

En las redes ópticas de segunda generación se pretende realizar funciones adicionales: el encaminamiento y la conmutación dentro del dominio óptico, las mismas son funciones que puedan aportar un considerable ahorro en equipos electrónicos. El traslado de otras series de funciones relacionadas con el control, la gestión y protección de la red al dominio óptico pueden aportar notables ventajas.

Redes ópticas de nueva generación

Existen diferentes paradigmas de transmisión o transporte que forman parte de las denominadas Redes de Próxima Generación.

La siguiente figura ofrece un esquema de una red de nueva generación que conforma un backbone con enrutamiento al nivel óptico, estos Routers de nuevo tipo operan sobre longitudes de onda utilizando un bloque de Conmutación óptica (Optical Cross-Connect). En este esquema la red de acceso se presenta en tres alternativas: IP, ATM y SDH lo cual permite aplicar cualquier modelo de red, mostrándose también la capacidad de protección contra fallas.

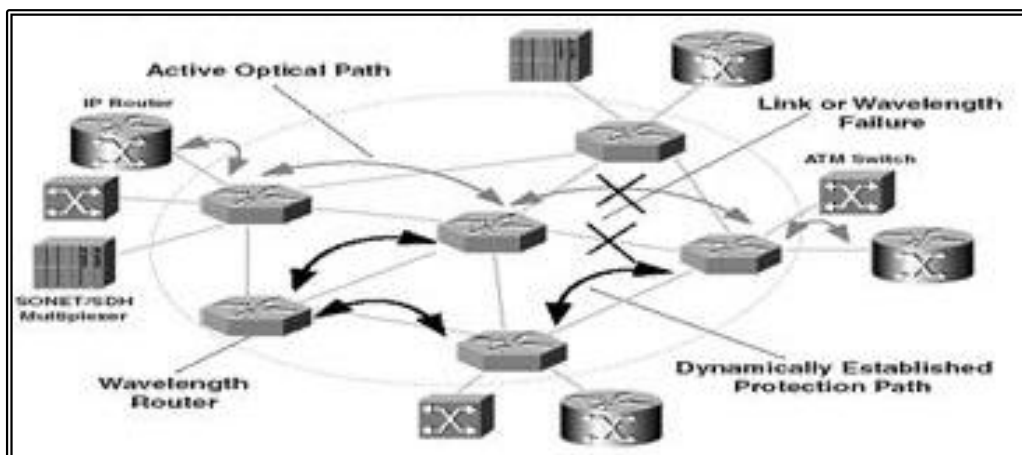


Figura 2.38 Red óptica de nueva generación

Nuevo modelo para Red de Transporte

IP, ATM, SDH y DWDM son las capas en donde, IP es portador de la inteligencia y la capa de ATM, por su parte, garantiza la calidad de servicio (QoS); SDH asegura la fiabilidad pues contiene los mecanismos para la recuperación ante fallas, mientras que DWDM añade una alta capacidad de transporte.

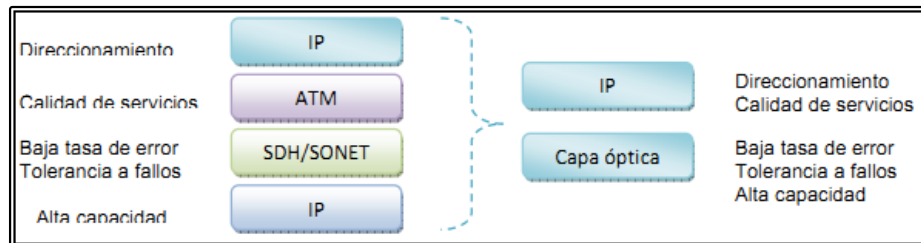


Figura 2.39 Modelo de red de Transporte

2.15 ATM (Asynchronous Transfer Mode)

El modo de transferencia asincrónica es un estándar que fue diseñado para permitir comunicaciones a gran velocidad. Inicialmente fue desarrollado para ser transportado sobre SDH.

ATM permite a las redes utilizar los recursos de banda ancha con la máxima eficacia y mantener al mismo tiempo la calidad de servicio (QoS) para los usuarios y programas con unos requisitos estrictos de funcionamiento.

La red ATM suele ser de tipo mallado y su funcionamiento está basado en las denominadas “celdas ATM”, por tanto, al ser éstas de tamaño fijo y reducido, se puede garantizar una conexión de red con muy poco retardo, habilitando además la posibilidad de proporcionar calidad de servicio (QoS).

CARACTERÍSTICAS

- ✓ Es un modo de transferencia orientado a la conexión, es decir, cada llamada se constituye en un canal virtual en el multiplex ATM.
- ✓ Es una técnica orientada a paquetes, en la que el flujo de información se organiza en bloques de tamaño fijo y pequeño, que reciben el nombre de celdas.
- ✓ Las celdas se transfieren usando la técnica de multiplexación asíncrona por división en el tiempo necesario.
- ✓ Es un modo de transferencia orientado a la conexión, es decir, cada llamada se constituye en un canal virtual en el multiplex
- ✓ Se garantiza la secuencia de entrega de las células transmitidas por el mismo canal virtual
- ✓ No existe protección contra errores ni control de flujo en la transferencia de información entre los enlaces. Estos se realizan extremo a extremo entre los

terminales de manera transparente a la red, aunque existe un control del tráfico y la congestión en la red.

APLICACIONES

- ✓ Telefonía: Servicio de Audio
- ✓ Video Telefonía: Servicios de Audio y Video Standard
- ✓ TV de Definición Standard: Servicio de Datos
- ✓ Teletexto, audio, video, video librería, Datos de alta velocidad IP (Internet Protocol)

2.16 Internet Protocol (Protocolo de Internet)

IP es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

Ip es el protocolo de mayor empleo en la actualidad en las redes. Es una tecnología que está diseñada para trabajar sobre un conjunto diverso de protocolos de enlace de datos como Ethernet, Token Ring, etc.

También opera sobre las líneas de fibra de alta velocidad empleando PPP y HDCL.



Figura 2.40 Tecnologías en las capas OSI

CARACTERÍSTICAS IP

- ✓ IP provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado del mejor esfuerzo (besteffort), lo hará lo mejor posible pero garantizando poco).
- ✓ IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad.

- ✓ Si la información a transmitir ("datagramas") supera el tamaño máximo "negociado" (MTU) en el tramo de red por el que va a circular podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y re ensamblada.

APLICACIONES IP

- ✓ Estandarización de una gran cantidad de aplicaciones. Esta profusión de aplicaciones permite que se puedan llevar a cabo la mayoría de las funciones requeridas por los usuarios sin necesidad de tener que realizar desarrollos específicos en cada instalación. Ejemplos de estas aplicaciones son la transferencia de ficheros FTPo TFTP o el correo SMTP.
- ✓ Las aplicaciones TCP/IP están basadas en el concepto cliente/servidor y las interfaces entre ambos componentes están definidas por lo que es posible la comunicación entre clientes y servidores proporcionados por diferentes suministradores o que se ejecutan en máquinas de diferente arquitectura o con diferentes sistemas operativos.
- ✓ Aplicaciones reales: VoIP, TVIP, VoD

2.17 MPLS (MultiProtocol Label Switching)

MPLS es un estándar IP de conmutación de paquetes del IETF, que trata de proporcionar algunas de las características de las redes orientadas a conexión a las redes no orientadas a conexión. MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de prioridad y/o calidad (QoS). La idea de MPLS es realizar la conmutación de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes según la clasificación establecida por la QoS en la SLA.

CARACTERÍSTICAS DE MPLS

- ✓ Ofrece servicio no orientado a conexión mediante transporte de datagramas, no mantiene un "estado" de la comunicación entre nodos.
- ✓ MPLS es una tecnología de conmutación que proporciona circuitos virtuales en redes IP
- ✓ Introduce una serie de mejoras respecto a IP: Redes privadas virtuales y TE.
- ✓ El camino que sigue está prefijado desde el origen (se conoce los saltos): Usa etiquetas para identificar cada comunicación y en cada salto se puede cambiar de etiqueta (similar que VPI/VCI en ATM, o que DLCI en FrameRelay).
- ✓ Las etiquetas con el mismo destino tratamiento se agrupan en una etiqueta, dichas etiquetas se pueden apilar, de modo que se puede encaminar de manera jerárquica.

APLICACIONES DE MPLS

- ✓ Redes de alto rendimiento: Decisiones de encaminamiento que toman los routers MPLS en base a la LIB son sencillas y rápidas respecto a las que toma un router IP ordinario (la LIB es más pequeña que una tabla de rutas normal). La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.
- ✓ Ingeniería de Tráfico: Planificación de rutas en una red en base a previsiones y estimaciones a largo plazo con el fin de optimizar los recursos y reducir congestión.
- ✓ Soporte multiprotocolo

2.18 SDH (Synchronous Digital Hierachy)

La jerarquía digital síncrona (SDH). Es un sistema de transporte digital sincrónico diseñado para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible para redes ópticas de telecomunicaciones de alta capacidad. Inicialmente SDH se desarrolló en EE. UU. Bajo el nombre de SONET o ANSI T1X1 y posteriormente el CCITT (Hoy UIT-T) en 1989 se definió con el nombre de SDH.

CARACTERÍSTICAS SDH

- ✓ Simplificación de red: Un multiplexor SDH puede incorporar tráfico básico (2 Mbps en SDH) en cualquier nivel de la jerarquía, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades de equipamiento.
- ✓ Fiabilidad: En una red SDH los elementos de red se monitorean extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento y la integridad de la misma. La gestión de red permite la inmediata identificación de una falla en un enlace o nodo de la red.
- ✓ Software de control: La inclusión de canales de control dentro de una trama SDH posibilita la implementación de un software de control total de la red. La posibilidad de control remoto y mantenimiento centralizado permite disminuir el tiempo de respuesta ante fallos.
- ✓ Sincronización: Los operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda.

APLICACIONES SDH

- ✓ Reemplazo de las Redes Troncales Plesiócronicas actuales.
- ✓ Redes Troncales por su uso como Bus o en configuraciones en anillo.
- ✓ Servicios de Banda Ancha (LAN,WAN).
- ✓ Soporte de Redes Multiservicios.

2.19 DWDM (Dense WaveLength Division Multiplexing) y sus variaciones

DWDM es el acrónimo, en inglés, de Dense wave length Division Multiplexing, que significa Multiplexación por división en longitudes de onda densas. DWDM es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

TIPOS DE WDM

TABLA I0-8 Tipos de WDM
Fuente: Redes ópticas, José Capmany

Tipo	Cantidad de canales	Espacio entre canales	Características
WWDM	2	100 nm o más	Barato, Provee tecnología FBT
CWDM	2 - 16	20 nm	Bajo costo de soluciones, comparado con DWDM
DWDM	2 - 64 o más	0.8 o 1.6 nm	Máximo 16 para soluciones pasivas. Soluciones activas ofrecen más flexibilidad y funciones de gestión.

CARACTERÍSTICAS DWDM

- ✓ Los sistemas DWDM emplean los últimos avances en la tecnología óptica para generar un gran número de longitudes de onda en el rango cercano a 1.550 nm.
- ✓ Cada día salen al mercado sistemas con mayor número de canales. Un sistema DWDM de 40 canales a 10 Gbps por canal proporciona una velocidad agregada de 400 Gbps.
- ✓ A medida que crece la implantación de DWDM su coste va decreciendo progresivamente, debido básicamente a la gran cantidad de componentes ópticos que se fabrican.
- ✓ El campo de aplicación de DWDM se encuentra en redes de larga distancia de banda ultra-ancha, así como en redes metropolitanas o interurbanas de muy alta velocidad
- ✓ Multiplexores y demultiplexores ópticos basados en difracción óptica pasiva. Filtros de longitud de onda seleccionable, que pueden ser empleados como multiplexores ópticos. Los multiplexores ópticos Add – Drop (OADM) han permitido que la tecnología DWDM pueda implantarse en redes de diversos tipos.

APLICACIONES DWDM

- ✓ Permite a los proveedores de servicios ofrecer cualquier tipo de tráfico de voz, datos y/o multimedia.
- ✓ El uso de DWDM permite a los propietarios de infraestructuras, reutilizar la fibra ya instalada de más capacidad, casi de manera inmediata.
- ✓ Transmisión simultáneamente 20 millones de conversaciones telefónicas, de datos o fax.

CAPÍTULO III

III. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.

3.1 Tecnologías y servicios existentes en la CNT EP

CNT EP es una empresa pública líder en telecomunicaciones en el Ecuador, que brinda servicios de transporte, almacenamiento y procesamiento de información; como son la Telefonía Fija, Telefonía Nacional, Telefonía Internacional, Transmisión de Datos, e Internet.

La operación de las distintas redes ha venido funcionando separadamente: Red SDH para el transporte de llamadas telefónicas (voz) y la red ATM para comunicaciones informáticas (datos); para lo que es última milla se utiliza un sistema de acceso XDSL.

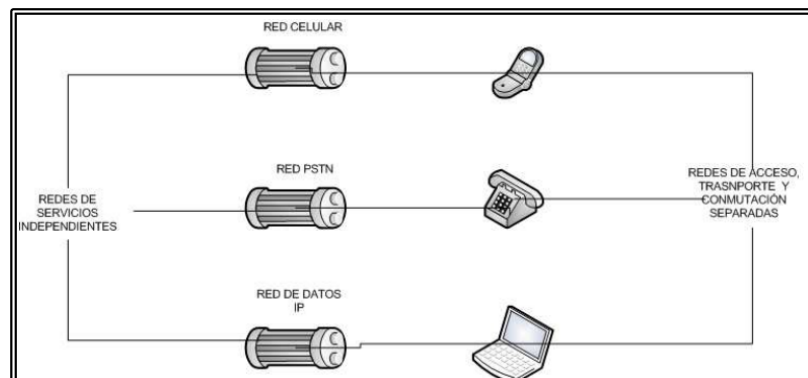


Figura41 Arquitectura de una red para cada servicio

La Corporación se encuentra en una fase de transición, hacia la provisión de servicios convergentes de telecomunicaciones: voz, video y datos (Multiservicios) basados en tecnología de punta que permita la prestación de éstos de acuerdo a los más altos estándares de calidad de los mercados en la industria de telecomunicaciones.

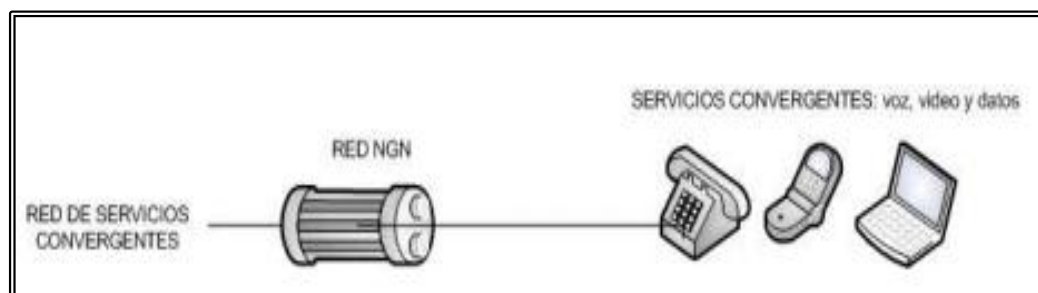


Figura 42 Arquitectura de convergencia de servicios para una misma red

3.1.1 Servicios y redes de servicios

TELEFONÍA FIJA: La Telefonía Fija Alámbrica, involucra el uso de un enlace alámbrico para la comunicación entre dos terminales.

