



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E
IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDH (STM-16), EN LA REGIÓN
NOR-ORIENTAL, UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HÍBRIDO EN
ANILLO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES**

Axel Gustavo Pérez Archila

Asesorado por el Ing. Luis Fernando Rivera Arroyo

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E
IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDH (STM-16), EN LA REGIÓN
NOR-ORIENTAL, UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HÍBRIDO EN
ANILLO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

AXEL GUSTAVO PÉREZ ARCHILA
ASESORADO POR EL ING. LUIS FERNANDO RIVERA ARROYO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Waldemar De León
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Adolfo Villeda Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Durán
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDH (STM-16), EN LA REGIÓN NOR-ORIENTAL, UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HÍBRIDO EN ANILLO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.

Axel Gustavo Pérez Archila

Guatemala 3 de Julio del 2008

Ing. Mario Renato Escobedo
Director de Escuela
Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente.

Respetable Ingeniero Escobedo:

Por medio de la presente le informo a usted, que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante universitario, AXEL GUSTAVO PÉREZ ARCHILA, quien se identifica con el número de carné 27-12164 de la carrera de Ingeniería Eléctrica, titulado "CONSIDERACIONES TECNICAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ANILLO SDH STM-16 EN LA REGION NOR-ORIENTAL UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HIBRIDO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES".

Considerando que el trabajo presentado, ha sido desarrollado cumpliendo con los reglamentos vigentes y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, doy mi aprobación y solicito se le dé el trámite correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted, muy respetuosamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

110

Ing. Luis Fernando Rivera
Ing. Luis Fernando Rivera
Colegiado No. 5587
Asesor



Guatemala, 26 de septiembre de 2008.
REF.EPS.DOC.843.09.08.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

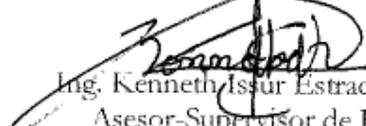
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **AXEL GUSTAVO PÉREZ ARCHILA** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con carné No. 2712164, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDH STM-16 EN LA REGION NOR-ORIENTAL UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HIBRIDO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



c.c. Archivo
KIER/ra



Guatemala, 26 de septiembre de 2008.
REF.EPS.DOC.843.09.08.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo.

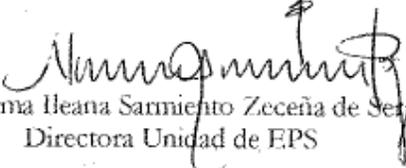
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDH STM-16 EN LA REGION NOR-ORIENTAL UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HIBRIDO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **AXEL GUSTAVO PÉREZ ARCHILA** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



Guatemala, 23 de OCTUBRE de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, UGAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E
IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDR STM-16 EN LA
REGIÓN NOR-ORIENTAL UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO
HÍBRIDO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES de
estudiante: José Gustavo Pérez Arcilla, que cumple con los requisitos
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle

Atentamente,

DIR Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. José Oscar Solares Peña
Coordinador Área de Electrónica



FCSE/2008



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: AXEL GUSTAVO PÉREZ ARCHILA, titulado: CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ANILLO SDH STM-16 EN LA REGION NOR-ORIENTAL UTILIZANDO UN EQUIPAMIENTO HÍBRIDO CON DOS DIFERENTES PROVEEDORES, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario René Escobar Pérez

DIRECTOR



GUATEMALA, 13 DE OCTUBRE 2008.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	
1.1 Antecedentes de la Empresa	1
1.1.1 Reseña histórica	1
1.1.2 Misión de la empresa	2
1.2 Tecnologías que utiliza la empresa	2
1.3 Servicios que presta la empresa	2
2 CONCEPTOS GENERALES SOBRE SDH	
2.1 Principios de comunicaciones	5
2.1.1 Modelo OSI	5
2.1.1.1 Capa física	5
2.1.1.2 Capa de enlace de datos	5
2.1.1.3 Capa de red	6
2.1.1.4 Capa de transporte	6
2.1.1.5 Capa de sesión	6
2.1.1.6 Capa de presentación	7
2.2 Protocolo SDH	7
2.2.1 Múltiplexación digital	8

