

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**“DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE FIBRA ÓPTICA PARA PROVEER
DE COMUNICACIÓN DE VOZ Y DATOS SOBRE EL POLIDUCTO
SHUSHUFINDI – QUITO DE PETROCOMERCIAL REGIONAL
NORTE”**

SANTIAGO LEONARDO SILVA ACOSTA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “DISEÑO DE LA RED TRONCAL DE FIBRA ÓPTICA PARA PROVEER LA COMUNICACIÓN DE VOZ Y DATOS SOBRE EL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO DE PETROCOMERCIAL REGIONAL NORTE” ha sido desarrollada en su totalidad por el Sr. Santiago Leonardo Silva Acosta.

Atentamente

Ing. Carlos Usbeck W.
DIRECTOR

Ing. Rodrigo Silva.
CODIRECTOR

RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

El proyecto se basa en el estudio y análisis de dos alternativas para el diseño de la Red Troncal de Fibra Óptica para el Poliducto Shushufindi – Quito y proveer de voz y datos, el primer diseño con infraestructura propia, tanto equipos como fibra óptica, y el segundo diseño mediante la interconexión con la fibra óptica oscura de OCP que tendrá fibra óptica compartida, tramos propios para Petrocomercial y tramos arrendados de OCP, las dos alternativas aprovecha las propiedades de la fibra óptica y toda la tecnología que la envuelve.

La Alternativa 1 plantea un esquema de enlace de las cinco Estaciones del Poliducto, y reemplazar el actual sistema de comunicación de microonda, para tener un sistema redundante y permitir brindar más y mejor servicios a las dependencias de Petrocomercial.

Por último la Alternativa 2, que busca la manera de interconectar a Petrocomercial con la fibra que tiene instalada OCP, mediante las Estaciones de la misma donde tiene implementada la fibra y analizar la prolongación y disponibilidad en los sitios donde se podrá derivar los hilos disponibles para la conveniencia del Poliducto.

Con este proyecto también se busca el aumento de ancho de banda, en la Alternativa 1 hasta STM-16 y en la Alternativa 2 hasta STM-4 ya que en el tramo Quito – Shushufindi, OCP tiene al momento instalado para esa capacidad.

DEDICATORIA

A Dios por iluminarme durante mi carrera estudiantil, a mi Madre y Padre que con su apoyo incondicional, ejemplo, amor y constancia han influido en mi personalidad para poner el entusiasmo, dedicación y esfuerzo y llegar a culminar mi carrera profesional.

A todos mis familiares y amigos que me colaboraron de una u otra manera en la finalización de este logro que es mi Tesis.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento para Dios por haberme dado la vida, y por poner en mi vida a muchas personas que con sus consejos supieron guiarme por el camino correcto, a mis queridos Padres y Hermanos que me brindaron confianza, amor y comprensión y lo más importante su apoyo en las buenas y las malas y guiarme para lograr mis objetivos.

Agradezco de sobre manera a mi Director y Codirector de Tesis por su ayuda y colaboración en la realización de este proyecto, quienes me supieron guiar a lo largo de mi investigación.

A PETROCOMERCIAL, especialmente al personal de la Unidad de Sistemas y Telecomunicaciones, que con su amistad y apoyo pude aprender y sentirme uno más de ellos, mención aparte merece el Ing. Gustavo Páez, quien me brindo la oportunidad de realizar este Proyecto de Tesis.

PROLOGO

Hoy en día las empresas dependen en mayor medida de la tecnología, en particular de la tecnología de las telecomunicaciones, gracias a su rápido crecimiento, estos medios generan enormes flujos de información, el mismo que tiene que viajar largas distancias en canales de mucha capacidad.

Para ayudar a las comunicaciones se han desarrollado las mejores técnicas de fabricación de fibra óptica, mejorando la tasa de transmisión y precios.

El objetivo de este proyecto es establecer la mejor manera para la implementación de la red troncal de fibra óptica de última generación para administrar voz y datos en las diferentes dependencias de la red del Poliducto, con un sistema ágil y robusto, el cual proporcione las herramientas necesarias para intercomunicar al personal de Petrocomercial.

Se realiza el estudio de dos alternativas para la implementación de la red de fibra y proveer de voz y datos al Poliducto, además tener un sistema redundante de comunicaciones conjuntamente con el sistema microonda que actualmente posee la empresa que permita tener una comunicación eficiente y eficaz los 365 días del año.

Los equipos a utilizar con características de seguridad, confiabilidad y gran capacidad permiten al sistema de fibra óptica tener reservas y puesto que no se usa la totalidad de las fibras da la posibilidad de explotar nuevas aplicaciones.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
FIBRA ÓPTICA	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 FIBRAS ÓPTICAS: TECNOLOGÍA.....	4
1.2.1 ANCHO DE BANDA Y TASA DE DATOS	5
1.2.2 VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA	6
1.2.3 DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	7
1.2.4 MODOS DE TRANSMISIÓN ÓPTICA	8
Fibra Óptica Multimodo	8
Fibra Multimodo de Salto de Índice	9
Fibra Multimodo de Índice Gradual	9
Fibra Óptica Monomodo	10
Fibra Óptica Monomodo (SM).....	11
1.3 PROPIEDADES DE LA FIBRA OPTICA.....	12
1.3.1 PÉRDIDAS DE LA FIBRA	13
1.3.2 ABSORCIÓN DE MATERIALES	14
1.3.3 PÉRDIDAS DE DISPERSIÓN	14
1.3.4 FALTA DE HOMOGENEIDAD DE INTERFASE	14
1.3.5 PÉRDIDAS DE MACRO CURVATURAS Y MICRO CURVATURAS	15
1.3.6 DISPERSIÓN	16
1.3.7 DISPERSIÓN CROMÁTICA	17
1.3.8 DISPERSIÓN TOTAL: FIBRA MONOMODO	18
1.4 ENPALMES, CONECTORES, ACOPLADORES Y REJILLAS	19
1.4.1 PREPARACIÓN DEL EXTREMO DE LA FIBRA.....	20
1.4.2 EMPALMES	20
Empalmes por fusión.....	20
Empalmes manuales o mecánicos	22
1.4.3 CONECTORES	23
Conector FC (macho FC):	24

Conector ST:.....	24
Conector SC:	25
Conector E2000:.....	25
Conector Optoclip:	26
1.4.4 ACOPLADORES DE FIBRA OPTICA	26
Acopladores en T y acopladores en estrella.	26
Fabricación de Acopladores	27
1.5 TRANSMISORES OPTICOS.....	29
1.5.1 DIODO EMISOR DE LUZ (LED)	29
1.5.2 LED DE EMISIÓN DE BORDES (ELED).....	30
1.5.3 LED EMISOR DE SUPERFICIE.....	31
1.5.4 FUENTES DE DIODOS LÁSER.....	32
1.5.5 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR.....	34
1.6 RECEPTORES ÓPTICOS.....	35
1.6.1 DETECTORES ÓPTICOS.....	37
1.6.2 FOTODIODOS	37
1.6.3 FOTODIODO DE AVALANCHA.....	38
1.7 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA WDM	39
1.7.1 MULTIPLEXACIÓN DENSA POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA (DWDM)	40
1.7.2 EFECTOS NO LINEALES.....	42
REFERENCIAS.....	44
CAPITULO 2.....	45
ESTUDIO ACTUAL EL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO.....	45
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO.....	45
2.1.1 DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA RED DE COMUNICACIONES MICROONDA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO	48
Estación Shushufindi	49
Enlace Shushufindi – Lumbaqui Alto	55
Estacion Quijos.....	56
Estacion Osayacu.....	59
Estacion Chalpi.....	62
Estacion El Beaterio	65

2.1.2	DIAGRAMA DE LA RED DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO	67
2.1.3	DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS ACTUALES DE COMUNICACIÓN DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO	70
	Radio Harris Aurora 5800	70
	Radio Harris Truepoint 4040.....	72
	Wilan LIBRA 5800	73
	Harris Quadralink	74
2.1.4	ENLACES DE COMUNICACIÓN EXISTENTES.....	74
2.2	ANALISIS DEL REQUERIMIENTO DE ANCHO DE BANDA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO.....	75
2.3	TECNOLOGIAS UTILIZADAS ACTUALMENTE	76
	2.3.1 Pares trenzados.....	77
	2.3.4 Cable coaxial	77
	2.3.5 Fibra Óptica	78
	2.3.6 Radio enlaces de VHF y UHF.....	78
	2.3.7 Microondas	79
2.4	TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD	79
	REFERENCIAS.....	80
	CAPITULO 3.....	81
	PROPUESTA TECNICA (ALTERNATIVA 1)	81
3.1	SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISION DE LA RED DEL POLIDUCTO.	81
	3.1.1 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	83
	Aumento de la capacidad de transmisión	83
	Aumento de la seguridad	84
	Reducción de costos	85
3.2	DISEÑO DE LA RED CON FIBRA ÓPTICA DE PETROCOMERCIAL DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO.....	85
	3.2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	86
	3.2.2 DEFINIR TOPOLOGÍA A UTILIZAR.....	88
	Arreglo Del Sistema	88
	Topologia De La Red	88
	Topología Seleccionada.....	88
	3.2.3 NÚMERO DE NODOS A CUBRIR.....	89

3.2.4	DETERMINAR TAMAÑO DE NODOS	90
3.2.5	TRAYECTO DEL ENLACE	91
3.2.6	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENLACE	92
3.2.7	CÁLCULOS.....	92
	Enlace Beaterio – Chalpi	94
	Enlace Chalpi – Osayacu.....	98
	Enlace Osayacu – Quijos.....	101
	Enlace Quijos – Shushufindi	104
3.2.8	TENDIDO DE LA FIBRA ÓPTICA.....	109
	Condiciones para el tendido en terrado directo.	109
	Precipitaciones.....	109
	Poblaciones.....	109
	Ventajas	109
	Interfaces	110
3.2.9	LISTADO DE MATERIALES.....	111
3.2.10	SUPERVISIÓN DE MONTAJE	111
	Infraestructura.....	111
	Instalación Subterránea.....	112
	Tendido De Los Cables En La Zanja.....	113
	Instalación De Los Conductos En La Zanja	113
	Paneles Ópticos	115
	Panel de Empalme	115
	Cuarto de Equipos	116
3.2.11	INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	117
3.2.12	BALANCEO Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISION.....	118
3.2.13	PREDUPUESTO DE POTENCIA	119
3.2.14	PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA	120
3.3	EQUIPOS A UTILIZAR	120
3.3.1	TRANSMISORES (ESPECIFICACIONES TECNICAS).....	121
	Características.....	122
3.3.2	RECEPTORES.....	124
	REPETIDORES, REGENERADORES Y AMPLIFICADORES OPTICOS.....	124
3.3.3	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.....	125
	Fibra Óptica	125
	Caja de Distribución.....	127
	Paneles Ópticos para montaje en rack.	128
	Caja de Empalmes	128
	Conectores, Adaptadores de Conectores y Herramientas de instalación.....	129
3.4	CARACTERISTICAS DEL ENLACE.....	130
3.5	RECOMENDACIONES DE INSTALACION.....	130
	REFERENCIAS.....	132

CAPITULO 4.....	133
PROPUESTA TECNICA (ALTERNATIVA 2)	133
4.1 DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA DE PETROCOMERCIAL DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO CONSIDERANDO CONVENIO ENTRE PETROCOMERCIAL – OCP.....	133
4.1.1 Tramo Amazonia hasta Papallacta.....	134
4.1.2 Tramo norte cercano a Quito.....	134
4.1.3 Tramo Costa hasta Balao.....	134
4.2 ASPECTOS LEGALES.....	135
4.3 MODALIDAD PARA COMERCIALIZAR LAS CUATRO FIBRAS.	136
4.4 ESTUDIO INTERCONEXION PETROCOMERCIAL – OCP.....	137
4.4.1 QUITO	137
4.4.2 LAGO AGRIO.....	137
4.5 HILOS DISPONIBLES	138
4.6 TRAMOS DISPONIBLES	138
4.7 SITIOS EN DONDE PETROCOMERCIAL PODRÁ DERIVAR LOS HILOS DISPONIBLES.	139
4.8 DISEÑO DE LA RED PARA LA INTERCONEXIÓN ENTRE PETROCOMERCIAL Y OCP.....	142
4.9 DEFINICIÓN DE RUTAS Y ALTERNATIVAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA FRENTE A LA OCP.....	145
4.9.1 RUTA 1 (BEATERIO - CHALPI).....	145
Características Del Enlace.....	146
Cálculos	147
4.9.2 RUTA 2 (CHALPI - OSAYACU).....	148
Características Del Enlace.....	150
Cálculos	150
4.9.3 RUTA 3 (OSAYACU - QUIJOS)	152
Características Del Enlace.....	154
Cálculos	154
4.9.4 RUTA 4 (QUIJOS - SHUSHUFINDI)	155
Características Del Enlace.....	157
Cálculos	157

REFERENCIAS:.....	160
CAPITULO 5.....	161
ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO	161
5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO (ALTERNATIVA 1).....	164
5.1.1 CONSIDERACIONES COSTO/RENDIMIENTO.....	164
5.1.2 VALORES DE COSTOS APROXIMADOS.....	166
5.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO (ALTERNATIVA 2).....	169
5.2.1 VALORACIÓN DE LOS HILOS DISPONIBLES.	170
5.2.2 CONSIDERACIONES COSTO/RENDIMIENTO.....	171
5.2.3 VALORES DE COSTOS APROXIMADOS.....	173
REFERENCIAS:.....	175
CONCLUSIONES.....	176
RECOMENDACIONES	180
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	201

INDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Estándares de tasa de datos en América Latina.....	5
Tabla. 2.1. Características generales Trae Point 4040.....	72
Tabla. 2.2. Enlaces detallados de Petrocomercial.....	75
Tabla. 2.3. Distribución del Ancho de Banda del Poliducto.....	76
Tabla. 3.1. Distancia en Km entre Estaciones del Poliducto Shushufindi – Quito.....	91
Tabla. 3.2. Características de las Interfaces Ópticas.....	110
Tabla. 3.3. Listado de Materiales.....	111
Tabla. 3.4. Atenuación y Potencias recibidas en los 4 enlaces.....	119
Tabla. 4.1. Tramos de los Hilos Disponibles de OCP.....	139
Tabla. 4.2. Sitios de Derivación de los Hilos Disponibles.....	140
Tabla. 4.3. Distancias para la Ruta 1.....	145
Tabla. 4.4. Distancias para la Ruta 2.....	149
Tabla. 4.5. Distancias para la Ruta 3.....	152
Tabla. 4.6. Distancias para la Ruta 4.....	156
Tabla. 5.1. Tarifa y Derechos de Concesión de los enlaces de Petrocomercial.....	162
Tabla. 5.2. Pagos a Oleoducto.....	162
Tabla. 5.3. Inversión del Proyecto.....	165
Tabla. 5.4. Comparación Valores de Pagos.....	166
Tabla. 5.5. Tarifa de Derechos de Vía.....	166
Tabla. 5.6. Presupuesto Referencial (Instalación Equipos y Fibra Óptica).....	167
Tabla. 5.7. Presupuesto Referencial total del Proyecto.....	168
Tabla. 5.8. Inversión para instalación y Equipos de fibra óptica.....	173
Tabla. 5.9. Presupuesto Referencial (Instalación Equipos y Fibra Óptica).....	173
Tabla. 5.10. Presupuesto Referencial total del Proyecto.....	174

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Interior de la Fibra Óptica.....	2
Figura. 1.2. Típico Sistema de comunicaciones de Fibra Óptica.....	3
Figura. 1.3. Tipos de Fibra Multimodo.....	8
Figura. 1.4. Fibra Óptica Multimodo de Salto de Índice.....	9
Figura. 1.5. Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual.....	10
Figura. 1.6. Pulso de la Fibra Monomodo.....	11
Figura. 1.7. Tipos de Fibra Monomodo.....	11
Figura. 1.8. Fibra Óptica Modo Simple.....	12
Figura. 1.9. Pérdidas de la distribución espectral para una típica fibra óptica de silicio multimodo.....	13
Figura. 1.10. Ejemplo de Pérdidas (a) macro curvatura y (b) micro curvatura.....	16
Figura. 1.11. Efectos del ensanchamiento del pulso en una tasa de datos: (a) pulsos resueltos en la entrada, (b) pulsos sin resolver a la salida (superposición).....	17
Figura. 1.12. Dispersión Cromática.....	18
Figura. 1.13. Ejemplo de dispersión. La dispersión de guía de onda es modificada cambiando a (Cambiando Δ para mantener fijo V) para incrementar la longitud de onda de dispersión cero.....	19
Figura. 1.14. Empalme por fusión.....	21
Figura. 1.15. Técnica de empalme por fusión.....	21
Figura. 1.16. Empalme Mecánico.....	22
Figura. 1.17. Empalme usando material elástico (Las fibras solo se muestran parcialmente insertadas).....	23
Figura. 1.18. Conector FC.....	24
Figura. 1.19. Conector ST.....	25
Figura. 1.20. Conector SC.....	25
Figura. 1.21. Conector E2000.....	25
Figura. 1.22. Conector Ortoclip.....	26
Figura. 1.23. Acoplador en Estrella.....	27
Figura. 1.24. Acoplador en estrella con el modo de mezcla de barras.....	28
Figura. 1.25. Representación de emisión de borde.....	31
Figura. 1.26. Representación emisor de superficie de longitud de onda corta.....	31
Figura. 1.27. Diodo de inyección láser ILD.....	33
Figura. 1.28. Potencia de salida de un ILD versus la corriente de excitación.....	34
Figura. 1.29. Diagrama de bloque de un receptor óptico para un enlace de datos digital.....	37
Figura. 1.30. Diagrama de un Fotodiodo.....	38
Figura. 1.31. Configuración de un fotodiodo ADP o de Avalancha.....	39
Figura. 1.32. Diagrama general de las comunicaciones de fibra óptica bajo WDM.....	41

Figura. 2.1. Capacidad de la Red Microonda Poliducto Shushufindi – Quito.....	47
Figura. 2.2. Rack de comunicaciones de Sucursal (PCO).....	50
Figura. 2.3. Central Telefónica Panasonic Sucursal.....	51
Figura. 2.4. Rack de comunicaciones de Cabecera (PCO).....	51
Figura. 2.5. Central Telefónica Panasonic Cabecera.....	52
Figura. 2.6. Rack de Comunicaciones de PCO.....	52
Figura. 2.7. Torre de Comunicaciones de PIN (Antenas de Cabecera y Sucursal Respectivamente).....	53
Figura. 2.8. Red de datos de la Estación Shushufindi.....	54
Figura. 2.9. Distribución Extensiones Estación Shushufindi.....	55
Figura. 2.10. Rack de Comunicaciones Instalado en Lumbaqui Alto.....	56
Figura. 2.11. Torre de Comunicaciones en Lumbaqui Alto.....	56
Figura. 2.12. Rack de Comunicaciones en la Estación de Quijos.....	57
Figura. 2.13. Central Telefónica de la Estación Quijos.....	58
Figura. 2.14. Red de Datos de la Estación Quijos.....	58
Figura. 2.15. Distribución Extensiones Estación Quijos.....	59
Figura. 2.16. Rack de Comunicaciones de la Estación Osayacu.....	60
Figura. 2.17. Central Telefónica Osayacu.....	60
Figura. 2.18. Red de Datos de Osayacu.....	61
Figura. 2.19. Distribución de extensiones en la Estación Osayacu.....	62
Figura. 2.20. Rack de Comunicaciones de Estación Chalpi.....	63
Figura. 2.21. Central Telefónica Chalpi.....	63
Figura. 2.22. Red de datos de la Estación Chalpi.....	64
Figura. 2.23. Distribución de las extensiones de la Estación Chalpi.....	64
Figura. 2.24. Red de datos de la Estación El Beaterio.....	66
Figura. 2.25. Distribución de las Extensiones del Beaterio.....	67
Figura. 2.26. Diagrama de Enlaces Microonda de Petrocomercial Regional Norte (Poliducto Shushufindi - Quito).....	68
Figura. 2.27. Red Wan de Petrocomercial Regional Norte (Poliducto Shushufindi - Quito).....	69
Figura. 3.1. Ancho de banda de ventanas de la fibra óptica.....	87
Figura. 3.2. Número de nodos del Enlace total.....	90
Figura. 3.3. Enlace Beatério – Chalpi.....	95
Figura. 3.4. Enlace Chalpi – Osayacu	98
Figura. 3.5. Enlace Osayacu – Quijos	102
Figura. 3.6. Enlace Quijos – Shushufinfi.....	105
Figura. 3.7. Diagrama General Final de la Red Troncal de Fibra Óptica.....	108
Figura. 3.8. Puentes donde se instalarán las canalizaciones de hormigón. (a) Río Malo. (b) Río Salado. (c) Río Sardinas.....	112
Figura. 3.9. Cuarto de Equipos de la Estación El Beaterio.....	116
Figura. 3.10. Equipo OPTIX METRO 3000.....	117
Figura. 3.11. Optix Metro 3000 a su máxima capacidad.....	121
Figura. 3.12. Corte de cable de Fibra Óptica.....	128
Figura. 3.13. Armario de Distribución Óptico.....	128
Figura. 3.14. Panel Óptico.....	128
Figura. 3.15. Acoplador Monomodo para conector SC.....	129
Figura. 3.16. Conector SC.....	129

Figura. 4.1. Diagrama esquemático explicativos de Derivación de los hilos Disponibles.....	142
Figura. 4.2. Diagrama de Comunicación que soportará la Red de Fibra.....	143
Figura. 4.3. Diagrama General de la Interconexión Petrocomercial – OCP.....	144
Figura. 4.4. Interconexión Beatério y Chalpi (Petrocomercial) a Cuchauco y Río Quijos 2 (OCP).....	146
Figura. 4.5. Interconexión para la RUta 2 entre Chalpi y Osayacu.....	146
Figura. 4.6. Interconexión Osayacu – Quijos.....	153
Figura. 4.7. Interconexión Quijos – Shushufindi.....	157

INDICE DE DATASHEETS

PANELES ÓPTICOS.....	183
EMPALME DE FIBRA ÓPTICA.....	187
FIBRA ÓPTICA CORMING SMF – 28e OPTICAL FIBER.....	189
HUAWEI NG SDH OPTIX METRO.....	194
STANDARD SINGLE – MODEL FIBER (ITU – T G.652E).....	199

GLOSARIO

Atenuación	Las señales se atenúan en mayor o menor medida en función de la longitud del cable y del número de empalmes.
Backbone	Parte superior de una red jerárquica, redes de transmisión que conecta al mismo backbone que garantiza la interconexión.
dB	Decibelio, medida logarítmica de la potencia óptica.
dBm	Decibelio referido a un milivatio.
Dispersión	Distorsión de un pulso de luz originada por las características de propagación a diferentes longitudes de onda y por los últimos caminos que sigue cada nodo.
Empalme	Unión permanente entre dos fibras originadas por la fusión de sus extremos o por el método de unión mecánica.
Equipo Óptico	Cualquier equipo electrónico de comunicaciones utilizado para comunicaciones mediante fibra óptica.
Fibra Oscura	Fibras ópticas, en un cable, que no están conectadas a un módulo, frecuentemente las fibras libres sobrantes.

Monomodo	Tecnología de transmisión de señales ópticas por cables de fibra óptica. Normalmente se utiliza en la transmisión por núcleos de fibras muy finos.
Multimodo	Tecnología de transmisión por fibra óptica en la que las ondas de luz se reflejan en el núcleo de la fibra.
PCO	Petrocomercial
PIN	Petroindustrial.
Repetidor	Amplificador de la señal que recrea la señal y permite añadir nuevos segmentos a la red.
SDH	Jerarquía Digital Sincrónica, Protocolo de comunicaciones de alta velocidad de datos.
SOTE	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano
Topología	Configuración de Red.

CAPÍTULO 1

FIBRA ÓPTICA

1.1 INTRODUCCIÓN

La **fibra óptica** es una guía de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio (en realidad, de polisilicio), aunque también puede ser de materiales plásticos, capaz de guiar una potencia óptica (lumínica), generalmente introducida por un láser, o por un LED. Las fibras utilizadas en telecomunicación a largas distancias son siempre de vidrio, utilizándose las de plástico solo en algunas redes de ordenadores y otras aplicaciones de corta distancia, debido a que presentan mayor atenuación que las de cristal.

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.

Así, en el interior de una fibra óptica (Figura 1.1), 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.

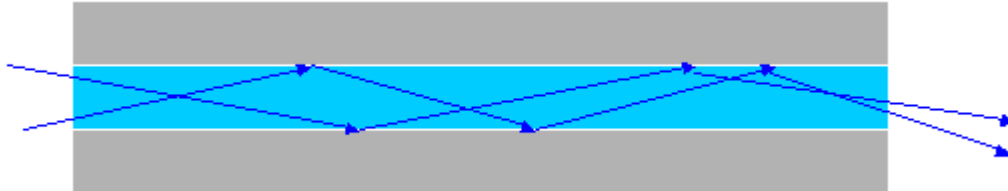


Figura. 1.1. Interior de la Fibra Óptica.

La fibra óptica ha representado una revolución en el mundo de las telecomunicaciones, por cuanto ha desplazado a los cables de cobre para la transmisión de grandes cantidades de información, sea en forma de canales telefónicos, televisión, datos, etc.

La Figura 1.2 muestra una representación de un enlace de fibra óptica. En la parte superior de la figura, una fuente óptica, como un semiconductor láser o LED, se modula por una señal. (El modulador puede ser cualquier fuente externa, o la fuente puede ser modulada directamente). La salida de luz modulada es introducida por medio del enlace de fibra óptica a través de un juego de conectores a través de un empalme de fibra permanente.

Si el enlace es de larga distancia, la intensidad de la luz disminuye por la atenuación en la fibra, y la señal óptica puede necesitar ser regenerada por un repetidor, como se muestra en la segunda línea de la Figura. Estos dispositivos consisten de un detector óptico que convierte la luz en voltaje, un circuito electrónico detecta la señal, y una fuente óptica regenera la señal detectada. Así fortalecida, la señal óptica viaja a más distancia por la fibra óptica. Una alternativa para repetir la

señal es ópticamente amplificar la luz, como se muestra en la tercera línea del gráfico.

El cuadro WDM representa una multiplexación por división de longitud de onda que combina la señal del rayo láser y una bomba láser (en dos diferentes longitudes de onda) en un amplificador de fibra óptica. El amplificador de fibra fortalece la señal usando la potencia desde la bomba láser sin requerir conversiones óptico/electrónico y electrónico/óptico. Finalmente, la señal óptica llega a su destino y la información es recuperada y convertida a su formato original.

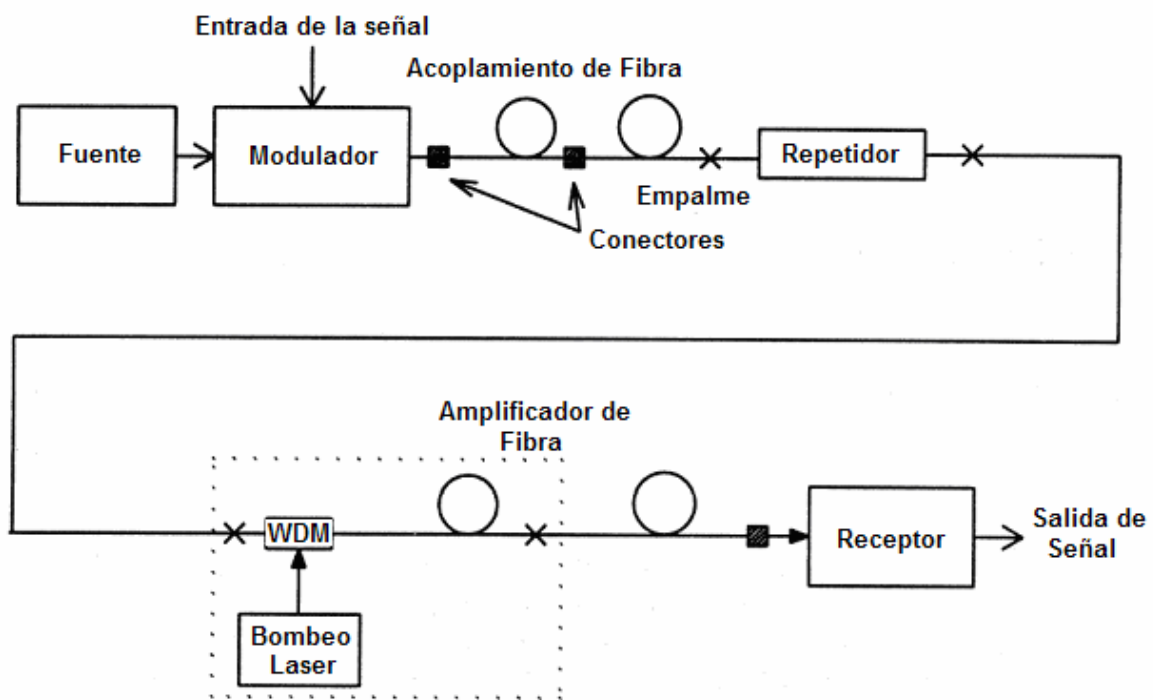


Figura. 1.2. Típico Sistema de comunicaciones de Fibra Óptica.

El diseño de un acoplamiento de fibra óptica es similar al que está demostrado en Figura 1.2, es un proceso interactivo. Para ilustrar algunas de las decisiones se requieren que, consideramos algunas de las opciones que deben ser realizadas. Las selecciones en un área afectarán las opciones en la otra área. [1]

1.2 FIBRAS ÓPTICAS: TECNOLOGÍA

Señal a ser Transmitida. Es la señal digital o analógica? Cuál es el ancho de banda de las señales (analógica) o tasa de datos (digitales)? Cuál es el rango dinámico (cuál es la potencia máxima y mínima de la señal)? Cuál es una aceptable relación señal a ruido en la salida del receptor (Análogo)? Cuál es una aceptable tasa de error de bit (Digital)?

Fuente. Se elige una fuente como un led o un láser? En qué longitud de onda? Qué formato de modulación debería ser usado, AM o FM para señales análogas? Modulación por amplitud de pulso (PAM) o Modulación por posición de pulso (PPM), etc. Para una forma de onda digital? Cuál es el desgaste de la fuente, confiabilidad, nivel de potencia de salida? Cuán estable es la fuente en la fase de cambios de temperatura? Una fuente de gran alcance permitirá largas distancias? Cuán lejos puede la señal ir en las aplicaciones de los usuarios?

Detector. De qué material debería el detector ser diseñado para proveer una sensibilidad máxima de acuerdo a la longitud de onda de interés? A qué costo? Requiere el usuario suficiente sensibilidad para justificar el gasto extra y la complejidad de un detector de avalancha? Qué tan estable es el desempeño del detector en presencia de cambios de la temperatura de funcionamiento?

Fibra. Qué atenuación en la fibra es requerida para encontrar los objetivos de diseño del sistema? Qué efecto produce ancho de banda – distancia? Es fibra monomodo requerida o fibra multimodo suficiente? Qué cable de fibra óptica es requerido – miembros fuertes, conductores poderosos, tamaño, peso?

Conectores y Empalmes. Qué empalmes y/o conectores debería ser requeridos para encontrar el límite de atenuación requerido? Qué tan fácil es hacer un empalme bajo condiciones de funcionamiento? Debe el conector mantenerse fuera del agua o de gases?

Repetidores y Amplificadores. Debería el enlace usar repetidores eléctricos (donde la señal es detectada, regenerada y retransmitida) o amplificadores ópticos (donde la señal óptica es amplificada)? Dónde deben estos dispositivos ser ubicados para maximizar la relación señal a ruido?Cuál es la mejor distancia?

Tabla. 1.1. Estándares de tasa de datos en América Latina.

América Latina
2.048 Mbps
8.448 Mbps
34.364 Mbps
139.264 Mbps
565.148 Mbps

1.2.1 ANCHO DE BANDA Y TASA DE DATOS

El ancho de banda de un medio basado en cobre se relaciona con las pérdidas en ese medio. En tecnología de línea coaxial, las pérdidas del cable (en decibelios por longitud), incrementan linealmente con la portadora de la frecuencia. La reducción de las pérdidas de cualquier frecuencia particular puede lograrse aumentando el diámetro del cable, pero eventualmente el cable será más grande y voluminoso. Los cables fibra-ópticos no exhiben este aumento lineal en la pérdida con la frecuencia, y las pérdidas pueden ser pequeñas por la construcción de fibra apropiada y la opción apropiada de longitud de onda que opera. [1]

1.2.2 VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

Entre las principales ventajas que ofrecen las comunicaciones por fibra ópticas tenemos:

Amplio Ancho de Banda. Los sistemas de fibra tienen una mayor capacidad debido a los anchos de banda inherentemente más grandes y disponibles con las frecuencias ópticas.

Inmunidad a Interferencias Electromagnéticas. Puesto que las fibras ópticas no son conductoras, no generan ni recibirán interferencia electromagnética. Esta característica permite el uso de fibras en regiones de campos eléctricos altos, como las potencias electrónicas, explosiones nucleares, y otras tales como fuentes de campos de intensidad electromagnética.

Falta de chispa. Para propósitos especiales en aplicaciones que requieren transmisión de información por medio de peligrosas cargas aéreas (áreas con explosivos o combustible inflamable), las fibras ofrecen una ventaja potencial de no producir chispa, si hay una rotura en la línea de transmisión.

Resistentes. Los cables de fibra son más resistentes a los extremos ambientales. Funcionan sobre una variación más grande de temperatura que sus componentes metálicos, los cables de fibra son menos afectados por los líquidos corrosivos y gases. Los cables de fibra son más seguros y fáciles de instalar y mantener. En consecuencia, es más fácil trabajar con ellas. Además, los cables de fibra requieren menos espacio de almacenamiento y son más baratos de transportar.

1.2.3 DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Junto con las ventajas, por supuesto, vienen las potenciales desventajas. Estas incluyen:

Alto Costo. El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre. El mantenimiento y reparación de los sistemas de fibra también es más difícil y costoso que los sistemas metálicos.

Mantenimiento. El mantenimiento y reparación de los sistemas de fibra óptica es más difícil y costoso que los sistemas metálicos (Cobre).

Falta de Estándares. Porque la fibra óptica es relativamente de nueva tecnología, los estándares simplemente están evolucionando.

Clásicamente, el tiempo de decisión para fijar los estándares ha sido difícil de establecer, puesto que cuando se debe congelar la tecnología para establecer los estándares. En un rápido campo de desarrollo como es la fibra óptica, los comités son indecisos para congelar la tecnología prematuramente a fin de sofocar un descubrimiento mayor. Actualmente existen estándares para las dimensiones de la fibra, algunas técnicas de medida, y dos redes de comunicación (FDDI y SONET). La consecuencia de esta falta de estándares se observa, por ejemplo, en la incompatibilidad de conectores. Los conectores del diseño variante están disponibles en una variedad de fabricantes.

1.2.4 MODOS DE TRANSMISIÓN ÓPTICA

Dependiendo del diámetro del núcleo y la longitud de onda utilizada, es posible que sobre una única fibra se transmitan varios modos (Caminos). Básicamente, existen dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo. La fibra óptica multimodo es adecuada para distancias cortas, como por ejemplo redes LAN o sistemas de video vigilancia, mientras que la fibra óptica monomodo está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia.

Fibra Óptica Multimodo

Una fibra multimodo es una fibra que puede prolongar más de un modo de luz. Para una fibra multimodo el número de modos puede ser fácilmente superior a 1000, pero esto depende de otras características de la fibra y se puede reducir durante la propagación. Este modo de transmisión se usa comúnmente en aplicaciones de comunicación de corta distancia (generalmente menos de unos pocos kilómetros). La electrónica del equipo Terminal es más barata y es, desde luego, simple de diseñar. Presenta atenuaciones mucho menores que la fibra óptica monomodo.

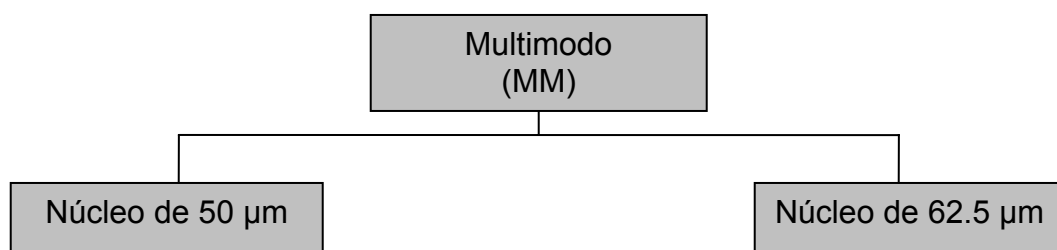


Figura. 1.3. Tipos de Fibra Multimodo.

Este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica

depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada. El mayor diámetro del núcleo facilita el acoplamiento de la fibra, pero su principal inconveniente es que tiene un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos de estas fibras son 50/125 y 62,5/125 μm . Existen dos tipos de fibra óptica multimodo: de salto de índice o de índice gradual.

Fibra Multimodo de Salto de Índice

Las fibras multimodo de salto de índice están fabricadas a base de vidrio con una atenuación de 30 dB/Km, o plástico con una atenuación de 100 dB/Km. Tiene una banda de paso que llega hasta los 40 MHz/Km. 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.

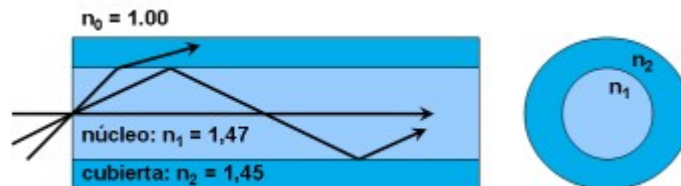


Figura. 1.4. Fibra Óptica Multimodo de Salto de Índice.

Fibra Multimodo de Índice Gradual

Las fibras multimodo de índice gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500 MHz/Km. Su principio se basa en 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. Estas fibras

permiten reducir de dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La cantidad de modos no es infinita y se puede calcular en base al radio del núcleo, la longitud de onda de la luz que se propaga por la fibra y la diferencia de índices de refracción entre núcleo y revestimiento, entonces según la variación del índice de refracción dentro del núcleo, y según la cantidad de MODOS (haces de luz):

- Multimodo de índice escalonado 100/140 μm .
- Multimodo de índice gradual 50/125 μm . [2]

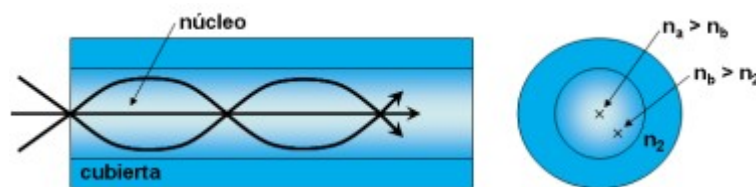


Figura. 1.5. Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual.

Fibra Óptica Monomodo

En la fibra óptica monomodo, la luz es confinada dentro del núcleo debido a su elevado índice de refracción. Debido a que el núcleo es muy pequeño, solo un simple rayo de luz (modo fundamental) puede ser guiado, de allí proviene su nombre. Esta característica da a la fibra una capacidad excepcional para transportar señales debido a que los pulsos de luz no pueden ser distorsionados por interferencias resultantes de transmisión sobre trayectorias múltiples.

El tamaño del núcleo de la fibra monomodo está comprendido entre 8 y 10 μm .

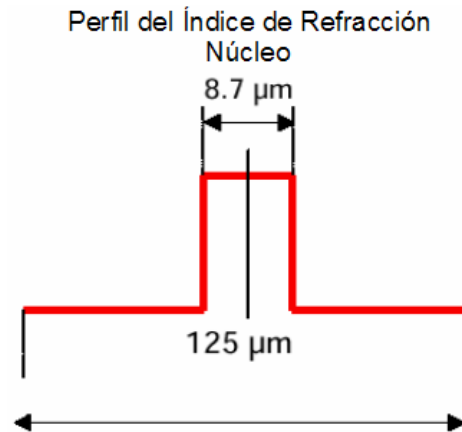


Figura. 1.6. Pulso de la Fibra Monomodo.