Productos de Telefonía Fija: Acometidas, Fono control, Línea IDSN Bri, Línea telefónica residencial, Línea temporal.

TELEFONÍA MÓVIL: La telefonía móvil, también llamada telefonía celular, básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil) y los terminales (o teléfonos móviles) que permiten el acceso a dicha red.

Productos de Telefonía Móvil: Plan Prepago Alegre, Plan Pago lo que hablo, Plan Mi Negocio, Plan Empresas, Dúate, Mondo, Tarifa naranja, SMS. Internet Alegre: NIU Internet, NIU PDA, NIU Banda ancha.

INTERNET: La red existente cuenta con tecnología de punta IP/MPLS TE, soporta enlaces de fibra óptica monomodo que posee cobertura a nivel nacional con anillos redundantes y una salida internacional de 5 vías con protocolo de enrutamiento BGP y funcionalidades multihoming, lo que asegura una alta disponibilidad.

La CNT-EP en cuanto a la salida internacional al internet es propietaria de los siguientes cables sub marinos: cable submarino panamericano, inversión en el cable Américas 2 y redundancia por cable submarino Emergía. También la corporación dispone de las tecnologías de acceso como: ADSL2+; GPON; G.SHDSL; WIMAX.

Productos Internet: Dial up, Fast boy, Banda ancha PYMES, Internet Corporativo Premium, Streaming, Web Hosting.

DATOS: La categoría de productos de Transmisión de Datos se encuentra dividida en dos líneas de productos, las cuales son: Terrestres y Satelitales.

La CNT trabaja con una robusta red de fibra óptica con tecnologías de punta integradas como DWDM, GPON y MPLS TE, proveyendo más de 6 lambdas de conexión en el backbone nacional.

Productos Datos

- ✓ Servicio internacional: 6TXDAT - Datos Internacionales
- ✓ Servicio Interurbano: 2TXDAT - 4TXDAT - Datos Interurbanos.
- ✓ Servicio Local: 1TXDAT - 3TXDAT - Datos Locales.
- ✓ Servicio offnet: 5TXDAT - Datos Offnet
- ✓ Servicio satelital: 7TXDAT - Datos Satelitales.

3.1.2 Tecnologías en servicios

El gran auge de la Internet y su explosivo crecimiento generó un déficit de ancho de banda, ya que los "backbones" IP de los proveedores poseían infraestructuras

con mucho desperdicio de recursos, lo que ocasionaba congestión y saturamiento de las redes.

Por esta razón la CNT – EP decidió implantar una infraestructura de red basada en la convivencia de tecnologías que permiten la prestación de los servicios de telecomunicaciones con garantías y con optimización de los recursos existentes. Estas tecnologías son: ATM, IP, MPLS,SDH y WDM.

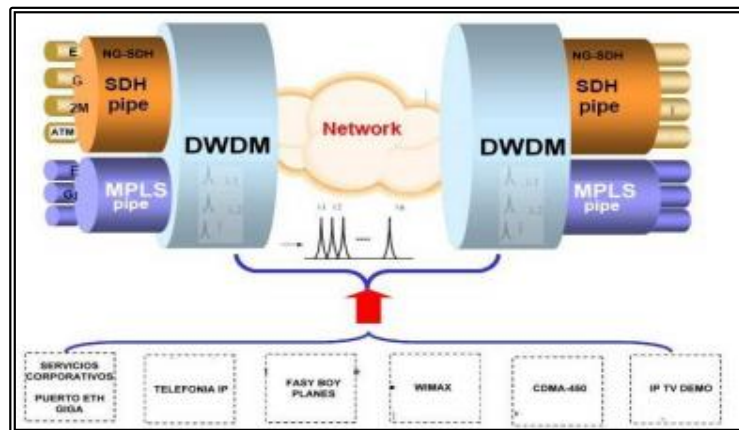


Figura 43 Red IP-ATM-MPLS de la CNT

3.1.3 Fortalezas de la plataforma actual de la CNT EP a nivel nacional

BACKBONE

- ✓ La CNT EP es propietaria de la red de fibra óptica más grande a nivel nacional, con más de 10.000 Km instalados de la mejor calidad.
- ✓ La Fibra Monomodo y anillada, permite mayor calidad en la transmisión de datos y garantiza una alta disponibilidad en la red, incluye triple protección en el cable, chaquetas de seguridad y con alma de acero.
- ✓ La implementación se realiza a través de canalización subterránea propia, brindando mayor seguridad para garantizar el servicio.
- ✓ Implementación y operación conforme a estándares internacionales, tales como el 568B.3.1.

RED DE TRANSPORTE

- ✓ La tecnología implantada es de última generación con IP/MPLS TE y DWDM.
- ✓ La red nacional IP/MPLS TE de CNT es una red de última tecnología, implementada en su totalidad con tecnología CISCO.
- ✓ Capacidad en la red de Transporte de hasta 192 Lambdas
- ✓ Interfaces de conexión con capacidades de hasta 10 Gbps.

RED DE ACCESO

- ✓ Disposición de las tecnologías de acceso fija más avanzadas del Ecuador: ADSL2, GPON, G.SHDSL, WIMAX

CONECTIVIDAD INTERNACIONAL

- ✓ CNT posee nivel de TIER 2, por lo tanto la mejor conectividad internacional del país con una capacidad de transporte de datos internacional de 192 STM-1.
- ✓ CNT posee actualmente 5 salidas para conexión internacional:
 - Tres cables submarinos (Cable Panamericano, Emergía y Américas 2).
 - Dos cables terrestres (Telecom y Transnexa).

3.1.4 Transición de la CNT EP hacia la convergencia de servicios

La convergencia es un fenómeno más amplio que la mera transformación de las redes. Se refiere a la aproximación y mezcla de tres sectores previamente separados: las telecomunicaciones, los contenidos y las tecnologías de la información / Internet.

Este proceso no puede ser alcanzado simplemente introduciendo tecnología nueva, ya que si ésta no logra engranarse en el medio económico y social no podrá ser alcanzada.

3.1.5 Convergencia en Telecomunicaciones

Historia de la Convergencia

La convergencia viene manifestándose de forma parcial desde finales de la década de los años 1970, cuando la telemática se hace una realidad fruto de la convergencia entre la informática y las telecomunicaciones.

DEFINICIONES DE CONVERGENCIA

- ✓ La OCDE (Organismo de Cooperación y Desarrollo Económico) define la convergencia como el proceso mediante el que las redes y servicios de comunicaciones, que anteriormente fueron consideradas por separado, comienzan a transformarse de modo que, diferentes plataformas de red soportan servicios similares de voz, audiovisual y transmisión de datos; diferentes terminales de usuario reciben servicios similares y se crean nuevos servicios.
- ✓ Para la International Telecommunication Union (ITU), convergencia es la capacidad tecnológica, de mercado o legal para integrar tecnologías anteriormente separadas.
- ✓ En su concepción más amplia, se entiende por convergencia las mejoras tecnológicas que permiten que sobre una única red se puedan ofrecer

diferentes servicios, así como que un servicio se pueda proveer sobre diferentes tipos de redes.

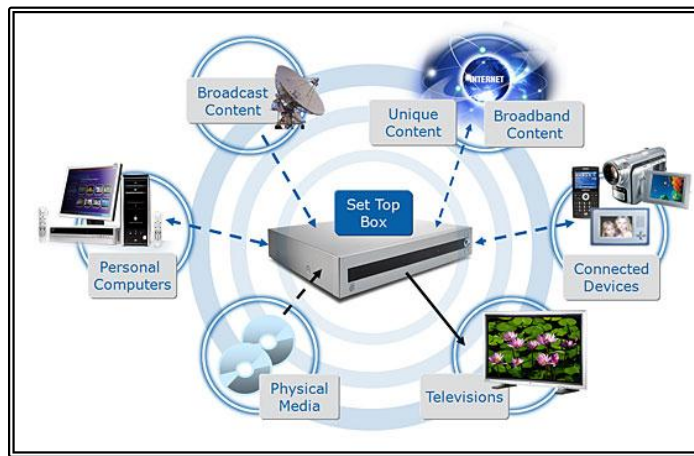


Figura 44 Convergencia Digital

Según Antoni Elías Fustè enumera los siguientes tipos de convergencias:

TABLA III-1 Tipos de convergencia
Fuente: Estrategias de convergencia – Regulatel

Tipo de convergencia	Descripción
Convergencia tecnológica	Es el desarrollo en el que las fronteras entre los sectores que transmiten (telecomunicaciones), procesan (informática) y generan contenidos (media), haciendo uso de la digitalización.
Convergencia de redes	Se suscita cuando las distintas redes de comunicaciones electrónicas superponen sus servicios de forma transparente para los usuarios, de modo que perciben el uso de una única red.
Convergencia de contenidos	Es el proceso por el que cualquier contenido susceptible de ser digitalizado lo será, rompiendo así cualquier asociación entre el contenido y el soporte previo.
Convergencia de terminales o dispositivos	Es el resultado de la universalización de los dispositivos digitales que aportaban funcionalidades diferentes, en un solo aparato o en varios dispositivos intercambiables interconectables.
Convergencia de comportamientos	Se observa cuando los usuarios desarrollan comportamientos similares con los diferentes dispositivos de acceso (ya convergentes) y en todas sus áreas de actividad, convergiendo en usos.

Dimensiones y estrategia para la convergencia

Las Telcos universales convergen para aumentar la rentabilidad y la cadena de valor al realizar inversiones en la infraestructura tecnológica con recuperación del capital a corto plazo.

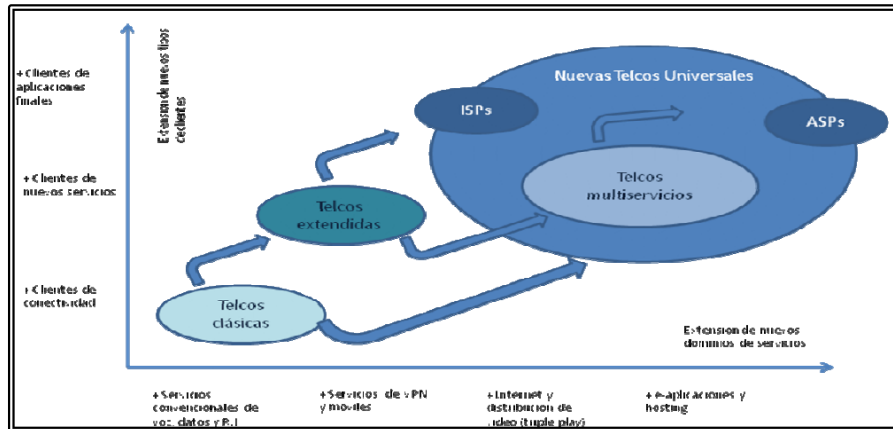


Figura45 Dimensiones, estrategias y etapas de convergencia

3.1.6 Proyección del crecimiento de la red de CNT EP

La red de la corporación está en un proceso de reestructuración, cambio y fortalecimiento en la que se busca la interacción de tecnologías diferentes para la implantación de servicios de nueva generación. Como se puede observar en el gráfico la red de transporte residirá en DWDM, ATM, SDH y MPLS; siendo la columna vertebral de las telecomunicaciones en el país.

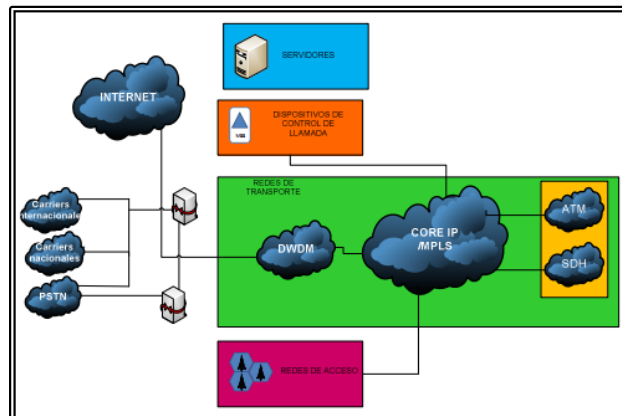


Figura 46 Crecimiento de la red

3.2 Red Actual CNT

La corporación nacional de Telecomunicaciones al momento cuenta con enlaces microondas, ópticos, satelitales, entre otros.

En la siguiente figura se aprecia los radio enlaces de microondas que se encuentra instalados en la parte sur de la provincia de Chimborazo en el cantón Alausí, en los q constan las centrales de telefonía Yalancay, Sibambe y la repetidora que ayuda a transportar el tráfico de datos.

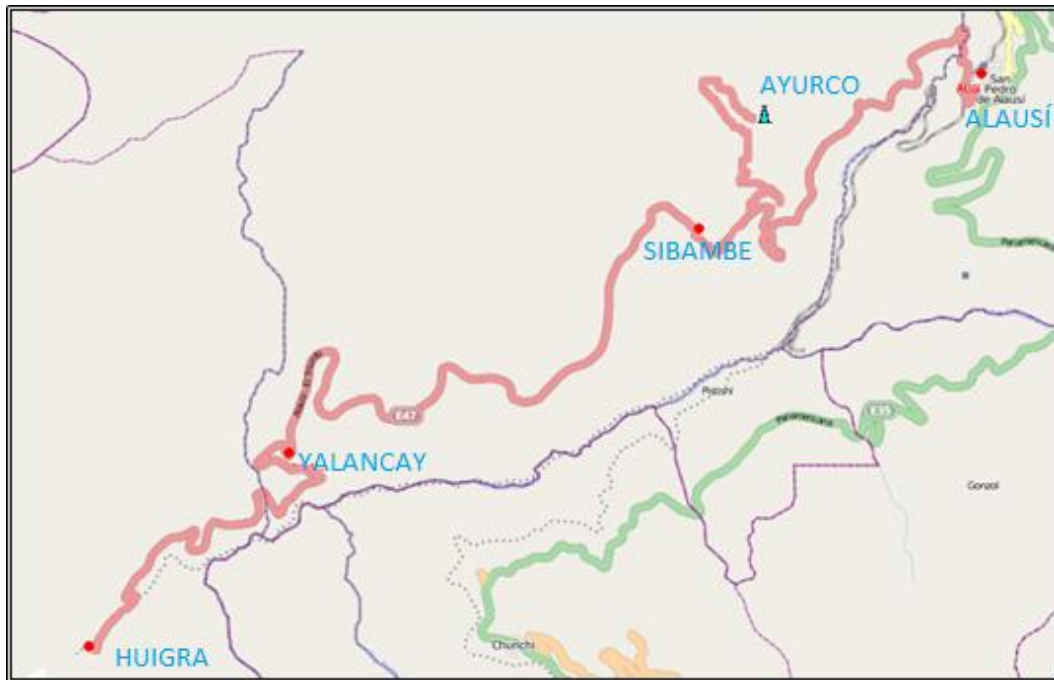


Figura 47 Ubicación geográfica de las centrales y la repetidora Ayurco

Las coordenadas Geográficas de cada una de las centrales y de la Repetidora Ayurco se muestran en la siguiente tabla

TABLA III-2 Ubicación Geográfica de la repetidora y centrales descritas.