2.2.2	Fibra óptica	8
2.2.3	Esquema de protección	9
2.2.4	Topologías en anillo	9
2.2.5	Gestión de red	9
2.2.6	Sincronización	9
2.3	Origen del SDH	10
2.4	El Módulo de transporte síncrono	12
2.4.1	La Cabecera de Ruta	12
2.4.2	El módulo de transporte síncrono	13
2.4.3	La cabecera de sección	14
2.5	Estructura de Multiplexación	16
2.5.1	La estructura SDH	17
2.6	La trama de STM-1	18
2.6.1	El área de carga	20
2.6.2	Etiqueta de señal	21
2.6.3	El puntero de Unidad Administrativa	23
2.6.4	La cabecera de sección	24
3	LA FIBRA ÓPTICA	
3.1	Conceptos generales	27
3.1.1	Guías de onda	27
3.1.2	Composición de la fibra óptica	28
3.2	Tipos de fibra óptica	30
3.2.1	Fibra multimodo	30
3.2.1.1	Fibra de índice escalón	30
3.2.1.2	Fibra de índice graduado	31
3.2.2	Fibra monomodo	32

3.3	Ancho de banda de la fibra	33
3.3.1	Dispersión nodal	34
3.3.2	Dispersión cromática	34
3.3.2.1	Dispersión cromática material	34
3.3.2.2	Dispersión cromática guía-onda	34
3.4	Componentes de una red óptica	35
3.4.1	Empalme	35
3.4.2	Bandeja de empalmes	35
3.4.3	Caja de empalmes	36
3.4.4	Paneles de conexión	36
3.4.5	Cordones de conexión y latiguillos	36
3.4.6	Conectores	37
3.5	Topologías de una red óptica	38
3.5.1	Topologías lógicas	38
3.5.1.1	Lógica punto a punto	39
3.5.1.2	Lógica en estrella	39
3.5.1.3	Lógica en enlace común	39
3.5.1.4	Lógica en anillo	39
3.5.2	Topologías físicas	39
4	LINEAMIENTOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS SDH	
4.1	Requisitos mínimos para la instalación	41
4.1.1	Tierras físicas	41
4.1.2	Condiciones ambientales	42
4.1.2.1	Temperatura	42
4.1.2.2	Humedad	43
4.1.3	Energía	44

4.1.3.1	Energía AC	44
4.1.3.2	Energía DC	44

5 PRUEBAS DE FIBRA ÓPTICA Y EQUIPOS SDH

5.1	Pruebas de fibra óptica	47
5.1.1	Conceptos	47
5.1.1.1	Reflexión y refracción	47
5.1.1.2	Reflexión interna total	49
5.1.2	Pruebas reflectométricas	50
5.1.2.1	Mediciones de las pérdidas	50
5.1.2.1.1	Pérdidas inherentes a la fibra	51
5.1.2.1.2	Pérdidas por empalme	52
5.1.2.1.3	Pérdidas en conectores	53
5.1.2.1.4	Pérdidas por retorno	54
5.1.2.1.5	Pérdidas por causas varias	55
5.1.3	Equipos de medición	55
5.1.3.1	OTDR	56
5.1.3.2	Medidores de potencia	57
5.2	Pruebas equipo SDH	58
5.2.1	Pruebas de equipo	58
5.2.1.1	Prueba de encendido	58
5.2.1.2	Prueba de reconocimiento de tarjetas	59
5.2.1.3	Pruebas de puertos	60
5.2.2	Pruebas de tráfico	60
5.2.2.1	Pruebas de conmutación	60

5.2.2.2	Pruebas de redundancia de energía	62
---------	-----------------------------------	----

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1	Descripción del proyecto.	64
6.1.1	Planta externa	64
6.1.2	Fibra óptica	65
6.1.3	Electrónica	66
6.1.4	Obra civil	67
6.2	Diagrama del proyecto.	69
6.3	Pruebas de aceptación de instalación.	69
6.4	Pruebas de aceptación de funcionamiento.	70

CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Esquema de mapeo SDH.....	13
2. Composición del contenedor.....	20
3. Composición de una fibra óptica	28
4. Fibra de multimodo índice escalón	31
5. Fibra multimodo índice gradual	32
6. Fibra monomodo	33
7. Tipos de conectores de fibra óptica	38
8. Topología de red	40
9. Conexión de polarización corriente directa	45
10. Ley de Snell	48
11. Reflexión interna total	50
12. Ventanas de operación en una fibra óptica	51
13. Tipo de acople de conectores	54
14. Conexión de energía del equipo SDH	59
15. Equipo SDH	59
16. Instalación de poste de concreto.....	64
17. Fibra óptica instalada sobre poste de madera.....	65
18. Fibra óptica tipo ADSS de 48 Hilos.....	65
19. Sistema de climatización y banco de baterías.....	68
20. Paneles de distribución de energía AC y DC.....	68
21. Diagrama unifilar del proyecto	69