Las fibras monomodo pueden ser de varios tipos según sus características. La figura siguiente ilustra la clasificación de las fibras monomodo:

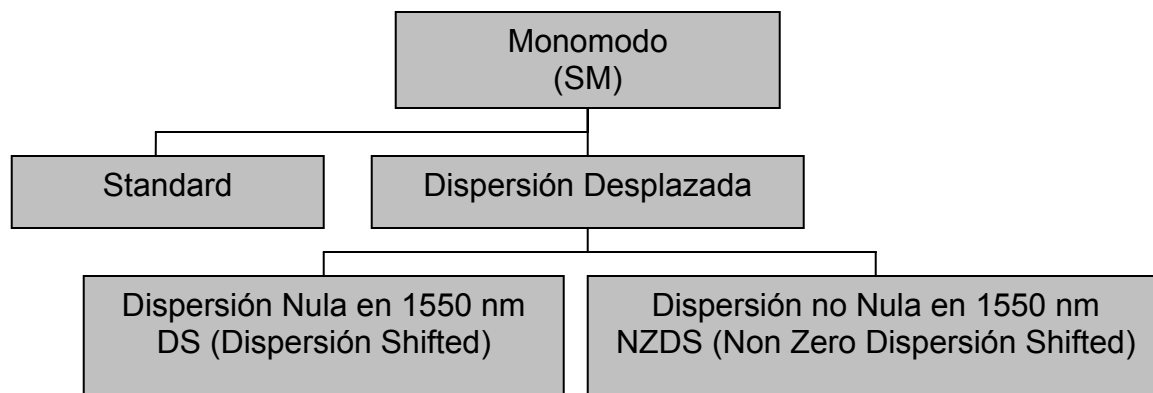


Figura. 1.7. Tipos de Fibra Monomodo.

Fibra Óptica Monomodo (SM)

Fueron las primeras con producción masiva y todavía continúan con la porción mayoritaria de los volúmenes vendidos. Operan alrededor de los 1310 nm (banda de

la segunda ventana) donde presentan baja (pero no la menor) atenuación y cero dispersión. [3]

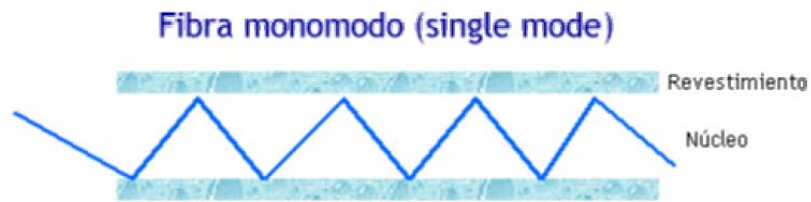


Figura. 1.8. Fibra Óptica Modo Simple.

1.3 PROPIEDADES DE LA FIBRA OPTICA

La fibra óptica tiene algunas propiedades y las más importantes consideradas es la atenuación óptica, dispersión óptica, y una introducción a algunos de los efectos no lineales de la fibra.

Cuando la señal se propaga a través de la fibra, la pérdida de potencia óptica quiere eventualmente atenuar la señal hasta que el ruido en el receptor se pierda. Un pulso estrecho que se origina en una fuente óptica se extenderá hacia fuera como se propaga a lo largo de la fibra. Esta extensión del ancho de pulso (llamado dispersión de pulso) puede limitar la tasa de datos desde que se desea evitar la superposición de los pulsos en el receptor. Las fibras multimodo son especialmente susceptibles a este pulso ensanchado; las fibras monomodo tienen ventajas inherentes sobre las fibras ópticas multimodo en la reducción de la dispersión. De hecho, se encontrará que una dispersión libre de longitud de onda que elimine la dispersión total en la fibra se puede encontrar cerca de los 1300 nm.

Ahora que tenemos fuentes láser de gran alcance ($> \text{mW}$) y núcleos de fibra pequeños, son capaces de generar altas densidades de potencia ($\text{nW}/\mu\text{m}^2$) en la fibra. Los efectos no lineales que son despreciables en densidades de energía más

bajas o en longitudes de propagación más cortas pueden volverse importantes. Esta no linealidad puede limitar la potencia que se introduce dentro de la fibra y/o limitar la tasa de datos (o distancia del enlace) que se puede alcanzar.

1.3.1 PÉRDIDAS DE LA FIBRA

Las pérdidas son dependientes de la longitud de onda, y una distribución espectral debe darse o las pérdidas se deben especificar en la longitud de onda de operación. El valor del factor de atenuación depende grandemente del material de la fibra y de las tolerancias de la fabricación, pero la forma general espectral de la pérdida de la curva se observa en la figura 1.9. En detalle, esto es importante observar que hay una longitud de onda de funcionamiento óptima (1550 nm para fibra de silicio) eso reduce la pérdida de la fibra a un mínimo. [1]

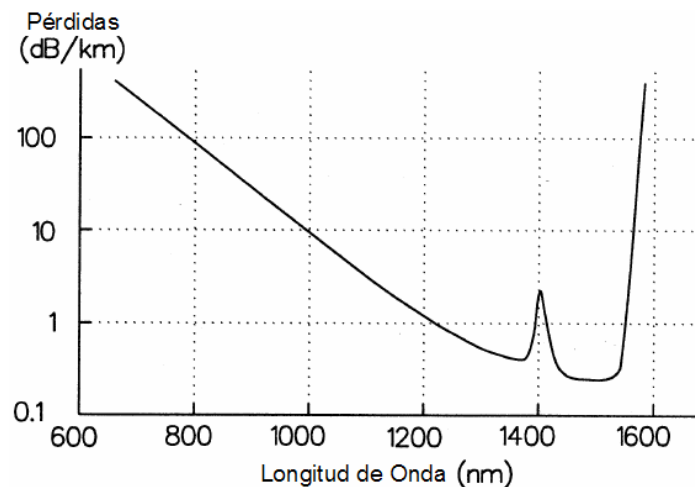


Figura. 1.9. Pérdidas de la distribución espectral para una típica fibra óptica de silicio multimodo.

Las pérdidas de la fibra son debido a varios efectos; entre las más importantes son:

- Las absorciones de los materiales
- Absorciones de las impurezas (particularmente iones metálicos y el Ion del oxidrilo del vapor de agua),
- Dispersión de efectos
- Interfase no homogénea (impurezas e imperfecciones de la geometría), y
- Radiación de curvas

1.3.2 Absorción De Materiales

Las absorciones de los materiales son debido a las moléculas del material básico de la fibra, cristal o plástico. Estas pérdidas representan un mínimo fundamental de las pérdidas alcanzables (en ausencia de los otros mecanismos de pérdidas) y puede ser superada solo por el cambio del material de la fibra. De hecho, la búsqueda continúa para materiales con ultra baja pérdidas con algunos candidatos (especialmente vidrio de haluro y metales de haluro) siendo identificado con pérdidas extremadamente bajas en la región infrarroja media a partir del 2 μm a 4 μm .

1.3.3 Pérdidas De Dispersión

Las pérdidas de dispersión ocurren cuando una onda interactúa con una partícula de tal manera que elimine la energía en la dirección en la onda direccional propagada y lo transfiere a otras direcciones.

1.3.4 Falta De Homogeneidad De Interfase

Tales falta de homogeneidad pueden ser debido a las impurezas atrapadas en el núcleo de la interfaz del revestimiento o a las impurezas almacenadas temporalmente en la fibra óptica. La falta de homogeneidad puede además ser

cambios geométricos en la forma y/o tamaño del núcleo debido a la asignación de la tolerancia de la fabricación. Generalmente, la fibra monomodo es más susceptible a las pérdidas de irregularidades geométricas o defectos en el material de la cubierta, porque un defecto de un tamaño dado representará una porción fraccionaria más grande del diámetro de la fibra monomodo que una fibra multimodo de un diámetro más grande.

Estas pérdidas son minimizadas reduciendo la fuente el problema. Las mejoras en la fabricación han reducido las pérdidas debido a la variación geométrica en el diámetro del núcleo y las imperfecciones de la base.

1.3.5 Pérdidas De Macro Curvaturas Y Micro Curvaturas

La fibra muestra incrementos en las pérdidas debido a los efectos de desviación. Las curvaturas grandes del cable y fibra son macro curvaturas; curvas en reducida escala en el núcleo del revestimiento son micro curvaturas. Estas últimas curvas localizadas pueden desarrollarse durante el despliegue de la fibra, o pueden ser debido a las tensiones mecánicas puestas en la fibra (tensiones inducidas por el cableado de la fibra o la envoltura de la fibra sobre una bobina). Estas últimas pérdidas son llamadas pérdidas del cableado y pérdidas de embobinado, respectivamente. Pérdidas adicionales típicas causadas por micro curvatura agregados durante el cableado pueden ser de 1 a 2 dB/Km.

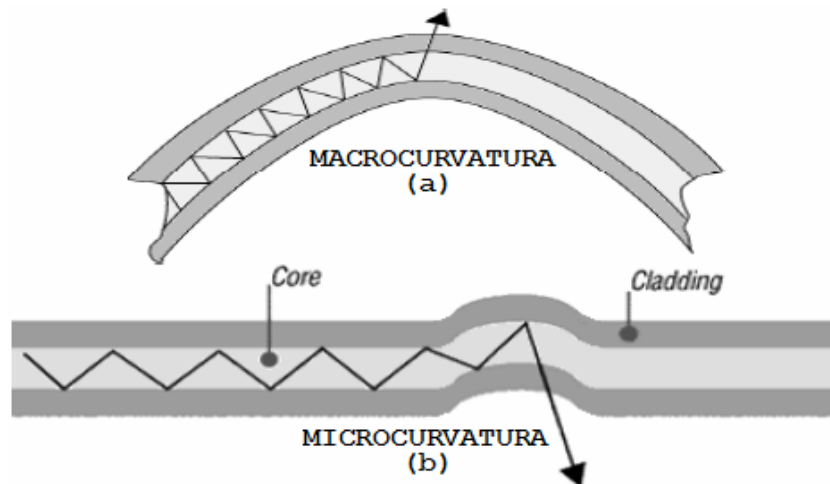


Figura. 1.10. Ejemplo de Pérdidas (a) macro curvatura y (b) micro curvatura

1.3.6 Dispersión

Mientras un pulso de luz procede a través de la fibra, se extiende en el dominio de tiempo. Esta separación es causada por la dispersión. La cantidad de la separación del pulso determina como son (en tiempo) los dos pulsos adyacentes de la salida. Para cualquier receptor dado, hay un espaciado mínimo requerido entre los pulsos de salida, puesto que el receptor debe poder resolver los dos pulsos separados. Por lo tanto, la cantidad de pulso que se separa en la fibra limita la tasa máxima en el cual los datos deben ser enviados (o, la separación determina la longitud máxima de la fibra, si la tasa de datos es fija). La pérdida de dispersión significa una alta tasa de datos, desde que pueden ser transmitidos los pulsos mas cerca junto con menos superposición en la salida. Hay tres fuentes primarias de dispersión en la fibra:

- Dispersión de material (también llamado dispersión cromática)
- Dispersión de guía de onda, y
- Retraso modal (o retraso de grupo)

En la actualidad, la dispersión de material y dispersión de guía de onda son causadas por el mismo efecto físico (la dependencia del índice de refracción del vidrio en la longitud de onda), pero se modelan exactamente como efectos separados con resultados aditivos.

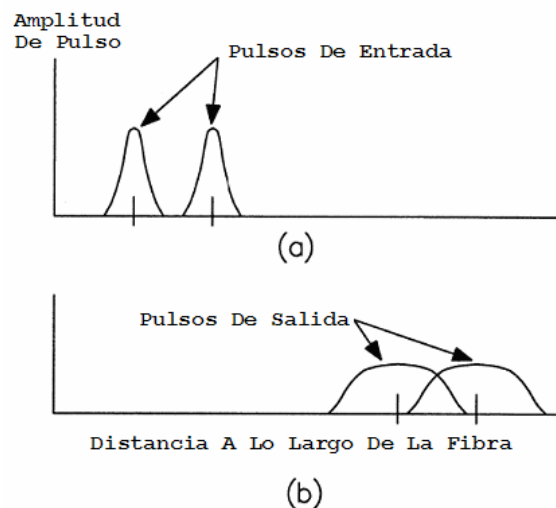


Figura. 1.11. Efectos del ensanchamiento del pulso en una tasa de datos: (a) pulsos resueltos a la entrada, (b) pulsos sin resolver a la salida (superposición.)

1.3.7 Dispersión Cromática

Indica el ensanchamiento de la señal óptica debido a variaciones en la velocidad de propagación con la longitud de onda. El ancho de banda de una fibra óptica es una medida de su capacidad de transmisión de información y está limitado por la dispersión total de la fibra (ensanchamiento del pulso). La dispersión limita la capacidad de transmisión de información porque los pulsos se distorsionan y se ensanchan, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el equipo receptor. Para evitar que esto ocurra, los pulsos se deben transmitir a una frecuencia menor (reduciéndose por tanto la velocidad de transmisión de los datos).

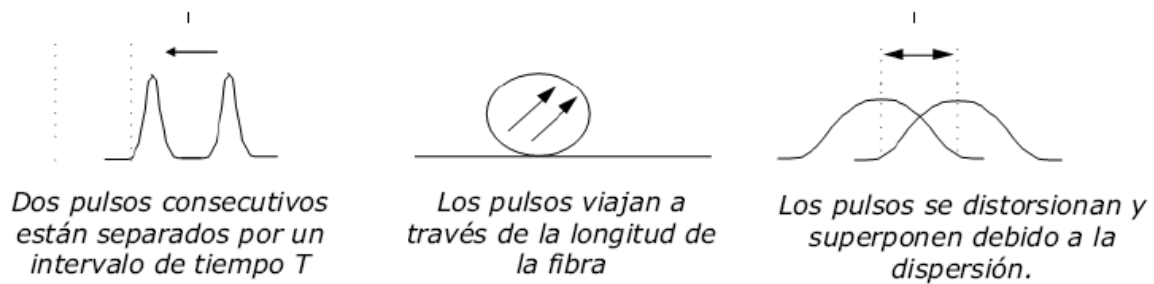


Figura. 1.12. Dispersión Cromática.

La dispersión cromática es un fenómeno relacionado con la diferente velocidad de transmisión de las distintas longitudes de onda que componen un pulso, se traduce en limitaciones de ancho de transmisión. Se mide en ps/nm/Km.

1.3.8 Dispersión Total: Fibra Monomodo

Para minimizar la dispersión total de la fibra óptica monomodo, es necesario que opere en una longitud de onda más largo que $1.27 \mu\text{m}$ para permitir que la dispersión del material positiva pequeña cancele la dispersión pequeña negativa de guía de onda, causando una dispersión cero, como se ilustra en la Figura 1.13. Este punto de la dispersión cero ocurre cerca de 1300 nm , una longitud de onda que, afortunadamente, tiene una atenuación bastante baja (aunque tan bajo como la mínima atenuación en 1550 nm), permitiendo la operación del enlace a una tasa de datos alta a esa longitud de onda. Esta dispersión baja en 1300 nm puede proveer el impulso para el desarrollo de una familia de fuentes y receptores que funcionen a esta longitud de onda.^[1]

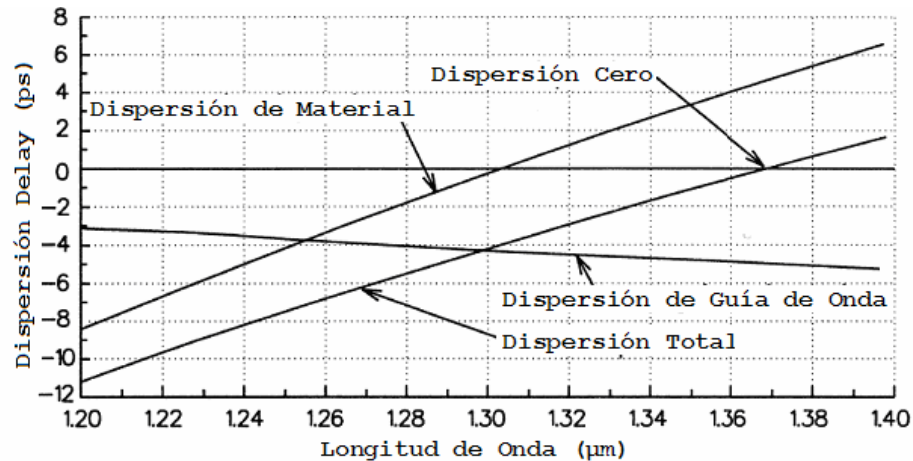


Figura. 1.13. Ejemplo de dispersión. La dispersión de guía de onda es modificada cambiando a (cambiando Δ para mantener fijo V) para incrementar la longitud de onda de dispersión cero.

1.4 ENPALMES, CONECTORES, ACOPLADORES Y REJILLAS

Puesto que las fibras están disponibles en longitudes que se extienden típicamente hasta algunos kilómetros, los usuarios de sistemas de fibra óptica deben tener medios de interconectar o de acoplar longitudes de fibra óptica de una manera que ofrezca bajas pérdidas de inserción (la pérdida adicional introducida por la conexión), potencia alta, y simplicidad de instalación. La misma característica también se requiere para la reparación o la extensión de un acoplamiento de fibra óptica. Un empalme es un acoplamiento permanente de fibra; un conector permite una conexión desmontable entre fibras o entre una fibra y una fuente o un detector. Los empalmes de la fibra también son caracterizados por sus reflexiones, puesto que la operación del láser de una frecuencia puede perturbarse por la luz reflejada que entra en la cavidad del láser. Esta pérdida de reflexión es llamada pérdidas de retorno de la conexión.

Otra necesidad es dividir la potencia en dos o más fibras o combinar la potencia de varias fibras en una sola fibra. Los dispositivos que realizan esta operación son los acopladores, y ellos también tienen pérdida de inserción.

EL vidrio cambia permanentemente su índice de refracción levemente cuando esta expuesto a la luz ultravioleta intensa. Este efecto se ha utilizado para escribir las estructuras periódicas del índice en núcleos de la fibra con iluminación laterales del láser. La estructura ofrece reflectividad dependiente de la longitud de onda y se ha usado para hacer fibras sensibles de longitud de onda, reflectores y otros dispositivos.

1.4.1 Preparación Del Extremo De La Fibra

Las expresiones para acoplar eficiencia o pérdidas que se asume en el extremo de la fibra óptica es un transmisor perfecto. Cualquier imperfección en el extremo de la fibra dispersa la luz en ángulos más altos. Similarmente, la cara del extremo debe ser paralela al eje de propagación para asegurar iluminación uniforme o recepción. (Los extremos son generalmente perpendiculares al eje). Las técnicas de preparación del extremo de la fibra tienen que desarrollarse para asegurar un extremo perpendicular liso de la fibra, para empalmar o conectar.

1.4.2 EMPALMES

Tres tipos de empalmes existen en la tecnología de fibra.

Empalmes por fusión

Son empalmes permanentes y se realizan con máquinas empalmadoras, manuales o automáticas, que luego de cargar las fibras sin revestimiento y cortadas a 90°, realizan un alineamiento de los núcleos de una y otra, para luego fusionarlas con un arco eléctrico producido entre dos electrodos.

Llegan a producir atenuaciones casi imperceptibles (0.01 a 0.10 dB).

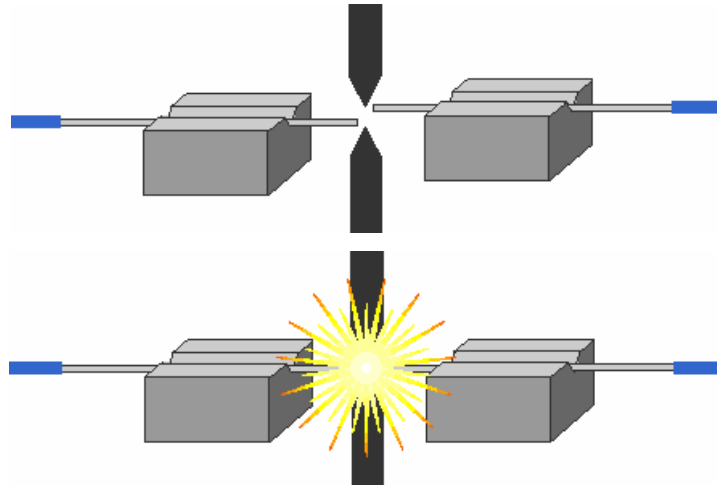


Figura. 1.14. Empalme por fusión,

Reduce la potencia (sobre el 60 % de la potencia antes de hacer el empalme) es causado por el desarrollo de micro grietas en la superficie de la fibra y por cambios químicos en el vidrio debido al calentamiento. Esta reducción de potencia es contradicha por el uso de alta potencia puesto alrededor de la región empalmada.

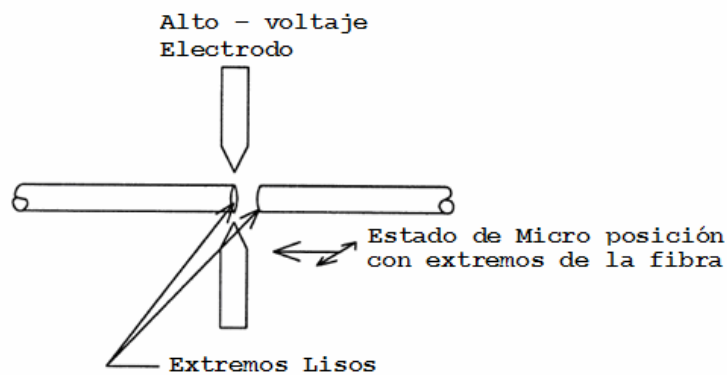


Figura. 1.15. Técnica de empalme por fusión.

Empalmes manuales o mecánicos

Son empalmes rápidos, permanentes o temporarios, que pueden usarse, por ejemplo, para probar bobinas. Producen atenuaciones altas, del orden de 0.20 a 1dB. Vienen rellenos con gel para mejorar la continuidad de la luz.

Pueden ser cilindros con un orificio central, o bandejitas cerradas con dos pequeñas llaves que nos permiten introducir las fibras.



Figura. 1.16. Empalme Mecánico

A las fibras se les retira unos 3 cm del revestimiento, se limpian con alcohol isopropílico, y luego se les practica un corte perfectamente recto a unos 5 o 6 mm, con un cortador especial, con filo de diamante.

Otro tipo de empalme, se muestra en la figura, utiliza un material elástico para producir en la fibra la alineación. Con un agujero circular central levemente más pequeño que el diámetro de la fibra, las fuerzas de restauración centran la fibra (de nuevo con respecto a la superficie externa). La ventaja de esta técnica es que una gama amplia de diámetros de fibra pueden insertarse en el dispositivo y las fibras de diámetros desiguales pueden alinearse.

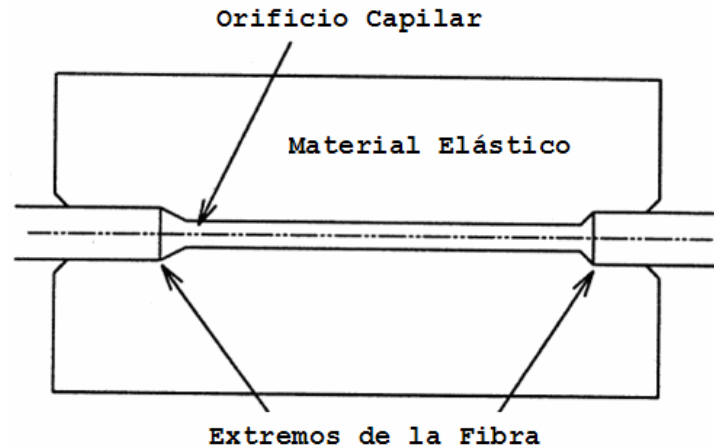


Figura. 1.17. Empalme usando material elástico (Las fibras solo se muestran parcialmente insertadas.)

1.4.3 CONECTORES

Los conectores de fibra son diseñados para permitir desconectar y reconectar. El objetivo es para proveer un conector de baja pérdida de inserción que proporcionará conexiones confiables. La mayoría de los diseños de los conectores incorporan a la fibra una ayuda para la alineación de la precisión, que entonces tape un enchufe en el fragmento que conecta.

Los diferentes tipos de conectores son generalmente divididos según la ayuda de alineación que se usa. En aplicaciones, sin embargo, el usuario se refiere al tamaño de la fibra aceptado por el conector, el tipo de conector (u otro estándar y tipos no estándares de sujetadores), y las pérdidas en el conector.

Varios tipos de conectores se han convertido en conectores clásicos que se usan ampliamente en el campo. Por razones de la patente y derechos del propietario, varios fabricantes han inventado su propio tipo de conectores que se usan en sus sistemas. Las típicas pérdidas de inserción para los conectores van de varios decimos de un dB a algunos dB. [1]

Estos conectores, han de presentar unas características comunes:

- Pérdida de inserción baja (< 1.5 dB) y insensible a cambios de temperatura
- Pérdida de retorno alta
- Conectarse y desconectarse hasta 1000 veces sin degradación de la transmisión
- Protección contra humedad y polvo
- Resistir altas tensiones

Algunos ejemplos de tipos de conectores que se usan actualmente son:

Conector FC (macho FC):

Es un conector muy usado en equipos técnicos y en laboratorios. Se atornilla en el adaptador: la fuerza y así el comportamiento óptico es dependiente del instalador.

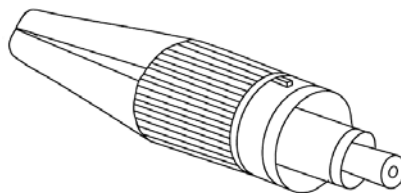


Figura. 1.18. Conector FC.

Conector ST:

En este conector, al insertar, el eje de la virola debe ser en línea con el eje de la manguita de la hembra. Sino, se puede dañar a la virola. Se instala empujando y girando por 90° . Es muy usado en redes LAN.

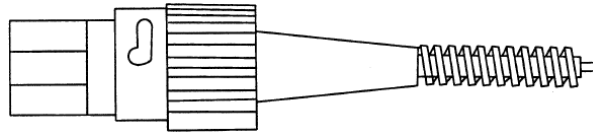


Figura. 1.19. Conector ST

Conector SC:

Es más utilizado en Europa y EEUU, Posee un indicador de final de la instalación mediante un click. Posee un comportamiento óptico muy estable, se puede conectar y reconectar muchas veces.

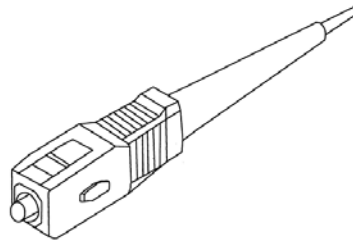


Figura. 1.20. Conector SC.

Conector E2000:

Es lo que se llama un conector push- pull (empuje- tire). Tiene obturador para impedir que la luz láser pueda llegar al ojo. Actualmente es muy popular.

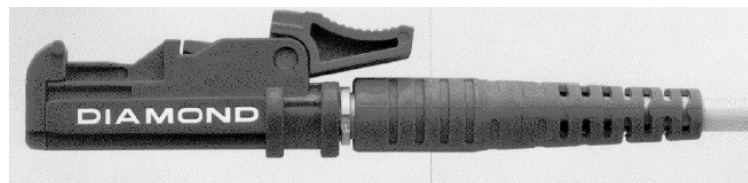


Figura. 1.21. Conector E2000.

Conector Optoclip:

Este conector posee la cualidad de que no contiene virola. Se hace concordar las fibras mismas por un adaptador especial.

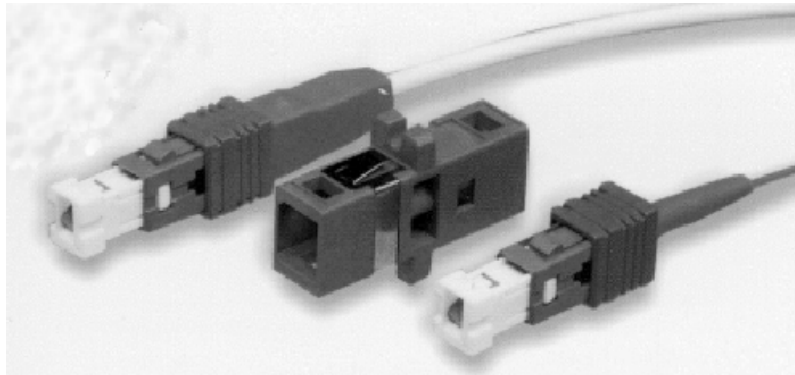


Figura. 1.22. Conector Optoclip.

1.4.4 ACOPLADORES DE FIBRA OPTICA

Cuando hay que distribuir la luz de una a varias fibras, se usa un acoplador. Este divide el foco luminoso en dos o más partes y las inyecta en las fibras correspondientes. Podemos hablar de dos familias de acopladores:

Acopladores en T y acopladores en estrella.

Los acopladores en T distribuyen la señal de una a dos fibras, mientras que los acopladores en estrella la distribuyen en varias fibras. Se plantean diversos problemas, debido a que se reduce la potencia óptica y de margen dinámico, pues la potencia necesaria para llegar a los destinos mas lejanos puede ser excesivo para los más cercanos.

Los acopladores en T provocan pérdidas que aumentan linealmente con el número de terminales, mientras que en un sistema con acopladores en estrella, las pérdidas son logarítmicas.

Fabricación de Acopladores

Tres tecnologías diferentes se han desarrollado en la fabricación de elementos de acoplamiento.

La tecnología más popular es el acoplador tipo estrella. Si el revestimiento de dos o más fibras se quitan parcialmente y la fibra se coloca en proximidad sobre cierta longitud, entonces alguna luz se acoplará a las otras. La fracción que se acopla puede ser controlada por el espesor del revestimiento restante y la longitud de la región donde las fibras están en la proximidad. Como se muestra en la Figura 1.23, este tipo de acoplador puede ser hecho tomando un grupo de fibras con el revestimiento expuesto (sin protección de la cubierta), tensión aplicada, y calentamiento del empalme. La fracción del acoplador es controlado por la cantidad de tensión y por el tiempo de calentamiento. Sorprendentemente, el acoplamiento igual puede lograrse para todas las fibras con pérdida baja de inserción. En el exceso de 100 fibras han sido formados en un acoplador de estrella por esta técnica.

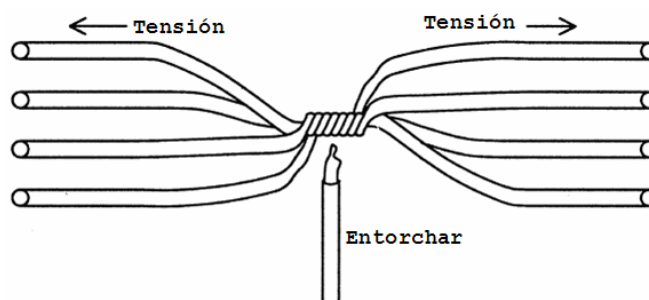


Figura. 1.23. Acoplador en Estrella.

La segunda técnica usa el modo de mezcla de barras como mecanismo de acoplamiento, como es la barra de vidrio de unos pocos milímetros de diámetro con suficiente longitud para permitir que la luz de todas las entradas se amplíen completamente para iluminar uniformemente el extremo de la barra. Las fibras de salida son uniformemente excitadas. Además para esta configuración de transmisión, la barra puede ser cortada en la mitad, una superficie de reflejo puede ser aplicada, y las salidas de la fibra se pueden mover al lado de la entrada al dispositivo para hacer un sistema reflexivo.

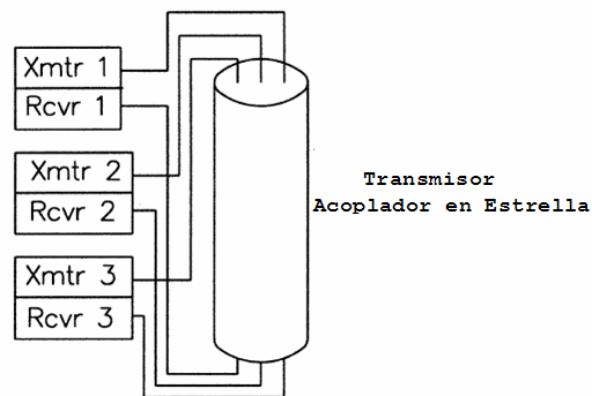


Figura. 1.24. Acoplador en estrella con el modo de mezcla de barras.

La última tecnología usa la reflexión con las aberturas limitadas colocadas en localizaciones estratégicas para interceptar una fracción de la barra de la iluminación emitida de la fuente de la fibra. Formando la curvatura de la reflexión y localizando las fibras de salida correctamente, las fibras de salida capturarán la luz enfocada, que es una fracción de la luz incidente, de tal modo realizando la función del acoplador.

Cada salida puede tener un determinado valor de atenuación de la luz, expresada en dB.^[2]

1.5 TRANSMISORES OPTICOS

El láser de semiconductores (diodo láser) y el LED (diodo electro luminiscente) se usan universalmente como fuentes luminosas en los sistemas de comunicaciones ópticas, debido a que ningún otro tipo de fuente óptica puede modularse directamente a las altas velocidades de transmisiones requeridas, con tan baja excitación y tan bajas salidas. La elección entre el láser y el LED es función del sistema: para anchos de banda grandes y largos enlaces, el láser ofrece un mejor rendimiento. Para distancias cortas y medias con anchos de banda escasos, en donde la baja potencia de salida, la respuesta en frecuencia o la gran anchura espectral no sean factores limitativos, se suele escoger el LED, ya que tanto el circuito de ataque como el de control son más sencillos.

Los componentes utilizados para emitir luz en la ventana de los 850nm son Galio, Aluminio, Arsénico (GA, AL, AS); si agregamos Indio (In) y fósforo (P) podemos emitir en las ventanas de los 1300nm y 1500nm.

Existen tres tipos de fuentes ópticas usadas para la comunicación de datos:

- Diodos electro luminosos (LEDs) – emisor de bordes (E-LEDs) y emisión de superficie.
- Diodos láser semiconductores de emisión de borde.
- Láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSELs)

1.5.1 Diodo emisor de luz (LED)

Los dos tipos básicos de LED utilizados para extraer luz de una unión pn son los de emisión de superficie y los de emisión de borde. Su área activa productiva de luz está definida por una superficie de contacto óxido-metal aislado, la luz se emite perpendicularmente al plano de la unión pn, a través de la superficie, por lo que gran

parte de la radiación queda absorbida en el sustrato, y la emisión del diodo es de ángulo grande (Lambertiana). Se deben procurar, pues, procedimientos de acoplamiento eficaz con las fibras ópticas, particularmente si éstas son de apertura numérica pequeña.

Los LED presentan un espectro más ancho que los láseres. Así, un LED de 850nm tiene un ancho entre 30 y 50nm.

1.5.2 LED de emisión de bordes (ELED)

En el ELED la luz se emite en el plano de la unión, con lo que la absorción es muy pequeña. El ELED utiliza la misma geometría que el láser de franja, con modificaciones sustanciales a fin de impedir la acción del láser. Combina las ventajas de los emisores convencionales de superficie, tales como facilidad de operación y bajo ruido, con potencias de salida considerables, y con eficacia de acoplamiento y velocidades de modulación que se aproximan a las del láser. Estas presentaciones hacen a los ELED muy superiores en alcance y ancho de banda con respecto a los emisores de superficie. Son adecuados, pues, para una amplia gama de enlaces de capacidad y alcance medios, tanto analógicos como digitales.

Existe una versión de ELED de Galio, Arsénico/Galio, Aluminio y Arsénico, que trabaja en la zona de los 850nm, diseñada para acoplar el máximo posible de potencia en una fibra de pequeño núcleo. A 100mA ofrece potencias de salida en la fibra de 300W, adecuadas para comunicaciones digitales con velocidades de 70Mbps y alcances de hasta 7Km.

Un segundo tipo de ELED está diseñado para dar rendimiento suficiente al sistema, con la mínima corriente de excitación posible. Con corrientes de 10mA puede llegar a los 45Mbps. Un factor fundamental en el desarrollo de los ELED ha

sido la alta fiabilidad del propio dispositivo y de su encapsulado, actualmente disponibles como conjunto hermético, provisto de un tallo de fibra.

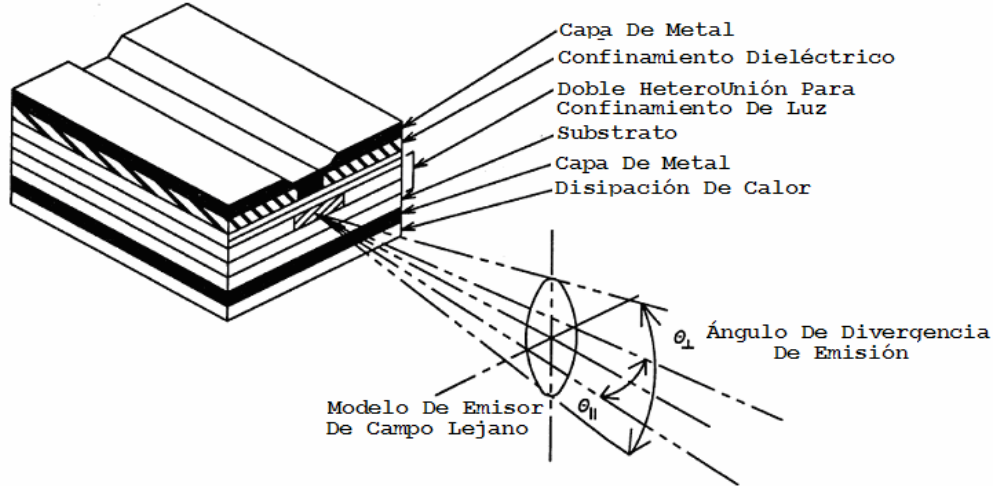


Figura. 1.25. Representación de emisión de borde.

1.5.3 Led emisor de superficie.

El Led emisor de superficie (también conocido como SLED) como se ilustra en la figura.

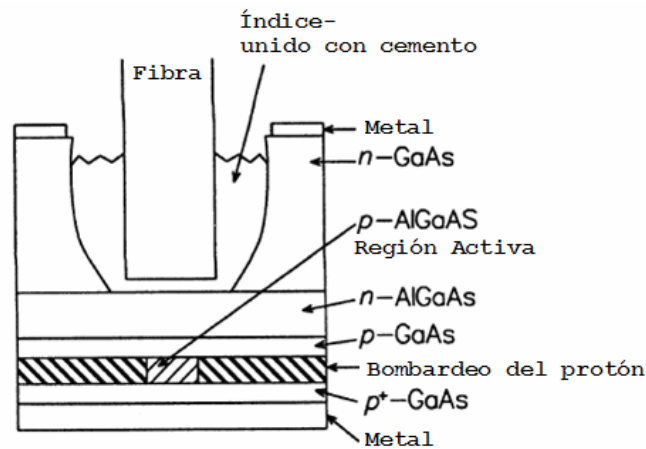


Figura. 1.26. Representación emisor de superficie de longitud de onda corta.

Este diodo emite la luz en muchas direcciones, pero según la forma física de la unión, puede concentrarse en un área muy pequeña denominada pozo. Con la ayuda de lentes ópticos que se colocan en superficie, se pueden lograr mayores concentraciones de luz.

El dispositivo consiste en la estructura doble de heterounión alrededor de la región activa. La luz es emitida desde una región plana circular de la capa activa, generalmente 20 a 50 μm en diámetro. Según lo mencionado, es deseable mantener la densidad de corriente tan arriba como sea posible en la región activa. Esto se hace verticalmente con el uso de heterouniones. El confinamiento de los portadores actuales en la dimensión horizontal se puede hacer por una variedad de técnicas, que incluyen:

- Agregando una capa de aislamiento dieléctrico, como SiO_2 , con un agujero grabado a través, para permitir el flujo de corriente en un área limitada.
- El bombardeo del protón para crear una región de alta resistividad fuera de los límites de la región activa para reducir al mínimo la corriente a través de esta región.
- Grabando el material circundante lejos para formar una estructura central que aisle la región activa, o
- Difundiendo una pequeña cantidad de cinc en la región central del material para formar una región de baja resistividad que proporcione un canal para el flujo de corriente. [4]

1.5.4 Fuentes de Diodos Láser.

Las fuentes de diodos láser producen más potencia que un LED, tiene un espectro más estrecho, y puede acoplar más potencia en una fibra. La principal diferencia entre el LED emisor de borde y el láser emisor de borde es que, en el láser, la región activa es verticalmente delgado y horizontalmente estrecho. Además,

los reflectores de múltiples capas se agregan a los extremos de la estructura para proporcionar la regeneración óptica. (Estas regeneraciones aumentan la fuerza óptica del campo para asegurarse que las emisiones estimuladas dominan las emisiones espontáneas en el láser. La estructura reflejada también sirve para reducir la divergencia del haz del modelo emitido y estrechar el espectro de la luz de salida). Doble heterouniones son usadas para confinar los portadores de carga y los campos ópticos en la dirección vertical. Las estructuras adicionales son incorporadas para confinar la corriente y la luz lateralmente.

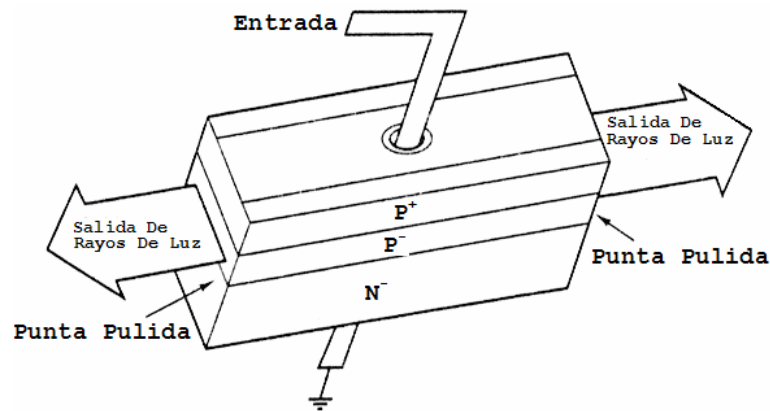


Figura. 1.27. Diodo de inyección láser ILD.