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
CENTRAL ALAUSÍ	02° 12' 9,8" S	78° 50' 53,0" O
REPETIDORA AYURCO	02° 12' 32,2" S	78° 52' 50,7" O
CENTRAL SIBAMBE	02° 13' 34,3" S	78° 53' 26,9" O
CENTRAL YALANCAY	02° 15' 36,7" S	78° 57' 10,8" O
CENTRAL HUIGRA	02° 17' 22,1" S	78° 58' 59,9" O

3.2.1. Red actual Alausi – Repetidor Ayurco

Su enlace principal llega desde repetidor La Mira mediante un enlace punto a punto hacia la central de Alausí, este a su vez se enlaza con el repetidor Ayurco mediante los radios Huawei RTN 620.

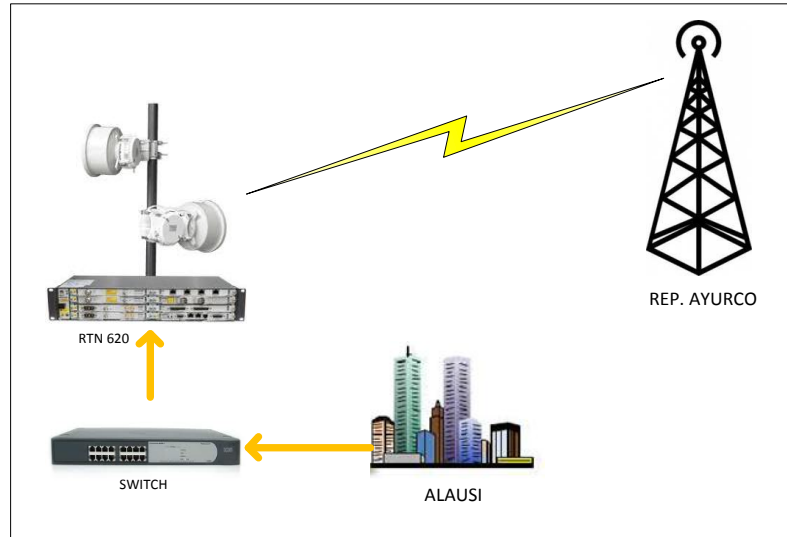


Figura 48 Enlace central Alausí – Repetidora Ayurco

3.2.2. Red actual repetidor Ayurco - Central Sibambe

Su enlace principal llega desde repetidor Ayurco mediante un enlace punto a punto hacia la central de Sibambe mediante los radios Huawei RTN 620.

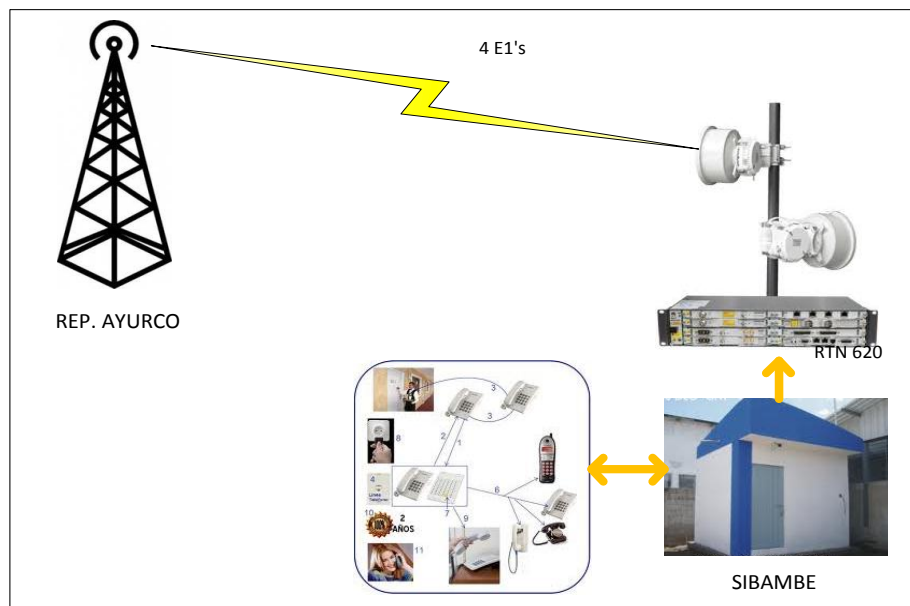


Figura 49 Enlace Repetidora Ayurco - Central Sibambe

3.2.3. Red actual Repetidor Ayurco – Central Yalancay

Su enlace principal llega desde repetidor Ayurco mediante un enlace punto a punto hacia el repetidor de paso Toctesinín, este a su vez realiza un enlace punto a punto hacia la central de Yalancay mediante los radios Huawei RTN 620.

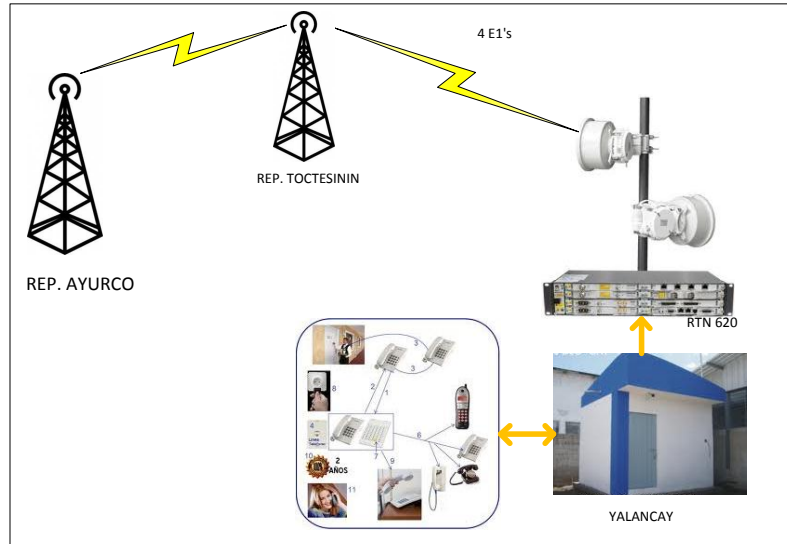


Figura 50 Enlace Repetidora Ayurco - Central Yalancay

3.2.3. Red actual de fibra óptica entre Chunchi y Huigra

Este tramo de enlace forma parte de la Red Troncalizada de Fibra Óptica Nacional. Este enlace punto a punto de fibra óptica une a la ciudad de Chunchi con Huigra mediante ODF'sHuawei.

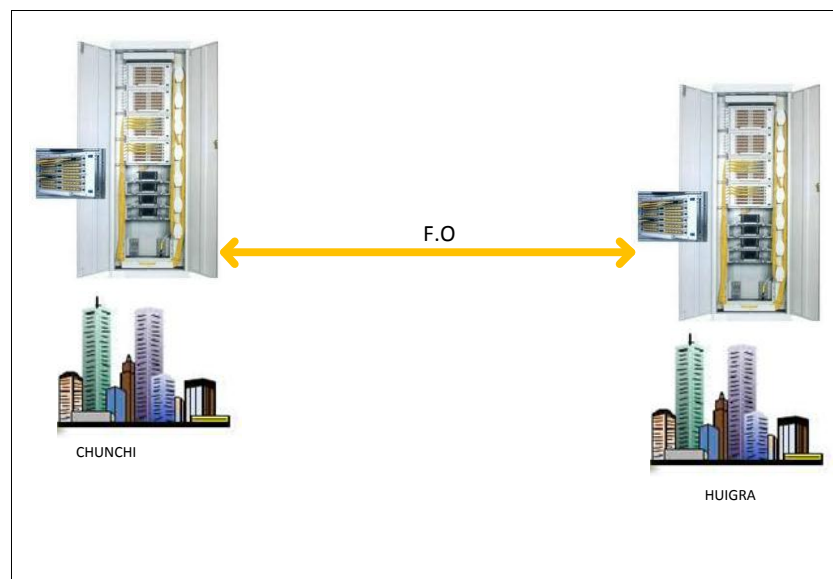


Figura 51 Enlace F.O. Chunchi - Central Huigra

3.2.4. Red actual de enlaces de radio y fibra óptica

Los enlaces de radio microondas para ofertar servicio de voz y datos, tienen origen desde la central de Riobamba que realiza un enlace hacia la Repetidora La Mira mediante radios: Huawei RTN 620, SRA-L, 9462 LH con un Ancho de Banda de 155Mbps cada uno.

Desde la repetidora Carshau realiza un enlace hacia Huigra mediante el radio SRA-L con un ancho de banda de (4E1's) 8192Kbps, mientras que desde Carshau también realiza un enlace a Ayurco mediante los radios: CTR 190 y RTN 620 con un ancho de banda de (63E1's) 129024Kbps.

Desde la Repetidora Ayurco se enlazan las centrales de Alausí, Sibambe, Yalancay y las BTS's de la tecnología CDMA-450 con un ancho de banda de:

Ayurco – Alausí = 108544Kbps (53E1's)

Ayurco – Sibambe = 8192Kbps (4E1's)

Ayurco – Yalancay = 32768Kbps (16E1's)

Ayurco – Tamborpungo = 10240Kbps (5E1's) BTS

Ayurco – Caparina = 10240Kbps (5E1's) BTS

Ayurco – Toctesinín = 10240Kbps (5E1's) BTS

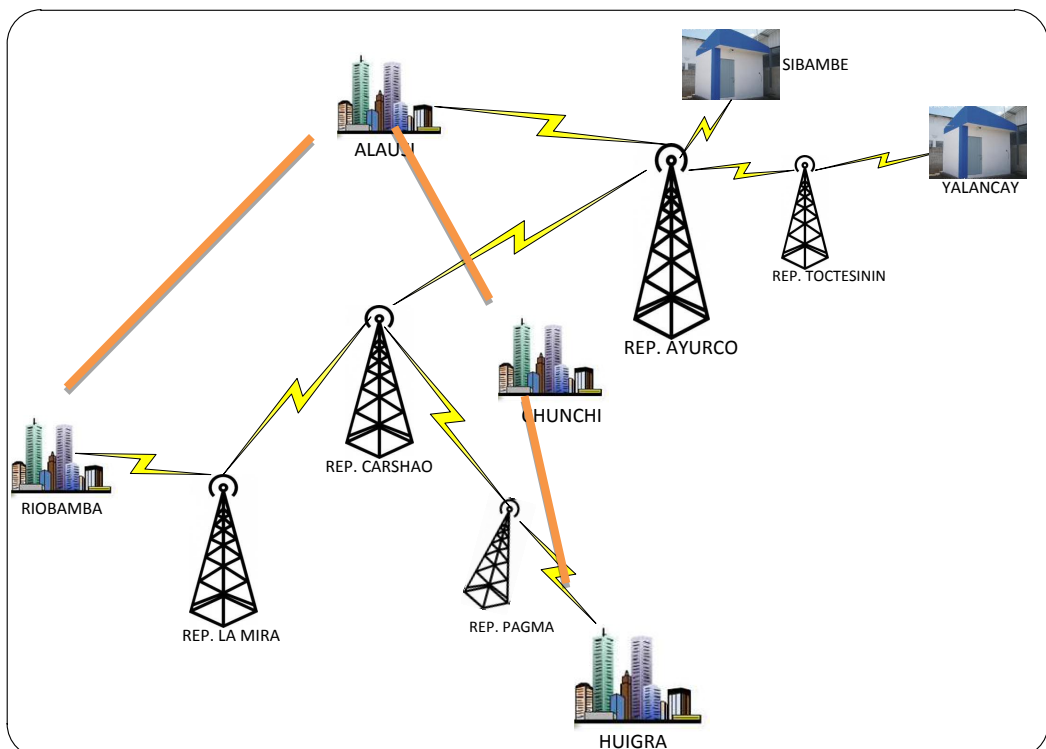


Figura 52 Enlaces de Radio y F.O actual

3.2.5. Capacidad actual del backbone de Ayurco de CNT EP.

Según las especificaciones técnicas del equipo RTN 620, la velocidad de transmisión de datos es de 155Mbps o menor, y además dependen de varios factores como tiempo de transmisión, distancia del enlace, entre otros. Mediante estos equipos se realizan las conexiones hacia las centrales de Sibambe, Yalancay, Alausí formando un backbone principal inalámbrico entre el Repetidor Ayurco y Repetidor Carshau, además teniendo su backbone de red global con tecnología CDMA 450 ubicado en el repetidor Ayurco que enlaza con las BTS's Tamborpungo, Caparina y Toctesinín.

Los enlaces existentes son únicamente de microondas, por lo cual dichos enlaces no pueden soportar gran cantidad de tráfico, debido a que se encuentran dimensionados por las características técnicas de los equipos de microondas, como son: velocidad de transmisión menores a 155Mbps ya que la infraestructura principal está constituida por equipos RTN 620, SRA-L y CTR 190, distancia promedio de 30Km, potencia de transmisión de 10dBm.

La red de microonda implementada en estos enlaces debido al crecimiento de telecomunicaciones, se calcula el ancho de banda actual de la red.

$$AB_{TOTAL\ AYURCO} = AB_{ALAUSSI-AYURCO} + AB_{AYURCO-SIBAMBE} + AB_{AYURCO-TOCTESININ-YALANCAY} + AB_{AYURCO-CARSHAU-HUIGRA} + AB_{AYURCO-TAMBORPUNGO} + AB_{AYURCO-CAPARINA} + AB_{AYURCO-TOCTESINÍN}$$

$$AB_{TOTAL\ AYURCO} = 108544Kbps + 8192Kbps + 32768Kbps + 8192Kbps + 10240Kbps + 10240Kbps + 10240Kbps.$$

$$TRÁFICO_{TOTAL\ AYURCO} = 188,416\ Mbps$$

$$AB_{TOTAL\ AYURCO} = 188,416\ MHz$$

La red de fibra óptica existente tiene un ancho de banda actual:

$$AB_{F.O1} = AB_{CHUNCHI-HUIGRA}$$

$$TRÁFICO_{F.O1} = 100Mbps$$

$$AB_{F.O1} = 100MHz$$

$$AB_{F.O2} = AB_{RTFO\ ALAUSÍ-CHUNCHI}$$

$$TRÁFICO_{F.O2} = 2000Mbps$$

$$AB_{F.O2} = 2000MHz$$

$$TRÁFICO_{TOTAL\ F.O} = AB_{F.O1} + AB_{F.O2}$$

$$AB_{TOTAL\ F.O} = 2100MHz$$

El ancho de banda total que consideraremos como tráfico para transportar a través de nuestro anillo será la suma del ancho de banda total existente en la repetidora Ayurco y el ancho de banda de fibra óptica existente de Chunchi – Huigra. No se

considera el ancho de banda de la RTFO debido a que el tráfico que cursa en el enlace existente nacional se enrutará mediante un enlace físico usando un par de hilos de fibra oscura desde Chunchi – Huigra y Huigra – Alausí.