TABLAS

I. Diámetros comunes de una fibra óptica y su protección	29
II. Características dimensionales y mecánicas de la fibra óptica	66

GLOSARIO

ADD-DROP	Operación que consiste en extraer e insertar canales tributarios sobre una señal que transita en la línea.
ADM	<i>Add-Drop Multiplexer</i> -Multiplexor que mira en al menos dos direcciones y que permite extraer e insertar algunos canales desde cada información principal.
ADPCM	<i>Adaptative Differential PCM</i> -Codificador de señales digitales que utiliza una predicción adaptativa de la muestra y codifica la diferencia entre la muestra y la predicción.
AIS	<i>Alarm Indication Signal</i> -Señal consistente en una secuencia 11...11 que reemplaza a la señal principal cuando está afectada de una alarma grave.
ALS	<i>Automatic Láser Shutdown</i> -Mecanismo de seguridad que interrumpe la emisión del láser en sistema con fibras ópticas cuando no existe señal de recepción.
ANSI	<i>American National Standard Institute</i> Instituto de normalización de USA de similares características que el DIN de Alemania.
APS	<i>Automatic Protection Switching</i> Sistema de protección automática utilizado en redes de fibra óptica, que consiste en transmitir la misma información por FO distintas.
BACKPLANE	Consiste en el bus de conexión posterior de un equipo: bus standard (se accede mediante interrupciones); bus múltiple (un bus para cada tipo de señal); bus segmentado (Se trata de segmentos unidos mediante conectores); bus multiplexado

(varios bus lógicos sobre un sólo bus físico).

BER *Bit Error Rate* -Relación entre el número de errores y el número de bits transmitidos en un cierto tiempo. Ejemplo: 10^{-6} significa un error en un millón de bits.

BNC *Bayonet Navy Connector* -Es el más popular tipo de conector para cables coaxiales. Usualmente aplicado para señales digitales y analógicas.

BPS *Bit per second*
Unidad de medida de la velocidad de datos digitales. Usualmente se utilizan múltiplos como kb/s, Mb/s y Gb/s.

BUFFER Memoria intermedia que permite escribir y leer los datos con un reloj distinto y en forma independiente.

BW *Bandwidth*
Característica de un sistema de comunicaciones que indica la cantidad de información que transporta.

CCITT *CCI for Telegraphy and Telephony*
Antiguo Comité del ITU que realizaba las normas sobre telefonía y telegrafía. Actualmente es el ITU-T.

CRC *Cyclic Redundancy Check*
Método de cálculo de bits de paridad que se utiliza para la detección de errores en las redes de datos por paquetes.

dB/dBm *DeciBell*
Unidades de medida de potencia. El dB se refiere a una relación entre dos señales y el dBm es el valor absoluto referido a la potencia de 1 mw.

DCC *Data Communications channel*

Canal de comunicación de datos insertado dentro de la trama STM-1 en la red SDH para transportar información de gestión de TMN.

DDF	<i>Digital Distribution Frame</i> Estructura mecánica sobre la cual se realizan las conexiones de circuitos digitales; típicamente señales de 2 Mb/s sobre cables coaxiales 75 ohm.
DISPONIBILIDAD	Período de tiempo donde el canal se encuentra en condiciones de transportar señal con la calidad deseada. Se mide en porcentaje (por ejemplo 99.99%).
E1	<i>European 1</i> -Denominación comercial de un circuito de 2048 kb/s y por multiplexación da lugar a la velocidad E3 de 34.386 kb/s (34 Mb/s).
ECC	<i>Embedded Comm Channel</i> Identificación genérica utilizada para un canal de datos que es transmitido dentro (embebido) de una trama de mayor velocidad.
ETS	<i>European Telecommunication Standard</i> Son las normas emitidas por el Instituto Europeo ETSI.
ETSI	<i>European Telecom Standard Institute</i> Instituto para el ámbito de Europa que normaliza las telecomunicaciones. Similar al ITU-T y descendiente del CEPT.
FC/PC	<i>Fixed Connector/Physical Contact</i> Tipo de conector para fibras ópticas según norma NTT. Es un conector metálico a rosca de amplia difusión.
FRAME RELAY	Red de datos derivada de la red X.25 que permite accesos desde 64 kb/s hasta 2 Mb/s. Ofrece servicios punto-a-punto y del tipo PVC.