Bajo la corriente de umbral un ILD se comporta como un LED, pero después de superada esta corriente, el proceso de formación del rayo láser ocurre, la potencia de salida es muy alta y crece radicalmente con pequeños aumentos de la corriente de excitación; sin embargo, debe tenerse muy en cuenta que la potencia de salida es más dependiente de la temperatura que el diodo LED.

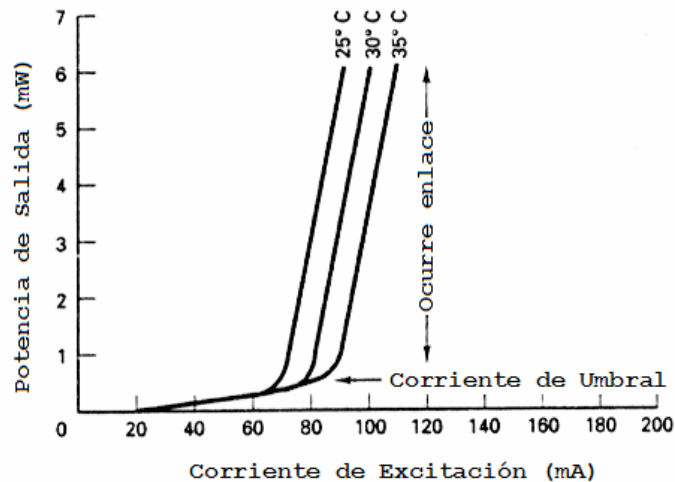


Figura 1.28. Potencia de salida de un ILD versus la corriente de excitación.

Los diodos de inyección láser son los más recomendados para comunicaciones ópticas debido a su coherencia, propia del rayo láser, lo que facilita su acoplamiento con los cables de fibra. Además la potencia que irradian es de 5mW frente a 0.5mW de un LED, permitiendo trabajar sobre distancias más largas.

Es ILD genera luz monocromática, reduciendo así la dispersión cromática y pudiendo ser usados a velocidades de bits más altas que los LED. Sin embargo su tiempo de vida es más corto debido a la potencia que manejan y su costo es mucho mayor que los diodos LED. [1]

1.5.5 Características del transmisor

Cuando se hable de un transmisor (emisor de luz con sus circuitos polarizadores) se deben tener en cuenta algunas consideraciones importantes para evaluar su aplicabilidad. Para transistores analógicos, linealidad o distorsión (modificación de la señal transmitida respecto a la original) y el ancho de banda son factores muy importantes. Para un transmisor digital, este último parámetro está

relacionado con la velocidad de transmisión máxima, que, a su vez, lo está con la máxima cantidad de información que se transmite en una unidad de tiempo. La linealidad no es crítica en una transmisión digital.

Para cualquier transmisor un factor importante es el ruido (señales aleatorias indeseables que se suman a la señal debido al emisor de luz y los circuitos electrónicos) y la relación señal – ruido (S/N). Las fibras ópticas son casi inmunes a todo tipo de interferencias, sin embargo, no así el transmisor y por ello debe ser diseñado con sumo cuidado para evitar este fenómeno.

Además, cuando se elige un transmisor es importante que las características eléctricas de ingreso (tales como la codificación de las señales digitales o los niveles de ingreso de entrada de las señales analógicas) coincidan con las del sistema a usar. Es conveniente también que las características del emisor de luz estén de acuerdo con las características eléctricas. Otras consideraciones a tener en cuenta son: longitud de onda (para elegir la fibra adecuada), ancho espectral (para considerar la dispersión), potencia óptica emitida y tipo de encapsulado (para considerar la eficiencia de acoplamiento).

1.6 RECEPTORES ÓPTICOS

El receptor óptico es una combinación del detector óptico, preamplificador electrónico, y elementos de proceso electrónicos que recuperan la información enviada en la señal óptica. El diseño e implementación de la porción del receptor del sistema es muy difícil, porque el receptor podría estar trabajando con la señal óptica más débil y no se quiere contaminar la señal con ruido.

El detector óptico convierte la entrada óptica modulada en una señal electrónica para la transformación posterior. Porque la señal óptica es típicamente débil, el siguiente paso es amplificar la señal con el preamplificador. Esto es crucial

para minimizar el ruido añadido por el amplificador. Encontramos que los preamplificadores bajos en ruido carecen de ancho de banda para manejar las señales de tasa de datos altos usados en comunicaciones por fibra; por lo tanto, el ecualizador trabaja conjuntamente con el preamplificador para restaurar en ancho de banda requerido. El ecualizador también se puede utilizar para ayudar a aliviar los problemas causados por los datos que se encuentran fuera en periodos adyacentes del bit debido al pulso extendido. Después del ecualizador, la señal es empujada más lejos con el postamplificador, con frecuencia con una cierta clase de mando automático que ajusta la ganancia conforme a la fuerza de la señal. El filtro que sigue al postamplificador elimina los componentes indeseados de la frecuencia que se podría haber generado por el proceso señalado en ese punto. En algunos receptores ópticos de baja tasa de datos, la detección se hace asincrónicamente, en el cual un comparador es usado para decidir de si un pulso está presente o no. Este tipo de recuperación de los datos asume que los pulsos tienen tiempo de subida agudos y se reduce el tiempo. Para el funcionamiento óptimo en enlaces de alta tasa de datos, el reloj de datos es codificado en la señal transmitida y es recuperada por el receptor mediante el circuito de recuperación del reloj. El reloj recuperado se alimenta en el circuito de los datos, donde se toma la decisión si el voltaje representa un 1 lógico o un 0 lógico (en el muestreo óptimo el tiempo proporciona por la señal recuperada del reloj). Basada en los resultados de la dedición, la salida es la secuencia de datos recuperada, quizás conteniendo algunos errores.

En la recuperación de la señal la aplicación del ruido es de suma importancia, puesto que la presencia del ruido conduce a los errores de los datos recuperados. En sistemas de comunicaciones el ruido puede ser introducido por el transmisor, el canal, el detector, y los elementos del proceso de la señal electrónica. En la transmisión por fibra, el ruido del canal se asume que es cero debido a que la fibra es impenetrable a la interferencia electromagnética.

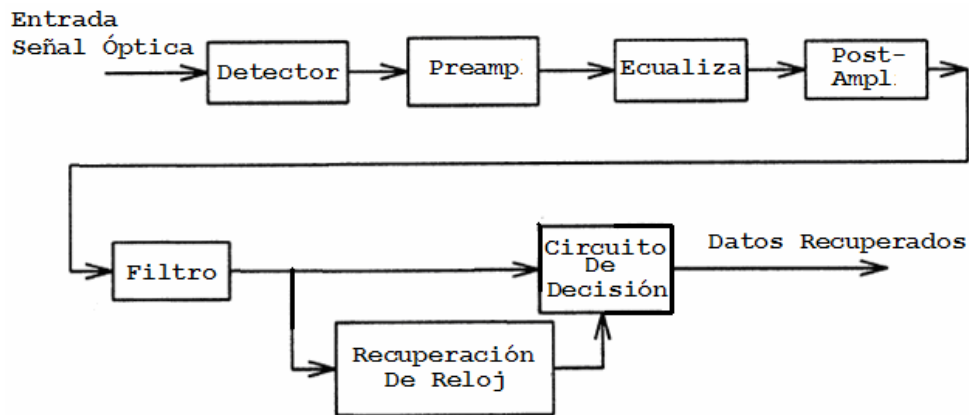


Figura. 1.29. Diagrama de bloque de un receptor óptico para un enlace de datos digital.

1.6.1 Detectores Ópticos

Un detector óptico o fotodetector convierte la energía de entrada óptica en una corriente de salida. El fotodetector ideal debería ser sumamente eficiente, y no agregue ningún ruido a la señal, respuesta uniforme para todos los anchos de banda, no limitaría la velocidad de la señal, y sea perfectamente lineal. Además, sería pequeño, electrónicamente compatible con circuitos integrados, confiable, y barato. De la gama de fotodetectores disponibles, incluyendo los fotoconductores, fototransistores, dispositivos fotoemisores de vacío, y dispositivos pyroeléctricos, solo el fotodiodo semiconductor se encuentra con un conjunto de propiedades suficientemente buenas para ser considerados en el uso de acoplamientos de fibra óptica.

1.6.2 Fotodiodos

Genera un solo par electrón-hueco por fotón absorbido. Son los más comunes y están formados por una capa de material semiconductor ligeramente contaminado (región intrínseca), la cual se coloca entre dos capas de material semiconductor, una

tipo N y otra tipo P. Cuando se le aplica una polarización inversa al fotodetector, se crea una zona desértica (libre de portadores) en la región intrínseca en la cual se forma un campo eléctrico. Donde un fotón en la zona desértica con mayor energía o igual a la del material semiconductor, puede perder su energía y excitar a un electrón que se encuentra en la banda de valencia para que pase a la banda de conducción. Este proceso genera pares electrón – hueco que se les llama fotoportadores.

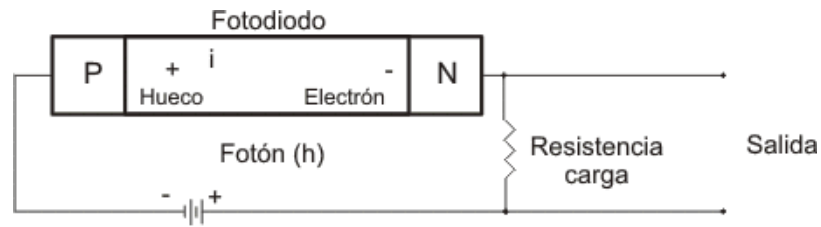


Figura. 1.30. Diagrama de un Fotodiodo.

1.6.3 Fotodiodo De Avalancha

Presenta ganancia interna y genera más de un par electrón-hueco, debido al proceso de ionización de impacto llamado ganancia de avalancha. Cuando a un fotodetector se le aumenta el voltaje de polarización, llega un momento en que la corriente crece por el fenómeno de avalancha, si en esta región se controla el fenómeno de avalancha limitando la corriente (antes de la destrucción del dispositivo), la sensibilidad del fotodetector se incrementa.

Los fotodiodos de avalancha son diodos de estructura P-I-P-N, la cual permite generar internamente una avalancha o multiplicación de la energía. Esto se da ya que la luz entra por la delgada capa N y provoca una alta densidad de campo eléctrico en la unión I-P-N. Esto produce una ionización de impacto que induce a portadoras ionizadas a causar más ionizaciones. Es decir, se produce un efecto de avalancha o multiplicación de la portadora. [3]

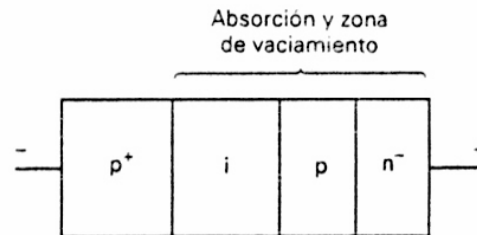


Figura. 1.31. Configuración de un fotodiodo APD o de avalancha.

1.7 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA WDM

La creciente demanda del mercado de mayor ancho de banda originó el desarrollo de una nueva tecnología de transmisión: WDM permite un importante incremento en el volumen de información transmitido mediante la transmisión simultánea en cada fibra en diferentes longitudes de onda. WDM se ha consolidado como una de las tecnologías favoritas en redes de fibra óptica a nivel mundial, debido a las enormes ventajas que ofrece en la optimización del uso del ancho de banda.

Los enlaces de comunicaciones ópticas permiten el envío simultáneo de diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra dentro de la banda espectral que abarca los 1300 nm y los 1600 nm. Esta es una importante característica, ya que permite combinar varias longitudes de onda dentro de la misma fibra. Conceptualmente, esta forma de multicanalización es similar a FDM (multicanalización por división de frecuencia), utilizada en sistemas satelitales y microonda. FDM consiste en transmitir varias señales al mismo tiempo a través de una solo canal de banda ancha, modulado primero cada una de ellas en una subportadora distinta para posteriormente unir las y formarlas en una sola señal. Por su parte, WDM reúne diferentes longitudes de onda para formar la señal que se transmitirá, para ello requiere que cada longitud de onda sea debidamente espaciada de las demás con la finalidad de evitar la interferencia intercanal.

A pesar de que esta técnica de multicanalización, utilizada principalmente en redes de fibra óptica, se denomina de manera amplia WDM, es más común escuchar el término convencional DWDM (Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda), el cual, aunque no denota ninguna región de operación, o condición de implementación adicional, toma su nombre a partir de una designación de UIT y se refiere únicamente al desplazamiento requerido en la especificación UIT-T G.692.

1.7.1 Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda (DWDM)

WDM es considerado “denso” (DWDM) cuando el espaciamiento entre señales es menor o igual a 100GHz o 0.8 nm. Sistemas comerciales DWDM incluyen desde 32.8 hasta 160 canales ópticos, permitiendo el rendimiento de más de 80, 200 o hasta 400 Gbps, basados en el rendimiento nominal de 2.5 Gbps (o cuatro veces más cuando rendimiento nominal es 10 Gbps).

Cuando las señales ópticas requieren viajar largas distancias se requieren instalar amplificadores ópticos EDFA (Erbium Dopped Fiber Amplifier) en intervalos regulares (de 50 a 100 Km). Estos amplificadores compensan las pérdidas de inserción (debido a la multiplexación y demultiplexación de longitud de onda) y ayudan a reducir el ruido en los puntos de conexión.

Se está discutiendo la implementación de U-DWDM (Ultra Dense WDM), la cual es una tecnología experimental que permitirá reducir el espaciamiento entre señales a 50 GHz (0.4 nm), incluye hasta 26 GHz (0.2 nm) lo cual permitirá el transporte de cientos de canales por una misma fibra.

La alternativa de DWDM, que permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte de las redes existentes. Por medio de multiplexores, DWDM combina multitud de canales ópticos sobre una misma fibra, de tal modo que pueden ser amplificados y transmitidos simultáneamente. Cada uno de estos canales, a

distinta longitud de onda, puede transmitir señales de diferentes velocidades y formatos: SDH/SONET, IP, ATM, etc.

Es decir, DWDM puede multiplexar varias señales TDM sobre la misma fibra. Las redes DWDM futuras se espera que transporten 80 canales OC-48/STM-16 de 2,5 Gbit/s (un total de 200 Gbit/s), ó 40 canales OC-192/STM-64 de 10 Gbit/s (un total de 400 Gbit/s), la capacidad equivalente a unos 90.000 volúmenes de enciclopedia por segundo. A diferencia del sistema WDM convencional, en este caso todas las portadoras ópticas viajan por la fibra con separaciones inferiores a 1 nm.

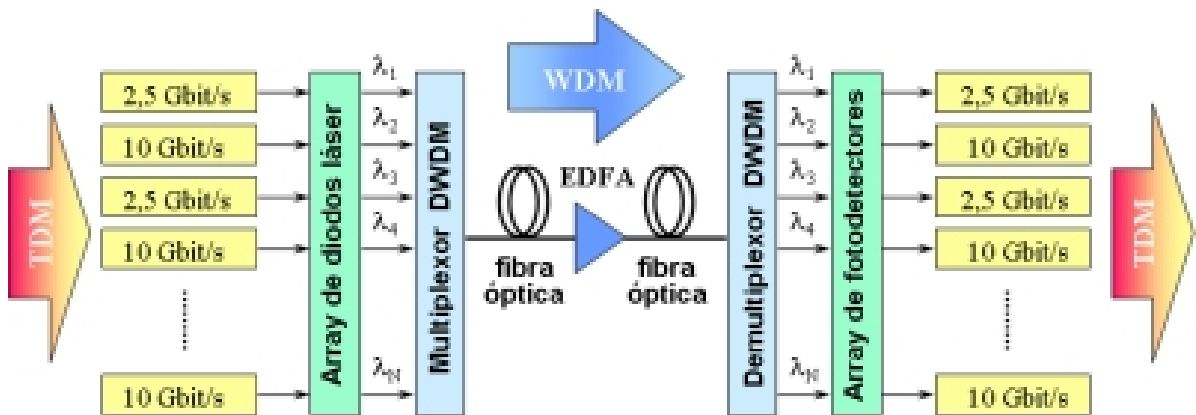


Figura. 1.32. Diagrama general de las comunicaciones de fibra óptica bajo WDM.

Una de las principales ventajas de los sistemas DWDM es su modularidad, la cual permite crear una infraestructura conocida como "grow as you go", que se basa en añadir nuevos canales ópticos de forma flexible en función de las demandas de los usuarios. Así, los proveedores de servicio pueden reducir los costes iniciales significativamente, al tiempo que desarrollan progresivamente la infraestructura de red que les servirá en el futuro. Sin embargo, la revolución de los sistemas DWDM no hubiese sido posible sin las características clave de tres tipos de tecnología:

- La capacidad que poseen los diodos láseres de emitir luz a una longitud de onda estable y precisa con un ancho de línea espectral muy estrecho.

- El formidable ancho de banda de la fibra óptica (varios THz), el cual no ha sido aprovechado completamente durante tiempo.
- La transparencia de los amplificadores ópticos de fibra (EDFA) a las señales de modulación y su habilidad para amplificar de forma uniforme varios canales simultáneamente.

Los rápidos avances producidos en DWDM en los últimos años, junto con la creciente demanda de servicios de alta velocidad y gran ancho de banda, están provocando cambios sustanciales en las arquitecturas de las redes ópticas. Así, la tecnología DWDM se está expandiendo progresivamente desde el núcleo de las redes ópticas de alta velocidad hacia las redes metropolitanas y de acceso. Y todo ello provocado por el éxito alcanzado por las soluciones DWDM de largo alcance que han permitido un aumento espectacular en la capacidad de las redes ópticas de transporte.

1.7.2 EFECTOS NO LINEALES

¿Por qué se producen los Efectos No Lineales?

- Alta densidad de potencia en la propagación de los pulsos.
- Multiplexación por longitud de onda (WDM).
- Mismas velocidades de propagación para diferentes longitudes de onda.
- Las potencias ópticas altas provocan cambios en los índices de refracción.
- Los efectos no lineales conocidos son:
- Automodulación de fase (SPM): Efecto que un pulso óptico tiene sobre su propia fase.
- Modulación de fase cruzada (XPM): Efecto que un pulso óptico tiene sobre la fase de otro canal.

- Mezcla de cuatro ondas (FWM): Dos o más canales se mezclan produciendo nuevas longitudes de onda (intermodulación). Es la principal limitación en sistemas WDM.

Presenta las siguientes características:

- El efecto es máximo cuando la dispersión cromática es igual a cero.
- Mayor dispersión cromática, menor efecto FWM.
- Mayor separación entre canales, menor efecto FWM.
- Menor atenuación, mayor efecto FWM.
- Mayor área efectiva, menor efecto FWM.
- El efecto FWM es independiente de la tasa de transmisión.
- Medidas para reducir los efectos no lineales:
- Reducción de la densidad de potencia en la propagación.
- Incremento de la dispersión cromática en la longitud de onda de transmisión.
- Incremento del área efectiva: Los efectos no lineales y el área efectiva están relacionados de manera inversa, como lo indica la siguiente fórmula.

$$Efectos\ no\ lineales = \frac{Potencia\ de\ entrada}{Area\ efectiva} \quad Ec. 1.1.$$

Una fibra con gran área efectiva (área del núcleo que transporta la señal) muestra ventajas relevantes en términos de efectos no lineales y permite transmitir señales con mucha mayor potencia óptica, limitando el ruido inducido por efectos no lineales. La ventaja resultante es un mejor desempeño, tanto en sistemas WDM como DWDM.^[21]

REFERENCIAS

- [1] John P. Powers. Pacific Grove, California. "An Introduction to Fiber Optic Systems". Second Edition
- [2] Edited by Casimer DeCursatis "Handbook of Fiber Optic Data Communication". Second Edition.
- [3] "Fibra Óptica "http://www.yio.com.ar/fo/
- [4] Carlos Usbeck W. "Diseño y Mantenimiento de Redes con Fibra Óptica"
- [21] Ing. Patricia Chávez, Fibra Óptica, Transelectric S.A, 2004.

CAPITULO 2

ESTUDIO ACTUAL EL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO.

2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO.

Petrocomercial opera con una red de transmisión compuesta por la superposición de las redes de PETROECUADOR (SOTE) y las redes microonda digital PDH de PETROCOMERCIAL (PCO). Esta infraestructura le permite a Petrocomercial ofrecer el servicio de comunicación al Poliducto en toda la geografía desde Shushufindi a Quito, utilizando sus distintas redes para proveer redundancia en las comunicaciones.

Las tecnologías de información y comunicación utilizan medios electrónicos y redes que constituyen una herramienta para realizar intercambios de todo tipo, a través de la transferencia de informaciones de un computador a otro sin necesidad de utilizar documentos escritos en papel.

Dentro de Petrocomercial en La Unidad de Sistemas y Telecomunicaciones brinda servicios de comunicación tanto de voz como de datos al Poliducto Shushufindi – Quito, que consta de 5 estaciones como Shushufindi, Quijos, Osayacu,

Chalpi, y Beaterio, para poderse comunicar Quito con Shushufindi, todo el flujo de información pasa a través de los enlaces que posteriormente analizaremos, a través de microondas, donde sus equipos se encuentran alimentados por energía eléctrica, en el caso en que la energía falle entran a restablecer la energía del generador, si este deja de funcionar, existen bancos de baterías que podrían alimentar a los equipos existentes en la estación.

En los enlaces se utiliza la tecnología de espectro ensanchado donde la modulación está diseñada para minimizar la potencia promedio en cualquier frecuencia sobre el tiempo, ganando fidelidad por incremento de la redundancia.

Se plantea el inicio de este estudio actual de sistema de comunicaciones el diagrama general de la red microonda para dar una visión más amplia de las comunicaciones existentes y posteriormente realizar los análisis respectivos para cada estación con sus respectivas capacidades del sistema microonda.

Para poder entender de mejor manera, a continuación se presenta el diagrama general de la red microonda de Petrocomercial Regional Norte en lo que compete al Poliducto Shushufindi – Quito.

RADIOENLACES MICROONDA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI - QUITO

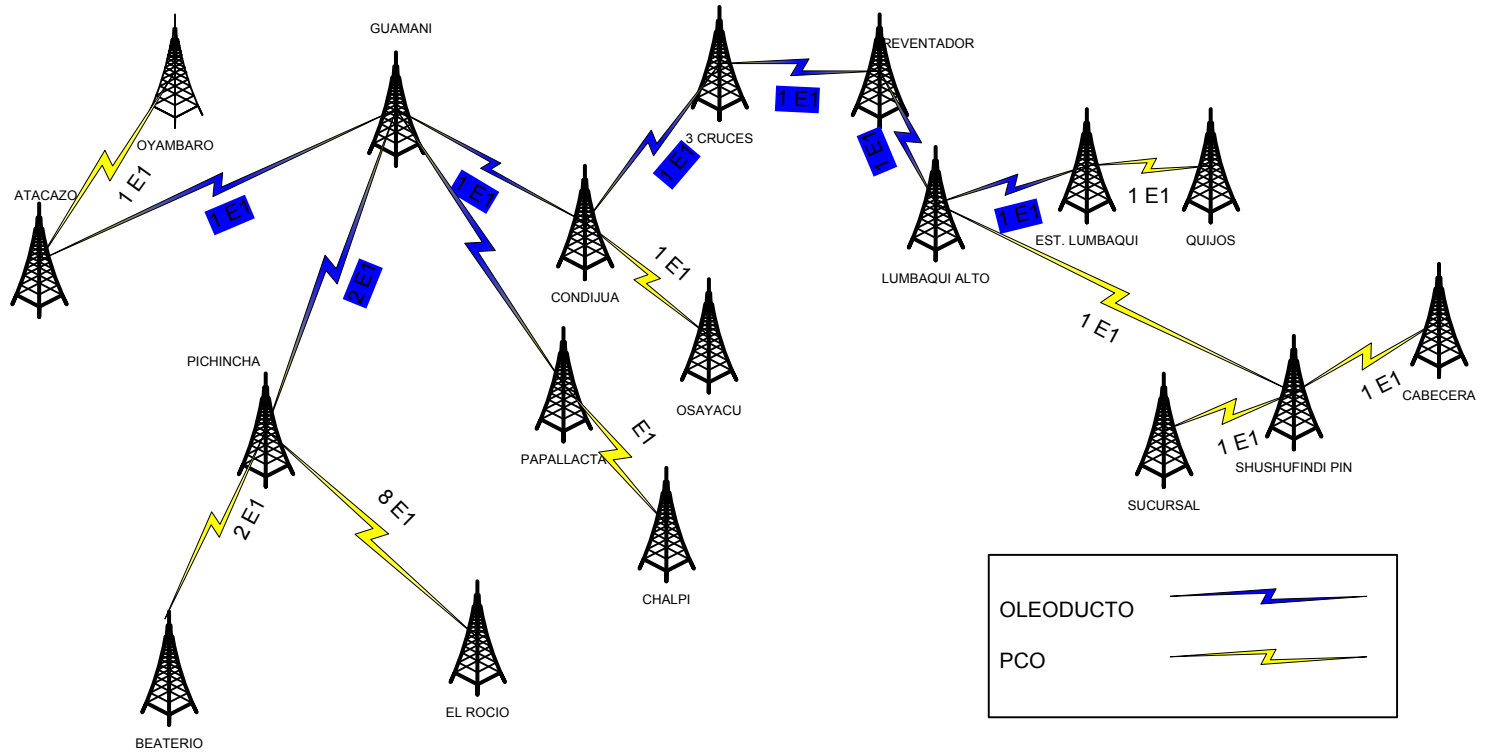


Figura. 2.1. Capacidad de la Red Microonda Poliducto Shushufindi – Quito.

Los radios que se utiliza de banda ensanchada pueden proveer enlaces de comunicaciones, rentables y de un buen costo. Son enlaces de comunicaciones resistentes a los desastres donde un sistema de reparación a lo largo de trayectos de cables subterráneos, así como en áreas donde el tendido de cables debe hacerse en postes que poseen alta incidencia de rayos y en zonas donde no es posible efectuar un cableado de este tipo.

Se utiliza la tecnología PDH porque se quiere pasar a un nivel superior jerárquico donde se combinan señales provenientes de distintos equipos. Cada equipo puede tener alguna pequeña diferencia en la tasa de bit. Sólo cuando las tasas de bit son iguales puede procederse a una multiplexación bit a bit como se define en PDH.

2.1.1 DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA RED DE COMUNICACIONES MICROONDA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO

Actualmente Petrocomercial cuenta con 19 enlaces propios en la Regional Norte, de los cuales 6 están en el rango de frecuencias de 2 Ghz, 10 en Spread Spectrum y 3 en el rango de 7 Ghz. Las comunicaciones del Poliducto Shushufindi-Quito comprenden 17 enlaces, donde 8 enlaces son de propiedad de Petrocomercial y las restantes de Petroecuador, es decir una parte del Sistema microonda de Petrocomercial, es compartido con el Sistema microonda del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE).

La banda de frecuencia en las cual se encuentran operando los equipos microonda en la columna vertebral del Poliducto es de 7GHz, que responden al plan nacional de frecuencias dispuestas por SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones).

Los equipos utilizados son de marca HARRIS, en razón de la estandarización de marcas en equipos microonda de PETROECUADOR y sus Filiales, que responden a lo estipulado en el Instructivo de Contratación de Obras Bienes y Servicios del manual vigente de PETROECUADOR.

Existe un enlace inalámbrico entre Papallacta y la Estación Chalpi donde se transmiten datos. Este enlace inalámbrico proporciona alto rendimiento punto a punto, utiliza División de frecuencia por multiplexación ortogonal con comunicaciones inalámbricas en dos vías y ancho de banda W-OFDM, tecnología para procesar, transmitir y recibir datos punto – punto por lo que solo existe dos locaciones para ser conectadas.

Los enlaces de comunicaciones de radio frecuencia (RF) han sido usados por muchos años como una solución ofrecida hacia la conectividad punto – punto y punto - multipunto en aplicaciones de baja velocidad. Tradicionalmente, estas aplicaciones han usado radios con anchos de banda muy estrechos y, si las frecuencias estuvieran disponibles, sería una muy buena solución.

ESTACIÓN SHUSHUFINDI

En la estación de Petroindustrial (PIN) en Shushufindi se encuentran una parte de Petrocomercial (PCO), existen dos enlaces que van desde comunicaciones de PIN en donde tenemos equipos propios de PCO hasta las oficinas de Sucursal y Cabecera de PCO respectivamente.

Desde PIN hasta **Sucursal** (PCO) existe un enlace donde se encuentra la Subgerencia de Comercialización del combustible, existe los radios marca Harris Aurora, y se encuentra asignado un ancho de banda de un E1, que es el primer enlace.



Figura. 2.2. Rack de comunicaciones de Sucursal (PCO).

Para que este enlace se anexe a la Red WAN de Petrocomercial existe el Router Vanguard 6435, que posteriormente se conecta al switch 3Com de 8 puertos para establecer la Red LAN de Sucursal.

Los Radios Harris Aurora de Sucursal y Cabecera tienen las antenas alineadas con las antenas instaladas en la Torre de PIN. Para la distribución de las extensiones en Sucursal está instalado la central telefónica Panasonic que distribuye la las líneas telefónicas a las oficinas de esta Dependencia como por ejemplo, Secretaría Sucursal y Facturación.



Figura. 2.3. Central Telefónica Panasonic Sucursal.

En **Cabecera** que es la parte donde se bombea el combustible y es el inicio del Poliducto Shushufindi – Quito, se encuentran también equipos Harris Aurora y se encuentra asignado un E1 como ancho de banda. En Cabecera se encuentra el Router Vanguard 6435 para que ingrese a la Red WAN de PCO y para la Red LAN se utiliza el switch 3Com de 8 Puertos.



Figura. 2.4. Rack de comunicaciones de Cabecera (PCO).

Existe una central telefónica para proveer de líneas telefónicas a esta parte del Poliducto (Cabecera), para las oficinas de Operaciones, Fax Operaciones, Supervisor y Laboratorios.



Figura. 2.5. Central Telefónica Panasonic Cabecera.

En la parte **Petroindustrial (PIN)**, en la oficina de telecomunicaciones se encuentran los radios marca Harris Aurora que son los complementos de los enlaces a Sucursal y Cabecera, existe un Router Vanguard 6455 para ingresar a la Red WAN de PCO. Es el router principal en la Estación Shushufindi.



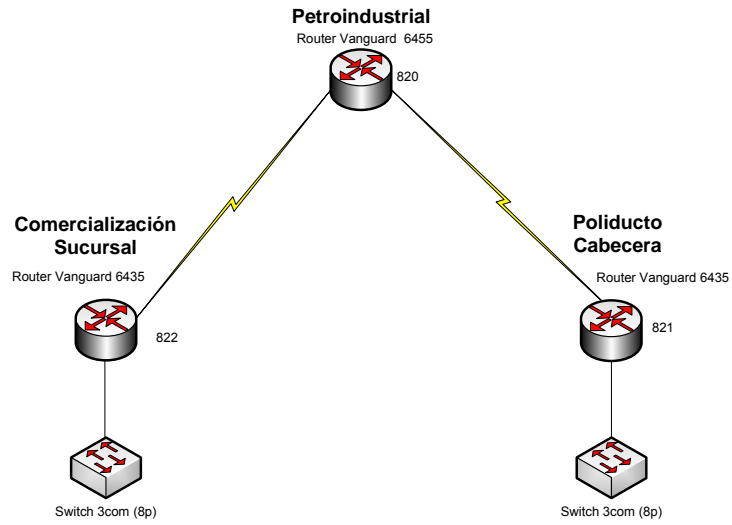
Figura. 2.6. Rack de Comunicaciones de PCO.

En la torre de comunicaciones en Petroindustrial están instaladas las antenas para los enlaces ya mencionados. Como se observa en la Figura. 2.7, las dos antenas están alineadas con Cabecera y Sucursal de izquierda a derecha respectivamente.



Figura. 2.7. Torre de Comunicaciones de PIN (Antenas de Cabecera y Sucursal respectivamente).

En el siguiente diagrama se explica de mejor manera cómo está la comunicación de datos de la Estación Shushufindi de PCO, tanto de la red WAN como de la red LAN de Sucursal y Cabecera.

RED LAN DE SHUSHUFINDI**Figura. 2.8.** Red de Datos de la Estación Shushufindi.

La distribución de las extensiones telefónicas tanto para Shushufindi Cabecera y Sucursal se detalla en el siguiente gráfico.

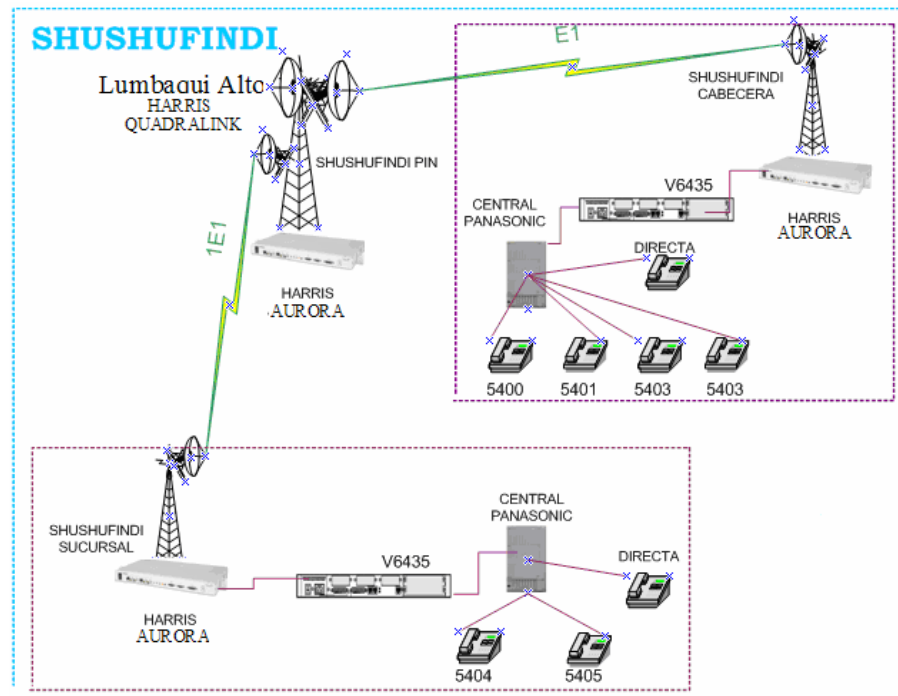


Figura. 2.9. Distribución Extensiones Estación Shushufindi.

Voz y datos para esta Estación se lo realiza con routers, mediante la programación de tabla de rutas en los routers.

Enlace Shushufindi – Lumbaqui Alto

Entre Shushufindi y Lumbaqui Alto existe un enlace, se encuentran instalados los Radios Quadralink y esta habilitado un E1 como ancho de banda, y como tal para que haya las comunicaciones con el resto de estaciones esta enlazado a la antena en El Reventador.

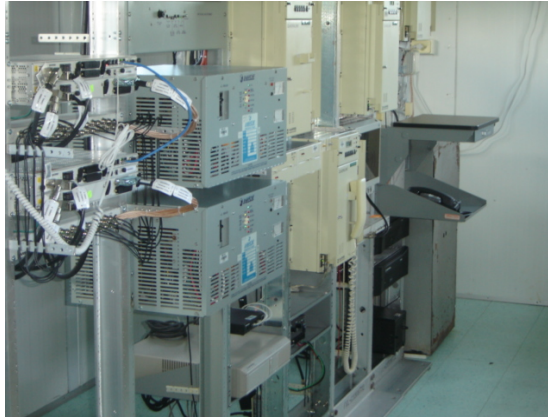


Figura. 2.10. Rack de Comunicaciones Instalado en Lumbaqui Alto.

En este cerro Lumbaqui Alto se encuentra la torre de comunicaciones de PCO, como se observa en la figura.



Figura. 2.11. Torre de Comunicaciones en Lumbaqui Alto.

ESTACION QUIJOS

La siguiente estación del Poliducto es Quijos, para tener comunicación de voz y datos se lo realiza por medio del enlace entre el cerro Lumbaqui Alto y la Estación

Lumbaqui de Petroecuador, para posteriormente enlazarse mediante un enlace de propio de Petrocomercial entre la Estación Lumbaqui y la Estación Quijos, donde se encuentran instalados los radios marca Harris Aurora habilitado un E1.

Para enlazarse con la Red WAN de PCO se utiliza el Router IBM 2210, y para proveer de datos existe el switch 3COM de 8 puertos.



Figura. 2.12. Rack de Comunicaciones en la Estación de Quijos.

Para distribuir las extensiones telefónicas para las oficinas de Operaciones y Supervisor se tiene la central telefónica Panasonic.



Figura. 2.13. Central Telefónica de la Estación Quijos.

En la siguiente figura se detalla la comunicación de datos y la red LAN de la Estación Quijos, con el routeador IBM 2210 remite tráfico entre las redes para conectarse al switch 3 Com.

RED LAN DE LA ESTACIÓN QUIJOS

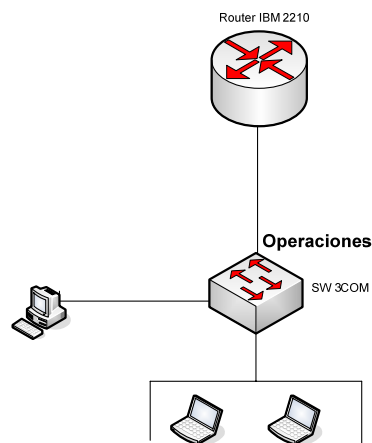


Figura. 2.14. Red de Datos de la Estación Quijos.

En el siguiente gráfico se detalla cómo llega y las extensiones distribuidas para esta Estación.

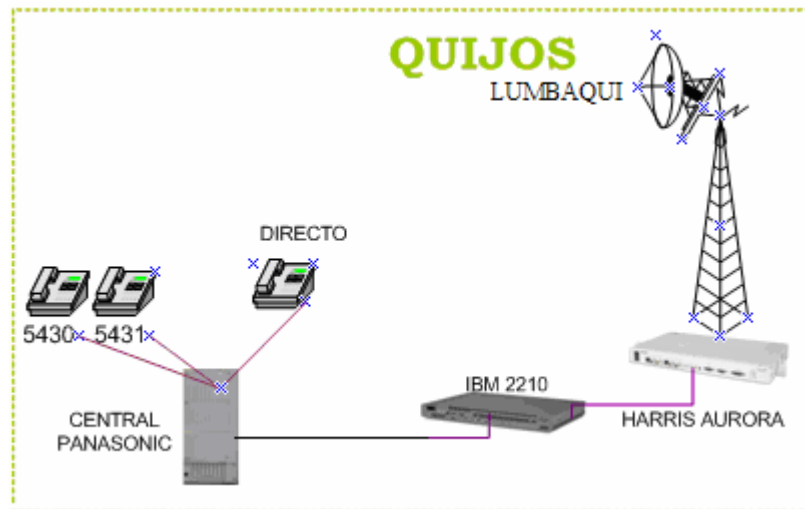


Figura. 2.15. Distribución Extensiones Estación Quijos.

ESTACION OSAYACU

Es la tercera estación del Poliducto, para las comunicaciones se utiliza los radios Harris Quadralink habilitado un E1, esta Estación está alineada con el radio ubicado en Condijua, y a su vez Condijua se enlaza con dos enlaces de propiedad de Petroecuador a la Matriz de Petrocomercial:

- Pichincha - Guamaní
- Guamaní - Condijua



Figura. 2.16. Rack de Comunicaciones de la Estación Osayacu.

En esta Estación para la distribución de las líneas telefónicas a las oficinas como Operaciones, Secretaría Superintendencia, Mantenimiento, Bodega, Superintendente existe una central telefónica Panasonic.



Figura. 2.17. Central telefónica en Osayacu.

Anexado a este radio Quadralink, el router vanguard 6435 realiza la interconexión con la RED WAN de Petrocomercial.

La Red LAN de la estación Osayacu como se observa en la figura, para proveer de red su utiliza dos switch 3COM de 8 puertos.