Para analizar las características del backbone actual que posee la CNT EP en este sector, se realiza la proyección de tráfico en la red actual.

Utilizando la ecuación siguiente:

$$Cf = Ci (1 + X)^n$$

Dónde:

- Cf = Capacidad estimada en n años
- Ci = Capacidad Actual
- X = Índice de crecimiento anual del servicio de telecomunicaciones
- n = Tiempo de proyección en años

Se toma Cf a la capacidad de diseño que soportan los equipos es de 255Mbps de los 3 radios existentes en Ayurco. El índice de crecimiento de servicio de telecomunicaciones se toma en base a los datos que maneja la empresa en cuanto al servicio de Internet de acuerdo al número de clientes por año, con lo cual el índice de crecimiento es del 10% anual.

Aplicando la relación de proyección de tráfico:

$$255\text{Mbps} = 188,416\text{Mbps}(1+0,1)^n$$

$$n = 3.17 \text{ años}$$

Para lo cual se puede diagnosticar que la red actual de microondas en la repetidora de Ayurco tiene un tiempo de proyección de 3 años antes de empezar a saturarse. En las redes de la empresa CNT EP están presentes en su gran mayoría enlaces de microonda, por lo que debido a las condiciones atmosféricas, pueden presentarse problemas de propagación en dichos enlaces, que provocan atenuaciones en la señal, lo cual incrementa la tasa de error (BER).

De acuerdo al diagnóstico presentado se sugiere lo siguiente:

Realizar el diseño de la red de Fibra Óptica en conexión anillo para enlazar las centrales antes mencionadas, el cual brindará servicios de datos a altas velocidades y servirá como Back-up de la RTFO Alausí – Chunchi, quedando los enlaces microondas como un enlace redundante o un sistema acceso de última milla, se puede observar en la Figura el sistema propuesto. Con lo cual la empresa aumentará el ancho de banda proyectándose a futuro y ofertar servicios de voz, dato y video.

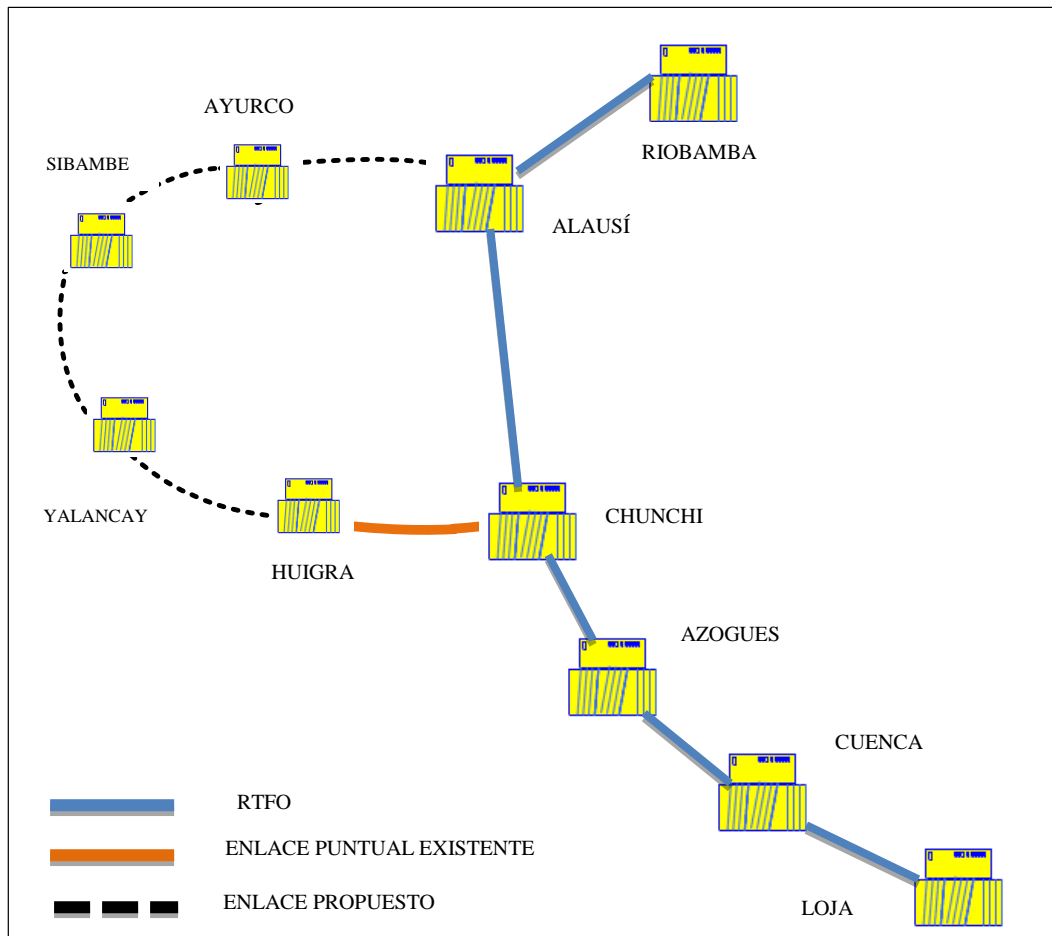


Figura 53 Enlace F.O proyectado

CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL ANILLO DE FIBRA ÓPTICA

4.1 Introducción

En este capítulo se presenta el estudio de demanda de los servicios de voz y datos proporcionados por la empresa CNT EP CH en cada una de las centrales que conforman la red existente.

A partir del estudio y la capacidad actual de la red, se realizará la proyección de tráfico estimado en 5 años, el constante desarrollo de las telecomunicaciones hace que se considere 3 años como un tiempo máximo considerable para explotar la tecnología actual antes de iniciar con proyecciones a otra tecnología.

Los datos obtenidos por la proyección de tráfico ayudarán a realizar el diseño del sistema de fibra óptica presentando los respectivos cálculos.

Se mostrará los resultados de los estudios de campo necesarios, de tal manera que permitan determinar las proyecciones de las centrales ubicadas en el tramo Alausí – Huigra, además la proyección desde Huigra – Chunchi y Chunchi – Alausí, por los cuales atravesará el tendido de fibra óptica, analizando las diferentes dificultades que se puedan presentar.

También se presenta las características de los diferentes equipos a utilizar en el diseño del sistema de fibra óptica.

4.2 Estudio de demanda

El estudio de demanda se realiza en base a los datos estadísticos de crecimiento en telefonía y datos de la empresa CNT EP CH. Se debe tener presente que la información proporcionada de datos, abarca la capacidad máxima de cada central y la capacidad utilizada actualmente solo de voz.

En este estudio se presenta solo datos que pueden ser expuestos al público, debido a la política de confidencialidad de la empresa.

A continuación se presenta los datos estadísticos de crecimiento mensual de líneas telefónicas partir de Agosto a Noviembre del año 2011 de cada central que conforma el sistema de nuestro estudio. Además se presenta los datos estadísticos de crecimiento anual proyectado de XDSL considerando el índice de crecimiento inicial 30% debido a que éste es el producto de mayor oferta que actualmente la CNT EP entrega.

También se presenta los porcentajes del crecimiento de la demanda con sus respectivas gráficas.

4.2.1 Red de Alausí

TABLA IV-1 Datos de utilización y crecimiento de demanda de Telefonía de la Red Alausí

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CRECIMIENTO DE DEMANDA %
1	2012	2178	1734	79,61
2	2013	2178	1737	79,75
3	2014	2178	1740	79,89
4	2015	2178	1743	80,03
5	2016	2178	1746	80,17

El índice de crecimiento en la central de Alausí es de en 4 líneas telefónicas anualmente lo que representa un incremento de 0,14 %

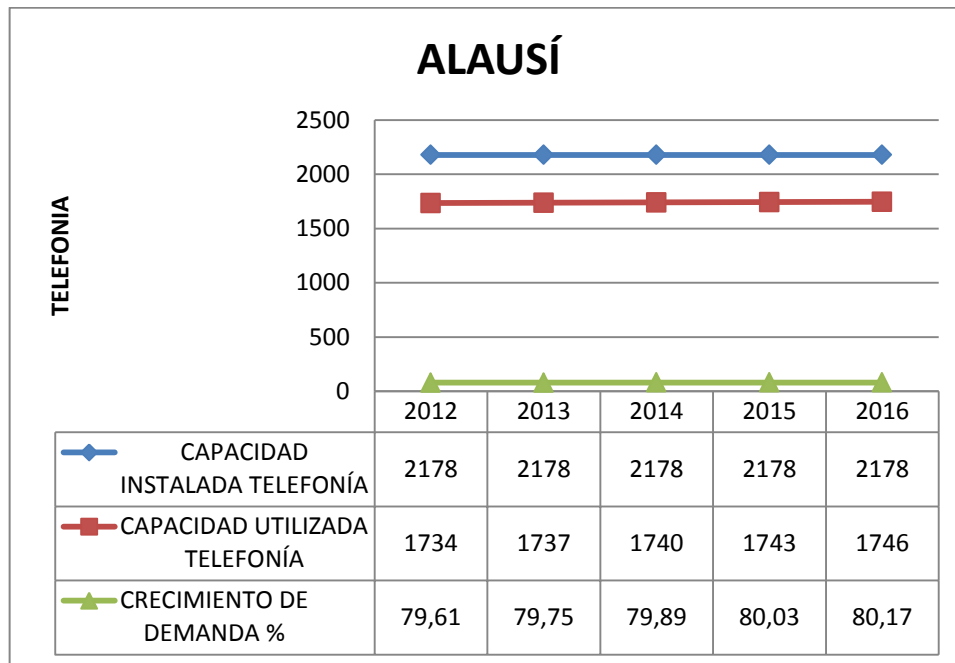
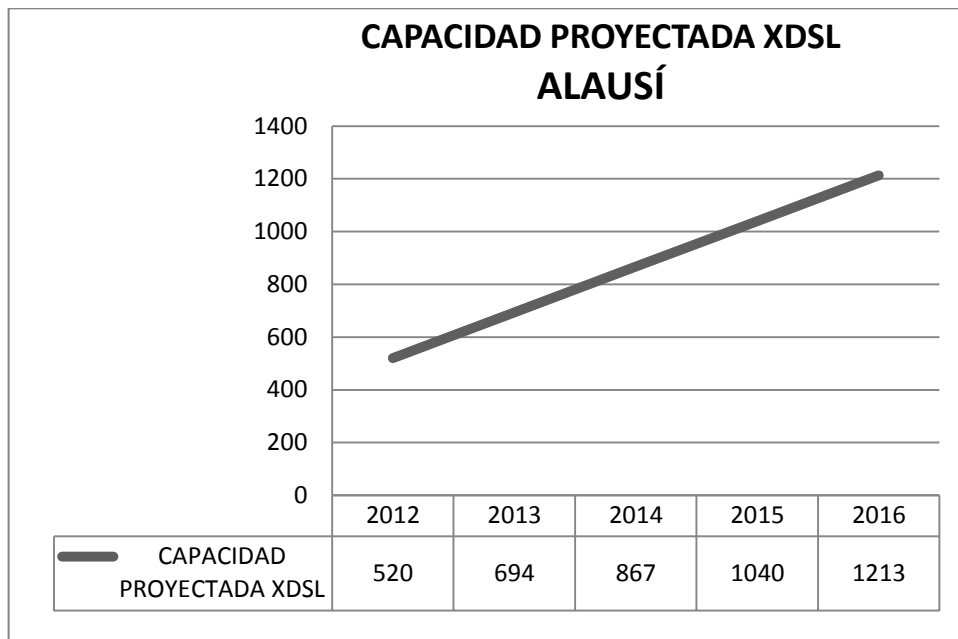


GRÁFICO IV-1 Índice de crecimiento de la Central de Alausí

TABLA IV-2 Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Red Alausí

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CAPACIDAD PROYECTADA XDSL	CRECIMIENTO DE DEMANDA
1	2012	2178	1734	520	30,00%
2	2013	2178	1737	694	40,00%
3	2014	2178	1740	867	50,00%
4	2015	2178	1743	1040	60,00%
5	2016	2178	1746	1213	70,00%

El índice de crecimiento en la central de Alausí es de 700 abonados en los 5 años proyectados lo que representa un incremento de 70 % de la capacidad instalada.



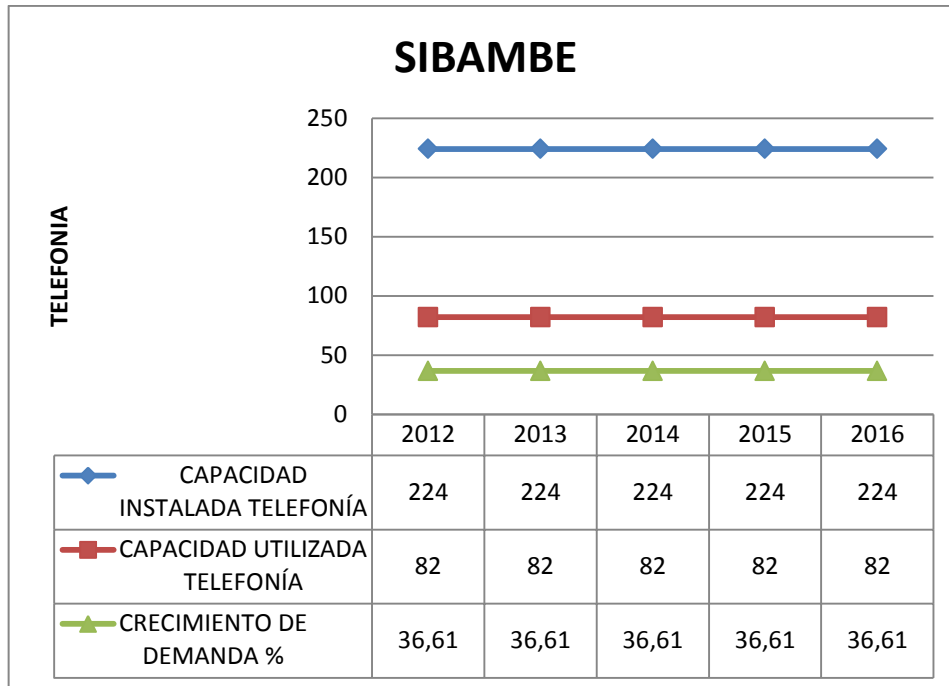
GRÁFICOIV-2 Índice de crecimiento de XDSL proyectada en Central de Alausí

4.2.2 Red de Sibambe

TABLA IV-3 Datos de utilización y crecimiento de demanda de la Red Sibambe.