GPS	<i>Global Position Systems</i> Sistema de 24 satélites artificiales que se encuentran en órbita de 20.000 km y que distribuyen temporización y posición a todo el planeta.
HDB3	<i>High Density Bipolar</i> Formato de codificación de señales digitales (usado en E1 a 2 Mb/s mediante conductores metálicos).
HOLD OVER	Forma de oscilación controlada por una tensión memorizada en un generador de temporización cuando se pierden las fuentes programadas.
IEEE	<i>Institute Electrical and Electronic Engineers</i> Instituto internacional que estudia aspectos de las comunicaciones. Dispone de las normas IEEE 802.x referidas a redes de datos.
ISO	<i>International Standard Organization</i> Organización internacional que trabaja en conjunto con ITU-T para la definición de normas en el ámbito de las comunicaciones y otras disciplinas.
ITU-T	<i>Internacional Telecommunication Union</i> Organismo dependiente de la UN y que se ocupa de las normalizaciones en el ámbito de las telecomunicaciones. Sede en Ginebra, Suiza.
ITU-T G.65x	Grupo de normas del ITU-T que normalizan las FO. La FO-SM más utilizada es la .652 denominada standard.
JITTER	Fluctuación de fase de una señal digital. El jitter corresponde a una fluctuación de alta velocidad (superior a 10 Hz).
KEVLAR	Material formado por hilos de aramida muy utilizado en los cables de fibras ópticas para dar resistencia a la tracción sin agregar un material conductor.
LAN	<i>Local Area Network</i>

Red de interconexión de elementos informáticos en un área de localización reducida.

LASER

Light Amplifier Stimulated Emission Radiation

Diodo emisor de luz que gracias al efecto de emisión estimulada obtiene una ganancia interna y emite más potencia que el Led.

LOS

Loss Of Signal

Alarma local emitida cuando se detecta la falta de señal de entrada a nivel eléctrico u óptico.

MUX

Multiplex

Denominación de un equipo o circuito que realiza la multiplexación de varias entradas en una sola salida.

ODF

Optical Distribution Frame

Distribuidor mecánico donde se colocan acopladores para fibras ópticas y divide el lado de equipos del lado de cables ópticos.

OSI

Open Systems Interconnect

Modelo de 7 capas para las redes de datos desarrollado en 1976 por la ISO y adoptado por el ITU-T para los desarrollos posteriores.

OTDR

Optical Time Domain Reflectometer

Instrumento de medida para cables de fibras ópticas que permite visualizar la luz que retorna en empalmes o defectos en la fibra.

PC

Personal Computer

Computador personal (desktop, notebook, etc) que contiene la totalidad de las funciones en su interior.

PCM

Pulse Code Modulation

Proceso de codificación digital de las señales analógicas que consiste en el muestreo y la codificación de muestras.

PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> Jerarquía digital que iniciando en E1 (2 Mb/s) multiplexa a velocidades de 8 Mb/s, 34 Mb/s y 140 Mb/s.
POH	<i>Path OverHead</i> Grupo de 9 Bytes colocados al inicio del contenedor virtual VC-4 en la trama STM-1 de SDH. Se usa para informaciones de servicio.
POINTER	Puntero que señala la posición del contenedor VC-4 dentro de la trama STM-1. Si la red SDH está sincronizada, el puntero está fijo.
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> Jerarquía de multiplexación que parte desde STM-1 a la velocidad de 155.520 kb/s y se despliega en STM-4 (622 Mb/s) y STM-16 (2488 Mb/s).
SES	<i>Several Error Second</i> Parámetro de evaluación de calidad en circuitos digitales según las normas G.821/826 del ITU-T.
SETS	<i>Synchronous Equipment Timinig Source</i> Se trata del reloj incorporado en un equipo que pertenece a la red SDH y que debe sincronizarse con un reloj maestro.
SOFTWARE	Soporte lógico de un equipamiento que se memoriza para ser ejecutado durante la operación del mismo.
SOH	<i>Section Over Head</i> Encabezado de la trama STM-1 en la red sincrónica SDH y que sirve para transportar informaciones de servicio (alarmas, paridad, gestión, etc.).
SONET	<i>Synchronous Optical Network</i> Denominación usada en USA para la red sincrónica SDH. El nivel de Sonet OC-3 es equivalente a STM-1 del ITU-T.