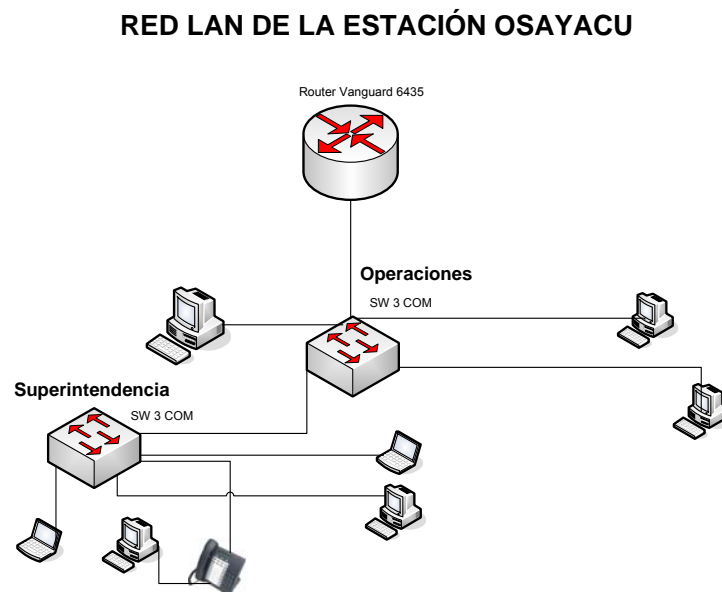


Figura. 2.18. Red de Datos de la Estación Osayacu.

En el siguiente gráfico se detalla las extensiones telefónicas existentes en la Estación Osayacu.

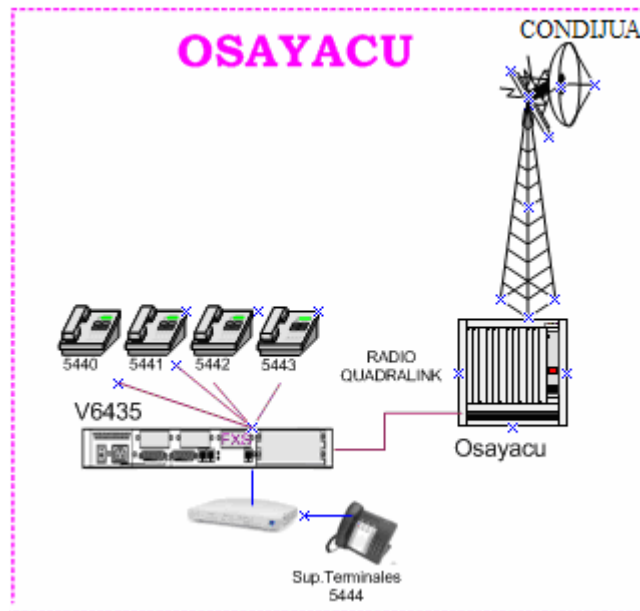


Figura. 2.19. Distribución de extensiones en la Estación Osayacu.

ESTACION CHALPI

En Chalpi se enlaza con Papallacta en un enlace propio de PCO, este enlace es inalámbrico y se utiliza equipos marca WiLAN LIBRA – OFDW, a su vez Papallacta para que se enlace con Beaterio tiene la siguiente ruta:

- Papallacta – Guamaní (PEC)
- Guamaní – Pichincha (PEC)
- Pichincha – Beaterio (PCO)



Figura. 2.20. Rack de Comunicaciones de Estación Chalpi.

En esta Estación mediante la central telefónica marca Panasonic se distribuye las extensiones telefónicas a Operaciones.



Figura. 2.21. Central telefónica Chalpi.

En el siguiente gráfico se detalla La Red Lan de esta estación, consta de un router IBM 2210 para conectarse a la red WAN de PCO y posteriormente se conecta al switch 3COM.

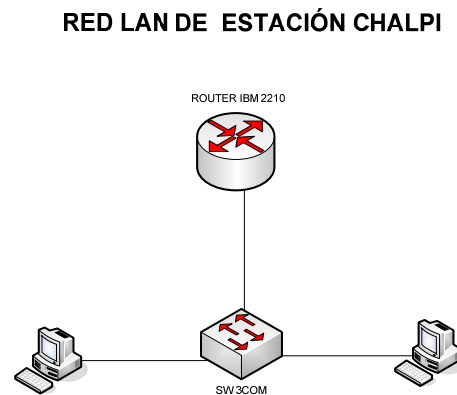


Figura. 2.22. Red de Datos de la Estación Chalpi.

Desde Papallacta hasta Chalpi baja cable telefónico de 2 Km para proveer de líneas telefónicas y además de las extensiones

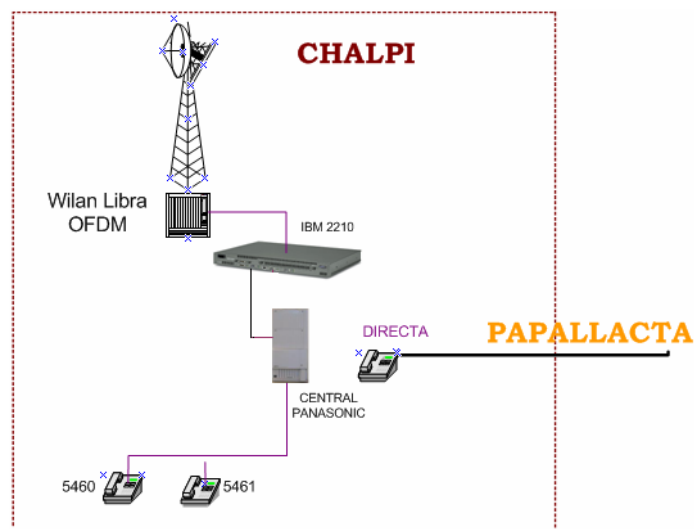


Figura. 2.23. Distribución de las extensiones de la Estación Chalpi.

ESTACION EL BEATERIO

Esta es la ultima estación del Poliducto Shushufindi – Quito, donde es el punto de unión de los 3 Poliductos, como el de Quito – Esmeraldas, y Quito – Ambato.

Esta estación es la más grande de las cinco y es el principal centro y el inicio de las comunicaciones del Poliducto, como tal, proveer de comunicaciones de voz y datos y tiene el principal enlace con el Pichincha, esta instalado los radios marca Harris Quadralink y está habilitado dos E1.

RED LAN DE BEATERIO

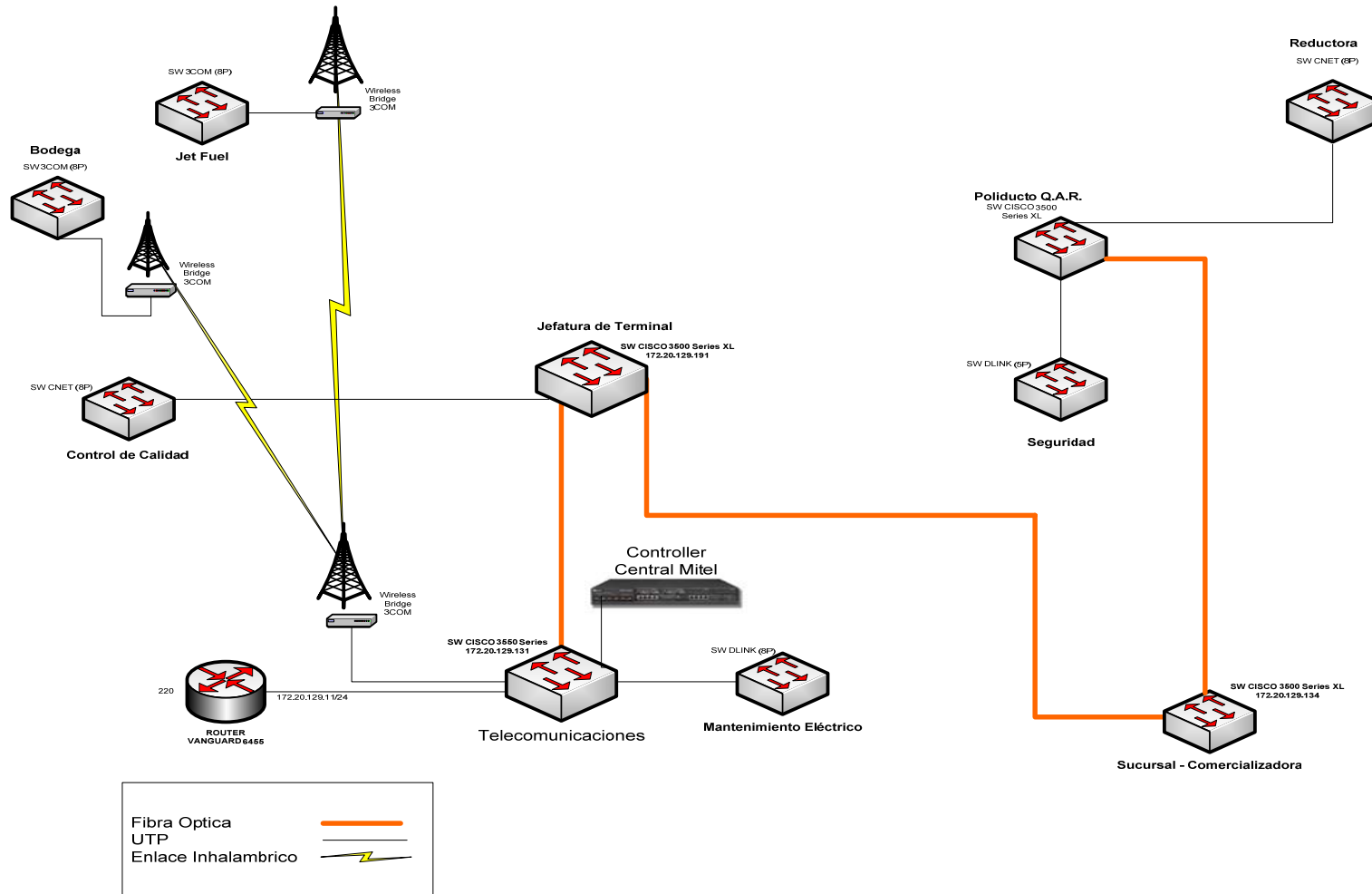


Figura. 2.24. Red de Datos de la Estación El Beaterio.

En el siguiente gráfico se detalla la distribución de las extensiones telefónicas para la Estación El Beaterio del Poliducto Shushufindi – Quito.

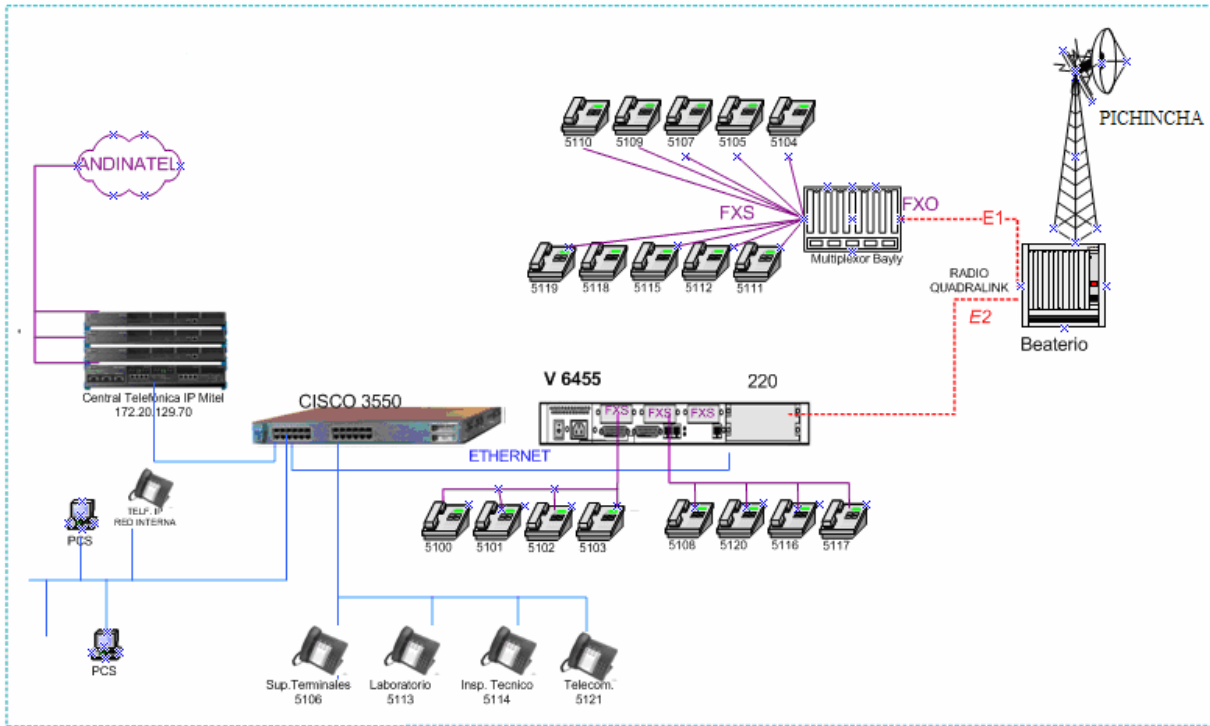


Figura. 2.25. Distribución de las Extensiones del Beaterio.

2.1.2 DIAGRAMA DE LA RED DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO

RADIOENLACES MICROONDA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI - QUITO

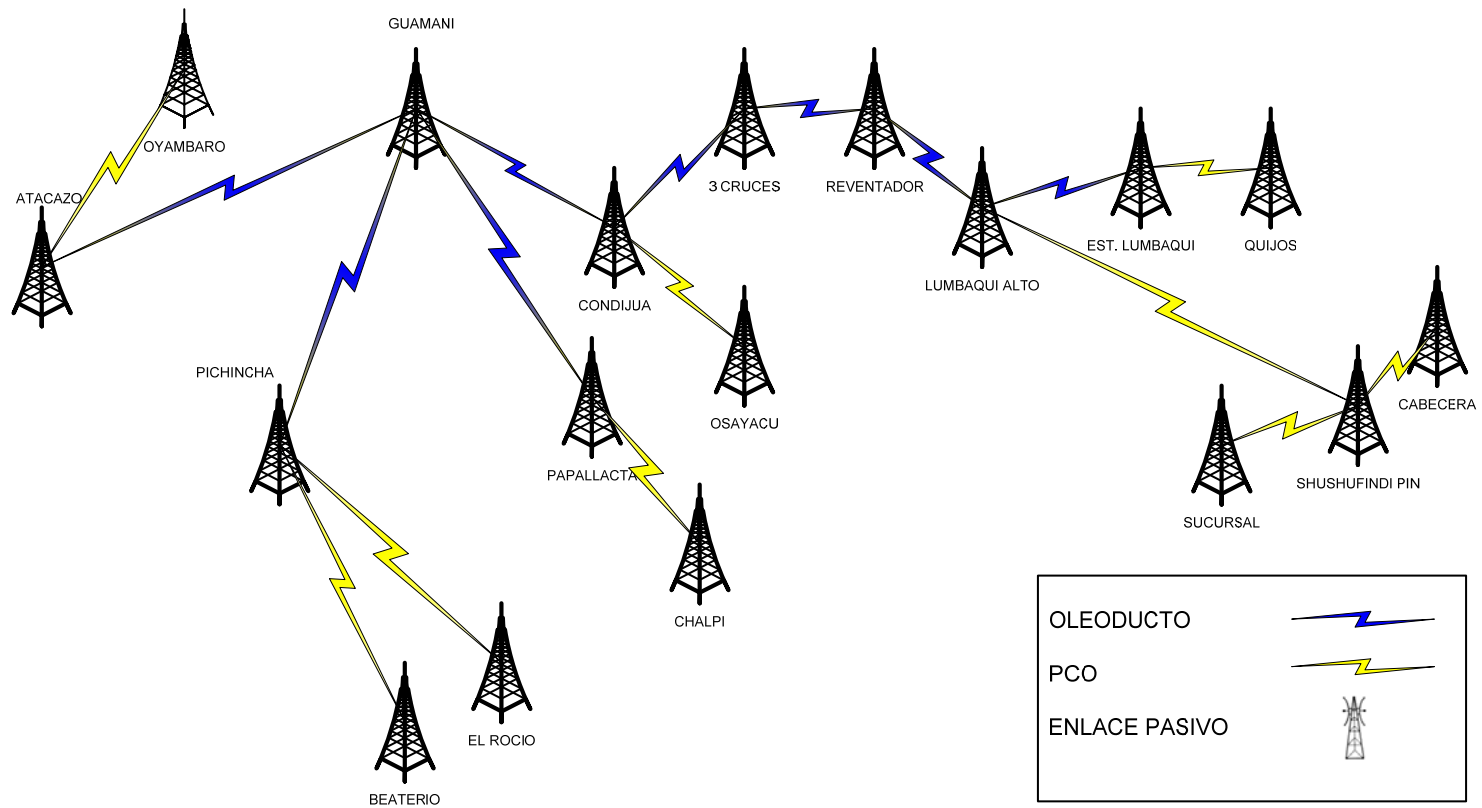


Figura. 2.26. Diagrama de Enlaces Microonda de Petrocomercial Regional Norte (Poliducto Shushunfindi - Quito).

RED WAN DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI - QUITO

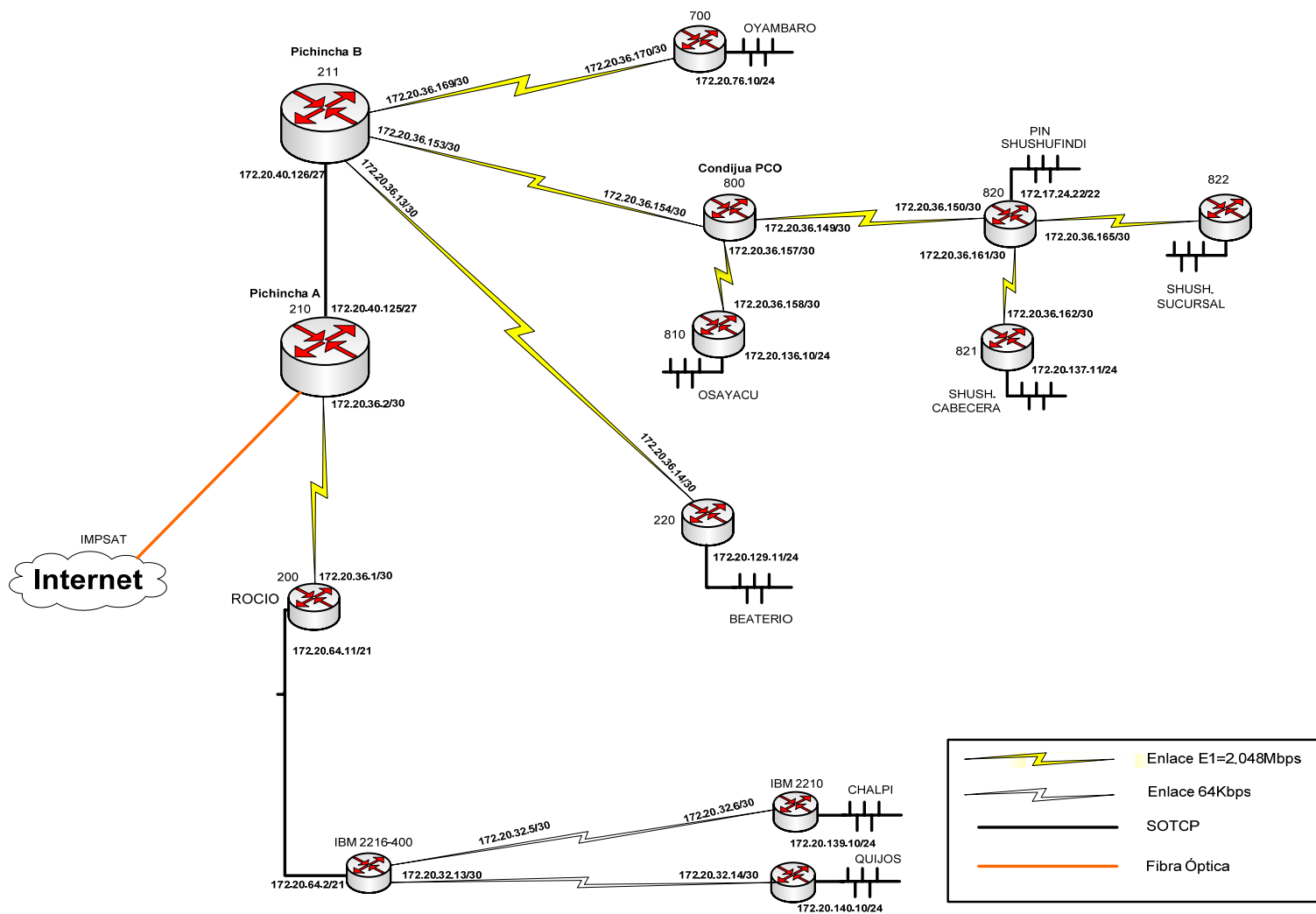


Figura. 2.27. Red Wan de Petrocomercial Regional Norte (Poliducto Shushufindi - Quito).

2.1.3 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS ACTUALES DE COMUNICACIÓN DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO

RADIO HARRIS AURORA 5800

Sistema de conexión punto a punto que proporciona la conexión inalámbrica ideal para los sistemas de acceso privado, servicios de Internet, voz, datos y video, y para integración de sitios de interés o puntos de interés para comunicarse. Con éste equipo se puede tener acceso y/o conexión a la red de microondas. Es totalmente transparente, y tiene calidad tanto de voz como video en tiempo real.

Harris Aurora 5800, pertenece a una familia de radios microondas digitales punto-a-punto que emplea la técnica de espectro disperso. Estos radios permiten la implementación de servicios de comunicaciones inalámbricas de 1xE1/T1 a 2xE1/T1, así como de Puentes Remotos para redes LAN (10Base-T); a distancias típicas en línea visual de hasta 50 Km (30 mi). El Aurora™ opera en las bandas ISM de 5.8 GHz y, proporciona la interconexión inalámbrica ideal para los sistemas de acceso privado, servicios de acceso a Internet, Puentes Remotos para redes LAN/WAN, sistemas celulares y PCS/PCN.

Una conexión opcional 10Base – T, la cual reemplaza un interfaz de telefonía, sirve como puente de nivel 2 para redes LAN de hasta 10,000 direcciones MAC. Sin necesidad de las instrucciones de ningún operador, este equipo aprende a transportar solamente aquellos paquetes que han sido diseccionados entre las LAN que están conectadas, retransmitiendo automáticamente los paquetes corruptos utilizando el protocolo HDLC, con objeto de maximizar la integridad de los datos.

Con el software incorporado llamado CIT (Herramienta de Interfaz Craft) permite configurar la potencia de salida de transmisor, la secuencia de códigos de

dispersión, o la frecuencia central del radio, de acuerdo a las conveniencias de Petrocomercial en las diferentes trayectorias.

Este radio digital de espectro disperso proporciona un canal de servicio de voz y datos y un canal para sistemas de gestión de redes.

Características Generales

Rango de Frecuencia: 5725 – 5850 MHz

Capacidad Digital: 1xE1 ó 2xE1 (E1:2.048 Mbits/s)

Alcance máximo: Hasta 50 Km (30 mi) en línea de vista

Ancho de Banda del Canal RF: 18 MHz, 1xE1 30MHz, 2xE1

Modulación: DQPSK (Modulación por desplazamiento diferencial de fase en cuadratura)

Codificación

Secuencia directa: **códigos seleccionables por software.**

Características Del Sistema

Ganancia del Sistema: Típico, BER $\leq 1 \times 10^{-3}$, 1 xE1/T1; 109 dB 2xE1/T1; 107 dB

Plan de Frecuencia:

1xE1/T1; Par A 5,735 y 5,800 MHz; Par B 5,755 y 5,820 MHz; Par C 5,775 y 5,840 MHz; 2xT1/E1; Par A 5,741 y 5,803 MHz; Par B 5,772 y 5,834 MHz

Retardo en Transmisión: Solamente el Radio; 50 us, máx.

Tiempo de Adquisición: ≤ 50 ms

Margen de Desvanecimiento Dispersivo: Típico, BER $\leq 1 \times 10^{-3}$ Mejor que 60 dB

RADIO HARRIS TRUEPOINT 4040

Utilizada para redes microonda digitales, con una capacidad de 2, 4, 8, y 16 E1, en configuración 1 + 0 (sin equipo de respaldo).

El TruePoint 4040 consta de un combinador RF, para radios de 7 – 8 GHz, una antena montada en el combinador RF, Poste – montado en el combinador RF.

Especificaciones para un combinador de 3 dB, 7 – 8 GHz,

Características Generales

Frecuencia, GHz 7; 8; 13; 15; 18; 23; 26; 38;

Capacidad 2; 4; 8; 16 E1 en modo mixto, Nx E1 + 2x10/100BASE-T

Modulación QPSK y 16 QAM

Configuración 1+0, 1+1 (MHSB, SD o FD usando un combinador de RF, o SD/FD en 2 antenas)

Tabla. 2.1. Características generales True Point 4040.

BANDA, GHZ	7	8
RANGO DE FRECUENCIA, GHZ	7.1 – 7.9	7.7 – 8.5
MAX. PERDIDA DE INSERCIÓN, RFU A	3.7	3.7
MAX. PERDIDA DE INSERCIÓN, RFU B	3.7	3.7
MIN. AISLAMIENTO, A A B	25	25
MIN. PÉRDIDAS DE VUELTA, 3 I/OS	18	18
RFU A & B (IN., DIA.)	1.025"	1.025"
PUERTO DE ANTENA, MONTAJE DESMONTABLE	1.025"	1.025"
PUERTO DE ANTENA, RACK Y MONTAJE DEL POSTE	CPR112 / R84	CPR112 / R84

Los radios Harris TruePoint 4040 proporcionan una bajo costo de protección 1+1 para la capacidad del sistema PDH. Estos radios son totalmente compatibles en términos de:

- Interfase IF
- Multiplexión de tramas
- Administración de redes
- Canal digital de servicio

El sistema de radio incluye un SPU (Unidad interior) y un RFU (Unidad externa). El RFU es independiente de la capacidad y es capaz de manejar señales hasta 16 QAM. El terminal TRuepoint 4040 consiste de un 2-RMS SPU y dos RFUs, cada uno contiene un transceiver y conectado al MODEM de SPU's a través del cable coaxial.

EL RFU es una cubierta a prueba de mal tiempo diseñada para montar en un mástil o una torre con una antena en un montaje separado o desmontable.

El SPU puede ser mondado en el estándar 19" (483 mm), para acupar un RMS.

Wilan LIBRA 5800

Las comunicaciones de este enlace se lo realiza mediante los equipos WiLAN LIBRA 5800, utiliza tecnología WOFDM que posee una eficacia espectral alta y hace el plan de red simple y fácil, porque ofrece muchas ventajas, incluyendo uso efectivo de ancho de banda, resistencia a las interferencias, capacidad de aprovechar de características multidireccionales, y corrección y recuperación avanzadas de error. Porque los datos se separan a través de todos

los canales, la interferencia usualmente afecta solo a pocos canales y no a todos los canales, y los datos perdidos pueden ser recuperados fácilmente.

Harris Quadralink

Los radios Quadralink están disponibles en las siguientes configuraciones:

- No protegidos
- Protegidos

Los radios que se encuentran en las estaciones tienen configuración de protegidos, un radio protegido consiste de un controlador, una línea de interfase, dos modems, dos unidades de multiplex, una guía de onda opcional, dos transeivers, una alarma / unidad de display, y una unidad de acoplamiento de la antena (ACU).

Características Quadralink 7/8 GHz

- Rango de frecuencia 7.114 a 8.504 GHz

2.1.4 ENLACES DE COMUNICACIÓN EXISTENTES

La parte exclusiva de Petrocomercial que esta bajo su control, corresponde a los enlaces que detallaremos posteriormente. La ruta de la columna vertebral del Poliducto Shushufindi-Quito es:

Tabla. 2.2. Enlaces detallados de Petrocomercial.

ENLACE		EQUIPO	FRECUENCIA(MHz)		PROTECCION
			Tx	Rx	
ATACAZO	OYAMBARO	HARRIS AURORA (1E1)	5834	5772	1+0
PICHINCHA	MATRIZ	HARRIS TRUEPOINT (8E1)	7895	8207	1+1
PICHINCHA	BEATERIO	HARRIS QUADRALINK (2E1)	1832	1713	1+1
CONDIJUA	OSAYACU	HARRIS QUADRALINK (1E1)	1832	1713	1+0
EST.LUMBAQUI	QUIJOS	HARRIS AURORA (1E1)	5800	5730	1+0
LUMBAQUI	SHUSHUFINDI	HARRIS QUADRALINK (1E1)	1832	1713	1+1
SHUSHUFINDI	CABECERA	HARRIS AURORA (1E1)	5800	5730	1+0
SHUSHUFINDI	SUCURSAL	HARRIS AURORA (1E1)	5730	5800	1+0

ENLACE		EQUIPO	FRECUENCIA(GHz)		PROTECCION
			Tx	Rx	
PAPALLACTA	CHALPI	WiLAN LIBRA - OFDW	5.725	5.850	1+0

2.2 ANALISIS DEL REQUERIMIENTO DE ANCHO DE BANDA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO.

Petrocomercial maneja múltiples aplicaciones y servicios, y la no-disponibilidad de Internet de “Alta Capacidad” es una restricción no sólo para comunicaciones más rápidas, video por demanda, y una mejor navegación en Internet, y lo principal: transmisión de voz y datos desde La Matriz de Petrocomercial y el Beaterio con las diferentes estaciones que comprenden el Poliducto hasta Shushufindi, también está frenando el desarrollo de nuevas aplicaciones y tipos de contenido. No pasa por definirlo en términos de un ancho de banda mínimo, es decir, permitir y estimular las nuevas formas de crear valor.

En este escenario, el futuro está lejos de ser dominado por computadores personales (PC) conectados a redes de alta-velocidad, sino por una serie de “Dispositivos de Internet” o aparatos conectados a Internet que la mayoría aún no imagina.

Un ancho de banda ideal ayudaría a tener una plataforma convergente y se debe entender en términos de su capacidad para la provisión de una diversidad de aplicaciones y servicios en futuro y para beneficio de Petrocomercial, en vez de sólo en términos de ancho de banda. Proveer “Banda Ancha” o simplemente “acceso a Internet” depende de la calidad relativa a la demanda de recursos por parte de las aplicaciones y contenidos que un usuario desea utilizar (Por ejemplo, aplicaciones donde pequeños retrasos o monitoreo online de equipo a distancia, videoconferencia, etc.).

Con el siguiente cuadro se describirá la distribución del ancho de banda en las redes WAN de las Estaciones dentro de las comunicaciones del Poliducto Shushufindi – Quito de Petrocomercial.

Tabla. 2.3. Distribución del Ancho de Banda del Poliducto.

Enlace	Ancho de Banda
Atacazo – Oyambaro	1 E1
Pichincha – Matriz	8 E1
Pichincha – Beaterio	2 E1
Condijua – Osayacu	1 E1
Estación Lumbaqui – Quijos	1 E1
Lumbaqui - Shushufindi	1 E1
Shushufindi – Cabecera	1 E1
Shushufindi - Sucursal	1 E1

2.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS ACTUALMENTE

La transmisión se realiza por medio de ondas electromagnéticas. Los medios guiados conducen (guían) las ondas a través de un camino físico, ejemplos de estos medios son el cable coaxial, la fibra óptica y el par trenzado. Los medios no guiados proporcionan un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las dirigen; como ejemplo de ellos tenemos el aire y el vacío.

La naturaleza del medio junto con la de la señal que se transmite a través de él, constituyen los factores determinantes de las características y la calidad de la transmisión. En el caso de medios guiados es el propio medio el que determina el que determina principalmente las limitaciones de la transmisión: velocidad de transmisión de los datos, ancho de banda que puede soportar y espaciado entre repetidores. Sin embargo, al utilizar medios no guiados resulta más determinante en la transmisión el espectro de frecuencia de la señal producida por la antena que el propio medio de transmisión.

2.3.1 Pares trenzados

Este consiste en dos alambres de cobre aislados, en general de 1mm de espesor. Los alambres se entrelazan en forma helicoidal, como en una molécula de DNA. La forma trenzada del cable se utiliza para reducir la interferencia eléctrica con respecto a los pares cercanos que se encuentran a su alrededor. Los pares trenzados se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital, y su ancho de banda depende del calibre del alambre y de la distancia que recorre; en muchos casos pueden obtenerse transmisiones de varios megabits, en distancias de pocos kilómetros. Debido a su adecuado comportamiento y bajo costo, los pares trenzados se utilizan ampliamente y es probable que se presencia permanezca por muchos años.

2.3.4 Cable coaxial

El cable coaxial consta de un alambre de cobre duro en su parte central, es decir, que constituye el núcleo, el cual se encuentra rodeado por un material aislante. Este material aislante está rodeado por un conductor cilíndrico que frecuentemente se presenta como una malla de tejido trenzado. El conductor externo está cubierto por una capa de plástico protector.

La construcción del cable coaxial produce una buena combinación y un gran ancho de banda y una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda que se puede obtener depende de la longitud del cable; para cables de 1km, por ejemplo, es factible obtener velocidades de datos de hasta 10Mbps, y en cables de longitudes menores, es posible obtener velocidades superiores. Se pueden utilizar cables con mayor longitud, pero se obtienen velocidades muy bajas. Los cables coaxiales se emplean ampliamente en redes de área local y para transmisiones de largas distancia del sistema telefónico.

2.3.5 Fibra Óptica

Un cable de fibra óptica consta de tres secciones concéntricas. La más interna, el núcleo, consiste en una o más hebras o fibras hechas de cristal o plástico. Cada una de ellas lleva un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La capa más exterior, que recubre una o más fibras, debe ser de un material opaco y resistente.

Un sistema de transmisión por fibra óptica está formado por una fuente luminosa muy monocromática (generalmente un láser), la fibra encargada de transmitir la señal luminosa y un fotodiodo que reconstruye la señal eléctrica.

2.3.6 Radio enlaces de VHF y UHF

Estas bandas cubren aproximadamente desde 55 a 550 Mhz. Son también omnidireccionales, pero a diferencia de las anteriores la ionosfera es transparente a ellas. Su alcance máximo es de un centenar de kilómetros, y las velocidades que permite del orden de los 9600 bps. Su aplicación suele estar relacionada con los radioaficionados y con equipos de comunicación militares, también la televisión y los aviones.

2.3.7 Microondas

Las microondas nos permiten transmisiones tanto terrestres como con satélites. Dada sus frecuencias, del orden de 1 a 10 Ghz, las microondas son muy direccionales y sólo se pueden emplear en situaciones en que existe una línea visual que une emisor y receptor. Los enlaces de microondas permiten grandes velocidades de transmisión, del orden de 10 Mbps.

2.4 TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD

En este campo de Comunicaciones se utiliza fundamentalmente tecnologías de Harris en microondas y Spread Spectrum para enlaces punto a punto y punto multipunto.

Harris Microwaves, División de la Corporación Harris, es uno de los líderes mundiales en sistemas de radio. Posee un extenso rango de soluciones con frecuencias desde 2 a 38 GHz, con anchos de banda desde 2 a 155 Mbit/s, un poderoso software para administración de enlaces y otros dispositivos de red.

REFERENCIAS

- **[23]** Harris Farinon Division, Quadralink Digital Radio, Instruction Manual
- **[24]** Harris Farinon Division, MicroStar Digital Radio, Instruction Manual
- **[25]** Harris Farinon Division , Aurora Digital Radio, Instruction Manual
- **[26]** Proxim Wireless, www.ydi.com

CAPITULO 3

PROPUESTA TECNICA (ALTERNATIVA 1)

3.1 SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISION DE LA RED DEL POLIDUCTO

El conocimiento de las características de los medios de transmisión utilizados para dar soporte de transmisión y recepción de voz y datos, a las redes de Petrocomercial en ambiente de las Estaciones y cómo verificarlas, permite desenvolverse en el entorno de trabajo de la construcción de redes, ya sea en ventas, compras, administración, instalación o comercialización.

Las nuevas aplicaciones que están surgiendo en Internet han producido un aumento de la necesidad de transmitir información desde un origen a múltiples destinos como la que se va a realizar el destino, que consiste en redes Punto - Multipunto.

Entonces en un futuro Petrocomercial llegará a lo complejo que se está volviendo coordinar las aplicaciones del ancho de banda dentro de sus distintas áreas, ya que en muchas ocasiones una de ellas será la que consume la mayoría del acceso a Internet. Por ejemplo, pensemos en el Área de Sistemas de Procesamiento con aplicaciones que antes no ocupaba gran ancho de banda, y de pronto la nueva tecnología hace que esta área esté consumiendo un alto

porcentaje del ancho de banda del que dispone la empresa, en horas muy específicas.

Lo que es un hecho es que los requerimientos de ancho de banda es cada día mayor, porque los servidores y las nuevas aplicaciones empresariales demandan mayor capacidad. Hoy en día tiende al incremento de su tráfico hacia el Internet. Por ello se hace indispensable cuestionarse cómo administrar mejor el ancho de banda que actualmente posee Petrocomercial.

Las empresas cuando se enfrentan a los problemas de ancho de banda, es recurrir al aumento de ancho de banda a la red a una determinada empresa proveedora de Internet y con ello adquirir mayor rapidez. Sin embargo, esto no es necesariamente la solución, ya que la mayoría de las veces lo que sucede es que hay horarios en los que se congestiona el tráfico y otros en los que no se requiere de gran ancho de banda; por ejemplo, en las horas de comida, horas de salida o llegada a la oficina, etc. También hay ciertos días, como los de pago de la nómina, en que se necesita una conexión funcional que no falle.

Para adquirir una solución tecnológica que satisfaga los requerimientos de la empresa, se necesita llevar a cabo un análisis de la red empresarial (Capítulo II); que se asignen prioridades en el uso del ancho de banda (qué Unidades de Petrocomercial requieren uso prioritario y en qué momentos); monitoreo de funcionalidad y empleo correcto de recursos. Como parte de esta solución es la implementación de la Red Troncal de Fibra Óptica, para ofrecer soluciones que permiten administrar las políticas para el ancho de banda, además de ofrecer diagnósticos y monitoreos muy específicos que ayudan a tomar decisiones acerca del uso del mismo, según los requerimientos para la transmisión de voz y datos.

Dentro de los parámetros estimados para la ruta seleccionamos y presentamos la siguiente propuesta ya que se ha estudiado la mejor alternativa

frente a los requerimientos para la transmisión de voz y datos, y además de la red de Petrocomercial.

Para el diseño de la Red Troncal se seleccionó la fibra óptica como medio de transmisión, ya que las redes de Fibra Óptica se emplean cada vez en telecomunicaciones, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia.

3.1.1 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se emplea en multitud de sistemas y el actual auge de los sistemas de banda ancha se debe en gran medida a la elevada capacidad de tráfico que pueden transmitir las redes basadas en fibra óptica.

Las redes por fibra óptica son un modelo de red que permite satisfacer las nuevas y crecientes necesidades de capacidad de transmisión y seguridad demandada por Petrocomercial, todo ello además con la mayor economía posible.

Mediante las nuevas tecnologías, con elementos de red puramente ópticos, se consiguen los objetivos de aumento de capacidad de transmisión y seguridad.

Aumento de la capacidad de transmisión

Cuando las empresas encargadas de abastecer las necesidades de comunicación por medio de fibra necesitaron mayor capacidad entre dos puntos, pero no disponían de las tecnologías necesarias o de unas fibras que pudieran llevar mayor cantidad de datos, la única opción que les quedaba era instalar más fibras entre estos puntos. Pero para llevar a cabo esta solución había que invertir

mucho tiempo y dinero, o bien añadir un mayor número de señales multiplexadas por división en el tiempo en la misma fibra, lo que también tiene un límite.

Es en este punto cuando la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) 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. De este modo se podían enviar muchas señales por la misma fibra como si cada una de estas señales viajara en su propia fibra.

Aumento de la seguridad

Los diseñadores de las redes utilizan muchos elementos de red para incrementar la capacidad de las fibras ya que un corte en la fibra puede tener serias consecuencias.

En las arquitecturas eléctricas empleadas hasta ahora, cada elemento realiza su propia restauración de señal. Para un sistema de fibras tradicional con muchos canales en una fibra, una rotura de la fibra podría acarrear el fallo de muchos sistemas independientes. Sin embargo, las redes ópticas pueden realizar la protección de una forma más rápida y más económica, 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. Así, implementando redes ópticas, se puede añadir la capacidad de restauración a los sistemas asíncronos embebidos sin necesidad de mejorar los esquemas de protección eléctrica.

Reducción de costos

En los sistemas que utilizan únicamente multiplexación eléctrica, cada punto que demultiplexa señales necesitará un elemento de red eléctrica para cada uno de los canales, incluso si no están pasando datos en ese canal. En cambio, si lo que estamos utilizando es una red óptica, solo aquellas longitudes de onda que suban o bajen datos a un sitio necesitarán el correspondiente nodo eléctrico. Los otros canales pueden pasar simplemente de forma óptica, proporcionando así un gran ahorro de gastos en equipos y administración de red.