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CRECIMIENTO DE DEMANDA %
1	2012	224	82	36,61
2	2013	224	82	36,61
3	2014	224	82	36,61
4	2015	224	82	36,61
5	2016	224	82	36,61

El índice de crecimiento en la central de Sibambe en los últimos 4 meses es nulo lo que no representa ningún incremento de líneas telefónicas.

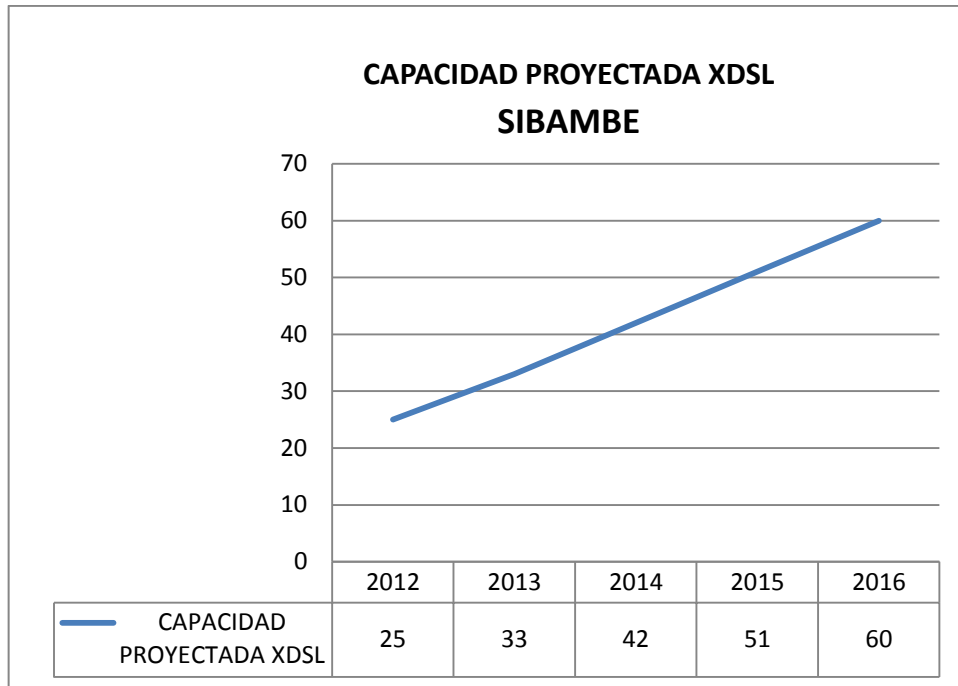


GRÁFICOIV-3 Índice de crecimiento de la Central Sibambe

TABLA IV-4 Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Central Sibambe.

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CAPACIDAD PROYECTADA XDSL	CRECIMIENTO DE DEMANDA
1	2012	224	82	25	30,00%
2	2013	224	82	33	40,00%
3	2014	224	82	42	50,00%
4	2015	224	82	51	60,00%
5	2016	224	82	60	70,00%

El índice de crecimiento en la central de Sibambe es de 60 abonados en los 5 años proyectados lo que representa un incremento de 70 % de la capacidad instalada.



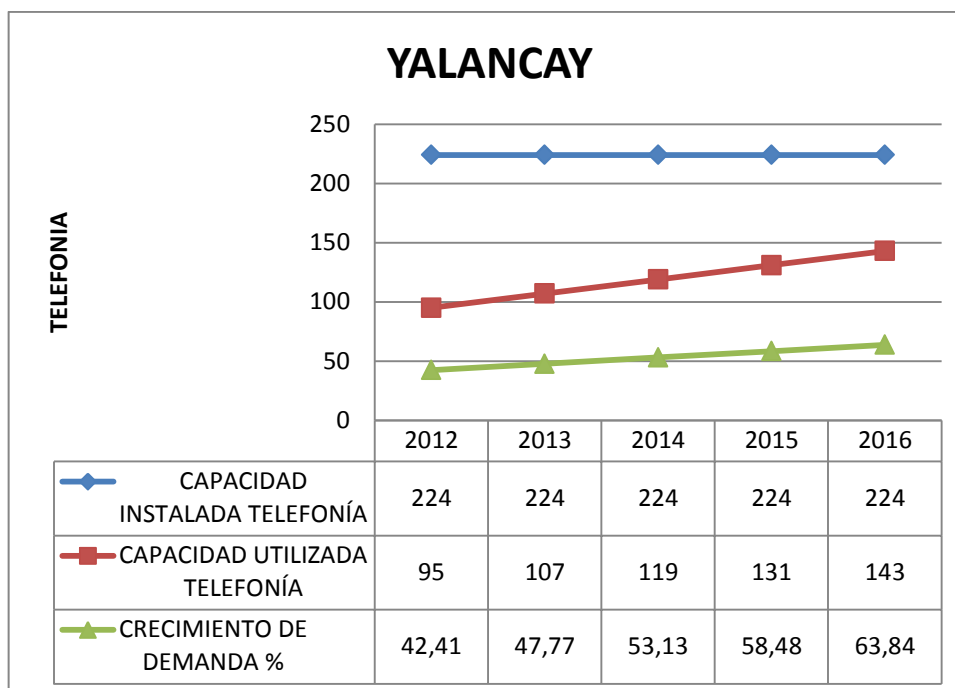
GRÁFICOIV-4 Índice de crecimiento de XDSL proyectada en Central de Sibambe

4.2.3 Red de Yalancay

TABLA IV-5 Datos de utilización y crecimiento de demanda de la Red Yalancay

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CRECIMIENTO DE DEMANDA %
1	2012	224	95	42,41
2	2013	224	107	47,77
3	2014	224	119	53,13
4	2015	224	131	58,48
5	2016	224	143	63,84

El índice de crecimiento en la central de Yalancay es de en 12 líneas telefónicas anualmente lo que representa un incremento de 5.36 %.

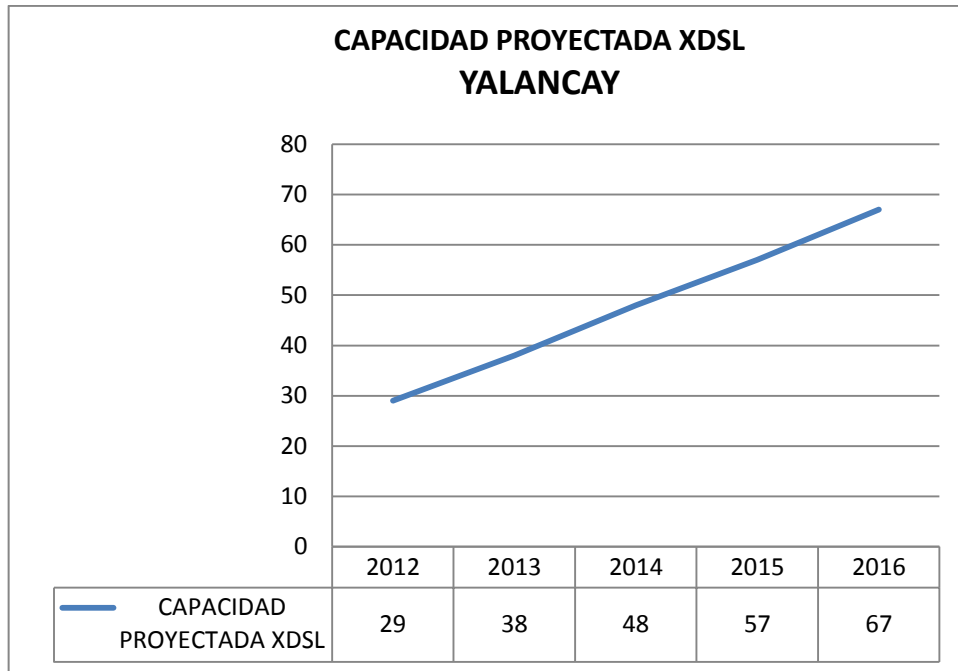


GRÁFICOIV-5 Índice de crecimiento de la Central de Yalancay

TABLA IV-6 Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Red Yalancay

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CAPACIDAD PROYECTADA XDSL	CRECIMIENTO DE DEMANDA
1	2012	224	95	29	30,00%
2	2013	224	107	38	40,00%
3	2014	224	119	48	50,00%
4	2015	224	131	57	60,00%
5	2016	224	143	67	70,00%

El índice de crecimiento en la central de Yalancay es de 75 abonados en los 5 años proyectados lo que representa un incremento de 70 % de la capacidad instalada.



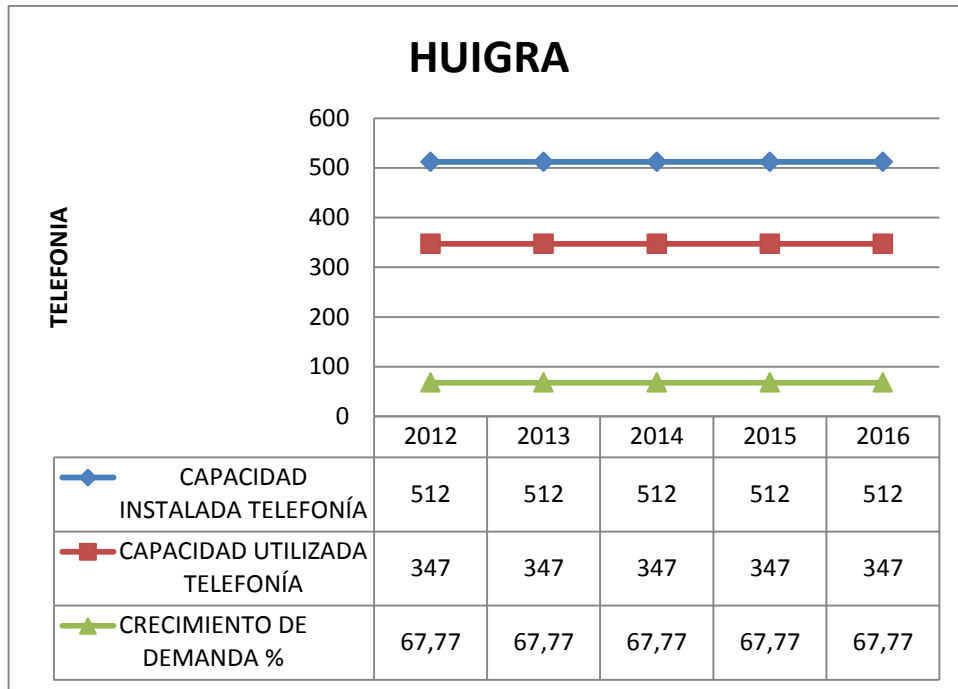
GRÁFICOIV-6 Índice de crecimiento de XDSL en Central de Yalancay

4.2.4 Red de Huigra

TABLA IV-7 Datos de utilización y crecimiento de la demanda en la Central Huigra.

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CRECIMIENTO DE DEMANDA %
1	2012	512	347	67,77
2	2013	512	347	67,77
3	2014	512	347	67,77
4	2015	512	347	67,77
5	2016	512	347	67,77

El índice de crecimiento en la central de Huigra en los últimos 4 meses es nulo lo que no representa ningún incremento de líneas telefónicas, al contrario existió devolución de líneas telefónicas.

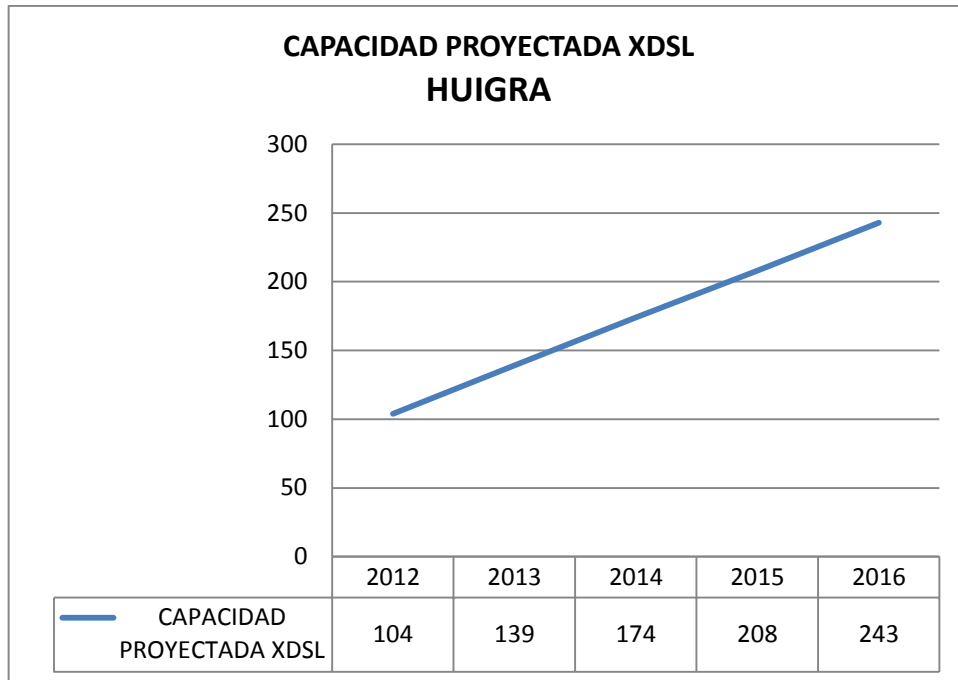


GRÁFICOIV-7 Índice de crecimiento en la Central de Huigra

TABLA IV-8 Datos de utilización y crecimiento de demanda de XDSL por año de la Red Huigra

	AÑO	CAPACIDAD INSTALADA TELEFONÍA	CAPACIDAD UTILIZADA TELEFONÍA	CAPACIDAD PROYECTADA XDSL	CRECIMIENTO DE DEMANDA
1	2012	512	347	104	30,00%
2	2013	512	347	139	40,00%
3	2014	512	347	174	50,00%
4	2015	512	347	208	60,00%
5	2016	512	347	243	70,00%

El índice de crecimiento en la central de Huigra es de 249 abonados en los 5 años proyectados lo que representa un incremento de 70 % de la capacidad instalada.



GRÁFICOIV-8 Índice de crecimiento XDSL en la Central de Huigra

4.3 Selección de la ruta

El trazado de la ruta del cable de fibra óptica para la red de CNT EP, se lo realiza estratégicamente por las vías y avenidas de las ciudades ya que estas reúnen los requisitos de accesibilidad para la instalación y el mantenimiento de la red, de esta forma se encuentran el tendido de fibra de la RTFO que enlaza a las ciudades de Quito, Latacunga, Ambato, Riobamba, Alausí, Chunchi, Azogues, Cuenca y Loja. Por ello el tendido de fibra óptica para nuestra propuesta se lo realizará siguiendo la trayectoria de la carretera y avenidas principales de las centrales mencionadas anteriormente.