STM	<i>Synchronous Transport Module</i> Módulo de transporte sincrónico de 155 Mb/s que determina el primer nivel de la jerarquía digital sincrónica SDH.
SWITCH	Matriz de conmutación genérica que permite la conexión entre una puerta de entrada y otra de salida para la transmisión y recepción de la señal.
TDM	<i>Time Division Multiplexer</i> Procedimiento de multiplexación de varios usuarios que utiliza la división del tiempo en intervalos reservados a cada usuario.
TRIBUTARIO	Denominación genérica que describe a la señal de usuario que se ingresa a un equipo de transmisión.
WAN	<i>Wide Area Network</i> Denominación genérica utilizada para una red de datos que ocupa un área extensa, generalmente a nivel nacional o internacional.
WANDER	Fluctuación de fase de la señal digital. El wander corresponde a una fluctuación de baja velocidad (inferior a 10 Hz) y normalmente de período diario.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se plantean las condiciones técnicas para el diseño e implementación de anillos SDH basándose en las normas internacionales de telecomunicaciones. Seguidamente se realiza un estudio de los diferentes aspectos que interfieren en el diseño de una red SDH para que cumpla con las características de calidad requeridas internacionalmente.

Se presenta todos los aspectos teóricos necesarios para la comprensión de lo que representa un sistema de comunicaciones SDH, así como el del componente más crítico en el diseño de una red, como la evaluada en este estudio, que es la fibra óptica, ya que prácticamente, de las características de éste se desprenden los requerimientos de electrónica.

En el contenido del presente trabajo de graduación, se podrá encontrar también la descripción de los diferentes estudios y trabajos de campo que se realizaron para la implementación satisfactoria de este proyecto. Así como también los protocolos de las pruebas de instalación y funcionamiento que se utilizaron para poder dar por aceptado el mismo.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

1. Desarrollar y documentar los conceptos y planes de trabajo para la implementación y operación de los equipos SDH de diferentes proveedores utilizados en la formación de anillos de transporte de comunicaciones.

- **ESPECÍFICOS**

1. Describir las características de las redes de transporte que utiliza la empresa.
2. Describir el funcionamiento de los sistemas de telecomunicaciones que utilizan la tecnología SDH.
3. Desarrollar conceptos elementales para la comprensión del uso y manejo de las redes SDH.
4. Desarrollar el estándar de instalación y montaje para los equipos SDH instalados en campo.
5. Elaboración de documento conteniendo las características, lineamientos y procedimientos para la ejecución de las pruebas de aceptación del funcionamiento del anillo SDH.
6. Realización de pruebas de certificación del funcionamiento de la red, implementada según normas internacionales

INTRODUCCIÓN

El presente documento, muestra el Informe final del desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), del proyecto de implementación de dos anillos SDH y describe los diferentes aspectos, tareas y estudios necesarios para la realización del proyecto. Tomando en cuenta todas las implicaciones técnicas necesarias, para que la realización del proyecto se lleve a cabo sin ningún inconveniente..

Se expondrán las diferentes actividades que se ven implicadas en el desarrollo del proyecto, tales como el desarrollo de los conceptos esenciales para el trabajo en redes SDH, análisis de normas estándar internacionales establecidas por la ITU, documentación de características, lineamientos y procedimientos necesarios para realizar las pruebas de inter-conexión entre los equipos de diferentes proveedores, y los procedimientos de pruebas para la aceptación del proyecto.

Al desarrollar este proyecto, se busca ampliar la red de cobertura de la empresa donde se realizará la práctica, y con esto llevar las comunicaciones a los sitios más remotos del interior de la República, en particular la Región Nor-Oriental del país, y con esto beneficiar a las poblaciones que durante años han estado al margen de la información y comunicación.

También se espera que el presente sea de beneficio para los futuros estudiantes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que constituirá una guía para estructurar los lineamientos y procedimientos para la realización de un proyecto de transmisión como el presentado.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la Empresa

1.1.1 Reseña histórica

Navega.com se presenta al mercado guatemalteco como la mejor alternativa de transporte de comunicaciones y el puente tecnológico donde convergen las tecnologías de video, voz y datos.

El concepto de Navega.com surge en el año de 1999, como una alianza estratégica entre Comcel del grupo Millicom, Iberdrola, Electricidad de Portugal y Teco Energy.

Comcel, la empresa líder en servicios de telecomunicaciones en Guatemala, que cuenta con más de 2 millones de usuarios de telefonía celular, más de 100 mil usuarios de *Internet* y que genera varios millones de minutos mensuales en larga distancia.