Otro de los grandes aspectos económicos de las redes ópticas es la capacidad para aprovechar el ancho de banda, algo que no sucedía con las fibras simples.

3.2 DISEÑO DE LA RED CON FIBRA ÓPTICA DE PETROCOMERCIAL DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO

Es un proyecto cuyo principal objetivo es instalar, configurar y operar una infraestructura de red de fibra óptica que proporcione un servicio de transporte de voz y datos para el Poliducto.

Pese a que la existencia de infraestructuras de red basadas en fibra óptica no es hoy en día ninguna novedad, lo cierto es que en general las soluciones que se plantean para el transporte de datos sobre dichas infraestructuras vienen derivadas de arquitecturas de protocolos, y para el diseño se sustentará normalmente SDH.

Los Sistemas SDH proveen estándares en la velocidad de la señal digital, estructura de trama, método de multiplexación, interfaz de línea, monitoreo y

gestión, por lo que equipos SDH de diferentes fabricantes pueden ser interconectados.

La velocidad que se utilizará para el diseño es de 2.5 Gbps, que se encuentra en el estándar SDH para las Redes de Transmisión por Fibra Óptica, es decir que será de STM-16, el sistema de comunicaciones de fibra óptica para el Poliducto Shushufindi – Quito de Petrocomercial estará diseñado de acuerdo a las especificaciones de los requerimientos del sistema.

3.2.1 Requerimientos Del Sistema

Para el diseño de la red, se inicia con la determinación el nivel de potencia óptica mínimo que reconocerá el receptor.

Los parámetros indicados dependen del ancho de banda o de la razón de datos. La selección depende de la señal a manipular ya sea esta analógica o digital, ya que el diseño es un enlace punto a multipunto donde la electrónica o equipo Terminal será diferente tanto para Beaterio y Shushufindi como para Chalpi, Osayacu y Quijos.

Otro parámetro necesario es tener en cuenta que es una enlace digital de banda ancha STM-16 proporcionado un ancho de banda de 2.5 Gbps para aplicaciones de voz, datos, video.

EL diseño de la red contará con la transmisión de voz y datos, es decir que pueden excitar directamente al transmisor para obtener una salida óptica modulada, con el nivel de potencia requerido.

El nivel de potencia óptica que debe de emitir una fuente, así como el nivel de potencia que puede incidir en el detector y el tipo de fibra óptica, son función de la distancia y de la razón de bit o ancho de banda.

La ventana óptica a utilizarse será la tercera ventana (1550 nm), analizando la siguiente Figura se observará que la tercera ventana es la más adecuada para la transmisión de datos a altas velocidades y de gran ancho de banda y además tener menor cantidad de pérdidas.

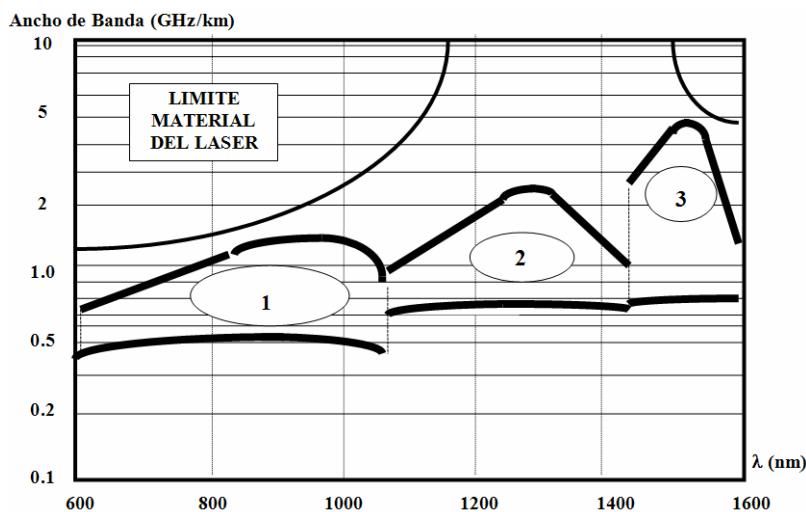


Figura. 3.1. Ancho de banda de ventanas de la fibra óptica.

Manejos con sistemas computarizados de tal manera de minimizar la intervención humana y por lo tanto reducir los costos de mantenimiento de planta.[4]

3.2.2 DEFINIR TOPOLOGÍA A UTILIZAR

ARREGLO DEL SISTEMA

La determinación de las características y de los componentes del sistema de fibras ópticas depende de su aplicación, (transmisión y recepción de voz y datos), distancia de transmisión (longitud de enlace) y velocidad de transmisión o ancho de banda; así como las características ambientales en que va a operar el sistema. El sistema empleará una fibra para transmitir y la otra para recibir, por lo que en muchos sistemas punto a multipunto requieren al menos dos fibras para una comunicación duplex.

TOPOLOGIA DE LA RED

Para la conformación de la Red, existen 4 configuraciones básicas, y se seleccionará la que satisfaga las necesidades de la Topología.

- Tipo bus
- Tipo anillo
- Tipo malla
- Tipo estrella

Topología Seleccionada

Esta red de fibra óptica será configurada para dotar al sistema la suficiente flexibilidad y versatilidad que permita obtener todos los beneficios que la fibra óptica a emplear. La Topología seleccionada es la tipo Bus ya que el tráfico es transportado por una sección de nodos interconectados y los servicios de voz y

datos, pueden ser añadidos o extraídos en cualquier nodo de la cadena, también se usa un solo cable Backbone que debe terminarse en ambos extremos, y todos los hosts se conectan directamente a este Backbone, es decir como el Poliducto recorre la carretera Shushufindi – Quito, la red irá paralela al Poliducto y a las Estaciones.

Este Backbone constará de las principales conexiones troncales de Internet, que llevarán los datos entre las Estaciones desde Quito a Shushufindi.

Este tipo de topología utiliza dos tipos de nodo:

- Nodos terminales (Terminales de Línea).
 - Estación El Beaterio.
 - Complejo Industrial Shushufindi.

- Nodos intermedios (Equipos ADM).
 - Estación Chalpi.
 - Estación Osayacu.
 - Estación Quijos.

Además la fibra seleccionada es de marca SMF-28e[®] y tiene longitudes estándares de los carretes de 12.6, 25.2, 37.8 y 50.4 Km.

3.2.3 NÚMERO DE NODOS A CUBRIR

El diseño de la red se ha proyectado con 5 nodos interconectados como se ilustra la figura. Nótese que hay un enlace de 137 Km, que es el enlace mas largo de la red.

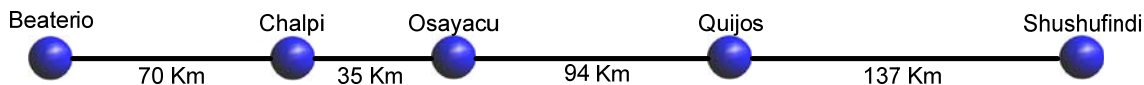


Figura. 3.2. Número de nodos del Enlace Total

Entonces para el primer enlace de fibra óptica que es de la Estación “El Beaterio” a la Estación “Chalpi” que tiene una longitud de 70 Km aproximadamente, es decir que tendremos un empalme, por lo que utilizará dos carretes de fibra de 37.8 km para no tener que realizar más de un empalme.

Para el siguiente enlace entre Chalpi y Osayacu se necesitará de un solo carrete de fibra de 37.8 km para minimizar las atenuaciones debido a que no se tendrá empalmes de la fibra óptica.

En el enlace entre Osayacu y Quijos tendremos tres empalmes por lo que es una longitud de 94 km y se utilizará dos carretes de fibra óptica de 50.4 Km.

Y finalmente para el último enlace de 137 km se utilizará igual que el anterior tres empalmes con tres carretes de fibra de 50.4 km para el total del enlace.

3.2.4 DETERMINAR TAMAÑO DE NODOS

Los 5 nodos estarán ubicados en Beaterio, Chalpi, Osayacu, Quijos, y Shushufindi. El tamaño de los nodos será de acuerdo a las necesidades de cada estación, es decir estará determinado de acuerdo al número de usuarios y el principal reto del diseño de fibra óptica es planificar estas redes con acceso capaz de soportar todos los servicios (full service networks), maximizar el rendimiento de la red, reducir el mantenimiento y proporcionar la mayor fiabilidad de la red.

3.2.5 TRAYECTO DEL ENLACE

El enlace entre Quito y Shushufindi contiene 5 nodos que se instalarán en cada estación del Poliducto, el trayecto del cable de fibra óptica que se ha considerado en base a los 5 puntos que estarán dentro del enlace; Beaterio, Chalpi, Osayacu, Quijos y Shushufindi, todo el trayecto de la instalación de la fibra será enterrada y canalizada por seguridad y por la zona donde será el enlace. La distancia total del enlace de fibra es de 336 Km y la fibra óptica cumplirá con el estándar G.652.

El Poliducto Shushufindi – Quito consta de cinco estaciones y se realizará cuatro trayectos para el diseño.

La siguiente tabla se presenta las respectivas distancias en kilómetros de cada una de las Estaciones del Poliducto Shushufindi – Quijo con respecto la una de las otras estaciones y con respecto a Quito.

Tabla. 3.1. Distancia en Km entre Estaciones del Poliducto Shushufindi – Quito.

LUGAR	QUITO	CHALPI	OSAYACU	QUIJOS	LAGO AGRIO	SHUSHUFINFI
QUITO		70	105	199	271	336
CHALPI	70		35	129	201	266
OSAYACU	105	35		94	166	231
QUIJOS	199	129	94		72	137
LAGO AGRIO	271	201	166	72		65
SHUSHUFINFI	336	266	231	137	65	

El Enlace total constará de 4 trayectos:

- Beaterio – Chalpi
- Chalpi – Osayacu
- Osayacu – Quijos
- Quijos - Shushufindi

3.2.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENLACE

Marca de la fibra óptica: SMF-28e[®] de Corning[®].

Longitudes estándares de la fibra: 37.8 y 50.4 Km por carrete.

Atenuación de la fibra óptica por Km: 0.19 – 0.20 dB/Km.

Atenuación del empalme: Normalmente y con la tecnología actual, la atenuación en cada empalme de fibra óptica es de 0.2 dB.

Distancia total del enlace: 336 Km.

Potencia de transmisión: 3 dBm.

Potencia de recepción: - 46 dBm.

Sensibilidad del receptor: -48 dB.

Atenuación de los conectores: 0.4 dB.

Atenuación del empalme: 0.2 dB.

Número total de empalmes: 4

Atenuación por inserción del LD: 3 dB.

3.2.7 CÁLCULOS

Sabiendo la distancia total del enlace, cuantos empalmes se utilizará y la ventana óptica en la que se encuentra la fibra óptica, se empieza con los cálculos tomando en cuenta las pérdidas de cada empalme, conectores y atenuación de la fibra óptica en cada Km.

Con todos estos factores se determina la pérdida de la potencia de luz de la fibra óptica.

Para realizar los cálculos se utiliza las siguientes fórmulas:

$$P_t(dBm) - P_r(dBm) = \Sigma \text{Atenuación}(dB) \quad \text{Ec. 3.1.}$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = A_F + A_C + A_E + A_I \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

Pt = Potencia de transmisión del transmisor óptico

Pr = Potencia de recepción del receptor óptico

S = Sensibilidad del receptor (dB)

A_F = Atenuación debido a la longitud del cable de fibra (dB)

= Longitud de cable (Km) x atenuación por Kilómetro (dB/Km)

A_C = Atenuación debido a los conectores

A_E = Atenuación debido al número total de empalmes.

A_I = Atenuación total por inserción (T_x + R_x)

α = Atenuación de la fibra óptica por Km.

n = Longitud del carrete de fibra óptica.

Dado que la distancia del enlace de fibra óptica del Poliducto es de alrededor de 336 Km, escogemos la tercera ventana, que es de 1550 nm. Para la realización de los cálculos se deberá determinar con precisión la longitud de instalación de la fibra.

Otro factor importante que se deberá tener en cuenta es la distancia máxima sin repetidores y se utilizará las siguientes ecuaciones:

Margen de desvanecimiento.

$$MD = Pr - S \quad \text{Ec. 3.3.}$$

Distancia máxima sin repetidores.

$$D(Km) = \frac{P_t - A_C + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)} \quad \text{Ec. 3.4.}$$

ENLACE BEATERIO – CHALPI

El primer enlace tendrá el trayecto desde la estación El Beaterio, que es donde se encontrarán los equipos transmisores, tendrá la ruta de la carretera hacia la Estación Chalpi.

En este tramo encontramos 18 válvulas del Poliducto Shushufindi – Quito, nos basamos también en las coordenadas de las mismas para realizar el trayecto uno, en donde dos válvulas son las más importantes donde se dejara lo necesario para una futura automatización de la misma.

La distancia que comprende el enlace de fibra óptica entre la Estación El Beaterio y Chalpi es de 70 km. Esta longitud es el largo total del enlace de fibra óptica entre los equipos terminales de transmisión y de recepción respectivamente.

Características del enlace.

Longitud estándar de la fibra: 37.8 Km por carrete.

Distancia del enlace: 70 Km.

Número de empalmes: 1.



Figura. 3.3. Enlace Beaterio - Chalpi

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total del enlace de fibra óptica en el tramo de 70 Km es de 13.3 dB.
- En el diseño tiene dos conectores, uno en el transmisor y otro en el receptor, y la atenuación total de los conectores es de 0.8 dB.
- Como el carrete de fibra es de 37.8 Km se tendrá un empalme, donde se instalará una caja Terminal, la atenuación del empalme es de 0.2 dB.
- Para un enlace de estas características se utilizará como fuente de transmisión un láser y la atenuación por inserción del Ld es de 3 dB.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_E + A_I \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 13.3dB + 0.8dB + 0.2dB + 3dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 17.3dB.\end{aligned}$$

- En un futuro se realizará la automatización de las válvulas del poliducto, entonces se determinara la atenuación total del enlace considerando

reserva, que permitirá tener una reserva de atenuación para empalmes futuros, se adopta valores entre 0.1dB/Km y 0.6 dB/Km, entonces escogeremos 0.1 dB/Km y en total tenemos 7 dB de los 70 Km del enlace

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = A_F + A_C + A_E + A_I + A_r$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 13.3dB + 0.8dB + 0.2dB + 3dB + 7dB$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 24.3dB$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Como la atenuación por margen de desvanecimiento del Sistema es de 2 dB (MD).
- La potencia de transmisión será de 3 dBm.

$$Pt(dBm) - Pr(dBm) = \Sigma \text{Atenuación}(dB)$$

$$Pt(dBm) - Pr(dBm) = 17.3dB$$

$$Pr(dBm) = Pt(dBm) - 17.3dB$$

$$Pr(dBm) = -14.3dBm$$

- Según las especificaciones técnicas del equipo de recepción que se detallarán más adelante con potencia de transmisión de 3 dBm, la potencia de recepción resultante en los cálculos es de -14.3 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Utilización de repetidores.

En el análisis de la Red Troncal de Fibra Óptica, también será desarrollado para determinar los requerimientos para la instalación de repetidores ópticos.

Debido a que los repetidores son costosos en la instalación y mantenimiento, y además como serán instalados en áreas remotas, se analizará la factibilidad de instalar si es necesario.

En la tercera y cuarta ventana se utiliza cada 160 Km los amplificadores y además se regenera la señal con un repetidor cada 4 – 9 amplificadores, y además de las características de los equipos de transmisión no son necesarios la utilización de amplificadores.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Margen de desvanecimiento

$$MD = Pt(dBm) - S$$

$$MD = -46dBm + 48dB$$

$$MD = 2dBm$$

Distancia entre repetidores

$$D(Km) = \frac{P_t - A_C + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)}$$

$$D(Km) = \frac{3dBm - 0.8dB + 0.2dB + 48dB - 2dBm}{0.19dB + \left(\frac{0.2dB}{37.8Km}\right)}$$

$$D(Km) = 247.83Km.$$

De acuerdo al cálculo de la distancia de los repetidores, no es necesaria la instalación de estos mismos.

ENLACE CHALPI – OSAYACU

La distancia del enlace entre la estación Chalpi y Osayacu es de 35 Km, entonces solo se utilizará un carrete de fibra óptica de 37.8 Km. En este enlace se encuentra seis válvulas de bombeo, y también se tomo en cuenta las coordenadas de las mismas para la ruta de la fibra, de las cuales se dejará la reserva respectiva de fibra en las válvulas Cuyuja y Centropamba. Para el siguiente enlace se tendrá las mismas características a acepción:

Características del Enlace

Longitud estándar de la fibra: 37.8 Km.

Distancia del enlace: 35 Km.

Número de empalmes: 0.



Figura. 3.4. Enlace Chalpi – Osayacu

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

En el siguiente gráfico se puede observar el segundo enlace entre la Estación Chalpi y la Estación Osayacu, como se observa este enlace es el de menor distancia con respecto a los demás.

- Atenuación total del enlace de fibra óptica en el tramo de 35 Km es de 6.65 dB.
- En el diseño tiene dos conectores, uno en el transmisor y otro en el receptor, y la atenuación total de los conectores es de 0.8 dB.
- Como el carrete de fibra es de 37.8 Km no tendrá empalmes, lo que quiere decir que no hay atenuación por empalmes.
- Para un enlace de estas características se utilizará como fuente de transmisión un láser y la atenuación por inserción del Ld es de 3 dB.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_I \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 6.65dB + 0.8dB + 3dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 10.45dB.\end{aligned}$$

- Como en el enlace anterior se optará por tener una reserva para la automatización de las válvulas, entonces se determinara la atenuación total del enlace considerando reserva de 0.1 dB/Km para tener en total 3.5 dB de los 35 Km del enlace.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_I + A_r \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 6.65dB + 0.8dB + 3dB + 3.5dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 13.95 dB\end{aligned}$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Como la atenuación por margen de desvanecimiento del Sistema es de 2 dB (DM).
- La potencia de transmisión será de 3 dBm.

$$P_t(dBm) - P_r(dBm) = \Sigma \text{Atenuación}(dB)$$

$$P_t(dBm) - P_r(dBm) = 10.45dB$$

$$P_r(dBm) = P_t(dBm) - 10.45dB$$

$$P_r(dBm) = -7.45dBm$$

- Según las especificaciones técnicas del equipo de recepción que se detallarán más adelante con potencia de transmisión de 3 dBm, la potencia de recepción resultante en los cálculos es de -7.45 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Margen de desvanecimiento

$$MD = P_t(dBm) - S$$

$$MD = -46dBm + 48dB$$

$$MD = 2dB$$

Distancia entre repetidores

$$D(Km) = \frac{P_i - A_C + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)}$$

$$D(Km) = \frac{3dBm - 0.8dB + 48dB - 2dBm}{0.19dB}$$

$$D(Km) = 253.68Km.$$

El enlace Chalpi – Osayacu es el más corto de los tres restantes, entonces no será necesaria la utilización de repetidores.

ENLACE OSAYACU – QUIJOS

El tercer enlace es de 94 Km que es el segundo más largo de la Red Trocal de Fibra Óptica. Se conservará las mismas características de los dos enlaces anteriores, la ruta de este enlace sigue también las coordenadas de las doce válvulas que están en este tramo, con sus respectivas reservas para las válvulas El Chaco, Tres Cruces, Piedra Fina y Reventador por ser las más críticas, además tendrá variaciones en las siguientes características.

Características para el enlace.

Longitud estándar de la fibra: 50.4 Km por carrete.

Distancia del enlace: 94 Km.

Número de empalmes: 1

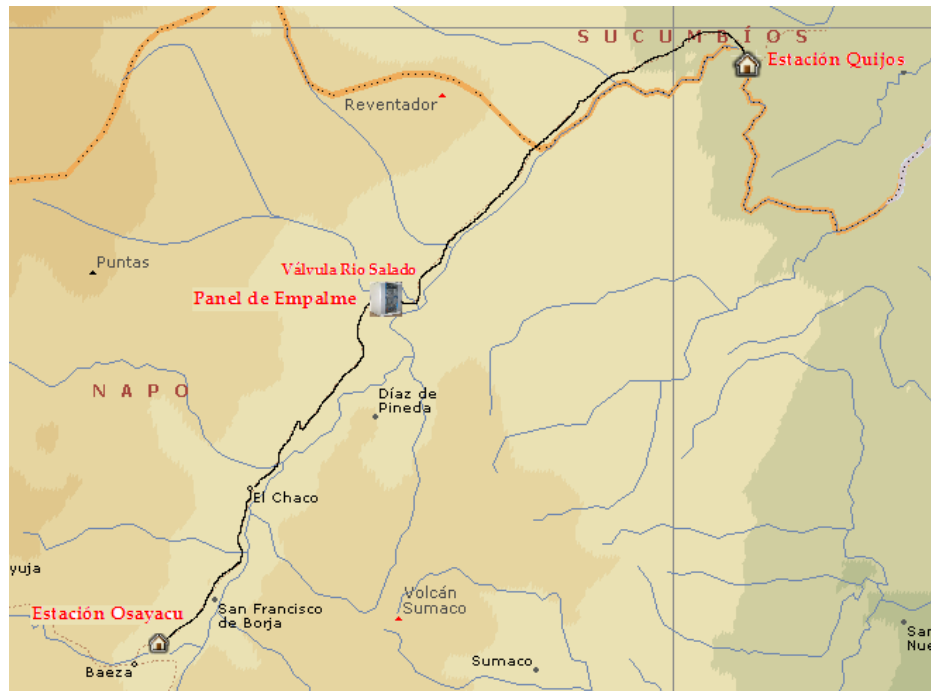


Figura. 3.5. Enlace Osayacu - Quijos

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total del enlace de fibra óptica en el tramo de 94 Km es de 17.86 dB.
- En el diseño tiene dos conectores, uno en el transmisor y otro en el receptor, y la atenuación total de los conectores es de 0.8 dB.
- Como el carrete de fibra es de 50.4 Km se tendrá un empalme, donde se instalará una caja Terminal, la atenuación del empalme es de 0.2 dB.
- Para un enlace de estas características se utilizará como fuente de transmisión un láser y la atenuación por inserción del Ld es de 3 dB.

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = A_F + A_C + A_E + A_I$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 17.86dB + 0.8dB + 0.2dB + 3dB$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 21.86dB.$$

- Atenuación total del enlace considerando reserva, se adopta el valor de 0.1dB/Km, en total tenemos 9.4 dB de los 94 Km del enlace.

$$\begin{aligned}\Sigma\text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_E + A_I + A_r \\ \Sigma\text{Atenuación}(dB) &= 17.86dB + 0.8dB + 0.2dB + 3dB + 9.4dB \\ \Sigma\text{Atenuación}(dB) &= 31.26dB\end{aligned}$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Como la atenuación por margen de desvanecimiento del Sistema es de 2 dB (MD).
- La potencia de transmisión será de 3 dBm.

$$\begin{aligned}P_t(dBm) - P_r(dBm) &= \Sigma\text{Atenuación}(dB) \\ P_t(dBm) - P_r(dBm) &= 21.86dB \\ P_r(dBm) &= P_t(dBm) - 21.86dB \\ P_r(dBm) &= -18.86dBm\end{aligned}$$

- Según las especificaciones técnicas del equipo de recepción que se detallarán más adelante con potencia de transmisión de 3 dBm, la potencia de recepción resultante en los cálculos es de -18.86 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Margen de desvanecimiento

$$MD = P_t(\text{dBm}) - S$$

$$MD = -46\text{dBm} + 48\text{dB}$$

$$MD = 2\text{dBm}$$

Distancia entre repetidores

$$D(\text{Km}) = \frac{P_t - A_c + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)}$$

$$D(\text{Km}) = \frac{3\text{dBm} - 0.8\text{dB} + 0.2\text{dB} + 48\text{dB} - 2\text{dB}}{0.19\text{dB} + \left(\frac{0.2\text{dB}}{50.4\text{Km}}\right)}$$

$$D(\text{Km}) = 249.52\text{Km}.$$

ENLACE QUIJOS – SHUSHUFINDI

El último enlace de la Red, es el de más distancia de 137 Km, se tiene 13 válvulas y la ruta es de acuerdo a las coordenadas de las válvulas, se dejará reserva para Aguarico 1, Aguarico 2, El Eno y Proyecto por ser las más críticas y las características que difieren de los tres anteriores son:

Características para el enlace.

Longitud estándar de la fibra: 50.4 Km por carretera.

Distancia del enlace: 137 Km.

Número de empalmes: 2

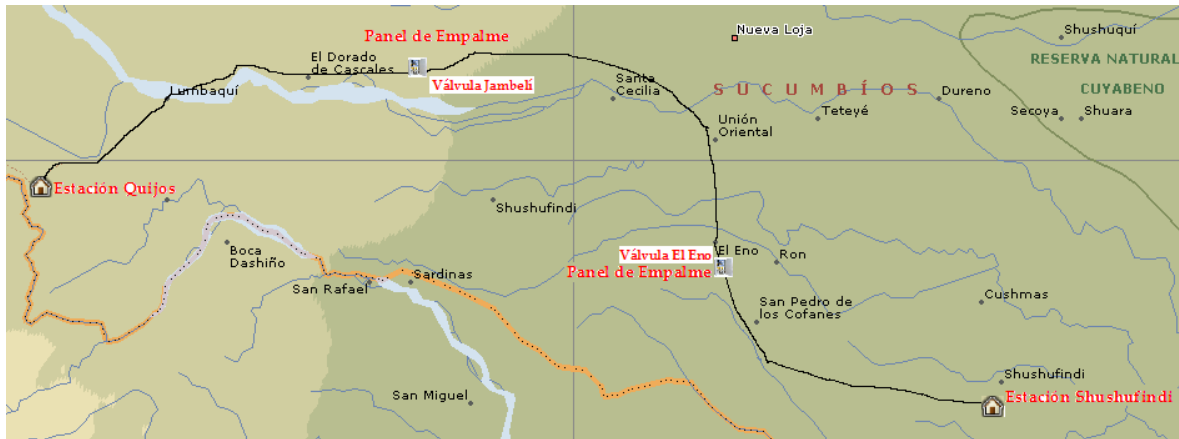


Figura. 3.6. Enlace Quijos - Shushufindi

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total del enlace de fibra óptica en el tramo de 137 Km es de 26.03 dB.
- En el diseño tiene dos conectores, uno en el transmisor y otro en el receptor, y la atenuación total de los conectores es de 0.8 dB.
- Como el carrete de fibra es de 50.4 Km se tendrá dos empalme, donde se instalarán una caja Terminal en cada empalme, la atenuación del empalme es de 0.4 dB.
- Para un enlace de estas características se utilizará como fuente de transmisión un láser y la atenuación por inserción del Ld es de 3 dB.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_E + A_I \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 26.03dB + 0.8dB + 0.4dB + 3dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 30.23dB.\end{aligned}$$

- La atenuación total del enlace considerando reserva con el valor de 0.1 dB/Km de reserva por cada kilómetro y en total tenemos 13.7 dB de los 137 Km del enlace.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_E + A_I + A_r \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 26.03dB + 0.8dB + 0.4dB + 3dB + 13.7dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 43.93dB\end{aligned}$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Como la atenuación por margen de desvanecimiento del Sistema es de 2 dB (MD).
- La potencia de transmisión será de 3 dB.

$$\begin{aligned}P_t(dBm) - P_r(dBm) &= \Sigma \text{Atenuación}(dB) \\ P_t(dBm) - P_r(dBm) &= 30.23dB \\ P_r(dBm) &= P_t(dBm) - 30.23dB \\ P_r(dBm) &= -27.23dBm\end{aligned}$$

- Según las especificaciones técnicas del equipo de recepción que se detallarán más adelante con potencia de transmisión de 3 dBm, la potencia de recepción resultante en los cálculos es de -27.23 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Margen de desvanecimiento

$$MD = P_t(\text{dBm}) - S$$

$$MD = -46\text{dBm} + 48\text{dB}$$

$$MD = 2\text{dBm}$$

Distancia entre repetidores

$$D(\text{Km}) = \frac{P_t - A_c + A_E - S - MD}{\alpha + \frac{A_E}{n}}$$

$$D(\text{Km}) = \frac{3\text{dBm} - 0.8\text{dB} + 0.4\text{dB} + 48\text{dB} - 2\text{dBm}}{0.19\text{dB} + \left(\frac{0.4\text{dB}}{50.4\text{Km}}\right)}$$

$$D(\text{Km}) = 245.53\text{Km}.$$

Luego de haber realizado los cálculos de atenuaciones, potencia de recepción, distancia entre repetidores, se presenta el siguiente diagrama para tener una visión general de la Red Troncal de Fibra Óptica, que consta en detalle con Los Equipos de Transmisión y Recepción con sus respectivas tarjetas ópticas ADM – 16 con capacidad para STM – 16, cada equipo que se instalará en cada estación tendrá seis ranuras para administrar en un principio la capacidad que se utilizará en E1's.

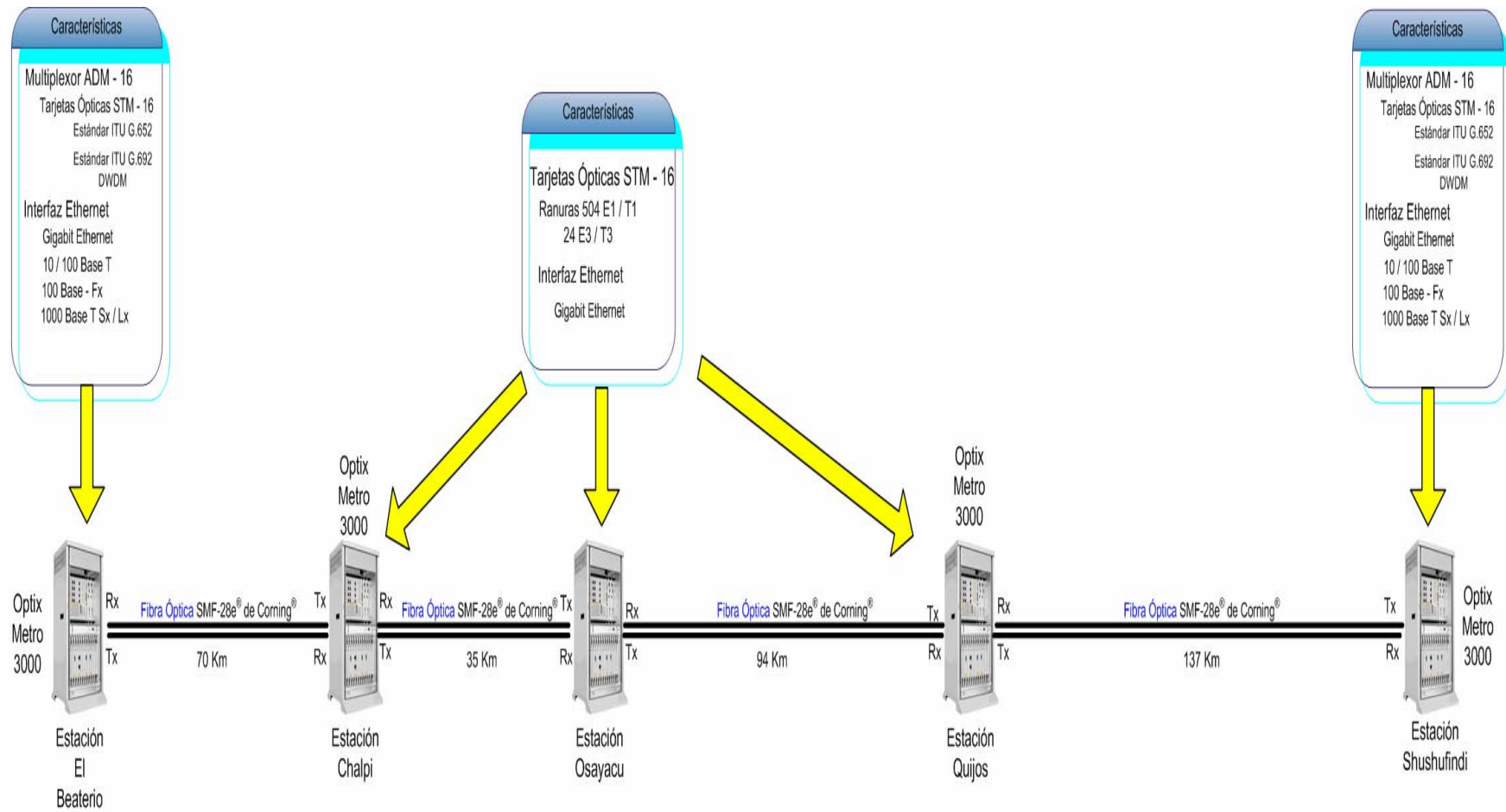


Figura. 3.7. Diagrama General Final de la Red Troncal de Fibra Óptica.

3.2.8 TENDIDO DE LA FIBRA ÓPTICA

Condiciones para el tendido en terrado directo.

Se realizará el tendido subterráneo ya que la ruta es paralela al trayecto del Poliducto Shushufindi – Quito, utilizando el derecho vía del Poliducto. La carretera principal se utilizará como medio de referencia porque es la principal arteria de ingreso al Oriente y además para ayuda se tiene todas las coordenadas geográficas de las 48 válvulas que componen el Poliducto Shushufindi – Quito.

Precipitaciones

Las frecuentes lluvias de estos sectores nos obligarán a optimizar recursos.

Poblaciones

Otra importante razón para que la fibra este subterránea es que este tramo estará en un 60 % en la ciudad y el resto es la carretera a Shushufindi, es decir que la mayor parte del enlace total estará donde encontraremos poblaciones.

Ventajas

La ruta del tendido nos aproxima mucho a la ciudad de Quito, esta habilitaría a la Red Troncal de Fibra Óptica para enlazarse al Beaterio con las cuatro estaciones más que comprende el Poliducto Shushufindi – Quito y por consiguiente a la Matriz.

Interfaces

Las especificaciones y parámetros de la interfaz óptica para los equipos y sistemas que admiten el sistema y que funcionan en fibras ópticas monomodo conforme a la recomendación G.652, es decir que podremos combinar en una sola sección de fibra óptica equipos procedentes de diversos fabricantes.

Se utilizará las interfaces ópticas para largas distancias que corresponde a distancias de interconexión de 80 Km. aproximadamente en la ventana de 1550 nm.

Tabla. 3.2. Características de las Interfaces Ópticas

Aplicación	Interfaces Ópticas - Larga distancia		
Longitud de onda nominal de la fuente	nm	1550	
Tipo de fibra		Rec. G.652, G.654	Rec. G653
Distancia	Km.	~ 80	
Nivel STM	STM-16	L-16.1	L-16.2

En la Tabla 3.2, L (Larga distancia), 16(Nivel STM), 1 (Longitud de onda 1550 nm en la Recomendación G.652 y G. 654) y 2 (longitud de onda 1550 nm en la Recomendación G.653).

3.2.9 LISTADO DE MATERIALES

Tabla. 3.3. Listado de Materiales

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
1	Paneles ópticos para montaje en rack, módulos de 6 adaptadores monomodo.	Unidad	10
2	Caja de Empalmes de aluminio anodizado	Unidad	4
3	Adaptadores de conectores SC	Unidad	50
4	Conectores de fibra óptica SC	Unidad	60
5	Latiguillos de Fibra Óptica Monomodo	Unidad	50
6	5 Carretes de Fibra Óptica SMF-28e® de Corning®.	Kilómetros	50.4
7	3 Carretes de Fibra Óptica SMF-28e® de Corning®.	Kilómetros	37.8

3.2.10 SUPERVISIÓN DE MONTAJE

Infraestructura

En principio, y como con cualquier otro tipo de cables, se pueden realizar instalaciones aéreas, subterráneas y subacuáticas, y para el diseño de esta Red de Fibra Óptica se establecerá como infraestructura, instalaciones subterráneas.

Como la red irá a la par con la carretera Shushufindi – Quito, sin embargo, exigen ciertos cuidados particulares, como evitar someter la fibra a tensiones excesivas y emplear procedimientos especiales de guía y curvado para conseguir en las fibras unas condiciones finales tan libres de esfuerzos como sea posible.

Instalación Subterránea

Las instalaciones que se realizará se proyectará para que la fibra este directamente enterrado en zanja dentro de un ducto y finalmente canalizado. Se concluye de todo lo anterior que, salvo aplicaciones específicas que exijan o sea conveniente por razones económicas o de cualquier otra índole un tendido directamente enterrado de los cables. Lo más normal será que se proteja debidamente la instalación, y ello implica el uso de canalizaciones por las que discurrirán los cables, este tipo de instalación se lo realizará paralelo a la carretera. Para mayor protección en los numerosos puentes que contiene la carretera el cable de fibra óptica se entiende que será instalado mediante canalizaciones nuevas de bloques multitubulares de hormigón que serán adheridos a la parte inferior de los puentes según sea la conveniencia o en las partes laterales de los respectivos puentes, que dependerá del largo del puente, de la facilidad de instalación.



(a)



(b)



(c)

Figura. 3.8. Puentes donde se instalarán las canalizaciones de hormigón. (a) Río Malo. (b) Río Salado. (c) Río Sardinas.

Tendido De Los Cables En La Zanja

Está práctica es la normal ya que la mayoría de la instalación se lo realizara en zonas rurales, donde se va a instalar la Red Troncal de Fibra Óptica para el Poliducto. Se utilizarán rutas largas y como las condiciones del terreno lo permiten, maquinas zanjadoras muy sofisticadas que profundizan hasta casi dos metros en la zanja, nivelan el fondo, desmenuzan la tierra extraída, entierran los tubos y, por último, cierran la zanja.

La profundidad de excavación, cualquiera que sea el procedimiento que se utilice, dependerá de las dificultades que ofrezca el terreno, y la ruta de la red se definirá de la proximidad a carretera o zonas muy transitadas, de las reglamentaciones nacionales.

La red busca siempre un compromiso entre el coste de la instalación y su seguridad. En general, la profundidad de la zanja no excede de 70 u 80 cm, reduciéndose en zona rocosa, y su ancho es de 25 cm.

Instalación De Los Conductos En La Zanja

Una vez excavada la trinchera, si se trata de terreno rocoso, o la zanja, hay que proceder al tendido de los subconductos que alojarán el cable, si es que no se opta por enterrarlo directamente. El procedimiento que se optará para la instalación de los conductos para la fibra es el siguiente.

Tubos unidos en fábrica por sus generatrices, formando un conjunto triangular o perfectamente plano, que descansará sobre el fondo de la zanja. Este procedimiento es más rápido y es el usado actualmente. El diámetro de cada tubo está entre 30 y 40 mm con un espesor aproximado de 2mm y longitudes de los rollos

entre 300 y 500 m. Se utilizará tres tubos, el primer tubo para alojamiento del cable de trabajo, el segundo para amplificaciones posteriores y el tercero como reserva.

El tendido de estos tubos se realizará con las máquinas zanjadoras o mediante tendido directo del rollo. Los empalmes de carretes sucesivos se hacen con manguitos termorretráctiles, como en el caso de las canalizaciones.

Después de tender los conductos en zanja, se introduce un mandril con hilo guía en uno de ellos para instalar después el cable óptico. Los tubos vacantes se obturan, no dejando ningún par metálico para comunicación entre los extremos, ya que se puede hacer por radio.

En zonas rurales se puede instalar normalmente secciones de 1000 a 3000 metros, por lo que ésta será la distancia entre empalmes de los canales para la fibra óptica. Sin embargo, como las tensiones de tracción serían excesivas hay que disponer de uno o más puntos intermedios para auxiliarse en el tendido, o bien hacer éste en el punto medio de la futura sección del cable hacia uno y otro lado de la misma.

En cualquier caso, como este punto no coincidirá con el final de un conducto, hay que cortarlo y unirlo después del tendido del cable. Para ayudarse en esta labor conviene practicar un hoyo de dimensiones adecuadas; también será necesario hacer hoyos en los puntos de empalme de secciones de cable. En general, las distancias entre hoyos consecutivos de tendido o empalme es de unos 1000 metros.

Antes de tender el cable es necesario lubricar el conducto para disminuir la tensión de tendido, que se hará en lo posible con máquinas que dispongan de elementos de control de aquella. Se requiere un control continuo de la tensión a lo largo de todo el cable durante el proceso de tendido, para evitar que se superen los valores máximos preestablecidos, que originarían fracturas irreversibles en el núcleo de la fibra, con la consiguiente merma de sus condiciones de transmisión.

En el momento del tendido del cable se deberá monitorear la tensión del tendido aplicada durante todo el proceso, se utilizará un dinamómetro, la tensión límite que se deberá someter al cable es de 272 Kg, además se tomará en cuenta los mínimos radios de curvatura que es diez veces el diámetro del cable cuando el cable no esta en tensión y veinte veces el diámetro del cable cuando el cable esta baja tensión y finalmente se deberá tener una tendido recto y uniforme.

Los empalmes se hacen en los puntos preestablecidos, en el interior de una caja cilíndrica o rectangular que se cierra herméticamente con juntas de goma en su tapa y maguitos termorretráctiles en los extremos de salida del cable, y que permanecerá alojada en su hoyo.