El tendido de la fibra óptica será aéreo a través de postes que es el más conveniente por las siguientes razones:

- ✓ Es menos costoso.
- ✓ Facilita la revisión y corrección de errores ocasionado por roturas de la Fibra.
- ✓ Es de muy fácil acceso para la revisión y mantenimiento de la red.
- ✓ Permiten la revisión continua de la tensión de tendido del cable durante la instalación. Los aumentos repentinos en la tensión de tendido, causados por factores tales como un cable cayéndose de un soporte o un cable aplastándose contra los accesorios de la línea del poste, se pueden detectar de inmediato.

A continuación se presentan algunas recomendaciones del tendido aéreo de fibra óptica que hay que tener presente al momento de ejecutarlo:

- ✓ No exceder el radio mínimo de curvatura. Un cable demasiado doblado puede deformarse y dañar la fibra adentro, además de causar una alta atenuación.

- ✓ No exceder la tensión de tendido máxima. Una tensión de tendido excesiva hará que el cable se alargue permanentemente. El alargamiento puede causar que la fibra óptica falle al fracturarse. Las buenas técnicas de construcción y el equipo de monitoreo adecuado de tensión son esenciales.
- ✓ Se debe colocar suficientes soportes de cables a lo largo de la ruta para disminuir al máximo los pandeos del cable. El pandeo excesivo aumentará la tensión de tendido.

Otros parámetros que se deben tener en cuenta en el tendido aéreo de la fibra son:

Los bucles de exceso y cajas de empalme. Los bucles de exceso ayudan para facilitar la realización del empalme, así como también en la futura reubicación de los postes. Por lo general, se reserva a intervalos regulares durante la instalación un 5% de la extensión total del cable de fibra óptica, es decir de la longitud total del carrete de fibra óptica.

Se recomienda colocar los bucles a no más de 1 milla (1,6 km) de distancia en un camino principal y en cada cruce de vías. El radio del bucle no debería ser menor que el radio mínimo de curvatura del cable de fibra óptica.

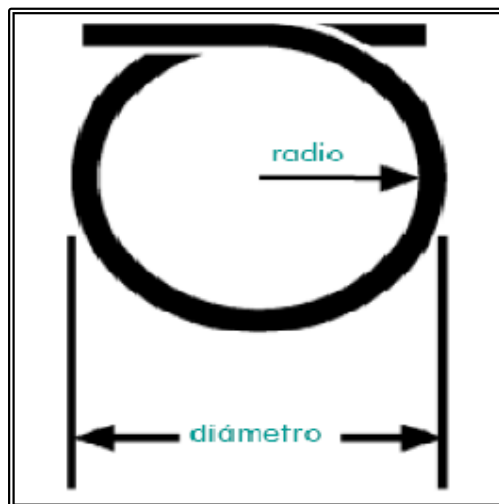


Figura54 Bucles de exceso de fibra

Las cajas de empalme sirven para proteger del entorno tanto el cable de fibra óptica pelado como los empalmes. Para el presente diseño dichas cajas se ha establecido colocarlas en los postes o a su vez de acuerdo a la longitud en las respectivas centrales telefónicas puesto que esto facilita la revisión de los empalmes en caso de que se presente algún problema en la red. (Ver Figura)

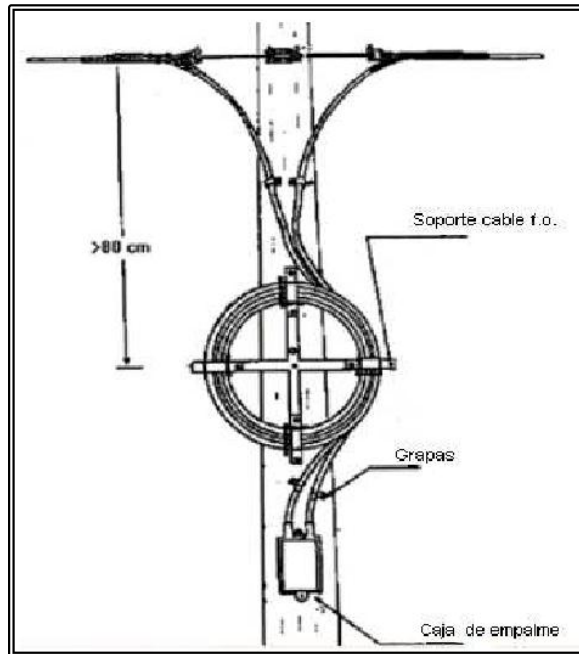


Figura 55 Caja de empalmes montada sobre un poste

4.4 Tipo de fibra óptica

En el cálculo de un enlace óptico es de primordial importancia determinar la fibra óptica existente en el mercado de acuerdo a las consideraciones requeridas en el sistema, es decir, se debe escoger la fibra que presente entre sus principales características baja atenuación y menor dispersión.

Como en el presente diseño se utiliza un tendido aéreo de fibra óptica, se debe tener en cuenta que existen dos recomendaciones que cumplen con los requisitos para esta clase de enlaces ópticos de alta capacidad.

Dichas recomendaciones son las siguientes:

- G.652: Características de cables de fibra óptica monomodo.
- G.655 tipo C: Características de un cable de fibra óptica monomodo de dispersión desplazada no nula.

La fibra óptica que cumple con la recomendación G.652, tiene una alta dispersión en la ventana de 1550nm, lo cual limita la distancia para las transmisiones de altas velocidades. Esta dispersión se puede disminuir algo mediante el empleo de compensadores de dispersión, lo que equivale a adicionales gastos en equipos, instalación y mantenimiento.

La fibra óptica que cumple con la recomendación G.655 se la utiliza para la transmisión en la tercera ventana a 1550nm, donde presenta dispersión nula, lo cual es primordial para transmitir a grandes distancias y altas velocidades, esto implica el ahorro en gastos adicionales debido a que no se necesita de compensadores de dispersión.

Se debe tener presente que por su mayor complejidad de construcción, una fibra óptica que cumpla con las especificaciones de la recomendación G.655 es más costosa que una fibra óptica que cumpla con la recomendación G.652, pero el costo de la fibra óptica de la recomendación G.655 se ve compensado con la no utilización de compensadores de dispersión.

Cabe resaltar que la recomendación G.655 soporta la tecnología DWDM (Multiplicación por longitud de onda densa), lo cual no es posible con la recomendación G.652.

De acuerdo a las características se ha determinado que la fibra óptica a utilizarse debe cumplir con las especificaciones de la recomendación G.655, puesto que esta cumple con los requisitos óptimos para el diseño. La empresa CNT EP al utilizar dicha recomendación puede migrar con el transcurso del tiempo a la tecnología DWDM simplemente con el cambio de equipos, sin tener la necesidad de cambiar la fibra óptica, con lo cual aumentara la capacidad del sistema, en la TABLA siguiente. Se presentan las especificaciones definidas por la UIT-T en la Recomendación UIT-T G.655, estos valores son los mínimos permitidos.

TABLA IV-9 Características de la fibra óptica monomodo de dispersión desplazada no – nula (Especificación UIT-T G.655)

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Atenuación		
Atenuación a 1550 nm	dB/Km	≤0.35
Atenuación a 1625 nm	dB/Km	≤0.4
Dispersión cromática		
Dispersión cromática entre 1530 y 1565 nm	ps/nm.Km	1,0 a 10,0 (típico 8 a 1550nm)
Dispersión cromática entre 1565 y 1625 nm	ps/nm.Km	7.5 a 13.4 (típico 12 a 1625n)
Longitud de onda de dispersión nula	nm	≤1425
Medidas Físicas		
Diámetro del campo modal a 1550 nm	μm	9.2±0.5
Diámetro de la cubierta	μm	125±1
No circularidad de la cubierta	%	≤1
Error de concentricidad núcleo/cubierta a 1550 nm	μm	≤0.6
Valores típicos		
Índice de refracción a 1550 nm		1.4692
Longitud de onda de corte	nm	1450

De las especificaciones de la Recomendación G.655 y debido a que el tendido de la fibra es aéreo se escoge un tipo de fibra óptica que cumpla dichos parámetros en el presente diseño.

En la actualidad existen dos tipos: El cable óptico dieléctrico (ADSS All Dielectric Self Supporting) utilizado en su mayoría para este tipo de sistemas y el cable de guardiacón fibras ópticas (OPGW) su utilización es recomendada cuando se trate de una línea eléctrica nueva utilizado por empresas eléctricas.

En este diseño se utiliza el cable ADSS por las características y recomendaciones que este proporciona:

- Se aplica en distancias medias y largas y en zonas de terrenos quebrados, donde la excavación sea dificultosa.
- Este tipo de cable es más económico que el OPWG y posee la ventaja de permitir su mantenimiento sin desenergizar el sistema de transporte eléctrico.
- Especialmente recomendable cuando se trata de instalaciones eléctricas existentes, donde ya se encuentre tendido el hilo de guardia.
- Este tipo de cable es suficientemente estable respecto a vientos y efectos de deshielo, con lo cual no es necesario considerar el efecto galloping en ellos.
- Puede tenderse suspendido de las propias estructuras de la línea según dos variantes:
 - ✓ Suspendido de tensor de acero independiente y sujetado mediante grapas a él.
 - ✓ Suspendido de un tensor de acero incluido en cable tipo ocho, este es el recomendado en el diseño por la longitud entre postes, además permite un modo de instalación muy económico, se instala fácilmente en postes de madera o cemento fijando el soporte metálico directamente al poste, eliminando la necesidad de un mensajero metálico. Es un diseño barato que presenta la ventaja del bajo costo de los accesorios de instalación.



Figura 56 Cable de Fibra Óptica para tendido aéreo

Luego de haber sido seleccionada la fibra G.655 por sus características se determinará el bucle de exceso que será el 5% de la longitud total del carrete de fibra óptica, en el mercado la mayoría de carretes de fibra óptica son de 4 Km (4000m), por lo tanto el bucle de exceso será de 200 m, los mismos que se repartirán en intervalos regulares cada 500 metros, teniendo 8 bucles de exceso de 25m.

Se debe considerar en el diseño las distancias de los bucles de exceso, puesto que dichas distancias influyen en la atenuación y por ende afectan a la potencia de recepción. Es por esto que por cada 500 metros de la distancia total entre nodo y nodo se debe sumar 25 metros extras.

Por este motivo hemos escogido para nuestro proyecto una fibra monomodo G.655 tipo B de 48 hilos por sus características, donde 2 hilos se utilizarán con transmisor y receptor para el enlace entre las centrales Alausí, Sibambe, Yalancay, Huigra y la repetidora Ayurco además teniendo 2 hilos en stand-by que será un back-up si en alguna trama de toda la ruta llegara a colisionar, estas fibras funcionarán siempre y cuando el diseño de la red este protegido como se aprecia en el anexo.

Además se asignarán dos fibras como back-up físico del enlace de la RTFO, partiendo desde la central de Alausí llegando a Huigra y posterior a Chunchi concluyendo de esta forma la topología en anillo. Cabe recalcar que este enlace atravesará por cada una de las centrales descritas, en cada una de ellas se realizará la conexión entre ODF's utilizando Patchcore.

4.5 Estudio topológico de la ruta

El estudio topológico de la ruta de fibra óptica, es realizar el análisis de campo con el fin de determinar las condiciones de vías a más de disponibilidad de postes que la empresa posee para realizar el tendido aéreo de la fibra, también se determina la ubicación actual de las centrales telefónicas y de las repetidoras con el fin de proyectarse a la descongestión de tráfico que existe en Ayurco.

A continuación se presenta la Tabla de las centrales y repetidoras con sus respectivas coordenadas geográficas.

TABLA IV-10 Estudio topológico de la ruta

CENTRAL	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUD	LONGITUD
ALAU SÍ	2267	02°12'09,8''	78°50'53''
SIBAMBE	2473	02°13'42,6''	78°53'25,8''
YALANCAY	1830	02°15'36,7''	78°57'10,8''
HUIGRA	1274	02°17'22,1''	78°58'59,9''
AYURCO	2812	02°12'32,2''	78°52'50,7''
CHUNCHI	2261	02°17'00''	78°55'00''

TABLA IV-11 Distancia de enlace a enlace

NODO ORIGEN	NODO FINAL	DISTANCIA (Km)
ALAUSÍ	AYURCO	9,626
AYURCO	SIBAMBE	3,048
SIBAMBE	YALANCA Y	11,99
YALANCA Y	HUIGRA	7,538
HUIGRA	CHUNCHI	22
CHUNCHI	ALAUSÍ	36,8

4.5.1 Enlace Central Alausí – Huigra- Chunchi- Alausí

La central de Alausí donde se ubican las oficinas de la empresa está ubicada en la ciudad de Alausí en las calles Antonio Mora S/N y Guatemala desde donde se pretende realizar el control de cada central inmiscuida en el diseño.

La fibra sale desde la Central Alausí por la vía a Huigra llegando a un cruce aproximadamente a 9,8 Km, en este desvío tenemos acceso hacia la ruta de Ayurco y a su vez continua la vía a Huigra. Desde este cruce realizamos un tendido de la fibra hacia Ayurco, luego continua su ruta hacia Sibambe. La fibra prolonga su trayecto a Yalancay dirigiéndose hacia la parte sur de nuestro anillo como lo es Huigra, lugar en el cual ya pertenece a la Red Troncalizada de Fibra Óptica. Luego se dirige hacia Chunchi y concluyendo nuestro anillo retornamos a Alausí.

La ruta en su totalidad no está provista de postes en buenas condiciones, pero a partir del desvío Chunchi – Huigra existe postería perteneciente a la empresa en muy buenas condiciones. Mientras la central Alausí al estar ubicado en las oficinas principales de la empresa tiene el equipamiento e infraestructura capaz de alojar la fibra óptica hacia las demás centrales de acuerdo al diseño propuesto.

4.5.2 Enlace Alausí – Ayurco

Desde la central Alausí se pretende llegar a la repetidora Ayurco, la fibra ópticas desde Alausí recorriendo la calle Pedro de Loza hasta llegar al desvío hacia la vía a Huigra este a su vez llega a un desvío que tiene el acceso a la repetidora Ayurco.

La ruta no cuenta con postería de la empresa sin embargo existe algunos postes de la Empresa Eléctrica para el tendido, pero se encuentra en una ubicación óptima para la instalación de equipos. Se encuentra representado en el Anexo 3

4.5.3 Enlace Ayurco – Sibambe

Desde la repetidora Ayurco se debe enlazar a la central de Sibambe, la fibra recorre el mismo tramo que anteriormente se describe hacia el desvío y continúa su ruta a la central de Sibambe.

El recorrido es corto en relación a las demás, la disponibilidad de postes es necesaria para el trayecto de la fibra y la ubicación de la central es correcta. Se encuentra representado en el Anexo 3.

4.5.4 Enlace Sibambe – Yalancay

El tendido de fibra óptica continúa su trayecto desde la central de Sibambe hacia la central Yalancay a través de la carretera que une a estos dos sitios, cabe recalcar que la central de Yalancay se encuentra en la parte rural del pueblo mientras que la central Sibambe pertenece a la parte urbana.

Esta ruta al igual que las demás no cuenta con postes para el tendido de la fibra pero ambas centrales se encuentran en lugares óptimos para la accesibilidad e instalación de la fibra. Se encuentra representado en el Anexo 3.

4.5.5 Enlace Yalancay – Huigra

Desde la central de Yalancay la fibra se avanza hacia la central de Huigra siguiendo la trayectoria de la carretera que une a estas 2 ciudades.

En este trayecto existe posteraía en buenas condiciones a partir del desvío perteneciente a Chunchi – Huigra, por lo que sería óptimo hacer uso de los recursos propios de la empresa. Anterior a este desvío no cuenta con postes para el tendido de la fibra. Se encuentra representado en el Anexo 3.

4.5.6 Enlace Huigra - Chunchi

La ruta Huigra – Chunchi cuenta con postes óptimos para el tendido de la fibra ya que actualmente existe el tendido de fibra óptica perteneciente a la RTFO nacional, se tiene previsto aprovechar estos recursos. Se encuentra representado en el Anexo 3.

4.5.7 Enlace Chunchi –Alausí

La fibra sale desde Chunchi hacia Alausí a través de la carretera que une a estas 2 ciudades. Al igual que el tramo anterior esta ruta cuenta con posteraía propia de la empresa que contiene el tendido de la fibra perteneciente a la RTFO nacional.

De esta manera se logra cerrar el anillo de fibra óptica y así se cuenta con un sistema de back-up. En la TABLA se puede observar la distancia entre cada central a más de la distancia real D' de fibra óptica de cada enlace es decir ya considera el bucle de exceso.

TABLA IV-12 Distancia de enlace a enlace y el bucle de exceso

NOMBRE DEL ENLACE	DISTANCIA ENTRE CENTRALES (Km)	BUCLE EN EXCESO (Km)	DISTANCIA D' (Km)
Alausí – Ayurco	9,626	0,4813	10,1073
Ayurco – Sibambe	3,048	0,1524	3,2004
Sibambe – Yalancay	11,99	0,5995	12,5895
Yalancay – Huigra	7,538	0,3769	7,9149
Total de Fibra Óptica			33,8074

4.6 Proyeccion de tráfico para el sistema de fibra óptica

En el presente diseño se debe tomar en cuenta que el sistema final tendrá que soportar el tráfico en conjunto de todas las centrales que conforman la red que se ha venido estudiando de la empresa CNT EP al mismo tiempo considerar las proyecciones de servicio a ofrecer.

Para determinar la capacidad de tráfico que deben soportar los equipos el sistema de fibra óptica por lo que se toman tres consideraciones muy importantes que son:

1. Los datos proporcionados por la CNT EP quienes continuamente elaboran reportes de tráfico de cada uno de las centrales mediante los cuales se proporciona el servicio de Telecomunicaciones. En la TABLA IV-9: se presenta el tráfico que soporta la topología actual de la red identificando cada central.
2. El índice de crecimiento de servicio de telecomunicaciones que se lo toma del estudio de demanda anteriormente realizado que es del 10% anual.
3. Para calcular el Ancho de Banda de XDSL tomamos en consideración la velocidad de 1Mbps con una compresión 8:1, es decir que por cada usuario existe como velocidad mínima 128Kbps, por ende el ancho de banda sería de 64KHz por usuario.

En base a estas consideraciones se realiza el dimensionamiento de la red, que consiste en proyectar la matriz de tráfico actual para 5 años, es decir hasta el año 2017 se considera el mayor rendimiento de la red propuesta, además en el presente diseño se contempla incorporar el tráfico actual y futuro de la tecnología CDMA 450.

El método utilizado para la proyección de la matriz de tráfico es el de Extra población decrecimiento. Es un método de procedimiento general que puede utilizarse debido al comportamiento de crecimiento de usuarios en los últimos años, la presencia de Internet en las Telecomunicaciones es un parámetro preponderante por el cual se justifica el crecimiento rápido del tráfico. Este método trabaja con el índice de crecimiento deservicio de telecomunicaciones.

Esta proyección utiliza la siguiente expresión:

$$Cf = Ci (1 + X)^n$$

Dónde:

- Cf = Capacidad estimada en n años
- Ci = Capacidad Actual
- X = Índice de crecimiento anual del servicio de telecomunicaciones
- n = Tiempo de proyección en años

De acuerdo a la matriz de tráfico (TABLA IV-9) y al índice de crecimiento, se realiza la proyección de tráfico para 5 años.

Así la capacidad actual (C_i) de la red de CNT EP en el sistema propuesto es: la suma del Ancho de Banda de la repetidora Ayurco y el ancho de banda del enlace existente de fibra óptica Huigra – Chunchi.

$$\begin{aligned}Ci &= AB_{TOTAL\ AYURCO} + AB_{FO1} \\Ci &= 188,416Mbps + 100Mbps \\Ci &= 288,416 Mbps\end{aligned}$$

Por lo tanto utilizando la expresión dada anteriormente la capacidad estimada en 5 años es:

$$Cf = 464,496Mbps$$

En las siguientes TABLAS IV-10 se presentan las matrices de tráfico inicial y de tráfico proyectado a 5 años mediante el método antes mencionado.

Cabe recalcar que en la proyección de tráfico para XDSL se considera el ancho de banda que usa IPTV. Por lo que consideramos que la velocidad de transmisión para IPTV es de 1,5Mbps por usuario brindando una calidad estándar.

Por otro lado, para la proyección en 5 años de la tecnología CDMA 450 consideramos un incremento de tres veces la capacidad actual en cada enlace.

TABLA IV-13 Matriz actual de tráfico de voz y XDSL de la empresa CNT EP

XDSL	ALAUSI	AYURCO	SIBAMBE	YALANCA Y	HUIGRA	CAPARINA	TAMBORPUNGO	TOCTESINÍN	TOTAL (Mbps)	TOTAL (MHz)
ALAUSI	66,56	110,97	-	-	-	-	-	-	177,53	177,53
AYURCO	-	-	5,25	6,08	22,2	10,24	10,24	10,24	64,25	64,25
SIBAMBE	-	-	3,2	-	-	-	-	-	3,2	3,2
YALANCA Y	-	-	-	3,71	-	-	-	-	3,71	3,71
HUIGRA	-	-	-	-	13,31	-	-	-	13,31	13,31
CAPARINA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAMBORPUNGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOCTESINÍN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (Mbps)	66,56	110,97	8,45	9,79	35,51	10,24	12,24	12,24	262,00	262,00

- Nombre de Centrales y BTS's
- Velocidad de transmisión de XDSL en Mbps
- Velocidad de transmisión de enlaces microondas en Mbps
- Velocidad de transmisión de enlaces a BTS's en Mbps
- Total de la velocidad de transmisión de todos los enlaces en Mbps
- Total del ancho de banda de todos los enlaces en MHz

TABLA IV-14 Matriz de tráfico proyectado de voz y datos de la empresa CNT EP (AÑO 2017)

XDSL+IPTV	ALAUSI	AYURCO	SIBAMBE	YALANCA Y	HUIGRA	CAPARINA	TAMBORPUNGO	TOCTESINÍN	TOTAL (Mbps)	TOTAL (MHz)
ALAUSI	1974,76	111,74	-	-	-	-	-	-	2086,5	2086,5
AYURCO	-	-	5,25	9,15	22,2	30,72	30,72	30,72	128,73	128,73
SIBAMBE	-	-	97,68	-	-	-	-	-	97,68	97,68
YALANCA Y	-	-	-	109,07	-	-	-	-	109,07	109,07
HUIGRA	-	-	-	-	395,6	-	-	-	395,6	395,6
CAPARINA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAMBORPUNGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOCTESINÍN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL (Mbps)	1974,76	111,74	102,93	118,22	417,8	30,72	30,72	30,72	2817,61	2817,61

- Nombre de Centrales y BTS's
- Velocidad de transmisión de XDSL en Mbps
- Velocidad de transmisión de XDSL+IPTV en Mbps
- Velocidad de transmisión de enlaces microondas en Mbps
- Velocidad de transmisión de enlaces a BTS's en Mbps
- Total de la velocidad de transmisión de todos los enlaces en Mbps
- Total del ancho de banda de todos los enlaces en MHz

Una vez realizada la proyección de la matriz de tráfico para 5 años, obtenemos la capacidad de tráfico que los equipos a implementar en este proyecto deberán soportar una capacidad de ancho de banda igual o mayor que **2817,61MHz** como se puede observar en la tabla IV- 14. Con este valor de ancho de banda se realiza el dimensionamiento del equipo, en el anexo se representa las características de un equipo ADM optiX 3500 de marca Huawei, se puede transmitir desde 1 STM-1 hasta un STM-64 dependiendo el tipo de tarjeta que se instale. Las características técnicas se muestran en los Anexos

4.7 Cálculo de la atenuación

La atenuación es la pérdida de potencia óptica en una fibra óptica que generalmente se mide en dB y dB/Km en cuanto a la potencia que es emitida contra la potencia receptada. En lo que respecta a las causas que se consideran en fibra óptica para este efecto están las intrínsecas y extrínsecas. Las primeras tienen que ver en la composición del vidrio, impurezas y propiedades defectivas propias de la fibra óptica. Las segundas, las propiedades extrínsecas consideran las condiciones de instalación física de la fibra, como tendido, empalmes y conectores tratados en conjunto como atenuación por inserción, curvaturas, temperatura.

El principal objetivo de nuestro diseño es calcular la atenuación total extrínseca lo que nos permitirá determinar la necesidad de regeneración de la señal para la amplificación de la misma o la atenuación en el caso de trayectos cortos.

Con la información que es proporcionada por el fabricante del cable de fibra óptica y la información del correspondiente interfaz óptico que se va utilizar en cada uno de los equipos de transmisión se calcula el alcance máximo correspondiente para cada interfaz óptico y con dicho alcance máximo se calcula el ancho de banda correspondiente para cada interfaz.

Finalmente con la distancia real de cada enlace se calcula los valores de potencia recibida en cada punto de recepción y los respectivos anchos de banda. Estos valores se comparan con los valores mínimos permitidos de potencia de recepción y ancho de banda para la interfaz óptica.

Todos los parámetros que influyen en la atenuación total de un enlace de fibra óptica se presentan en la siguiente ecuación:

$$P_T - 2 \alpha_c - \alpha D - \alpha_e N_e - M_c - M_e \geq P_R$$

- ✓ P_T = Potencia de transmisión del láser en el interfaz S en dBm.
- ✓ α_c = Atenuación debida al conector con el interfaz óptico en dB.
- ✓ α_e = Atenuación debida a empalmes en dB.
- ✓ α = Atenuación debida a la longitud de la fibra óptica dB/Km.
- ✓ N_e = Numero de empalmes.
- ✓ M_c = Margen de seguridad del cable de fibra óptica en dB.
- ✓ M_e = Margen del interfaz óptico de transmisión en dB.

✓ P_R = Potencia de recepción mínima dBm.

La misma que expresa la distancia máxima entre dos puntos de un enlace de fibra óptica, transmisor S y receptor R separados por una distancia D expresada en Km.

El tipo de conectores que se utilizaran son del tipo FC que tienen una pérdida típica de señal de 0.2 dB. De igual manera, los empalmes por fusión incluyen una pérdida de 0.07 dB para fibra de dispersión desplazada no-nula.

El número de empalmes N_e está dado por la distancia total del trayecto D (Distancia de nodo a nodo) dividido por la longitud máxima del carrete de fibra óptica del fabricante, que para este diseño es de 4 Km, es decir $N_e = D/4$.

El Margen de seguridad del cable M_c se establece al considerar que durante toda la vida útil del cable de fibra óptica presentara una rotura a intervalos de un 50% del trayecto D, es decir que $M_c = D/50$ [dB].

El Margen del equipo lo proporciona el fabricante y está dado en el orden de 0.1-0.2 dB.

De la ecuación se despeja el valor máximo de la distancia D, la misma que queda en función de los parámetros antes mencionados, con lo que se obtiene la siguiente ecuación:

$$D \leq \frac{P_T - P_R - 2\alpha_C - M_e}{\alpha + \frac{\alpha_e}{4} + \frac{1}{50}}$$

Donde al remplazar los datos se obtiene la distancia a la que hay ubicar regeneradores.

$$D \leq \frac{0 - (-23) - 2(0,2) - 0,1}{0,35 + \frac{0,07}{4} + \frac{1}{50}}$$

$$D \leq 58,065 \text{ Km}$$

Con el resultado anterior se justifica la no colocación de repetidores ya que la máxima longitud para el diseño no sobrepasa esta distancia, también sirve para calcular el ancho de banda mínimo para la interfaz óptica.

El ancho de banda AB se calcula a partir de la siguiente ecuación tomando en cuenta la distancia máxima.

$$AB = \frac{0,44}{D(W_C)(\Delta\lambda)}$$

✓ D = Distancia del enlace o tramo, en Km.

✓ W_C = Dispersión cromática de la fibra óptica, en ps/nm.Km.

✓ $\Delta\lambda$ = Ancho espectral del laser, en nm.

De acuerdo a la fibra óptica seleccionada $W_C = 8$, y considerando un valor típico para una fuente de luz tipo laser de $\Delta\lambda = 0,1$ con lo cual se procede a calcular el Ancho de banda:

$$AB_{\min} = \frac{0,44}{58,065(8)(0,1)}$$

$$AB_{\min} = 9,472 \text{ Mbps}$$

Finalmente, para determinar si cada uno de los enlaces de fibra que conforman el sistema cumple con los requisitos antes mencionados para cada interfaz, se procede a calcular el nivel de recepción de la señal y su ancho de banda para cada enlace con su respectiva distancia D' (Distancia real entre nodos más bucle de exceso Ver TABLA IV-8).

Para poder calcular la potencia recibida P_R en el receptor del interfaz se utiliza la ecuación:

$$P_R \leq P_T - 2 \alpha_c - M_e - D' \left(\alpha + \frac{\alpha_e}{4} + \frac{1}{50} \right)$$

Y para el Ancho de banda se utiliza la ecuación de AB anteriormente mencionada. En ambas ecuaciones se reemplaza la distancia D' .

A manera de ejemplo calculamos para la central Alausí – Ayurco:

$$P_R \leq P_T - 2 \alpha_c - M_e - D' \left(\alpha + \frac{\alpha_e}{4} + \frac{1}{50} \right)$$

$$P_R \leq 0 - 2(0,2) - 0,1 - 10,1073(0,35 + 0,07/4 + 1/50)$$

$$P_R \leq -4,41 \text{ dBm}$$

$$AB_{\min} = \frac{0,44}{10,1073(8)(0,1)}$$

$$AB_{\min} = 54,41 \text{ Mbps}$$

En la TABLA IV-13 se resumen los resultados para el resto de enlaces que componen el sistema de Fibra Óptica.