Paneles Ópticos

Para instalaciones donde se requerirá un gran volumen de fibras como son de 12, las cajas para módulos de 6 y 8 adaptadores permitirán una instalación eficiente, flexible y baja en coste. Estos módulos serán proporcionados con adaptadores SC. La modularidad de estas cajas permitirá añadir más módulos a medida que el sistema de comunicaciones crece sin ninguna interferencia sobre la red troncal de fibra ya instalada, extremadamente resistente, fabricados en acero calibre 16 con un acabado de pintura texturizada.

Panel de Empalme

Estos paneles proporcionarán un soporte compacto y económico para los empalmes que se los realizará en los respectivos tramos de los 4 enlaces de fibra óptica. En el interior se instalará una bandeja para los empalmes, esta puede ser empalme por fusión.

Cuarto de Equipos

Los cuartos de equipos son considerados de manera diferente que los cuartos de telecomunicaciones debido a la naturaleza o complejidad de los equipos que ellos contienen. Todas las funciones de los cuartos de telecomunicaciones deben ser proveídas por los cuartos de equipos. El cuarto de equipo es un espacio centralizado de uso específico para equipo de telecomunicaciones tal como central telefónica, ruteadores fuentes de poder, etc. Varias o todas las funciones de un cuarto de telecomunicaciones pueden ser proporcionadas por un cuarto de equipo. Los cuartos de equipo incluyen espacio de trabajo para personal de telecomunicaciones. Los cuartos de equipos en las cinco estaciones del Poliducto tiene un ambiente controlado para los contenedores de los equipos de telecomunicaciones, el hardware de conexión, las cajas de uniones, las instalaciones de aterrizaje y sujeción y los aparatos de protección, dónde se necesiten.

Todas las Estaciones ya cuentan con la sala de equipos donde serán instalados el equipo de transmisión óptica (OPTIX METRO 3000) y el distribuidor óptico general que estará en El Beaterio en los racks de comunicaciones que será responsable por la transmisión entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión.



Figura. 3.9. Cuarto de Equipos de la Estación EL Beaterio.

3.2.11 INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Los equipos que se va a utilizar son de marca Huawei, específicamente Optix Metro 3000, serán instalados en las cinco estaciones del Poliducto, con tarjetas ADM16 en Chalpi, Osayacu y Quijos, este equipo de transmisión y recepción con sus respectivas interfaces ópticas.



Figura. 3.10. Equipo OPTIX METRO 3000

Los sistemas de transmisión SDH por la fibra óptica operarán a una velocidad de 2.5 Gbps (STM-16), y tendrá derivaciones mediante extracción/adición (ADM) de tributarios E1 en las 5 estaciones del Poliducto Shushufindi – Quito.

Los Equipos ADM-16 tienen la capacidad de ser configurados en forma bidireccional de restauración automática con mecanismo de protección a las fibras ópticas.

En el futuro pueden ser ampliados los sistemas de fibra óptica mediante la técnica de multiplexaje de longitud de onda (DWDM).

3.2.12 BALANCEO Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISION

En esta parte se deberá poner en marcha los equipos para tener una buena estabilidad, seleccionando la longitud de onda de 1550nm en ambos equipos, tanto de transmisión como de recepción.

Calibrar los equipos mediante cordones de parcheo y adaptadores, además se deberá poner en 0dB o anotar la potencia de la fuente, para verificar el funcionamiento se conectará el latiguillo de fibra óptica **a** en el adaptador del tramo a comprobar, en el otro lado se deberá hacer lo mismo de conectar el latiguillo **b** en el adaptador del tramo a completar, este procedimiento se lo deberá realizar en cada enlace del Poliducto.

Se consideran aspectos tanto del balanceo y puesta en marcha de transmisión, para realizar estas dos opciones se facilitará con espacios físicos para la ubicación de equipos de medición como por ejemplo OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer), medidores de potencia y dispositivos asociados.

Para realizar las pruebas con el OTDR, debidamente calibrado y certificado por el fabricante o distribuidor autorizado y los valores resultantes de la medida no deberán superar, para el caso de empalmes por fusión, 0.2 dB de promedio por empalme medido bidireccionalmente, y 0.4 dB del conector instalado en el trayecto de la fibra a probar. El valor teórico contemplado para pérdida de potencia por Km. es de 0.25 dB para el caso de fibras medidas en tercera ventana (1550 nm). La medición deberá efectuarse con la mejor resolución posible es decir la distancia y el ancho de pulso el valor deberá ser el menor posible.

Pruebas de hermeticidad de las cajas de empalme. Esta prueba será efectuada inyectando gas inerte a la caja y se verificara con líquido jabonoso adecuado que no existan fugas de gas al exterior de la caja. Norma de calidad para la aceptación de los empalmes.

Otro aspecto importante es la optimización de la energía eléctrica necesaria, que tendrá condiciones favorables desde el punto de vista operativo que hagan factible la actividad de estos equipos.

En cada estación del Poliducto es donde se realizarían el balanceo de carga y por consiguiente la puesta en marcha de transmisión de cada uno de los 4 tramos que contiene la Red Troncal de Fibra Óptica y por ultimo una prueba general de toda la red con los equipos correspondientes, que consistirá en la puesta en marcha del transmisor para que simultáneamente conectar a la salida de cada una de las fibras un medidor de potencia asociado.

El Contratista seleccionado se obligará a que una vez finalizados los trabajos de instalación y conectorización de la fibra óptica debe presentar una certificación expedida por el fabricante o representante de la marca de fibra y conectores instalados, la cual certifique a Petrocomercial una garantía no inferior a 25 años de validez por vida útil y adecuada instalación de los elementos.

3.2.13 PREDUPUESTO DE POTENCIA

Tabla. 3.4 Atenuaciones y Potencias recibidas en los 4 enlaces.

Enlace	Distancia (Km)	Empalmes	Atenuación Total (dB) (Empalme)	Atenuación Total (dB) (Fibra)	Atenuación Total (dB) (Enlace)	Potencia Recepción (dBm)
Beaterio - Chalpi	70	1	0.2	13.3	17.3	-14.3
Chalpi – Osayacu	35	0	0	6.65	10.45	-7.45
Osayacu – Quijos	94	1	0.2	17.86	21.86	-18.86
Quijos - Shushufindi	137	2	0.4	26.03	30.23	-27.23

Con las fórmulas elaboramos la Tabla 3.1 donde se observa que los niveles de potencia recibida son mayores que la potencia de recepción mínima especificado por el fabricante del equipo Terminal OPTIX METRO 3000 el cual corresponde a los datos utilizados para los cálculos correspondientes.

3.2.14 PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA

En la actualidad hay una tendencia al transporte de datos mediante enlaces de alta velocidad para conexiones dedicadas y por consecuencia accesos de banda ancha.

En la actualidad existen estudios de CONATEL en donde el crecimiento anual en ancho de banda de Ecuador para el 2007 es de un 67% y para el 2011 será de 46% y para que Petrocomercial tenga también un crecimiento de banda ancha se tendrá una capacidad de STM-16 con equipos que soporten este tipo de tecnología.

Se hacen dos estimaciones a saber: Una primera, en la cual se contempla una evolución de las conexiones de banda ancha, y así llegar a una anchura de banda promedio de 1Mbps por conexión en el 2010; y, otra más conservadora en la cual se estima que se alcanza una velocidad promedio de 512Kbps por conexión dedicada en el 2010.

3.3 EQUIPOS A UTILIZAR

Los equipos a utilizar serán ampliables y modulares para que sea fácil al momento de realizar modificaciones del mismo sin interrumpir el servicio. Permitirá de esta forma incrementar o modificar redundancias, aumentar el número de entradas y salidas, además tener la capacidad de sustituir las interfaces por versiones mejoradas o actualizaciones.

El equipo tendrá fabricación robusta para que permita insertar y extraer tarjetas de tal manera que no produzca mal funcionamiento en las tarjetas o en el equipo.

3.3.1 TRANSMISORES (ESPECIFICACIONES TECNICAS)

El equipo que se utilizará es de la serie OPTIX METRO del fabricante HUAWEI, específicamente OPTIX METRO 3000 que es el mejor que se adapta a los requerimientos de la Red Troncal de Fibra Óptica del Poliducto, que funcionan como multiplexor, Sistema Add Drop, y Cross Conect.



Figura. 3.11. Optix Metro 3000 a su máxima capacidad.

El OPTIX METRO 3000 es una Plataforma de Transmisión Multiservicio (MSTP) desarrollado bajo tecnologías Huawei, soporta sistemas integrados SDH, ATM, Ethernet, y tecnología DWDM, puede ser configurado como multiplexor Add/Drop para equipos SDH.

Características

Las características más importantes son la enorme capacidad para cross conect, capacidad de acceso para algunos tributarios, y excelente rendimiento.

El multiplexor ADM-16 tendrá capacidad de conexión cruzada a los niveles VC-12, VC-3 y VC-4, y podrán multiplexar y demultiplexar señales de 2 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps, 140Mbps, STM-1 eléctrico y óptico, STM-4 óptico y STM-16 óptico, en una multitrama SDH STM-16.

A continuación las principales características de las interfaces de equipo:

- **Interfaces SDH:** Puede proveer unidades de interfaces SDH con interfaces eléctricas STM-1, interfase óptica STM-1, interfase óptica STM-4 e interfase óptica STM-16. Las interfaces ópticas STM-16 está basado en el estándar ITU-T G.652 para la fibra óptica, también esta provisto para estándares ITU-T V16.2 y U-16.2 para interfaces ópticos a través de EDFA. Las necesidades de diversas distancias para la transmisión están satisfechas y son proporcionadas por el interfaz óptico Le-16.2 que puede alcanzar la distancia con el sistema repeterless para la transmisión a los 90 Km. Además proporciona compatibilidad con el estándar G-692 mediante un interfaz de la longitud de onda estándar para tener acceso a las señales ópticas en el sistema DWDM para una configuración flexible del ancho de banda de transmisión. Con el amplificador de fibra óptica (OFA), la distancia de transmisión puede ser ampliada considerablemente hasta 270 Km. Concerniente al servicio de nivel inferior, OPTIX 3000 provee interfaces ópticas STM-4 de ITU-T I4, S-4.1, L-4.1, L-4.2 y Ve-4.2 e interfaz óptica STM-1 de ITU-T Ie-1, I-1, S-1.1, L-1.1 y L-1.2.

- **Interfaz PDH:** El principal subrack del OPTIX 3000, directamente provee interfaces PDH. Cada NE se puede alcanzar con los interfaces estándares E1 o E1/T1, E3/T3 y E4.
- **Interfaz ATM:** Provee servicio de interfaz STM-1 ATM.
- **Interfaz Ethernet:** Gigabit Ethernet, 10/100 Base-T, 100 Base-FX, 1000 Base-SX/LX.
- **Qos:** Aplicado en los puertos, VLAN y ancho de banda, para mejorar la eficiencia de la transmisión.
- **Topología:** Soporta transmisión punto a punto, punto a multipunto.
- **Modo de Aplicación:** ADM/TM/REG/MADM (MULTI ADM)/DXC.
- **Protección:** Para mejorar más la eficiencia del ancho de banda en la red SDH, el OPTIX 3000 permite el modo de protección de trayectoria virtual de fibra compartida (fiber-shared virtual path protection). En este modo, la capacidad de una sola fibra puede dividirse en VC-4 o VC-12 para formar diferente subsistemas lógicos. Cada subsistema lógico puede seleccionar su modo de protección propia e independiente de acuerdo al tipo de servicio vía sistemas de manejo de redes. Así, una sola fibra puede simultáneamente soportar múltiple modos de protección, y los servicios en ella se protejan perfectamente.
- A nivel de protección de redes, el OPTIX 3000 soporta varios modos de protección de la red tales como:
 - Protección de trayectoria de dos fibras (PP).
 - Protección de sección multiplex de dos fibras (MSP).
 - Protección de conexión de subredes (SNCP) y protección DNI.

- Protección lineal 1+1/1:N.
- Protección de trayectoria virtual de fibra compartida, mejorando así el servicio de protección y haciendo uso completo de los servicio de la red.
- A nivel de equipo, el OPTIX 3000 soporta las siguientes protecciones:
 - Protección 1+1 para cross connect y unidad de intervalos.
 - Protección 1:N (NiU8) para tableros de interfaces de 2M/1.5M/34M/45M.
 - Protección 1:m (NiU7) para tableros de interfaces de 155Mbps.
 - Modo de protección mixto 1:N para tableros de interfaces de 2M/1.5M y 1:M para tableros de interfaces eléctricos de 155M.

3.3.2 RECEPTORES

Como la instalación de los equipos se los realizará en cada Estación, se instalará tarjetas ADM, en los equipos OPTIX METRO que será en donde generalmente llegarán las interfaces eléctricas y las interfaces ópticas que tendrán la seguridad necesaria, el equipo Terminal tiene la ranura donde se puede instalar hasta seis interfaces ópticas, y se puede agregar y sacar hasta 504 E1/T1, 24 E3/T3, 40x155M (o/e), 16x122M (o/e) ó 6x2.55 G.

REPETIDORES, REGENERADORES Y AMPLIFICADORES OPTICOS

Según los cálculos realizados se demostraron que no se necesitarán de los repetidores, por lo tanto la instalación de los equipos corresponderá sola al transmisor y receptor.

3.3.3 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Fibra Óptica

La marca de la fibra óptica es SMF-28e[®] de Corning[®].

Características del cable enterrado

Especificaciones Ópticas.

- Adecuado para uso en redes metropolitanas o de largo alcance.
- Amplia variedad de diseños, dependiendo de las técnicas de instalación:
 - Diseños con protecciones antiroedores dieléctricas o metálicas (Hiladuras de vidrio, cubierta de poliamida, cintas de acero corrugado).
- Una fibra que satisface o supera las normas más exigentes del mercado que incluye:
 - ITU-T G.652 (Categorías A,B,C Y D).
 - Especificaciones IEC 60793-2-50 Tipo B1.3
 - TIA7EIA 492-CAAB
 - GR-20 de Telcordia
- Atenuación de fibra: De 0,19 a 1,20 dB/Km en 1550 nm.
- Dispersión: $\leq 18,0$ [ps/(nm.km)] para 1550 nm.

Especificaciones Dimensionales

Geometría de Revestimiento.

- Rizo de fibra ≥ 4 m de radio de curvatura.
- Diámetro de revestimiento $125 \pm 0,7 \mu\text{m}$.
- Concentricidad de núcleo-recubrimiento $\leq 0,5 \mu\text{m}$.
- No circularidad de recubrimiento $\leq 0,7 \%$.
- Diámetro de revestimiento $245 \pm 5 \mu\text{m}$.
- Concentricidad de revestimiento-recubrimiento $< 12 \mu\text{m}$.

Especificaciones Ambientales

- Dependencia de Temperatura: -60°C a $+ 85^{\circ}\text{C}$, Atenuación Inducida $\leq 0,05$ dB/Km.
- Inmersión de Agua: $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, Atenuación Inducida $\leq 0,05$ dB/Km.
- Envejecimiento por calor: $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, Atenuación Inducida $\leq 0,05$ dB/Km.
- Calor húmedo: 85°C a una humedad relativa de 85%.

Especificaciones Mecánicas

Toda la longitud de la fibra está sujeta a pruebas de resistencia mecánica a una tensión ≥ 100 kpsi (0,7 GPa).

Las longitudes de fibra disponibles hasta 50,4 Km/carrete.

Construcción



Figura. 3. 12. Corte de Cable de Fibra Óptica.

1. Elemento Resistente Central Dieléctrico.
2. Tubos Holgados.
3. Fibras Ópticas.
4. Elementos Absorbentes de la Humedad.
5. Cubierta Interior de Polietileno.
6. Cinta Corrugada de Acero.
7. Cubierta Exterior de Polietileno.

Caja de Distribución

Armario de distribución de fibras, permite la instalación de hasta 3 divisores 1x32 modular, permitiendo la distribución de 96 accesos. Utilizado para estaciones remotas para una mejor distribución de la red.

- Compartimientos separados para bandeja de empalme.
- Permite el uso de divisores WDMs modulares.
- Panel de 18 conectores SC.



Figura. 3.13. Armario de Distribución Óptico.

Paneles Ópticos para montaje en rack.

- Disponibilidad de módulos para 6 adaptadores monomodo FC/PC y SC/ST duplex, dos por Estación del Poliducto, fabricados en acero calibre 16 con un acabado de pintura texturizada de aplicación electrostática.

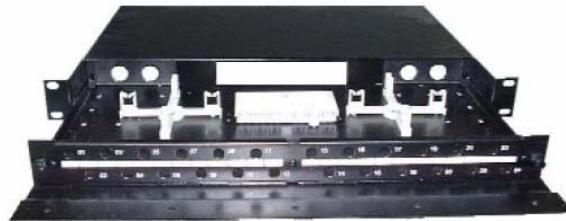


Figura. 3.14. Panel Óptico

Caja de Empalmes

- En total se tendrá 4 empalmes por fusión en toda la red. Las bandejas de empalme son de aluminio anodizado y proporcionarán un soporte compacto y económico.

Conectores, Adaptadores de Conectores y Herramientas de instalación.

Los **adaptadores** proporcionan el medio a través de los cuales las fibras terminadas se pueden interconectar. Estos adaptadores son de la máxima calidad pues son parte integral de la infraestructura de cableado. Serán instalados en las rosetas de los paneles ópticos que ofrecerá una interfaz entre el usuario y la red troncal de fibra óptica. Además los adaptadores SC contienen alineamiento de bronce fósforo para aplicaciones monomodo.



Figura. 3.15. Acoplador Monomodo para conector SC.

Características de los Conectores

- Tamaño de la fibra 126 μm .
- Pérdidas de inserción. Montaje en el campo 0.2 dB.
- Reflexión. Montaje en el campo -40 dB.
- Durabilidad después de 500 inserciones < 0.2 dB.
- Temperatura de operación -10° a 60° C.
- Tensión del cable en servicio longitudinal <0.5 dB de incremento a 3.4 kg.
- Tensión lateral <0.5 dB de incremento a 1.4 kg.



Figura. 3.16. Conector SC.

3.4 CARACTERISTICAS DEL ENLACE

El sistema trabajará en la tercera ventana de la fibra óptica que es de 1550 nm. De acuerdo a la descripción de la interfaz que se utilizará esta red no estará limitada por la dispersión utilizando las fibras ópticas de acuerdo a la recomendación G. 652.

Todos los empalmes y conectores estarán correctamente elaborados e instalados hasta llegar a valores normalizados que fueron utilizados en los cálculos.

El número aproximado de vueltas aplicada en todos los casos para un tramo de repetición normalizado será de 100 vueltas holgadamente enrolladas en un radio de 37.55 mm lo que resultara una atenuación inferior a 0.4 dB.

Que las perdidas por flexión, envejecimiento, tracción, microcurvatura, macrocurvaturas, etc, están incluidos para el peor caso del diseño. Que al momento del tendido de la fibra no se excederán los valores dados tanto en la tracción, curvatura, temperatura, etc.

Que generalmente los empalmes se colocarán de acuerdo a las conveniencias de la red o de acuerdo a la longitud del carrete de fibra óptica.

3.5 RECOMENDACIONES DE INSTALACION

- Se deberá verificar que el cable de fibra fue entregado en buenas condiciones por el proveedor y en otro caso se deberá tener cuidado en el proceso de instalación realizando pruebas después de terminar un tramo de la red utilizando en equipo OTDR.

- Probar los equipos antes de la instalación, se podrá evitar muchos problemas si previamente se realiza la prueba de los equipos. Esto se hace conectando por medio de un cable probado de fibra óptica y verificando que ambos equipos tengan comunicación entre ellos, es decir conectándolos “espalda con espalda” se puede determinar de manera fácil si los equipos terminales están funcionando correctamente ó los parámetros de comunicación están de acuerdo a las características requeridas ya sea en un extremo ó en el otro.
- De deberá realizar el tendido de los ductos que llevarán el cableado antes de cualquier otra actividad, de esta manera se asegura que el cableado esté listo cuando lleguen los equipos y se puedan continuar con los trabajos, y esto implica una mayor productividad tanto de los recursos como de los materiales.
- Longitud de cable de reserva entre lugares de inicio y terminación de las rutas de cableado, ya sea a lugares de servicio de paneles de parcheo, cajas de distribución, ect. Deberán de tener una longitud adecuada para permitir la conectorización, fusión y protección adecuada. Esta longitud es de 2 a 3 metros en cada punto Terminal. En la trayectoria del cable se deberá considerar una reserva de entre 30 y 60 metros cada 300 metros de longitud de la ruta.
- Los paneles de interconexión tiene la misión de proteger las fibras, realizar la gestión e identificación de las mismas así como facilitar su uso a través de latiguillos de fibra óptica según sea la conveniencia de instalación de equipos de comunicación para el Poliducto.
- Los paneles montados en rack proporcionan una mejor gestión del cableado, máxima protección en una caja completamente cerrada y acceso para los equipos que por seguridad deben ir instalados en armario rack.

REFERENCIAS

- **[4]** Carlos Usbeck W. “Diseño y Mantenimiento de Redes con Fibra Óptica”
- **[12]** Técnicas de verificación de fibra óptica, <http://www.wikipedia.org/>
- **[16]** Cálculo Enlace, <http://www.optim.com.ar/es/policy.php>.
- **[17]** Cálculo enlace, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>
- **[18]** Recomendaciones de instalación, <http://www.fibraopticahoy.com>
- **[19]** Equipos, <http://www.huawei.com/products/optical/products>.
- **[20]** Equipos, <http://www.dellcron.com/Metro3000.htm>

CAPITULO 4

PROPUESTA TECNICA (ALTERNATIVA 2)

4.1 DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA DE PETROCOMERCIAL DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO CONSIDERANDO CONVENIO ENTRE PETROCOMERCIAL – OCP.

La escala a la que es elaborado este Capítulo sería aceptable para un estudio de prefactibilidad como requisito previo a la interconexión mediante los hilos de fibra que posee la OCP y para la construcción de la red de fibra óptica necesaria o faltante para que Petrocomercial llegue a esta interconexión, en los tramos en donde el Poliducto y OCP no concuerden o no sean paralelos, y beneficie a las cinco Estaciones que constituye el Poliducto Shushufindi – Quito.

A lo largo de este estudio se dará argumentos suficientes para la construcción de esta red de fibra (Capítulo 3), o a su bien la interconexión con OCP, pues las dos alternativas analizadas serán suficientes para escoger la mejor y así Petrocomercial optimice la red Wan.

Como la ruta que tiene la OCP es paralela al SOTE desde Lago Agrio hasta Quito, es decir que en la mayoría de la ruta del Poliducto concuerda con la del SOTE y nos beneficiaría para la interconexión con OCP de la red en donde sea la más óptima y esta dividida en tres tramos:

4.1.1 Tramo Amazonia hasta Papallacta

En este Tramo tienen tres puntos principales Reventador, Papallacta y Baeza – Pifo, que coinciden con la ruta del Poliducto desde Lago Agrio hasta Papallacta, además hay algunos trayectos que quedan pendientes ha implementar para completar la Red Troncal de Fibra Óptica, desde la Estación Chalpi hasta el Complejo Industrial Shushufindi.

Decimos que este tramo nos beneficiaría por lo que las Estaciones Quijos, Osayacu y Chalpi coinciden con la actual ruta de la OCP, es decir que la propuesta para la interconexión es viable porque el Poliducto es paralelo a los tres sitios mencionados.

4.1.2 Tramo norte cercano a Quito

En este tramo OCP es paralelo hasta el punto de derivación Cuchauco perteneciente a la misma, desde este punto Petrocomercial tendrá que implementar la fibra hasta El Beaterio.

4.1.3 Tramo Costa hasta Balao

Este tramo no nos interesa por lo que el estudio concierne al Poliducto Shushufindi – Quito.

4.2 ASPECTOS LEGALES

Existe un convenio celebrado entre la compañía Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) Ecuador S.A., El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL).

Este convenio celebrado por estas partes establece los términos y las condiciones que permite al Estado la utilización comercial de los cuatro hilos de fibra disponibles.

Además en la cláusula 18.1 del “Contrato para la construcción y operación del oleoducto de crudos pesados y prestación de servicio público de transporte de hidrocarburos”, suscrito entre El Estado y OCP, establece que: “Durante la construcción del oleoducto, la compañía instalará a su costo y riesgo, un cable de fibra óptica, como parte del sistema de control y adquisición de información SCADA, a fin de permitir al Estado su futura utilización comercial, sin afectar su aplicación por parte de la OCP para el control de la operación del Oleoducto”.

Como para el estado están en disposición 4 hilos de fibra, y como Petrocomercial es una filial de Petroecuador empresa estatal del Estado resulta sumamente fácil la implementación de la interconexión, es decir para la explotación comercial.

Para realizar la interconexión se utilizará estándares internacionales, así como también las implicaciones socio económico y se recomendará que sean tomadas en cuenta las inquietudes que OCP podrían plantear. Se potenciará los impactos positivos y se mitigará los adversos para que sea óptimo la interconexión.

Para que Petrocomercial haga uso de los hilos disponibles, El Estado solicitará por escrito la entrega/recepción de los hilos disponibles y a continuación OCP

establecerá las fechas para las visitas, con lo cual se establecerá un grupo de personas de las partes interesadas para realizar estudio de interconexión.

Se entregarán los hilos correspondientes a los dos últimos conectores de cada agrupación de fibra en los Patch Panels, los cuales tienen las ubicaciones 5 y 6, 11 y 12 y finalmente los delegados de ambas partes firmarán un acta de entrega recepción para tener constancia del cumplimiento del convenio. [1]

4.3 MODALIDAD PARA COMERCIALIZAR LAS CUATRO FIBRAS.

La modalidad para comercializar las fibras disponibles son las siguientes:

- Alquiler de capacidad Administrada.
- Autorización de uso de las fibras oscuras.

La más adecuada para Petrocomercial es Alquiler de capacidad administrada, es decir que la empresa va a ser responsable del uso, manejo de las fibras oscuras.

CONATEL concederá a Petrocomercial el derecho de iluminar las fibras, realizando las inversiones necesarias para ello y realizar la operación, el mantenimiento y las actividades de comercialización.

Utilizando esta modalidad de comercialización Petrocomercial tiene la ventaja que el proceso se puede adelantar de manera inmediata dado que las fibras se encuentran instaladas y listas para ser iluminadas.

4.4 ESTUDIO INTERCONEXION PETROCOMERCIAL – OCP

Para el siguiente análisis tomaremos en cuenta todos los sitios donde Petrocomercial podrá derivar los Hilos Disponibles de OCP, para determinar el sitio más cercano a cada una de las cinco Estaciones del Poliducto para proveer de la red para la comunicación de voz y datos (La interconexión).^[1]

4.4.1 Quito

Para la ruta que corresponde a la que esta en la jurisdicción de la Ciudad de Quito, la OCP no es paralela al Poliducto, desde Papallacta, con lo que es necesario hacer el diseño de la red desde este punto.

4.4.2 Lago Agrio

El inicio de la OCP es la Estación Amazonas que está ubicado en el km 5 de la vía a Quito, es decir que esta Estación está en la Ruta del Poliducto y beneficia a Petrocomercial.

La OCP tiene instalado un cable primario de fibra óptica paralelo al Poliducto, que va desde el Terminal Amazonas que se encuentra en Lago Agrio, y esta compuesto por doce hilos de fibra óptica en total, todos de similares características técnicas para la transmisión de señales, de los cuales ocho forman parte de la red privada de OCP, y los cuatro restantes están sujetos al Convenio ya antes mencionado.

Estos cables de fibra están etiquetados e instalados en los paneles de distribución en cada una de las estaciones de la OCP, mediante este análisis se

tomará en cuenta la cercanía a los paneles de distribución a cada estación, como por ejemplo la Estación Amazonas está cerca de la Estación Shushufindi.

4.5 HILOS DISPONIBLES

Cuatro hilos de fibra óptica no iluminados tipo monomodo dividido por tramos, provistos de patch panel y conectores.

Los hilos disponibles corresponden a los dos últimos conectores de cada agrupación de fibra en los patch panels, los mismos que tienes las ubicaciones 5, 6, 11 y 12.^[1]

Los hilos disponibles tienen los siguientes elementos:

- Cuatro hilos de fibra óptica no iluminados tipo monomodo divididos por tramos o segmentos.
- Patch Panels.
- Conectores.

4.6 TRAMOS DISPONIBLES

Para realizar la interconexión es necesario realizar primero el análisis de los tramos que serán utilizados para implementar la Red Troncal de Fibra Óptica de Petrocomercial.

Existen diez tramos que serán tomados en cuenta, la tabla siguiente representa los tramos instalados de OCP.

Tabla. 4.1. Tramos de los Hilos Disponibles de OCP.

Tramo	OCP	Desde	Hasta	Km
1	Tramo existente	Amazonas	Sevilla	25.3
2	Tramo existente	Sevilla	Río Aguarico	26.4
3	Tramo existente	Río Aguarico	Cayagama	18.8
4	Tramo existente	Cayagama	Río Malo	35.6
5	Tramo existente	Río Malo	Río Salado	9.2
6	Tramo existente	Río Salado	Río Oyacachi	23.3
7	Tramo existente	Río Oyacachi	Sardinas	16.8
8	Tramo existente	Sardinas	Río Quijos	18.6
9	Tramo existente	Río Quijos	Páramo	20.6
10	Tramo existente	Páramo	Cuchaucu	26.2

4.7 SITIOS EN DONDE PETROCOMERCIAL PODRÁ DERIVAR LOS HILOS DISPONIBLES.

En todas las válvulas, Estaciones y Terminales de OCP, Petrocomercial podrá solicitar el puenteo de los cuatro hilos disponibles, según sea la conveniencia del Poliducto, conectando con patchcords para tener continuidad en la fibra.

En la Tabla 4.2 se representa todas las válvulas del Poliducto Shushufindi – Quito y los sitios de derivación de la fibra de OCP para tener una relación de ubicación para el trayecto que se definirá posteriormente en este Capítulo, con sus respectivas coordenadas.

Tabla. 4.2. Sitios de Derivación de los Hilos Disponibles.

No	PETROCOMERCIAL POLIDUCTO	LATITUD	LONGITUD	OCP	LATITUD	LONGITUD
		(SUR)	(OESTE)		(SUR)	(OESTE)
1	Estación Shushifindi	0°12'00"	76°39'27"			
2	Unión Manabita **	00 ° 11.170´	076 ° 44.192´			
3	Proyecto	00° 10.201´	076° 50.616´	Ter. Amazonas	00°05'59"	76°54'56"
4	El Eno	00° 04.169´	076° 52.670´			
5	El Eno	00° 03.784´	076° 52.717´			
6	Aguarico No.2	00° 02.928´	076° 53.290´			
7	Aguarico No.2	N 00° 03.123´	076° 53.591´			
8	Santa Cecilia **	N 00° 05.097´	076° 58.997´			
9	Jambelí	N 00° 05.071´	077° 05.531´	Sevilla	00°05'37"	77°07'27"
10	Puchuchoa	N 00° 04.747´	077° 16.8´			
11	Aguarico No.1	N 00° 03.134´	077° 18.433´			
12	Aguarico No.1	N 00° 03.151´	077° 19.430´	Río Aguarico	00°03'43"	77°18'44"
13	Estación Quijos	00° 01.071´	077° 16.110´			
14	Estación Quijos	00° 01.072´	077° 26.153´			
15	Reventador	00° 02.496´	077° 31.372´			
16	Río Azuela	00° 04.690´	077° 35.260´			
17	Piedra Fina	00° 06.689´	077° 35.743´	Río Malo	00°08'59"	77°38'16"
18	Piedra Fina	00° 07.857´	077° 36.478´			
19	Río Salado	00° 12.076´	077° 41.903´			
20	Río Salado	00° 11.882´	077° 42.215´	Río Salado	00°11'47"	77°41'46"
21	Tres Cruces	00° 16.397´	077° 45.708´			
22	Santa Rosa	00° 17.849´	077° 47.048´			
23	Santa Rosa	00° 18.031´	077° 47.117´			
24	El Chaco	00° 21.432´	077° 49.880´	Río Oyacachi	00°19'11"	77°48'17"
25	Estación Osayacu	00° 26.939´	077° 52.328´			
26	Estación Osayacu	00° 26.887´	077° 52.403´			
27	Cedropamba	00° 25.592´	077° 58.277´			
28	Cedropamba	00° 25.642´	077° 58.364´	Río Quijos 2	00°26'03"	77°58'24"
29	Cuyuja	00° 25.164´	078° 00.678´			
30	Cuyuja	00° 25.013´	078° 01.139´			
31	Estación Chalpi	00° 22.198´	078° 06.562´			
32	Estación Chalpi	00° 22.213´	078° 06.709´			

33	La Laguna	00° 22.475´	078° 09.792´			
34	La Virgen	00° 19.971´	078° 12.192´	Cuchauco	00°16´06"	78°15´10"
35	Los Corrales	00° 16.702´	078° 15.710´			
36	El Tablón	00° 16.751´	078° 16.297´			
37	Inga Alto **	00° 18.099´	078° 21.051´			
38	Estación Oyambaro	00° 17.326´	078° 21.278´			
39	Río Chiche	00° 18.073´	078° 21.532´			
40	Río Chiche	00° 18.088´	078° 21.777´			
41	Ushimana	00° 18.378´	078° 26.004´			
42	Río San Pedro	00° 16.998´	078° 27.529´			
43	Río San Pedro	00° 17.092´	078° 27.481´			
44	La Hospitalaria **	00° 16.676´	078° 28.161´			
45	La Pampa	00° 16.512´	078° 28.907´			
46	Loma de Puengasi	00° 17.499´	078° 31.071´			
47	Beaterio	00° 18.867´	078° 32.265´			
48	Estación Beaterio	00° 19.218´	078° 32.397´			

No es necesaria la instalación de equipos como regeneradores o amplificadores en los terminales de OCP si fueren necesarios, ya que los equipos que Petrocomercial utilizará serán estrictamente instalados en las Estaciones del Poliducto. Los trabajos para la derivación de los hilos disponibles que sean técnica y legalmente posibles se los realizará a través de conductos enterrados o aéreos, siguiendo las normas, procedimientos y estándares establecidos por OCP.

A continuación se representa mediante un gráfico la derivación de los hilos de acuerdo a las conveniencias de Petrocomercial.

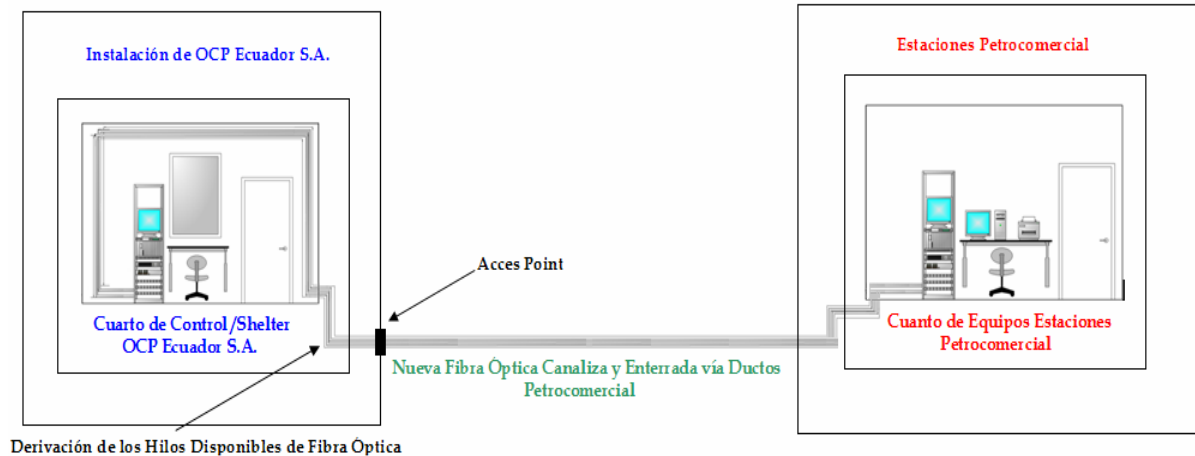


Figura. 4.1. Diagrama esquemático explicativos de Derivación de los Hilos Disponibles.

4.8 DISEÑO DE LA RED PARA LA INTERCONEXIÓN ENTRE PETROCOMERCIAL Y OCP.

Los hilos 5 y 6 estarán destinados para transmisión y los hilos 11 y 12 se establecerá para recepción, para el diseño en un principio solo se utilizarán los hilos 5 y 11 para la transmisión y recepción respectivamente de voz y datos y así implementar la interconexión.

Estos hilos de fibra óptica son capaces de ser iluminadas por sistemas de alta capacidad como DWDM, es decir que es apta para soportar el tipo de comunicaciones que Petrocomercial quiera manejar y para ampliar su capacidad si es necesario.

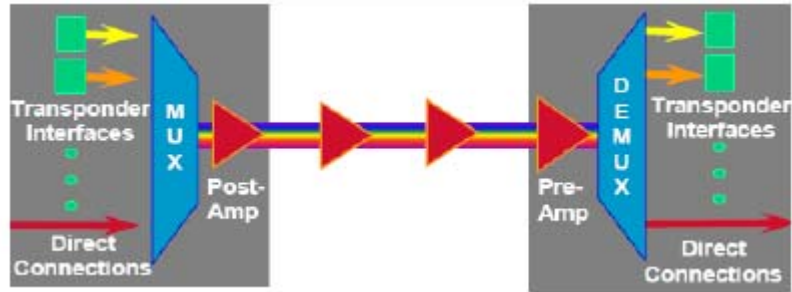


Figura. 4.2. Diagrama de Comunicación que soportará la Red de Fibra.

Y además está en capacidad de transportar sistemas con múltiples longitudes de onda de 10 Gbps (Petrocomercial utilizara la fibra en la ventana 1550 nm de acuerdo a la fibra seleccionada en el Cap 3, que soporta esta longitud de onda), sin requerimientos adicionales impuestos por limitaciones técnicas.

En la Tabla 4.1 se puede observar que desde Shushufindi a Lago Agrio no existe el tramo de fibra óptica, entonces desde El Terminal Amazonas de OCP se instalará igual 4 hilos de fibra óptica para completar el tramo que compete a Petrocomercial Estación Shushufindi hasta Lago Agrio y los tramos nuevos necesarios que surgirán en el diseño de interconexión.

Con ayuda de los datos del Capítulo 3 y de este Capítulo se podrá adelantar con el Diagrama General de la Interconexión con la Fibra Óptica Oscura de OCP para tener una visión más amplia para realizar el análisis de cálculos y las distancias.

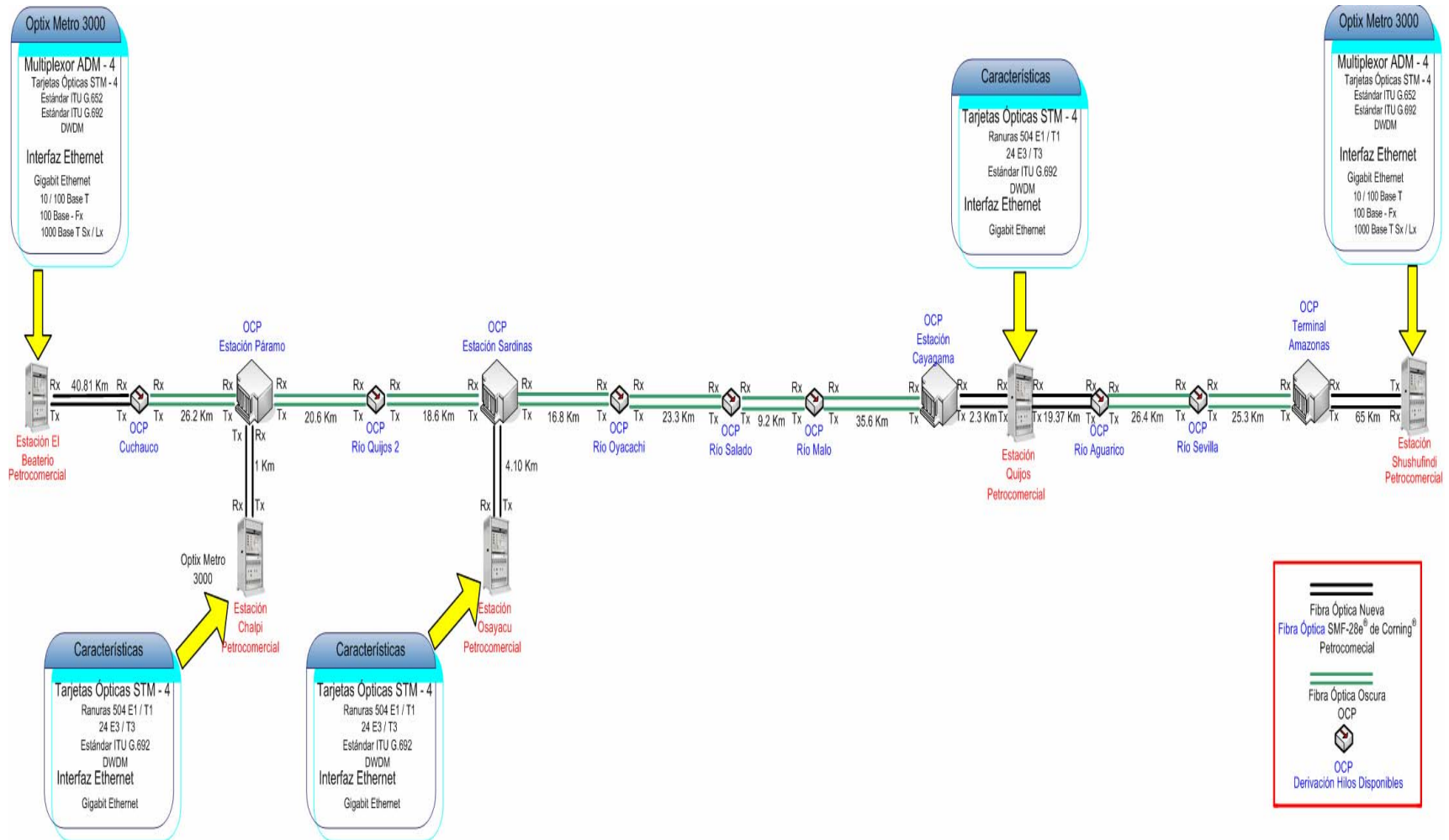


Figura. 4.3. Diagrama General de la Interconexión Petrocomercial – OCP.

4.9 DEFINICIÓN DE RUTAS Y ALTERNATIVAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA FRENTE A LA OCP

4.9.1 RUTA 1 (BEATERIO - CHALPI)

Para interconectar las estaciones EL Beaterio y Chalpi la OCP tiene dos puntos de los cuales Petrocomercial podrá acceder a los 4 hilos de fibra disponibles para futuras automatizaciones de las válvulas más críticas.

Tabla. 4.3. Distancias para la Ruta 1.

	Petrocomercial		OCP		Distancia (Km)
Tramo Existente			Cuchaucó	Estación Páramo	26.2
Tramo Nuevo	El Beaterio	Cuchaucó			40.81
	Estación Páramo	Estación Chalpi			1.00
Total					68.01 Km

En la Tabla 4.3 se realiza el cuadro de las distancias respectivas para el Ruta 1, OCP tiene ya instalado la fibra óptica entre Cuchaucó y la Estación Páramo, que la misma denomina a estos dos puntos como sitios donde Petrocomercial podrá derivar los hilos disponibles.

Para completar la Ruta 1 Petrocomercial instalará fibra óptica desde Beaterio hasta Cuchaucó y así interconectar esta Estación de la Empresa, lo mismo se debe realizar para Chalpi hasta la Estación Páramo, concluido estas dos partes se concluirá con la primera ruta de la Red Troncal de Fibra Óptica para el Poliducto Shushufindi - Quito.

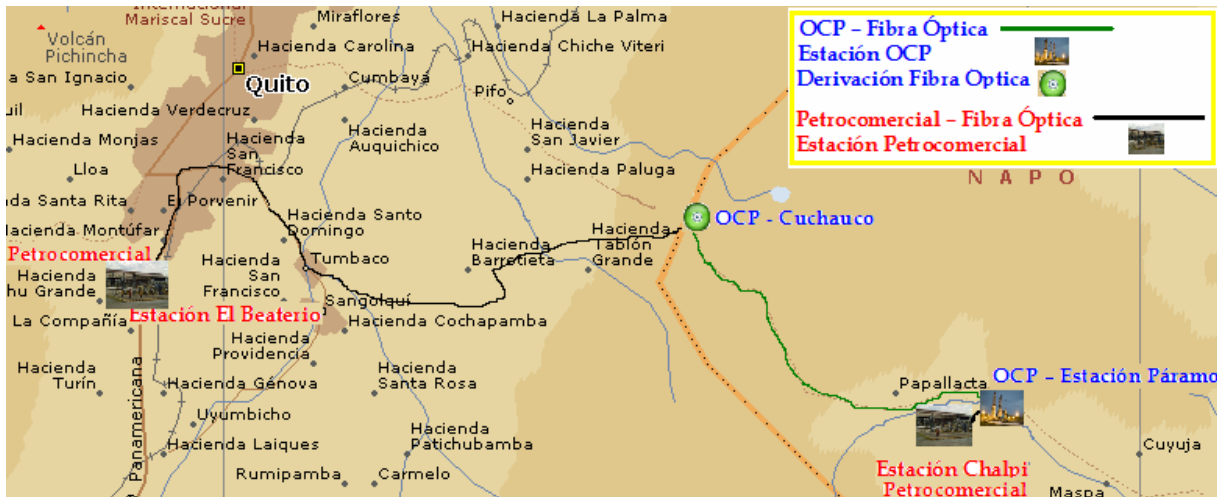


Figura. 4.4. Interconexión Beaterio y Chalpi (Petrocomercial) a Cuchaucó y Río Quijos 2 (OCP).

El Figura 4.3 representa como quedaría la interconexión para la primer Ruta, donde la fibra en color verde es la existente de OCP y la fibra en color negro son los tramos a implementar por Petrocomercial para terminar el Tramo.

Los Equipos de Transmisión como de Recepción serán los mismos utilizados en el Capítulo 3 de la tesis, pero como la distancia de la Ruta 1 no es la misma para las dos primeras Estaciones del Poliducto, se deberán realizar nuevos cálculos con los datos actuales.

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE

- **Longitud Estándar de la Fibra:** 50.4 Km.
- **Distancia del Enlace:** 68.01 Km.
- **Número de Empalmes:** 0.
- **Atenuación de reserva:** 0.1 dB/Km.
- **Número de Conectores:** 6.

CÁLCULOS

Los datos para la realización de los cálculos son los mismos del Capítulo 3, entonces las características del enlace son los siguientes:

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total de la fibra es 12.9219 dB/Km.
- Atenuación total de los 6 conectores es 2.4 dB.
- Atenuación por inserción del láser es 3 dB.
- Atenuación de reserva es 6.801 dB/Km.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_I + A_r \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 12.9219dB + 2.4dB + 3dB + 6.801dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 25.1229dB.\end{aligned}$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Atenuación del margen de desvanecimiento es 2 dB (MD).
- Potencia de Transmisión es 3 dBm.

$$\begin{aligned}Pt(dBm) - Pr(dBm) &= \Sigma \text{Atenuación}(dB) \\ Pt(dBm) - Pr(dBm) &= 25.1229dB \\ Pr(dBm) &= Pt(dBm) - 25.1229dB \\ Pr(dBm) &= -22.1229dBm\end{aligned}$$

- La potencia de recepción resultante en los cálculos es de -22.1229 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Distancia entre repetidores

$$D(Km) = \frac{P_t - A_c + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)}$$

$$D(Km) = \frac{3dB - 2.4dB + 48dB - 2dB}{0.19dB}$$

$$D(Km) = 245.2631Km.$$

De acuerdo al cálculo de la distancia de los repetidores, no es necesaria la instalación de estos.

4.9.2 RUTA 2 (CHALPI - OSAYACU)

Para esta Ruta se volverá a utilizar la misma fibra instalada entre la Estación Chalpi de Petrocomercial y la Estación Páramo de OCP para la Ruta 1, se tendrá como punto de derivación de los hilos disponibles al sitio Río Quijos 2 donde la Empresa podrá acceder a los hilos disponibles para futuras automatizaciones de las válvulas críticas, para luego interconectar a la Estación Sardinias de OCP y finalmente a la Estación Osayacu de Petrocomercial.

Tabla. 4.4. Distancias para la Ruta 2.

Tramo Existente	Petrocomercial		OCP		Distancia (Km)
				Estación Páramo	
			Río Quijos 2	Estación Sardinias	18.6
Tramo Nuevo	Estación Chalpi	Estación Páramo			1.00
	Estación Sardinias	Estación Osayacu			4.10
Total					44.3 Km.

Al momento de realizar la canalización entre OCP – Río Quijos para la Ruta 1, también se deberá tener en cuenta el tendido de cable para la Ruta 2, es decir optimizar recursos para este tramo.

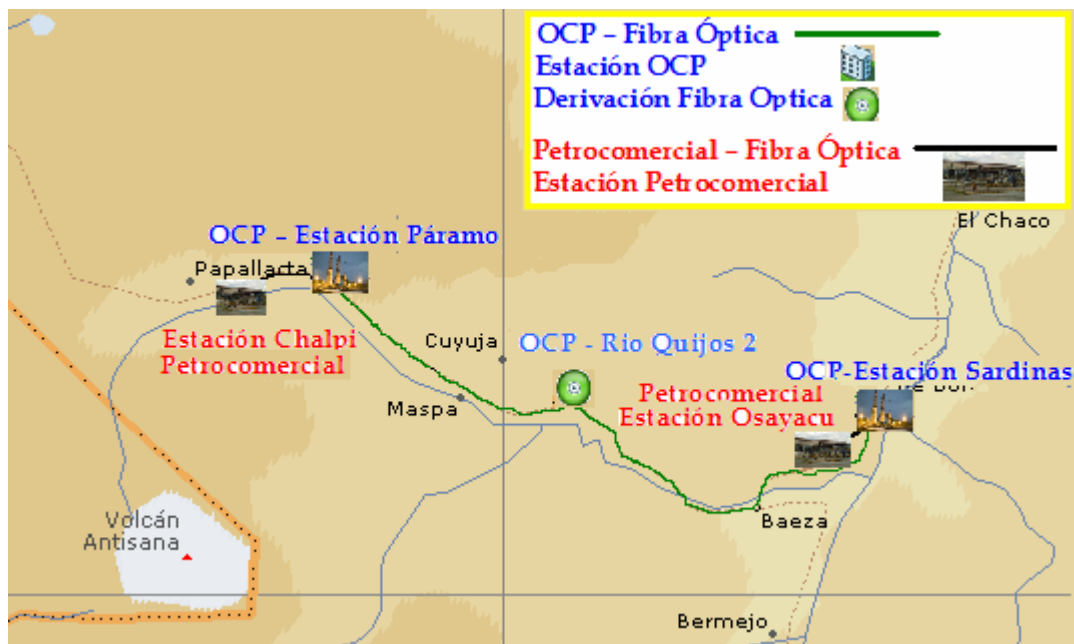


Figura. 4.5. Interconexión para la Ruta 2 entre Chalpi y Osayacu.

En la Figura 4.4 se observa la interconexión para la Ruta 2, donde la fibra en color verde es la existente de OCP y la fibra en color negro son los tramos a implementar por Petrocomercial para terminar el Tramo.

Los equipos de transmisión y de recepción son los mismos utilizados para el Capítulo 3.

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE

- **Longitud Estándar de la Fibra:** 12.6 Km.
- **Distancia del Enlace:** 44.3 Km.
- **Número de Empalmes:** 0.
- **Atenuación de reserva:** 0.1 dB/Km.
- **Número de Conectores:** 6.

CÁLCULOS

Los datos para la realización de los cálculos son los mismos del Capítulo 3, entonces las características del enlace son los siguientes:

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total de la fibra es 8.417 dB/Km.
- Atenuación total de los 6 conectores es 2.4 dB.
- Atenuación por inserción del láser es 3 dB.
- Atenuación de reserva es 4.43 dB/Km.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Atenuación}(dB) &= A_F + A_C + A_I + A_r \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 8.417dB + 2.4dB + 3dB + 4.43dB \\ \Sigma \text{Atenuación}(dB) &= 18.247dB.\end{aligned}$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Atenuación del margen de desvanecimiento es 2 dB (MD).
- Potencia de Transmisión es 3 dBm.

$$\begin{aligned}P_t(dBm) - P_r(dBm) &= \Sigma \text{Atenuación}(dB) \\ P_t(dBm) - P_r(dBm) &= 18.247dB \\ P_r(dBm) &= P_t(dBm) - 18.247dB \\ P_r(dBm) &= -15.247dBm\end{aligned}$$

- La potencia de recepción resultante en los cálculos es de -15.247 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Distancia entre repetidores

$$\begin{aligned}D(Km) &= \frac{P_t - A_C + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)} \\ D(Km) &= \frac{3dB - 2.4dB + 48dB - 2dB}{0.19dB} \\ D(Km) &= 245.2631Km.\end{aligned}$$

De acuerdo al cálculo de la distancia de los repetidores, no es necesaria la instalación de estos.

4.9.3 RUTA 3 (OSAYACU - QUIJOS)

Para esta Ruta Petrocomercial podrá acceder a los siguientes sitios para derivar los hilos de fibra disponible de OCP como Río Oyacachi, Río Salado y Río Malo y así realizar futuras automatizaciones de las válvulas críticas, estos sitios están en el trayecto del Enlace entre Osayacu y Quijos.

Tabla. 4.5. Distancias para la Ruta 3.

	Petrocomercial		OCP		Distancia (Km)
Tramo Existente			Estación Sardinas	Río Oyacachi	16.8
			Río Oyacachi	Río Salado	23.3
			Río Salado	Río Malo	9.2
			Río Malo	Estación Cayagama	35.6
Tramo Nuevo	Estación Osayacu	Estación Sardinas			4.10
	Estación Cayagama	Estación Quijos			2.35
Total					91.35 Km

En la Tabla 4.4 se realiza el cuadro de las distancias respectivas para el Ruta 3, donde se observa tanto los tramos existentes y los nuevos a instalar.

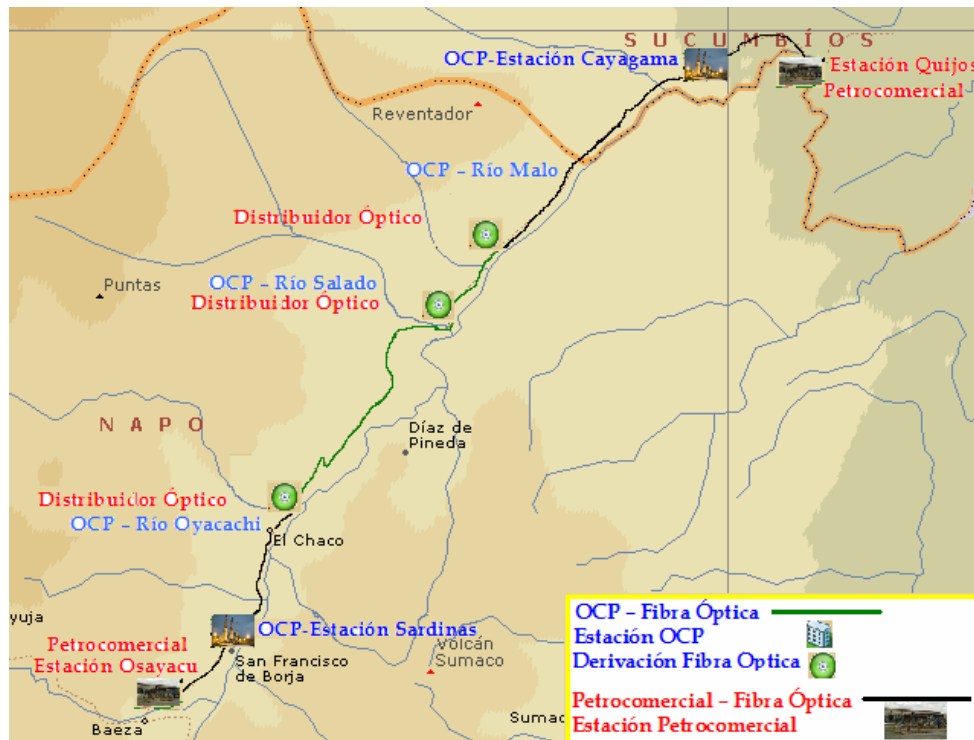


Figura. 4.6. Interconexión Osayacu – Quijos.

En la Figura 4.6 se puede observar como quedará la interconexión, la fibra de color verde es la que OCP ya tiene instalada, y la fibra de color negro será la fibra que Petrocomercial tendrá que instalar.

La Ruta 3 tiene el mismo trayecto de la carretera Osayacu – Quijos y nos facilitará para el análisis, además como en las anteriores rutas se utilizarán los mismos equipos del Capítulo 3.

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE

- **Longitud Estándar de la Fibra:** 12.6 Km.
- **Distancia del enlace:** 91.35 Km.
- **Número de Empalmes:** 0.
- **Atenuación de Reserva:** 0.1 dB/Km.
- **Número de Conectores:** 12.

CÁLCULOS

Los datos para la realización de los cálculos son los mismos del Capítulo 3, entonces las características del enlace son los siguientes:

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total de la fibra es 17.3565 dB/Km.
- Atenuación total de los 12 conectores es 4.8 dB.
- Atenuación por inserción del láser es 3 dB.
- Atenuación de reserva es 9.135 dB/Km.

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = A_F + A_C + A_I + A_r$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 17.3565dB + 4.8dB + 3dB + 9.135dB$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 34.2915dB.$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Atenuación del margen de desvanecimiento es 2 dB (MD).
- Potencia de Transmisión es 3 dBm.

$$P_t(dB) - Pr(dB) = \Sigma \text{Atenuación}(dB)$$

$$P_t(dB) - Pr(dB) = 34.2915dB$$

$$Pr(dB) = P_t(dB) - 34.2915dB$$

$$Pr(dB) = -31.2915dB$$

- La potencia de recepción resultante en los cálculos es de -31.2915 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Distancia entre repetidores

$$D(Km) = \frac{P_t - A_C + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)}$$

$$D(Km) = \frac{3dB - 4.8dB + 48dB - 2dB}{0.19dB}$$

$$D(Km) = 232.63m.$$

De acuerdo al cálculo de la distancia de los repetidores, no es necesaria la instalación de estos mismos.

4.9.4 RUTA 4 (QUIJOS - SHUSHUFINDI)

La última Ruta es la que comprende los sitios de derivación de la fibra disponible Río Aguarico, Sevilla y Terminal Amazonas pertenecientes a OCP. Este

tramo de fibra es completamente distinto ya que no es paralela a la carretera desde Quijos a Shushufindi.

La Estación Quijos para ingresar a la interconexión se tendrá que realizar la Ruta de acuerdo a la trayectoria de OCP para mayor facilidad, y finalmente El Complejo Industrial Shushufindi para interconectar con la fibra de OCP resultará fácil para Petrocomercial ya que el tramo que compete a la empresa será paralela a la carretera Lago Agrio (OCP – Terminal Amazonas) a Shushufindi.

Tabla. 4.6. Distancias para la Ruta 4.

	Petrocomercial		OCP		Distancia (Km)
Tramo Existente			Río Aguarico	Sevilla	26.4
			Sevilla	Terminal Amazonas	25.3
Tramo Nuevo	Estación Quijos	Río Aguarico			19.37
	Terminal Amazonas	Estación Shushufindi			65
Total					136.07

Como se puede observar en la Tabla 4.5 para los tramos nuevos de Petrocomercial no tendrá empalmes y será necesaria la instalación de carretes de fibra óptica.

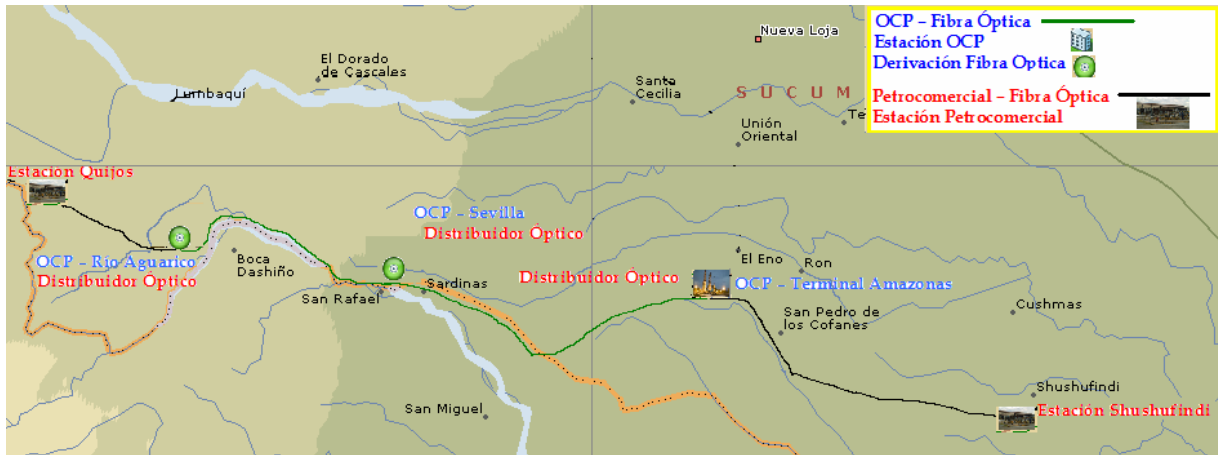


Figura. 4.7. Interconexión Quijos – Shuhusfindi.

En la Figura 4.6 se observar como quedará la interconexión, la fibra de color verde es la que OCP ya tiene instalada, y la fibra de color negro será la fibra que Petrocomercial tendrá que instalar.

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE

- **Longitud estándar de la fibra:** 25.2 Km, 50.4 Km.
- **Distancia del enlace:** 136.07 Km.
- **Número de Empalmes:** 0.
- **Atenuación de Reserva:** 0.1 dB/Km.
- **Número de Conectores:** 8.

CÁLCULOS

Los datos para la realización de los cálculos son los mismos del Capítulo 3, entonces las características del enlace son los siguientes:

Cálculo de la Atenuación Total del Sistema

- Atenuación total de la fibra es 25.8533 dB/Km.
- Atenuación total de los 8 conectores es 3.2 dB.
- Atenuación por inserción del láser es 3 dB.
- Atenuación de reserva es 13.607 dB/Km.

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = A_F + A_C + A_I + A_r$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 25.8533dB + 3.2dB + 3dB + 13.607dB$$

$$\Sigma \text{Atenuación}(dB) = 45.6603dB.$$

Cálculo de la potencia mínima de recepción.

- Atenuación del margen de desvanecimiento es 2 dB (MD).
- Potencia de Transmisión es 3 dBm.

$$P_t(dBm) - P_r(dBm) = \Sigma \text{Atenuación}(dB)$$

$$P_t(dBm) - P_r(dBm) = 45.6603dB$$

$$P_r(dBm) = P_t(dBm) - 45.6603dB$$

$$P_r(dBm) = -42.6603dBm$$

- La potencia de recepción resultante en los cálculos es de -30.46 dBm que está dentro del rango de la potencia de recepción mínima que es de -46 dBm.

Cálculo de la máxima distancia sin repetidor.

Distancia entre repetidores

$$D(Km) = \frac{P_t - A_c + A_E - S - MD}{\alpha + \left(\frac{A_E}{n}\right)}$$

$$D(Km) = \frac{3dB - 3.2dB + 48dB - 2dB}{0.19dB}$$

$$D(Km) = 241.05 Km.$$

De acuerdo al cálculo de la distancia de los repetidores, no es necesaria la instalación de estos mismos.

REFERENCIAS:

- **[5]** CONATEL, Anexo Técnico.
- **[6]** CONATEL, Informe Final Estudio nueva salida cable submarino jun12-2006_ASETA.
- **[7]** CONATEL, Estudio con el fin de establecer el valor de oportunidad de la implementación de una nueva salida de cable submarino, utilizando para su conexión nacional los hilos disponibles de fibra óptica del cable primario de OCP Ecuador S.A.
- **[8]** Concesión para la explotación comercial de 4 hilos del cable de fibra óptica de la compañía oleoducto de crudos pesados (OCP) Ecuador S.A.

CAPITULO 5

ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

El uso de frecuencias del espectro radioeléctrico requiere de un título habilitante, aprobado por el CONATEL y otorgado por la SENATEL que Petrocomercial lo posee y tiene al día.

La banda de frecuencias en los enlaces es de 7GHz, que responden al plan nacional de frecuencias establecido por SENATEL.

Mensualmente Petrocomercial cancela una tarifa a la SENATEL por el uso del espectro radioeléctrico de acuerdo al reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de frecuencias. Los Derechos de Concesión se pagan una sola vez por el tiempo de vigencia del título habilitante que es de 5 años.

En la siguiente tabla se plantean los datos de los enlaces y los valores que Petrocomercial paga a la SENATEL.

Tabla. 5.1. Tarifa y Derechos de Concesión de los enlaces de Petrocomercial.

ENLACES							
Sitio 1	Sitio 2	Frecuencias		AB	Dist.	V. Tarifa	V. Concesión
		Tx(MHz)	Rx (MHz)	(MHz)	(Km)	(US\$)	(US\$)
Condijua	Osayacu	1713.5	1832.5	7	5.73	71.8	134.8
Pichincha	Beaterio	1713.5	1832.5	7	17.68	155.9	292.7
Lumbaqui	Shushufindi	1813.5	1832.5	7	76.9	2949.5	5538
Shushufindi	Cabecera	7261	7422	7	1.82	202.44	47.9
Pichincha	Rocío	8207.27	7895.95	14	7.97	179.83	95.78
TOTAL						3.559,47	6.109,18

Realizamos el análisis de frecuencias tanto de las tarifas y derechos de concesión para estimar el valor que Petrocomercial deberá pagar por E1 en el uso de los cuatro hilos de fibra disponibles de OCP.

Petrocomercial de acuerdo a las especificaciones de los equipos y a la SENATEL, los pagos se los realiza de acuerdo al ancho de banda, entonces los enlaces para las comunicaciones del Poliducto Shushufindi – Quito están en los 7 Mhz, que equivale a 8 E1.

Tabla. 5.2. Pagos a Oleoducto.

ENLACES DE OLEODUCTO			
Sitio 1	Sitio 2	E1	Pagos a Oleoducto
			(US\$)
Reventador	Lumbaqui	1	21,61
3 Cruces	Reventador	1	37.41
Condijua	3 Cruces	1	32.87
Guamaní	Condijua	1	37.41
Pichincha	Guamaní	2	261.85
Total			391.15

La Tabla 5.2 son los valores que Petrocomercial debe cancelar a Oleoducto por la prestación de enlaces.

Una información adicional que nos proporciona CONATEL es que para otras empresas la inversión y los costos de operación y mantenimiento durante un periodo de cinco años, de un radioenlace con capacidad de un STM-1, con cuatro saltos y protección (1+1), asciende a la suma de US \$1.280.000.00, aplicando una rentabilidad del 15% anual, el costo mes de un E1 es de US\$ 495.00, esta información está hasta el 12 junio del 2006.

Para comunicaciones en banda ancha, hay tres alternativas, como la satelital, microonda y fibra óptica. La alternativa satelital cada vez pierde actualidad, en razón a los altos costos y a los grandes retardos que introduce el salto satelital; sin embargo, aunque pequeña, una alternativa para tener comunicaciones vía satelital. Los precios actuales de la conectividad a nivel STM-1 en Quito, oscilan entre US \$90.000 y US \$120.000 mensuales que equivale a US \$1.428 y US \$1.904 por E1 dentro del STM-1, respectivamente.

Mencionamos las comunicaciones vía Satelital para tener como referencia con respecto a las comunicaciones vía Microonda que actualmente utiliza Petrocomercial y a las comunicaciones por fibra óptica que es el estudio de esta tesis.

5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO (ALTERNATIVA 1)

Petrocomercial al entrar al mercado de la banda ancha, ofrecerá grandes oportunidades para mejorar las telecomunicaciones tanto de la Matriz, Beaterio y las Estaciones del Poliducto Shushufindi – Quito, para los diferentes sistemas corporativos de información y comunicación como voz, correo electrónico y software de facturación, y además optimizar, por el rápido crecimiento del volumen de tráfico de voz y datos manejado en la Empresa.

5.1.1 CONSIDERACIONES COSTO/RENDIMIENTO

El servicio de transmisión de voz y datos en un enlace de alta velocidad para la Red Troncal de Fibra Óptica que será dedicado a Petrocomercial, una vez que llegue a implementarse empezará a ser desplazado como un gran utilizador de capacidad de transporte en la Región Oriental y la Sierra por la masificación de los accesos a banda ancha.

La Unidad de Sistemas y Telecomunicaciones de Petrocomercial tiene como objetivo administrar voz y datos de la red de Poliductos como el de Shushufindi – Quito, la transmisión de voz y datos son actualizados periódicamente y para cumplir con las actividades diarias es necesario entrar al mercado de la banda ancha que ofrecerá grandes oportunidades para poder incrementar el desarrollo y la optimización.

El proyecto que se realiza en esta Tesis presenta las perspectivas referentes al costo de inversión para implementar este diseño con equipos y accesorios, además se realizará una propuesta de inversión, por medio de costos, por más caro que sea, se puede invertir para un futuro.

Para el diseño se tomo en cuenta en costo del enlace, tanto la instalación de los equipos, y sus accesorio como de la instalación del tendido de la fibra óptica canalizada en los 336 Km, con sus respectivos accesorios. Los valores referenciales del enlace utilizan tarjetas ADM - 16, el análisis referencial final se lo realizará posteriormente.

La inversión para que llegue a la realidad este proyecto sería de USD \$ 4'500.000, que es un valor asequible para Petrocomercial durante un tiempo determinado, la que se analizaría a 60 meses al 90% y el 10% se mantendrá como valor residual de equipos, además agregar un rendimiento financiero del 15% anual, es decir:

Tabla. 5.3. Inversión del Proyecto.

DESCRIPCIÓN	VALOR UDS \$
Inversión Inicial	4'500.000
Amortización 90%	4'050.000
Valor Mensual (60 Meses)	67.500
Rendimiento Financiero 15% Anual	607.500
Rendimiento Financiero Mensual	50.625
Total Retorno Mensual	118.125

El valor total mensual a pagar por Petrocomercial es de \$118.125, que corresponde a la utilización de Equipos de última generación, con tarjetas ADM-16 con interfaces ópticas STM-16 propias para Petrocomercial para la Red Troncal de Fibra Óptica para todo el Poliducto Shushufindi - Quito.

Actualmente Petrocomercial por 5 enlaces que se observan en la Tabla 5.1 paga mensualmente USD \$3.559,47 para un ancho de banda de 7 MHz, que equivale solamente a 8 E1, y si adicionamos el valor que cancela a Oleoducto de USD \$391.15, y finalmente el valor de los Derechos de Concesión de UDS \$101.82,

se tiene que pagar UDS \$4.052,45 cada mes, por una capacidad inferior a la que se tendría con la fibra óptica pero con un elevado costo mensual.

Tabla. 5.4. Comparación valores de pagos.

	Petrocomercial	Red Troncal de Fibra Óptica (Petrocomercial)	Otras Empresas	Enlace Satelital
Capacidad de Transmisión	8 E1	STM-16	STM-1	STM-1
Pago Mensual USD \$	4.052,45	118.125	30.690	120.000
Pago Anual USD \$	48.629,4	1'417.500	368.280	1'440.000

5.1.2 VALORES DE COSTOS APROXIMADOS

Al momento de construir la Red Troncal de Fibra Óptica se deberá pagar los derechos de vía correspondientes, los cuales tienen costos diferentes de acuerdo al terreno por donde se instalará la fibra óptica, como la mayoría de la red de fibra será paralela a la carretera principal entre Quito y Shushufindi.

Tabla. 5.5. Tarifa de Derechos de Vía.

DERECHOS DE VIA			
	Distancia	Precio	Tarifa Anual
	Kilómetros	Dólares	Total
Paso por Carretera	51.95	US \$1.200	US \$62.340
Lejos de la Vía	286.05	US \$600	US \$171.630
		Total	US \$233.970

Petrocomercial tendrá que dar mantenimiento a las fibras ópticas como actualmente lo realiza con los radioenlaces, tanto en los equipos y antenas, es decir que aproximadamente el mantenimiento de los 12 hilos de fibra óptica es de US \$1.200 anuales por kilómetro, que da un total de US \$405.600 por los 336 kilómetros de fibra que tendrá la red.

Tabla. 5.6. Presupuesto Referencial (Instalación Equipos y Fibra Óptica).

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL COSTO DE INSTALACIÓN	TOTAL UDS \$
ADM-16 (CON 3 TARJETAS)	5	200.000	1'000.000	10.000	1'010.000
CAJAS DE EMPALME	4	395	1.580	520	2.100
EMPALME	4	385	1.540	3000	1.840
PANELES ÓPTICOS PARA MONTAJE EN RACK	10	250	2.500	1.000	3.500
CONECTORES SC	20	40	800	200	1.000
ACOPLADORES	20	35	700	200	900
FIBRA OPTICA MONOMODO	3 CARRETES DE FIBRA (37.8 Km)	45.360	136.080	153.090	289.170
FIBRA OPTICA MONOMODO	5 CARRETES DE FIBRA (50.4 Km)	60.480	302.400	340.200	642.600
DUCTOS PARA LA FIBRA ÓPTICA	336 Km	3.950	1'327.200	50.400	1'377600
CAJAS DE REVISIÓN	8	480	3.840	360	4.200
BANDEJAS DE FIBRA ÓPTICA	5	1.155	5.775	650	6.425
SUBTOTAL					3'332.910

Para realizar el Presupuesto Referencial Final se toma en cuenta los valores mencionados anteriormente, y luego realizar la comparación con el monto de inversión que Petrocomercial realizaría.

Tabla. 5.7. Presupuesto Referencial total del Proyecto.

DESCRIPCIÓN	MONTO EN DOLARES AMERICANOS	
	USD \$	
DERECHOS DE VÍA		233.970
EQUIPO Y FIBRA ÓPTICA (INSTALACIÓN)		3'332.910
MANTENIMIENTO FIBRA ÓPTICA		405.600
	TOTAL	3'972.480

5.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO (ALTERNATIVA 2)

Petrocomercial tendrá que someterse a las regulaciones que los organismos antes mencionados designen al momento que entre la empresa a la interconexión con los 4 hilos de fibra disponible de la OCP para los servicios de telecomunicación y proporcionen la capacidad necesaria para la transmisión de voz y datos.

Por otro lado la compartición de infraestructura de telecomunicaciones entre las áreas de telecomunicaciones de Petrocomercial y OCP no se encontrarían reglamentadas en forma específica en los órganos reguladores, en consecuencia las dos empresas relacionadas tendrán que firmar un convenio de servicios para la utilización de la infraestructura si lo fuera necesario.

OCP proveería espacios físicos para la ubicación de equipos y dispositivos asociados, así como la energía eléctrica necesaria, se tendrán condiciones favorables desde el punto de vista operativo que hacen factible la actividad comercial.

Para realizar la valoración de los cuatro hilos de fibra se debe establecer primero el costo por E1 que Petrocomercial estaría dispuesto a pagar por la utilización y arrendamiento teniendo en cuenta que el Poliducto tiene su propio sistema de radioenlaces instalados y operativos.

Petrocomercial posee su propio sistema de comunicaciones vía microonda en esta región del Poliducto Shushufindi – Quito y para considerar esta oferta debe de cumplir con tres condiciones:

1. Que su sistema se encuentre saturado.
2. Que el precio del E1 sea inferior al que tendría al ampliar su sistema.
3. Que requiera respaldo por baja disponibilidad de su sistema o por requerimiento específico de sus clientes.^[2]

Los puntos antes mencionados fácilmente Petrocomercial cumple ya que es la única empresa que transporta derivados de petróleo y necesita de comunicaciones rápidas y no tener saturado sus sistemas.

Al inicio de este capítulo se realizó la comparación entre un E1 vía microonda y un E1 vía fibra oscura de OCP y también cumple, es decir que el valor que pagaría por la utilización de la fibra óptica tendría relación con las aplicaciones que la empresa emplee.

Actualmente Petrocomercial no posee ningún sistema de respaldo al momento que tenga algún problema en el sistema microonda, y es un problema real que la Unidad de Sistemas y Telecomunicaciones de Petrocomercial busca solucionar.

5.2.1 Valoración de los Hilos Disponibles.

Un operador que ilumine las fibras entre Pomasqui y Lago Agrio con un STM-4, que tiene costos similares a un STM-1, deberá realizar una inversión estimada en US\$ 300.000.00 e incurrir en gastos de operación y mantenimiento del orden de US\$ 30.000.00 anuales. Para recuperar solamente esa inversión en cinco años y obtener una rentabilidad del 20% (alta por el riesgo del negocio), deberá asegurar un ingreso mensual mínimo de US\$ 10.859.00

Así, los US\$ 10.859.00 de ingreso mínimo mensual, equivalen al arriendo de 31 E1s, es decir a medio STM1, correspondientes aproximadamente al 50% de la capacidad actualmente instalada entre Quito y Lago Agrio.^[2]

Si al razonamiento anterior agregamos una cifra por concepto de pago al CONATEL por el derecho de uso de las cuatro fibras, el número de E1s a arrendar para recuperar solamente los gastos se incrementaría significativamente, sobrepasando los límites de capacidad requerida en la zona.

Por las condiciones del mercado antes descritas, un operador no realizaría ninguna inversión para iluminar las cuatro fibras del cable de OCP en el trayecto Pomasqui – Lago Agrio, sin antes asegurar una demanda que le permita recuperar la inversión, gastos de operación y mantenimiento y lo que tendría que pagarle al CONATEL, con una rentabilidad razonable.

5.2.2 CONSIDERACIONES COSTO/RENDIMIENTO

Existe una valoración para la utilización de los 4 hilos disponibles de la OCP en cuanto al tramo correspondiente entre Cuchauco y Lago Agrio, para el transporte de tráfico, que compete a Petrocomercial.

La CONATEL que es el ente regulador y el cual esta a cargo de la valoración y el alquiler de los hilos de fibra y para la valoración se debe tomar en cuenta el costo que Petrocomercial tendrá para diseñar, instalar, operar y mantener una red de fibra óptica en condiciones similares a la que tiene instalada la OCP, es decir por el alquiler de capacidad en la red de fibra óptica.

Como el valor de referencia del costo mensual por la utilización de un E1 para Petrocomercial con capacidad propia sería de US\$ 495.00, entonces el precio tope que Petrocomercial podrá ofrecer de la fibra óptica por E1 sería de US\$ 350.00 mensuales, ya que Petrocomercial al utilizar los radioenlaces podría tener un valor atractivo, es decir que la utilización de un E1 por la fibra óptica estaría un 30% por debajo de los US\$ 495.00.

El valor mínimo de ingreso que se estableció con anterioridad equivale al arrendamiento de 31 E1 que equivale a medio STM-1, que corresponde al 50 % de la capacidad total instalada actualmente en este tramo.

Lo siguiente resume lo que Petrocomercial podría pagar a CONATEL para cada una de las Opciones. Las Opciones se resumen así:

Opción 1: Un solo pago al inicio de los 10 años de explotación.

Opción 2: Un pago inicial y 10 pagos anuales por mantenimiento.

Opción 3: 10 pagos anuales.

Opción 4: 120 pagos mensuales.

Es preciso recalcar que el análisis se hace asumiendo que los pagos se realizan al comienzo de los periodos.

El valor total que Petrocomercial que tendrá que pagar es de USD \$600.000 por el tiempo de 10 años, y se atendería a una de las cuatro alternativas de pago a CONATEL, por el arrendamiento de 31 E1. [2]

Petrocomercial se encargaría de la operación y mantenimiento de los equipos de iluminación y de las fibras de derivación que llegase a instalar. Esto aumenta el valor de las cuatro fibras en una cantidad que normalmente en este tipo de servicios es de US\$ 1.200 el kilómetro por año, en un total de 220.8 Km.

Por otro lado la inversión sería USD \$ 2'200.000 para la compra, instalación de equipos y fibra óptica con sus respectivos accesorios, para un tiempo determinado, la que se analizaría a 120 meses al 90% y el 10% se mantendrá como valor residual de equipos, además agregar un rendimiento financiero del 15% anual, es decir:

Tabla. 5.8. Inversión para instalación de Equipos y fibra óptica nueva.

DESCRIPCIÓN	VALOR UDS \$
Inversión Inicial	1'700.000
Amortización 90%	1'530.000
Valor Mensual (120 Meses)	12.750
Rendimiento Financiero 15% Anual	229.500
Rendimiento Financiero Mensual	19.125
Total Retorno Mensual	31.875

5.2.3 VALORES DE COSTOS APROXIMADOS

Petrocomercial por realizar la suscripción a la CONATEL y SENATEL para el uso de los 4 hilos de fibra disponibles deberá pagar su respectiva factura, impuestos equivalentes al 27% del valor de los servicios de telecomunicaciones recibidos, que corresponde a 12% por IVA y 15% por Impuesto de Consumo Especiales – ICE. Se Excluye del ICE los servicios de Valor Agregado, como Internet.

Tabla. 5.9. Presupuesto Referencial (Instalación Equipos y Fibra Óptica).