TABLA IV-15 Resultados de los enlaces

NOMBRE DEL ENLACE	DISTANCIA D' (Km)	POTENCIA P_R (dBm)	ANCHO DE BANDA (Gbps)
ALAUSI – AYURCO	10,1073	-4,41	0,054
AYURCO – SIBAMBE	3,2004	-1,74	0,172
SIBAMBE - YALANCAI	12,5895	-5,37	0,044
YALANCAI - HUIGRA	7,9149	-3,56	0,069

Como se puede observar en la TABLA VI-15, los resultados indican que existe un muy buen nivel de recepción ya que los valores de recepción en cada uno de los trayectos superan el valor mínimo establecido por el interfaz óptico.

CAPÍTULO V

V. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

5.1 Introducción

En proyectos de inversión es muy importante tomar en cuenta el análisis financiero para que las empresas puedan ver y analizar cuanto ganancia les proyecta y ver si es factible de realizarlo, por lo que en este capítulo se analizarán costos de equipos necesarios para la implementación de la red y también analizar los factores con los que se puede determinar la factibilidad, para una segura inversión de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones

5.2 Costos de los equipos, materiales y volumen de obra

Dentro de estos se considera el valor de los equipos utilizados en la red de transporte y en la red de acceso.

La mayoría de fabricantes de equipos de Fibra Óptica existentes en el mercado tienen la política de no publicar los precios de sus productos, por lo que la estimación se realizará utilizando costos de equipos que se utilizan en nuestro país, como es el caso de HUAWEI, los mismos que son utilizados en la red actual de CNT, por lo que la empresa ha facilitado los costos de los equipos, información que se obtuvo de ofertas reales realizadas en los concursos de contratación en el mercado ecuatoriano de telecomunicaciones.

Por convenio de confidencialidad con la CNT cabe destacar que los valores aquí presentados son un referencial a efecto de representar la confidencialidad referida; pero sin embargo se aproximan a un posible valor final.

TABLA V-1 Descripción de Materiales y equipos propuestos

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL
ADM OSN OptiX3500 HUAWEI Y EQUIPOS DE FUERZA	5	u	40357,8	\$ 201.789,00
IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADA	10	u	5,34	\$ 53,40
IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA AÉREO	531,00	u	5,97	\$ 3.170,07
INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA	87,00	m	1,76	\$ 153,12
INSTALACIÓN DE ODF 48 PUERTOS G655	5	u	1.052,84	\$ 5.264,20
PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERÍA DE CABLES	5	u	14,25	\$ 71,25
PRUEBA DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA Y POR FIBRA)	348	PTO	8,10	\$ 2.818,80

TENDIDO DE CABLE AÉREO 48 FIBRAS ADSS G.655 VANOS 200m	34468	m	7,89	\$ 271.952,52
TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 F.O MONOMODO G 655	137	m	6,06	\$ 830,22
POSTE DE 18 m HORMIGÓN	354	m	1.564,89	\$ 553.971,06
SUBIDA A POSTE	8	u	43,60	\$ 348,80
RACK PARA EQUIPO	5	u	425,38	\$ 2.126,90
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORE DÚPLEX FC-ST G.655 5m	10	u	30,16	\$ 301,60
REPOSICIÓN DE CALZADA	45	m	11,14	\$ 501,30
SUB-TOTAL (1)				\$ 1.043.352,24

TRIDUCTO (EN CANALIZACIÓN EXISTENTE)	75	m	5,83	437,25
TAPÓN CIEGO PARA TRIDUCTO (1 1/4 ")	30	u	5,43	162,90
TAPÓN SIMPLE PARA FIBRA ÓPTICA (TAPÓN GUÍA 1 1/4 ")	15	u	10,88	163,20
HERRAJE DE DISPERSION PARA POSTE	14	u	4,17	58,38
HERRAJE DE PASO PARA POSTE	518	u	7,06	3.657,08
EMPALMES AÉREOS	7	u	479,78	3.358,46
SUB-TOTAL (2)				\$ 7.837,27

5.3 Costos de Ingeniería

Los costos de ingeniería son los más importantes a ser considerados, debido a que estos corresponden a los honorarios que la empresa debe cancelar a las personas encargadas tanto del diseño del sistema de fibra óptica, así como también de los respectivos estudios de campo realizado.

En la siguiente tabla representamos los costos de ingeniería los cuales se toman en base a los siguientes aspectos:

- Costo del diseño que incluye: estudio de la situación actual de la empresa, proyección del tráfico de la red, estudio de demanda de los servicios de la empresa, selección y determinación de los equipos
- Costo del estudio de campo se evalúa de acuerdo a factibilidad de acceso a la localidad donde se ubicarán los nodos, determinación de la ubicación de los nodos con sus respectivas coordenadas geográficas y estudio de la ruta para el tendido de la fibra óptica.

TABLA V-2 Costos de Ingeniería

CATASTROS	5	Hoja	3,56	\$ 17,80
PLANO DE OBRA	18	A1	35,79	\$ 644,22
SUB-TOTAL (3)				\$ 662,02

5.4 Costo total del proyecto

El costo total del sistema diseñado se lo presenta finalmente en la TABLA V.III, en la cual se describe el costo de volumen de obra y costos de Ingeniería.

TABLA V-3 Costo total del proyecto

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL
COSTOS DE EQUIPOS	1	U	\$ 1.043.352,24	\$1.043.352,24
COSTOS DE MATERIAL	1	U	\$ 7.837,27	\$ 7.837,27
COSTOS DE INGENIERIA	1	U	\$ 662,02	\$ 662,02
TOTAL (3)				\$ 1.051.851,53

5.5 Justificación de la inversión

En toda empresa, es necesario realizar la evaluación del Proyecto para así determinar su viabilidad, considerando varios aspectos que permitan determinar en qué medida el Proyecto será rentable.

La evaluación de este tipo de Proyectos, se basa normalmente en el estudio de los ingresos y gastos relacionados con el Proyecto, teniendo en cuenta cuando son efectivamente recibidos y entregados, es decir, en los flujos de caja que se obtienen en dicho Proyecto con el fin de determinar si son suficientes para soportar el servicio de la deuda anual y de retribuir adecuadamente el capital aportado por la empresa.

En el estudio de la viabilidad económica se pretende definir mediante la comparación de los beneficios y costos estimados del Proyecto, si es recomendable su implementación y posterior operación.

5.6 Viabilidad del proyecto

Para evaluar la viabilidad de un Proyecto, los indicadores de rentabilidad más utilizados por los expertos son: Flujo de caja, valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), y el periodo de recuperación de la inversión. Estos indicadores permiten dar una medida de la rentabilidad que se puede obtener con el presente Proyecto.

5.7 Flujo de caja

La proyección del flujo de caja constituye uno de los elementos más importantes en la evaluación del Proyecto, de la precisión con que se construya este flujo dependerá la confiabilidad de las conclusiones obtenidas en el análisis de rentabilidad.

Para efectos de este estudio, se concentrara la atención en los flujos de caja para medir la rentabilidad del Proyecto, considerando los siguientes aspectos:

- ✓ La CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES aportará con el 100% del costo total de la implementación del presente proyecto.
- ✓ Se considera un tiempo de depreciación de los equipos de 5 años, dicha depreciación se la considera lineal

En la TABLA V-4 se presenta el flujo de caja realizado para el presente proyecto, donde se debe considerar que actualmente está siendo atendidos 2258 clientes en telefonía, de esta cantidad de clientes proyectamos que el 30% utilizará además el servicio de internet en el 2012, en los próximos 5 años incrementara en un 10% anual

El costo básico de servicio de telefonía es de \$ 6.20 y el valor de la velocidad mínima de internet es de \$ 18.64, y se proyecta que anualmente incrementará un 1% de clientes para los servicios de telefonía y de datos un 10% anual desde el segundo año. Debemos además considerar que la proyección en los 5 próximos años el valor de los servicios no variarán y el mantenimiento del enlace se realizará semestralmente, aquí no se considera los costos de los servicios de IPTV porque no se conoce aun el precio de los paquetes que ofertará la Corporación Nacional de Telecomunicaciones

TABLA V-4 Flujo de caja correspondiente al año 5

Descripción	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Total
Ingreso de Telefonía	151655,04	202206,72	252982,08	303310,08	354085,44	1264239,36
Ingreso de XDSL	167995,20	169111,20	170227,20	171343,20	172459,20	851136,00
Costo de Operación y mantenimiento	-	6125,00	7028,28	8145,36	9246,52	30545,16
Inversión	1051851,53	0,00	0,00	0,00	0,00	-1051638,64
Utilidad neta	-732201,29	365192,92	416181,00	466507,92	517298,12	1094281,88

5.8. Período de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación de la inversión, es uno de los métodos que en el corto plazo puede tener el favoritismo de algunas personas a la hora de evaluar sus inversiones.

Por su facilidad de cálculo y aplicación, el período de recuperación de la inversión es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del Proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo. Consiste en medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo.

El periodo de recuperación de la inversión, podría encontrarse de la siguiente manera:

$$PRI = \text{Año anterior recuperacion total} + \frac{\text{Costo no recuperado principio de año}}{\text{flujo de caja durante el año}}$$

- ✓ Año anterior a la recuperación total:

Se suman los Flujos de Caja a partir del año 0, hasta que el valor obtenido sea positivo:

$$-732201,29 + 365192,92 + 416181,00 = 49172,63$$

Como el valor obtenido se hace positivo al 3er año, se tiene que el año anterior a la recuperación total va a ser el 2do año.

- ✓ Costo no recuperado al principio del año:

Como el año anterior a la recuperación total es el 2do año, se va a tener un costo acumulado no recuperado a partir del año 0, tal como se muestra a continuación:

$$-732201,29 + 365192,92 = -367008,3$$

- ✓ Flujo de Caja durante el año:

Como se observa en la TABLA V-5, el Flujo de Caja anual al 3er año es de: \$ 416181,00

Entonces, haciendo los cálculos respectivos, se tiene que el periodo de recuperación de la inversión, es:

$$PRI = 2 + \frac{49172,63}{416181,00}$$

$$PRI = 2,11$$

Una vez realizado el flujo de caja se obtiene indicadores de rentabilidad óptimos para el proyecto, puesto que la recuperación de la inversión necesaria para la implementación del Proyecto son idóneas, ya que dicha inversión sería recuperada en un tiempo aproximado de 2 años, 11 meses, debido a que los Flujos de Caja acumulados hasta este sobre pasarían los costos generados por la implementación del presente Proyecto.

Como se observa en los resultados obtenidos, el proyecto presenta una alta rentabilidad con lo que se concluye que el retorno de la inversión es óptimo, es decir que cubre cualquier expectativa de inversión en el mercado.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ La fibra óptica utilizada como medio de transmisión en el transporte de información, presenta una gran cantidad de ventajas tales como: gran ancho de banda, baja atenuación, inmunidad electromagnética y seguridad.
- ✓ Las recomendaciones de la ITU-T, nos permiten tener un adecuado criterio en lo que se refiere a los diferentes, parámetros de diseño (sincronismo, gestión, equipos, entre otros), por lo que es muy importante saber interpretarlos.
- ✓ Si se observa el costo de la inversión es muy elevado para los pocos usuarios que utilizan el servicio en las poblaciones aledañas, tanto en servicios de voz como de datos, pero es una inversión a largo plazo ya que si no se invirtiera en la cobertura de estas, se dejaría el camino libre para que la competencia, pueda seguir creciendo.
- ✓ DWDM permite a proveedores de servicios, transmitir tráfico en cualquier formato independiente de la aplicación que se haga, esta propiedad resalta la flexibilidad de la multiplexación en aceptar cualquier tipo de datos, ya sea provenientes de equipos SDH, IP, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet y más, con ésta característica la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, puede ofrecer un servicio de calidad y gran capacidad a cualquier empresa que requiera el transporte de información implementando para ello la fibra óptica G.655.

VII.RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que los equipos a utilizarse tengan una alimentación de – 48 V para que puedan ser respaldados por bancos de baterías que tiene cada central.
- ✓ El espacio en cada central donde van a ser instalados los diferentes equipos debe ser el adecuado para que no exista saturación de la sala, además debe existir un correcto sistema de climatización para mantener la sala de equipos a una temperatura adecuada.
- ✓ El tendido del cable de fibra óptica y la instalación de los equipos descritos en el desarrollo del proyecto, lo debe realizar personal calificado, a fin de cumplir con todas las especificaciones y normas técnicas dadas por el fabricante y la empresa.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Recomendación UIT G.872 «Arquitectura de las Redes de transporte Ópticas», Febrero 1999.
- ✓ CULQUI Germán, “Estudio y Diseño de una red de transmisión de Fibra Óptica NG – SDH, entre las Telecomunicaciones” (Tesis) (Ing. Electrónico). Sangolquí – Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Eléctrica y Electrónica, 2009
- ✓ ESCALANTE María José, “Estudio y Análisis de Factibilidad para la Implementación de un Anillo de Fibra Óptica en la ciudad de Riobamba orientado a redes NGN investigado en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT-EP)” (Tesis) (Ing. Sistemas Informáticos).Riobamba – Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010
- ✓ GUEVARA Salomón, “Análisis y Diseño de un Sistema redundante de Fibra Óptica para la red de Fasnet Cía. Ltda. En Riobamba” (Tesis) (Ing. Electrónica y Computación). Riobamba – Ecuador, 2010.

8.1 Linkografía

- ✓ FIBRA ÓPTICA
<http://www.portalplanetasedna.com.ar/cursos.htm>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra%C3%B3ptica>
<http://www.ccapitalia.net/netica/teleco/redes-opticas-v1.pdf>
- ✓ TIPOS DE EMPALMES Y EQUIPOS PARA REDES OPTICAS
<http://www.pdf-search-engine.com/empalme-de-fibra-optica-pdf.html>
- ✓ GENERACIÓN DE REDES NGN
http://www.anobium.es/docs/gc_fichas/doc/6GHKRUcejt.pdf
- ✓ MPLS – IP SIBRE ATM
<http://www ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupo/G5/resumen.htm>
- ✓ ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)
<http://www.monografias.com/trabajo/atm/atm.shtml>
- ✓ SDH (Jerarquía Digital Síncrona)
<http://www.monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital/jerarquis-digital.shtml>
<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/sdh.php#Introduccion>
<http://m2vtelecom.files.wordpress.com/2008/08/ng-sdh.pdf>
<http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sdh/conceptos-basico>
<http://fibresystems.org/cws/article/magazine/21687>
http://es.wikipedia.org/wiki/Synchronous_optical_networking
- ✓ DWDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda)
<http://es.wikipedia.org/wiki/Multiplexaci%C3%B3npordivisi%C3%B3n>
<http://es.wikipedia.org/wiki/DWDM>

ANEXOS