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL COSTO DE INSTALACIÓN	TOTAL UDS \$
ADM - 4 (CON 3 TARJETAS)	5	100.000	500.000	10.000	510.000
PANELES ÓPTICOS PARA MONTAJE EN RACK	10	250	2.500	1.000	3.500
CONECTORES SC	44	40	1.760	200	1.960
ACOPLADORES	44	35	1.540	200	1.740
FIBRA OPTICA MONOMODO	1 CARRETES DE FIBRA (25.2 Km)	30.240	30.240	34.020	64.260

FIBRA OPTICA MONOMODO	2 CARRETES DE FIBRA (50.4 Km)	60.480	120.960	136.080	257.040
FIBRA OPTICA MONOMODO	1 CARRETES DE FIBRA (12.6 Km)	15.120	15.120	17.010	32.130
DUCTOS PARA LA FIBRA ÓPTICA	132.63 Km	3.950	523.888	19.894	543.783
CAJAS DE REVISIÓN	3	480	1.440	135	1.575
SUBTOTAL					1'415.988

La inversión que Petrocomercial tendrá que realizar se observa en la Tabla 5.8, y para el Presupuesto Referencial Total se deberá escoger unas de las cuatro alternativas que CONATEL plantea para el pago del derecho de uso de los 4 hilos de fibra óptica.

Las alternativas son propuestas para el plazo de diez años, y el presupuesto referencial de la instalación de equipos y fibra óptica se hará el análisis para diez años.

Tabla. 5.10. Presupuesto Referencial Total del Proyecto.

	Instalación Equipos y Fibra Óptica	Arrendamiento Fibra Óptica Oscura OCP (Alternativa 4)	Mantenimiento Fibra Oscura OCP	Total a pagar
Costo Total	1'415.988	600.000	264.960	2'280.948
Pago Mensual (120 Meses)	31.875	5.000	2.208	39.083
Costo Anual	382.500	60.000	26.496	468.996

REFERENCIAS:

- [5] CONATEL, Anexo Técnico.
- [6] CONATEL, Informe Final Estudio nueva salida cable submarino jun12-2006_ASETA.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminado el presente proyecto de grado, y llevado a cabo los objetivos que dieron lugar a su realización, en concordancia con el planteamiento teórico y los resultados obtenidos podré expresar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

CONCLUSIONES

- El objetivo de este tema ha sido mostrar los nuevos retos que se presentan ante la necesidad de ofrecer servicios de banda ancha y alta calidad. Se ha presentado este problema desde dos puntos de vista. Por un lado la implementación total de la Red Troncal de Fibra Óptica con tecnología necesaria para ofrecer a Petrocomercial un acceso que soporte estos grandes anchos de banda. Por el otro se presenta la Interconexión con la fibra oscura de OCP como una técnica de transmisión capaz de conseguir diferenciar y gestionar las conexiones ofrecidas en función de las necesidades de cada servicio pero utilizando el mismo soporte de transmisión de voz y datos.
- Mediante la transmisión en el enlace de fibra óptica con las características planteadas, la estandarización de las interfaces de los equipos, el incremento de la velocidad de transmisión, la facilidad para la administración y el control de la red, la seguridad de la red y la posibilidad de poder en el futuro introducir nuevos servicios, son de manera general, algunas de las ventajas que se tomo en cuenta al momento de plantear las dos alternativas para la Red Troncal de Fibra Óptica.

-
- El cable de fibra óptica SMF-28e[®] de Corning[®] será de 12 hilos, al principio solo se iluminará dos hilos, uno para transmisión y el otro para recepción y en futuro, según sea los requerimientos se procederá a iluminar los necesarios.
 - El trayecto del enlace tanto de la Alternativa 1 como de la 2 se lo escogió siguiendo la carretera Quito – Shushufindi, para llevar el enlace desde el Beaterio hasta la Estación Shushufindi, utilizando en la mayoría del recorrido el trayecto paralelo.
 - Se escogió este tipo de tendido de acuerdo a las características del terreno, y para mayor seguridad de la fibra óptica, enterrado directo y debido a gran aceptación y facilidades, como el costo.
 - Los criterios utilizados en las dos alternativas me permitieron ofrecer una estructura de red con gran capacidad de crecimiento favorable a Petrocomercial.
 - La Alternativa 1 y 2 permitirá contar con grandes canales de transmisión por algunos años, permitiendo a Petrocomercial prescindir de alguna manera de la comunicación microonda que en la actualidad posee la Unidad de Sistemas y Telecomunicaciones.
 - Como las comunicaciones están en inminente crecimiento se dejó las reservas respectivas para servicios futuros que se necesitara telecomunicaciones de avanzada tecnología.
 - La utilización del cable de fibra óptica especificado en este proyecto, garantiza las posibilidades de aumentar el tráfico en un futuro inmediato, sin disminuir con esto, su gran calidad de transmisión ni sus especificaciones técnicas o económicas.

-
- Con el análisis de este proyecto se diagnosticará la demanda que se tendrá en las comunicaciones de Petrocomercial tanto en la voz como en datos.
 - Las características físicas, mecánicas y ambientales de la fibra óptica a utilizarse en las dos alternativas permitirán reducir al mínimo el costo de mantenimiento previamente calculado.
 - Una vez conseguida la canalización necesaria se procederá a la instalación del cable de fibra óptica a lo largo de todos los trayectos.
 - Las canalizaciones subterráneas se destinará exclusivamente al tendido de la fibra óptica monomodo.
 - Las excavaciones para las zanjas y las cajas de revisión se realizará se empleará medios mecánicos adecuados y realizando la canalización con cierta precaución para evitar posibles daños a canalizaciones de otros servicios existentes a lo largo de todo el trayecto.
 - Los tubos para las canalizaciones serán de PVC instalados y enterrados en tubos de hormigón, luego de finalizado la instalación se cerrará la zanja y se restituirá la superficie con los materiales adecuados: asfalto para carreteras.
 - Una vez instalado los ductos para la fibra óptica se dejará un cable o quía en cada tramo del tubo y los extremos de los tubos serán sellados con espuma de polietileno para evitar la entrada de agua.
 - En la Alternativa 1 se realizó el análisis para solventar la demanda futura de los procesos de comunicaciones de los respectivos departamentos de Petrocomercial, sistema que en la actualidad se considerará una de las mejores alternativas para redes de gran capacidad al usar STM-16.

-
- En la Alternativa 2 tiene como beneficio la disponibilidad de cuatro fibras de OCP, pasando por Pomasquí a 20 Km de Quito, y se convertirá en una gran oportunidad que viabilizará la Red Troncal de Fibra Óptica.
 - Con el análisis realizado en la Alternativa 2 se determinó que las cuatro fibras de la fibra oscura de OCP cumplen los requisitos técnicos y operativos para realizar la Red para las comunicaciones del Poliducto, que soporte los requerimientos que deberá soportar la transmisión de voz y datos.
 - Con el uso de los equipos propuestos en este diseño, mediante sus características se ha permitido diseñar un sistema digital que cumple ampliamente los objetivos de calidad y confiabilidad indicados por los organismos de normalización de telecomunicaciones.
 - Desde el punto de vista económico, el costo de implementar la Alternativa 2 se redujo en un 42 % ya que cuenta con fibra óptica instalada en comparación con la Alternativa 1.
 - Como conclusión final al momento de escoger unas de las dos alternativas, sugeriría la Alternativa 2, por el menor costo en la instalación de la fibra ya que los tramos faltantes no tienen largas distancias y la facilidad de la utilización de la fibra óptica oscura de OCP, para finalmente realizar la interconexión Petrocomercial – OCP.

RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta los análisis de costos presentados para las dos alternativas ya que trata más que dar una idea del costo que involucraría el desarrollo de un proyecto de esta envergadura, así como las tarifas adecuadas para la amortización del proyecto.
- Buscar financiamiento por medio de empresas privadas. Realizar propuestas que generen ayuda económica de programas gubernamentales que apoyen la implementación.
- El actual sistema de microonda que actualmente posee Petrocomercial conjuntamente con la Red Troncal de Fibra Óptica, implementar un sistema de comunicación redundante.
- Realizar las pruebas respectivas en los carretes de fibra como continuidad, atenuación y longitud de la fibra óptica.
- Verificar que las fibras tengan la continuidad tal que tras las pruebas de aceptación se verifique que la atenuación total del carrete coincida con las características específicas de las fibras ópticas.
- Comprobar el perfecto estado de las canalizaciones y de los tubos, ya que podrían sufrir aplastamientos, o están obstruidos, mediante el empleo de mandril de alineación.
- Para las cajas de revisión donde se instalarán dispondrá de una base lisa de hormigón de 10 cm. de espesor sobre la que se sustentará la misma, en el fondo de la caja de revisión se deberá practicar un sumidero de 20 cm. de diámetro y 25 cm. de profundidad para evacuación de agua de lluvia.

-
- Si la Alternativa 2 que es la más económica fuese la elegida se deberá realizar las pruebas de aceptación correspondientes a los cuatro hilos de fibra disponibles, que se define como las pruebas realizadas sobre el producto completamente terminado para su aprobación o rechazo.
 - El tipo de fibra óptica utilizada en el proyecto permitirá la utilización de la multiplexación por división de longitud de onda, se deberá tener en cuenta esta característica para implementar nuevos servicios.
 - Verificar los elementos de canalización, donde se especificaría el tipo de material y dimensiones de las tuberías.
 - En caso de que no exista suficiente inversión se podría tomar consideraciones a escoger como una ruta económica (aérea).

DATASHEETS

PANELES ÓPTICOS

FIBRA OPTICA

PANELES OPTICOS PARA MONTAJE EN RACK



REVENGA-INGENIEROS, S.A.

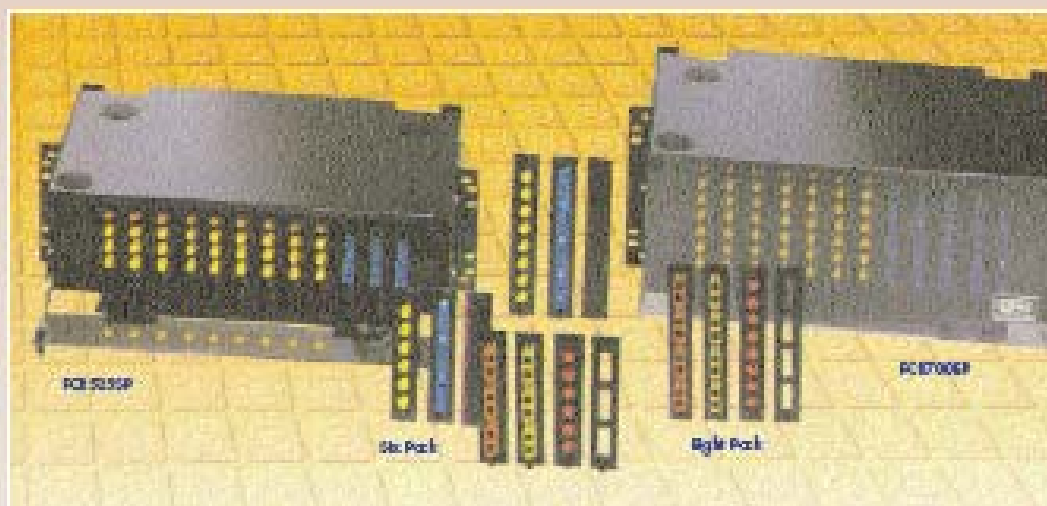


Los paneles de interconexión de fibra se requieren siempre y cuando cables de varias fibras se terminan para conectar equipos y para hacer un reparto desde la vertical a la distribución horizontal. Los paneles tienen la misión de proteger las fibras, realizar la gestión e identificación de las mismas así como facilitar su uso a través de latiguillos de fibra.

Los paneles montados en rack proporcionan una mejor gestión del cableado, máxima protección en una caja completamente cerrada y un acceso para los equipos que por seguridad deben ir instalados en armario rack. El uso de cajas murales para las fibras es motivado por la falta de espacio para situar el armario o porque el número de fibras no justifica la instalación de un armario.

Para instalaciones donde se requiera un gran volumen de fibras, las cajas para módulos de 6 y 8 adaptadores permiten una instalación eficiente, flexible y baja en coste. Los módulos pueden ser proporcionados con adaptadores ST, FC/PC y SC. La modularidad de estas cajas permite añadir más módulos a medida que el sistema crece sin ninguna interferencia sobre la red ya instalada.

Nuestros productos tienen las características idóneas para gestionar y proteger los puntos de terminación e interconexión de fibra óptica.



Características	Ventajas
Facilitan una adecuada organización del cable así como capacidad de almacenamiento	Facilidad de terminación y mantenimiento Protección contra los excesos en los radios de curvatura
Disponibilidad de módulos para 6 y 8 adaptadores con o sin ellos. Adaptadores monomodo FC/PC y adaptadores monomodo y multimodo ST y SC duplex	Protege la inversión y facilita la instalación
Diversos tipos de unidades para rack	Permite seleccionar el producto adecuado a la aplicación
Extremadamente resistentes, fabricados en acero calibre 16 con un acabado de pintura texturizada	Todos los paneles, puertas y tapas encajan perfectamente para una fácil instalación y confiabilidad a largo plazo

Datos técnicos

Especificaciones

- Todos los paneles y cajas de fibra óptica para rack están fabricados en acero CRS calibre 16 y terminados con pintura texturizada de aplicación electrostática
- Las bandejas de empalme son de aluminio anodizado según especificación A-8625-C
- Los adaptadores ST y SC contienen alineamiento de bronce fosforado para aplicaciones monomodo o multimodo
- Los adaptadores FC/PC contienen alineamiento cerámico para aplicaciones monomodo

INFORMACIÓN PARA PEDIDOS

Productos de interconexión de fibra óptica para montaje en rack

PANELES REPARTIDOR FPR

Los paneles de esta serie ocupan una unidad de rack y tienen una bandeja de gestión de fibra extraíble para un acceso frontal completo.

Se suministran de la siguiente forma:

- Para 12 ó 24 adaptadores
- Con y sin adaptadores
- Adaptadores ST o SC duplex

CAJAS REPARTIDOR FCR

La caja para módulos de 6 adaptadores ocupa 3 unidades de rack y admite hasta 12 módulos de 6 adaptadores o paneles ciegos. Es decir, tiene una capacidad máxima de 72 puertos.

La caja para módulos de 8 adaptadores ocupa 4 unidades de rack y admite al igual que la anterior hasta 12 módulos, pero en este caso de 8 adaptadores o módulos ciegos. Tiene por tanto una capacidad total de 96 puertos.

PANEL DE EMPALME

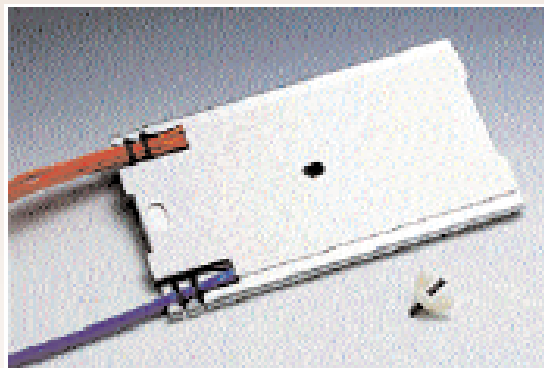
Estos paneles proporcionan un soporte compacto y económico para empalmes de fibra óptica en rack. Ocupan solo 1 unidad de rack. En su interior se puede instalar una bandeja para los empalmes. Ésta puede ser para 12 ó 24 fibras y para empalme mecánico o fusión.

MÓDULOS DE 6 Y 8 ADAPTADORES

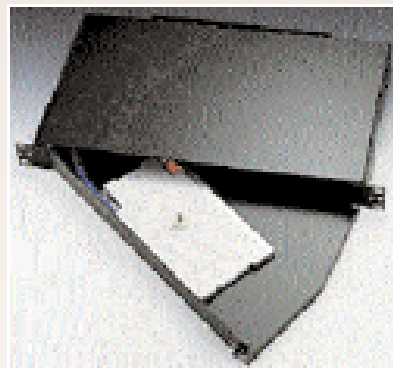
Módulos ciegos.

En ambos casos se proporcionan con y sin adaptadores.

- Los adaptadores pueden ser ST o SC duplex
- Los adaptadores SC duplex pueden ser de color azul, naranja o amarillo
- Con adaptadores SC o ST duplex



Bandeja



Caja de empalmes

EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA

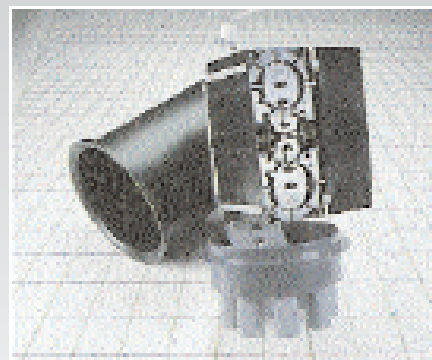
EMPALME DE FIBRA OPTICA SERIE 35



REVENGA-INGENIEROS, S.A.

CARACTERÍSTICAS

- Empalme de alta capacidad.
- 6 puertos auxiliares y 1 puerto Oval.
- 3 tamaños de empalme, 590 mm, 560 mm, 390 mm de alto.
- Entrada de cables termorretráctil.
- Cierre a prueba de apertura en la grapa.
- Disponible con andajes de empalme tipo EGERTON 16 FTS de fibra.
- Capacidad de hasta 244 fibras (dependiendo del tipo de fibra).
- Abrazaderas y grapas de montaje suministradas.
- Kits de sellado de puertos auxiliares incluidos.
- Kit de sellado del puerto Oval incluido.
- Opcion con válvula de presurización disponible.
- Varios montajes internos disponibles.



FIBRA ÓPTICA CORMING SMF – 28e OPTICAL FIBER

Fibra óptica SMF-28e® de Corning® Información sobre el producto



Evolucionando las redes ahora

En el departamento de fibras ópticas de Corning trabajamos constantemente para llevar la fibra monomodo a nuevos niveles de rendimiento. Basados en nuestra posición líder en el sector de las fibras ópticas, hemos logrado la evolución de nuestros formidables productos para satisfacer las exigencias de los clientes como nunca antes. Como el primer fabricante en actualizar la fibra monomodo estándar en todo el mundo, proporcionamos a nuestros clientes un mayor valor tanto hoy como en el futuro. La fibra óptica SMF-28e® de Corning® es:

- El producto de fibra monomodo estándar de Corning, que entrega una capacidad optimizada, flexibilidad para diseño de redes y confianza en un rendimiento a largo plazo.
- La fibra de amplio espectro más solicitada en todo el mundo.
- Una fibra que satisface o supera las normas más exigentes del mercado que incluyen:
 - ITU-T G.652 (categorías A, B, C y D)
 - Especificaciones IEC 60793-2-50 Tipo B1.3
 - TIA/EIA 492-CAAB
 - GR-20 de Telcordia
- El líder en el mercado en especificaciones amplias de fibra monomodo estándar.

Siendo la principal fibra monomodo estándar de Corning, la SMF-28e es parte de una larga cadena de innovaciones ópticas. La fibra óptica SMF-28e de Corning, que cumple con ITU-T G.652.D, aumenta la capacidad de las redes de acceso y redes metropolitanas más dinámicas del mundo.

Construcción de una base sólida

La fibra SMF-28e de Corning cuenta con la misma confiabilidad, rendimiento para empalmes y el mismo revestimiento que se pela fácilmente que se ha ganado la confianza de los usuarios de la fibra SMF-28® de Corning®, la fibra que por mucho tiempo se ha caracterizado por ser la número 1 en cuanto a calidad y rendimiento. La fibra SMF-28e ofrece una capacidad y especificaciones optimizadas a la vez que proporciona una compatibilidad e interoperabilidad absolutas con redes unimodales estándar existentes.

Nuestros 30 años de experiencia se reflejan en esta evolución de la fibra monomodo estándar, que no sólo satisface y supera las más exigentes normas del mercado, sino que además proporciona una excelente combinación de especificaciones ópticas, ambientales, dimensionales y mecánicas.

Confianza hoy y el mañana

La fibra SMF-28e ha sido optimizada para redes metropolitanas y de acceso que admiten todo tipo de aplicaciones de banda ancha. La fibra SMF-28e se encuentra disponible desde 2001 y ya se ha implementado exitosamente en redes de comunicaciones en todo el mundo, demostrando así su rendimiento en diversas aplicaciones.

La SMF-28e es la fibra ideal para redes de acceso y metropolitanas cambiantes y de rápido crecimiento, con lo que representa un valor inmediato a los clientes. Es una de las fibras más fáciles de manipular e instalar debido a su geometría de clase mundial, su tecnología de revestimiento CPC® y sus especificaciones de plegado. Además, su amplio espectro de baja atenuación permite lograr diseños de red flexibles, aumenta la capacidad de la fibra y prepara infraestructuras de red para arquitecturas y tecnologías emergentes.

Fibra óptica Corning® – La medida de la confianza

Ventaja del servicio de Corning

El departamento de fibras ópticas de Corning ofrece el paquete de productos y servicios innovadores más amplio del mundo, incluido:

- * Asistencia en ventas y servicio al cliente personalizado en todo el mundo
- * Amplia gama de fibras y capacidad de pedidos especiales
- * Asistencia especializada por parte de expertos técnicos
- * Amplia capacidad de entrega de fibra con probado éxito
- * Información al cliente en tiempo real a través de Internet
- * Asistencia de cuentas dedicada para clientes de largo plazo
- * Servicios de asistencia e información técnica sobre fibras para usuarios finales

En el departamento de fibras ópticas de Corning nos esforzamos por ofrecer el mejor servicio y asistencia técnica posible a nuestros clientes, antes, durante y después de la venta. Como cliente, recibirá los beneficios de nuestra amplia y establecida infraestructura de asistencia que está lista para satisfacer sus necesidades específicas.

Ventaja de los productos Corning

Nuestros revestimientos de acrilato doble mejorado, CPC®, ofrecen una protección excelente. Diseñado para facilitar el desgaste mecánico con un diámetro exterior de 245 µm, este revestimiento ha sido optimizado para muchos diseños de cables de una y varias fibras, incluidos cables de tubo holgado, de cinta, de núcleo ramurado y con protección adherida.

En Corning estamos comprometidos en lograr la excelencia en nuestros productos y satisfacer las cambiantes necesidades de nuestros clientes. A medida que las actualizaciones sobre las características o el rendimiento de nuestras fibras estén disponibles, las colocaremos en el sitio web de Corning en www.corning.com/opticalfiber

Especificaciones ópticas

Atenuación de fibra

Atenuación máxima

Longitud de onda (nm)	Valor máximo* (dB/km)
1310	0,33 – 0,35
1383**	0,31 – 0,35
1550	0,19 – 0,20
1625	0,20 – 0,23

*Valor máximo de atenuación especificada disponible con los rangos indicados.

**Los valores de atenuación en esta longitud de onda representan un rendimiento superior al envejecimiento por hidrógeno. Opciones de atenuación alternativas disponibles a pedido.

Atenuación vs. Longitud de onda

Región espectral (nm)	Ref. λ (nm)	Diferencia α máx. (dB/km)
1285 – 1330	1310	0,03
1525 – 1575	1550	0,02

La atenuación en una determinada región espectral no excede la atenuación de la longitud de onda nominal (λ) por encima del valor de α .

Fibrilla de macrodegrato

Diámetro de eje de toro (mm)	Número de vueltas	Longitud de onda (nm)	Atenuación inducida* (dB)
3,2	1	1550	\pm 0,05
50	100	1310	\pm 0,05
50	100	1550	\pm 0,05
60	100	1625	\pm 0,05

*La atenuación inducida se debe al enrollado de la fibra alrededor de un eje de toro de un diámetro especificado.

Discontinuidad entre dos puntos

Longitud de onda (nm)	Discontinuidad puntual (dB)
1310	\pm 0,05
1550	\pm 0,05

Longitud de onda límite de cable (λ_{ccf})

$\lambda_{ccf} = 1260$ nm

Diámetro del campo modal

Longitud de onda (nm)	MFD (μ m)
1310	9,2 \pm 0,4
1550	10,4 \pm 0,5

Dispersión

Longitud de onda (nm)	Valor de dispersión [ps ² /(nm ² ·km)]
1550	\pm 18,0
1625	\pm 22,0

Longitud de onda de dispersión cero (λ_0)

1302 nm \pm $\lambda_0 = 1322$ nm

Pendiente de dispersión cero (S_0): \pm 0,089 ps²/(nm³·km)

Dispersión de modo de polarización (PMD)

	Valor (ps ² /km)
Valor de diseño de enlace PMD	\pm 0,06*
Fibra individual máxima	\pm 0,2

*Cumple con la norma IEC 60794-3: 2004, sección 5.5, método 1, ($m = 20$, $Q = 0,01\%$) de septiembre de 2001.

El valor de diseño de enlace PMD es un término utilizado para describir la PMD de las longitudes concatenadas de fibra (también denominado promedio de cuadrados de enlace, PMD_Q). Este valor representa un límite estadístico superior para el enlace total PMD. Los valores PMD pueden cambiar durante el proceso de cableado de la fibra. Las especificaciones de la fibra de Corning añaden requisitos de diseño de red para una PMD mínima de 0,2 ps²/km.

Especificaciones dimensionales

Geometría de revestimiento

Rizo de fibra	\pm 4 m de radio de curvatura
Diámetro de revestimiento	125 \pm 0,7 μ m
Concentricidad de núcleo-recubrimiento	\pm 0,5 μ m
No circularidad de recubrimiento	\pm 0,7%

Geometría del revestimiento

Diámetro de revestimiento	245 \pm 5 μ m
Concentricidad de revestimiento-recubrimiento	< 1,2 μ m

Especificaciones ambientales

Prueba ambiental	Condición de prueba	Atenuación inducida 1310 nm, 1550 nm & 1625 nm (dB/km)
Dependencia de temperatura	-60°C to +85°C*	\pm 0,05
Ciclo de temperatura – humedad	-10°C a +85°C* hasta 98% de humedad relativa	\pm 0,05
Inmersión en agua	25° \pm 2°C	\pm 0,05
Envejecimiento por calor	85° \pm 2°C*	\pm 0,05
Calor húmedo	85°C a una humedad relativa de 85%	\pm 0,05

*Temperatura de referencia: \pm 23° C

Rango de temperatura de funcionamiento: -60°C a +85°C

Especificaciones mecánicas

Prueba de resistencia mecánica

Toda la longitud de la fibra esú sujeta a pruebas de resistencia mecánica a una tensión ≈ 100 kpsi (0,7 GPa)*.

*Mayor prueba de resistencia mecánica disponible.

Longitud

Longitudes de fibra disponibles hasta 50,4* km/carrete

*Mayor longitud disponible.

Caracterizaciones de rendimiento

Los parámetros indicados representan valores típicos.

<i>Diámetro del núcleo</i>	8,2 μm
<i>Apertura numérica</i>	0,14 <i>La apertura numérica se mide a un nivel porcentual de potencia en una línea de campo óptico unidimensional de 1310 nm.</i>
<i>Longitud de onda de dispersión cero (λ_c)</i>	1313 nm
<i>Pendiente de dispersión cero (S_c)</i>	0,086 ps/(nm ² ·km)
<i>Diferencia de índice de refracción</i>	0,36%
<i>Índice de refracción de grupo efectivo (N_{ge})</i>	1310 nm: 1,4677 1550 nm: 1,4682
<i>Parámetro de resistencia a la fatiga (N_f)</i>	20
<i>Fuerzas de ruptura de revestimientos</i>	Seco: 0,6 lb. (3N) Húmedo, 14 días a temperatura ambiente: 0,6 lb. (3N)
<i>Coefficiente de dispersión posterior de Rayleigh (para un ancho de impulsos de 1 ns)</i>	1310 nm: -77 dB 1550 nm: -82 dB
<i>Dispersión de modo de polarización de fibra</i>	0,02 ps/vkm

Fórmulas

Dispersión

$$\text{Dispersión} = D(\lambda) = \frac{S_c}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_c^4}{\lambda^3} \right] \text{ ps/(nm}\cdot\text{km)},$$

para $1200 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1625 \text{ nm}$

λ = Longitud de onda de funcionamiento

No circularidad de recubrimiento

$$\text{No circularidad de recubrimiento} = \left[1 - \frac{\text{Diámetro de recubrimiento mín.}}{\text{Diámetro de recubrimiento máx.}} \right] \times 100$$

Cómo efectuar pedidos

Comuníquese con el representante de ventas o llame al Departamento de servicio al cliente al:

Tel: 607-248-2000 (EE.UU. y Canadá)

+44-1244-287-437 (Europa)

Correo electrónico: opticalfiber@coming.com

Cuando efectúe su pedido, sírvase especificar el tipo de fibra, la atenuación y la cantidad.

Corning Incorporated
www.coming.com/opticalfiber

One Riverfront Plaza
Corning, NY 14851
EE.UU.

Tel: 800-525-2524 (EE.UU. y Canadá)
607-786-8125 (Internacional)

Fax: 800-539-3632 (EE.UU. y Canadá)
607-786-8344 (Internacional)

Correo electrónico: cofo@coming.com

Europa

Tel: 00 800 6620 6621 (Reino Unido, Irlanda, Italia, Francia, Alemania, Países Bajos, España y Suecia)

+1 607 786 8125 (todas las demás países)

Fax +1 607 786 8344

Asia Pacífico

Australia

Tel: 1-800-148-690
Fax: 1-800-148-568

Indonesia

Tel: 001-803-015-721-1261
Fax: 001-803-015-721-1262

Malasia

Tel: 1-800-80-3136
Fax: 1-800-80-3155

Filipinas

Tel: 1-800-1-416-0358
Fax: 1-800-1-116-0359

Singapur

Tel: 800-1300-955
Fax: 800-1300-956

Tailandia

Tel: 001-800-1-3-721-1265
Fax: 001-800-1-3-721-1264

América Latina

Brazil

Tel: 000817-762-4732
Fax: 000817-762-4996

México

Tel: 001-800-235-1719
Fax: 001-800-339-1472

Venezuela

Tel: 800-1-4418
Fax: 800-1-4419

China Continental

Correo electrónico: GCCfo@coming.com

Beijing

Tel: (86) 10-6505-5066
Fax: (86) 10-6505-5077

Hong Kong

Tel: (852) 2807-2723
Fax: (852) 2807-2152

Shanghai

Tel: (86) 21-5467-4666
Fax: (86) 21-5407-5173

Taiwan

Tel: (886) 2-2716-0338
Fax: (886) 2-2716-0339

Corning SMF-28, SMF-28e y CPC son marcas registradas de Corning Incorporated, Corning, NY.

Toda garantía de cualquier naturaleza relacionada con cualquier fibra óptica de Corning sólo se incluye en el acuerdo escrito entre Corning Incorporated y el comprador directo del producto.

©2005, Corning Incorporated

HUAWEI NG SDH OPTIX METRO



Huawei NG-SDH

OptiX OSN 3500
— STM-16/64 Intelligent Optical Transmission Platform

OptiX OSN 2500
— STM-4/16 Intelligent Optical Transmission Platform

OptiX OSN 1500
— Compact STM-4/16 Intelligent Optical Transmission Platform

Network Solutions for a Wider World

- One platform, different variation for different layer
- Service cards fully re-used in different variation
- MPLS&GMPLS ready
- Ethernet/ATM/RPR/WDM/SAN/DVB service available
- Operable and manageable for optimized network



Huawei NG-SDH

Brief introduction:

The OptiX OSN 3500/2500/1500 are NG-SDH products developed by Huawei. Based on an uniformed platform, OSN series product can provide SDH/SDH, Ethernet, ATM, built-in WDM and GAN service transmission solution. With new high integration ASIC chips, full compatibility in

hardware and software, special consideration for maintenance, smoothly scalable to AGON (Automatic switch optical network), OSN 3500/2500/1500 will bring sigma significant cost saving for carries' CAPEX and OPEX.



The OSN 3500 is a STM-16/STM64 OED (optical edge device) located in core layer or edge layer with scalability to STM-64

The OSN 2500 is a STM-4/16 OED (optical edge device) located in edge layer

The OSN 1500 is a STM-4/16 compact mini-box located in access layer.

Features & Benefits of OSN 3500/2500/1500

● Compatibility

OptiX OSN 3500/2500/1500 is the NG-SDH family based on an uniformed software/hardware platform, all the software and service cards, such as SDH, PDH, Ethernet card, are fully re-used by each other,

minimizing the cost of investment and maintenance for the customer. Unified product series can also shorten the time of network deployment and training

● Flexibility

- With Multi-ADM design flexible for networking. They can be used as a DXC for centralized service grooming and self-heal ring for distributed traffic grooming. They support STM-1/STM-4/STM-16/STM-64 chain network, ring network, star network, ring with chain, tangent ring, and dual rings.

- Powerful service accessibility, OSN 3500 provides 504 E1/T1 add/drop in one sub-rack, and 1008 E1 with extended sub-rack.

- Specially OSN 3500/2500/1500 reserves the resource forASON design and can be smoothly evolved into intelligent network just by software upgrade.

● Data awareness

As NG-SDH equipment, OSN 3500/2500/1500 can provide abundant service interfaces for voice and data service, such as SDH, PDH, ATM, Ethernet, DDN, built-in WDM etc. for Ethernet they can provide GE/FE

transparent transmission, convergence and L2 switch to address diverse customers' requirements via adopting GFP/LCAS/MCAT and supporting MPLS L2 VPN. It can also provide ESCON/FICON/FC, ATM, WDM, RPR etc.

- GFP/LAPS encapsulation protocols optional
- Mapping granularity: VC-12-nv/VC-3-nv, and VC-4-nv for GE
- Support L2 convergence form FE to FE, FE to GE, GE to GE
- MPLS and Stackable VLAN for L2 VPN
- LCAS for bandwidth protection
- CAR base on 64K granularity
- 48 aggregation directions for powerful Ethernet convergence

● Operable & manageable

Service board compatible saving spare part and operation cost
 STM-1/4/16 BFP optical laser can be hot-swappable
 Remote acquire board information and remote maintenance
 Software can be upgrade in service
 Supporting TCM
 Order-wire protection in case of fiber cut
 IP over DCC, OS1 over DCC
 Unified management system with end to end service provision



Specifications:

	OptiX OSN 3500	OptiX OSN 2500	OptiX OSN 1500
System Capacity	40G(HC)+5G(LO) 80G(HC)+5G(LO) 80G(HC)+20G(LO)	20G(HC)+5G(LO)	15G(HC)+5G(LO)
Client interface	STM-64, STM-16, STM-4, STM-10, STM-1e, E4, E3/T3, E1/T1 FE, GE 34M, 155M ATM UNI ESCON, FICON, Fiber Channel Built-in OADM, X-rate	STM-16, STM-4, STM-10, STM-1e, E4, E3/T3, E1/T1	STM-16, STM-4, STM-10, STM-1e, E4, E3/T3, E1/T1
Data awareness	GFPR/CAS/VCAT MPLS based on Martini draft, Stackable VLAN EPL/VEPL/EPLn/EVPLn		
Intelligence	ASON-ready design, upgradeable with network evolution • End-to-end provisioning • Mesh restoration • SLA		
Hardware protection	1+1 hot-standby for cross-connection, timing, power supply, system control & communication unit. 1:N TPS (Tributary protection switch for E1/T1, E3/T3, E4/STM-1e) 1+1/1:N TPS for Ethernet processing card		
Network protection	1+1 or 1:N linear MSP 4F/3F MSP-ring, VMSP SNCP DNI (ITU-T G.842)		
Dimensions (mm) (H x W x D)	730 (H) x 496 (W) x 295 (D)	490 (H) x 440 (W) x 295 (D)	222 (H) x 444 (W) x 287 (D)
Power Supply	Voltage: -38.4 ~ -72VDC		
EMC	In compliance with ETS 300 386 and ETS 300 127		



Huawei Technologies Co., Ltd.

Add: Huawei Industrial Base,

Bantian Longgang,

Shenzhen 518129 P.R.China

Tel: +86-755-28789247, 28780808

http://www.huawei.com

E-mail: information@huawei.com

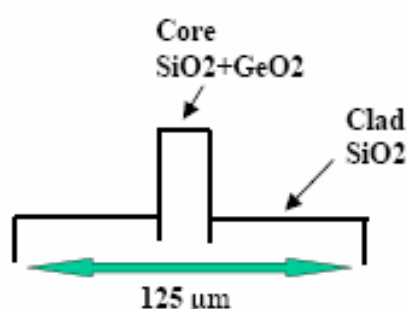
Version No: M3-D40030-20040310-C-1.0

STANDARD SINGLE – MODE FIBER (ITU-T G.652E)

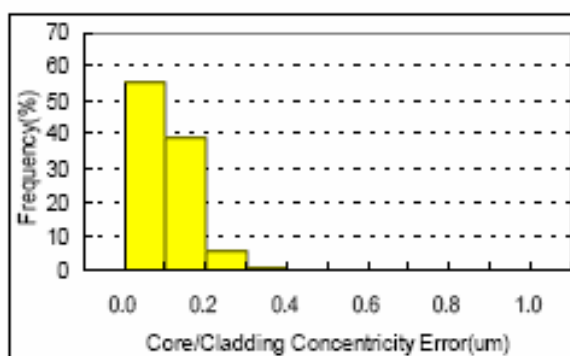
SEI Standard Single-Mode Fiber (ITU-T G.652)

Sumitomo Electric provides Standard Single-Mode Optical Fiber, which is produced by state of the art VAD (Vapor Phase Axial Deposition) optical fiber manufacturing method. With its excellent transmission performance and unparalleled reliability, Sumitomo's fiber adds extra value to your optical network.

Structure of Fiber



Core/Cladding Concentricity Error



Product information (Typical Value)

1. Geometrical Characteristics:

Mode field diameter at 1310 nm	9.2 μm
Core / Cladding concentricity error	0.1 μm
Cladding diameter	125 μm
Primary coating diameter	245 μm (Uncolored)
(UV curable acrylate)	250 μm (Colored)

2. Optical Characteristics:

Attenuation	0.33 dB/km (1310 nm)
	0.19 dB/km (1550 nm)
Zero dispersion wavelength	1312nm
Dispersion slope at 1310 nm	0.086 ps/nm ² /km
Chromatic dispersion	16.7 ps/nm/km (1550nm)
Cable cutoff wavelength	1130 nm
Fiber cutoff wavelength	1250 nm

3. Mechanical Characteristics

Fiber proof test level	1.2 % (0.86 GPa=125 kpsi)
------------------------	---------------------------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] John P. Powers. Pacific Grove, California. "An Introduction to Fiber Optic Systems". Second Edition.
- [2] Edited by Casimer DeCursatis "Handbook of Fiber Optic Data Communication". Second Edition.
- [3] "Fibra Óptica "http://www.yio.com.ar/fo/
- [4] Carlos Usbeck W. "Diseño y Mantenimiento de Redes con Fibra Óptica"
- [5] CONATEL, Anexo Técnico.
- [6] CONATEL, Informe Final Estudio nueva salida cable submarino jun12-2006_ASETA.
- [7] CONATEL, Estudio con el fin de establecer el valor de oportunidad de la implementación de una nueva salida de cable submarino, utilizando para su conexión nacional los hilos disponibles de fibra óptica del cable primario de OCP Ecuador S.A.
- [8] Concesión para la explotación comercial de 4 hilos del cable de fibra óptica de la compañía oleoducto de crudos pesados (OCP) Ecuador S.A.
- [9] Fibra Óptica, <http://www.fibra-optica.org>.
- [10] Fibra Óptica Monomodo, www.ofsoptics.com/espanol.
- [11] Cableado Interior de Fibra, <http://www.delenec.com>.
- [12] Técnicas de verificación de fibra óptica, <http://www.wikipedia.org/>
- [13] Textos Científicos <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>.
- [14] Tecnologías de Fibra Óptica, <http://www.andinalink.com/es/>
- [15] Características fibra óptica, <http://www.frsf.utn.edu.ar/catedras>
- [16] Cálculo Enlace, <http://www.optim.com.ar/es/policy.php>.
- [17] Cálculo enlace, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

- **[18]** Recomendaciones de instalación, <http://www.fibraopticahoy.com>
- **[19]** Equipos, <http://www.huawei.com/products/optical/products>.
- **[20]** Equipos, <http://www.dellciron.com/Metro3000.htm>
- **[21]** Ing. Patricia Chávez, Fibra Óptica, Transelectric S.A, 2004.
- **[22]** DWDM, <http://www.radioptica.com/Fibra/dwdm.asp>
- **[23]** Harris Farinon Division, Quadralink Digital Radio, Instruction Manual
- **[24]** Harris Farinon Division, MicroStar Digital Radio, Instruction Manual
- **[25]** Harris Farinon Division , Aurora Digital Radio, Instruction Manual
- **[26]** Proxim Wireless, www.ydi.com

Fecha de Entrega del Proyecto de Tesis.

Sangolquí, de Septiembre 2007.

Santiago Silva A.
Autor

Ing. Gonzalo Olmedo.
Coordinador de Carrera