Iberdrola es una empresa multinacional que provee generación y distribución de energía eléctrica, cuenta con más de 8 millones de clientes en España y 5 millones en Latinoamérica e ingresos anuales por más de nueve mil millones de dólares americanos. Cuenta también con Iberdrola redes con más de 8 mil kilómetros de fibra en España y les provee servicio a más de 35 operadores de comunicaciones.

Electricidad de Portugal, el único distribuidor y el generador más grande de energía eléctrica de Portugal, con más de cinco millones de clientes e ingresos anuales de más de seis mil millones de dólares americanos. Además tiene inversiones en el área de telecomunicaciones, con presencia en América

Latina, África y Asia. Cuenta con una red de más de 20 mil kilómetros de fibra óptica que cubre más del 80 por ciento del territorio Portugués.

Teco Energy Company, es el conglomerado de empresas ubicado en Tampa Florida Estados Unidos, que tiene operaciones de generación y distribución de electricidad con ingresos anuales que superan los 2 mil millones de dólares americanos.

1.1.2 Misión de la empresa

La misión de Navega.com es “Construir, operar, mantener, desarrollar y explotar redes de transporte de comunicaciones”.

1.2 Tecnologías que utiliza la empresa

Las redes de Navega.com la conforman una gama de tecnologías que hacen posible la transmisión de la información de video, voz y datos.

Dentro de las tecnologías utilizadas se tienen redes de transporte sobre fibra óptica utilizando SDH, IP MPLS así como también una red de transporte inalámbrico.

1.3 Servicios que presta la empresa

Enlaces de fibra óptica sobre redes SDH: con anillos de 90 hilos de fibra óptica redundantes sobre los cuales ofrecemos servicios de canales claros, con anchos de banda desde 64 Kbps hasta n X Gbps de capacidad.

Enlaces de fibra óptica GigaRed: con anillos de fibra óptica redundantes, entregando servicios con velocidades arriba de 2Mbps hasta n X Gbps sobre una red IP MPLS.

Enlaces de fibra óptica Internacionales: servicios internacionales de Canales Claros, IP – VPN, Frame Relay, Internet, Servicio de Respaldo Remoto, Administración de discos de almacenaje, Servicios de administración de respaldos.

2 CONCEPTOS GENERALES SOBRE SDH

2.1 Principios de Comunicaciones

2.1.1 Modelo OSI

El modelo OSI es la propuesta que hizo la Organización internacional para la estandarización (ISO), para la interconexión en sistemas abiertos. Un sistema abierto se refiere a que es independiente de una arquitectura específica. El modelo se compone de un conjunto de estándares ISO relativos a las comunicaciones de datos.

El modelo en si mismo no puede ser considerado una arquitectura, debido a que no especifica el protocolo que debe utilizarse en cada capa. El modelo está dividido en siete capas.

2.1.1.1 Capa física

La capa física es la que se encarga de las conexiones físicas de la red. Los estándares especifican niveles de señal, tipo de cable conectores.

La misión principal de esta capa es transmitir información por un canal de comunicación sin alteración entre emisor y receptor.

2.1.1.2 Capa de enlace de datos

En esta capa interviene el protocolo SDH. Su misión es transportar y gestionar gran cantidad de tipo de tráfico diferentes sobre la infraestructura

física. Tiene que ver con el comienzo de la transmisión del mensaje, la detección y corrección del error y la transmisión final del mensaje. También controla el flujo de información entre nodos; encargándose únicamente de la transmisión de datos.

2.1.1.3 Capa de red

Decide el encaminamiento de los paquetes entre el origen y el destino. El camino puede establecerse estáticamente o dinámicamente (en función del tráfico de la red). Debe detectar y corregir problemas de congestión de tráfico.

2.1.1.4 Capa de transporte

Esta capa acepta los datos de la capa de sesión, los divide si es necesario y los pasa a la capa de red asegurándose que lleguen a su destino. Aísla las capas superiores de cambios en el hardware de comunicaciones.

2.1.1.5 Capa de sesión

Empieza y termina la sesión de la comunicación, transfiere al usuario de una tarea a otra y proporciona recuperación de los problemas de comunicación sin perder datos.

2.1.1.6 Capa de presentación

Un protocolo de telecomunicaciones debe ser diseñado para que diferentes versiones y sistemas lo puedan usar, de modo que los datos se deben de tener en un formato definido y documentado. La capa de presentación convierte los datos en sintaxis apropiada para los dispositivos de pantalla, codifica/decodifica datos comprimidos.

2.1.1.7 Capa de aplicación

Es en esta capa donde el usuario interactúa directamente con los equipos o sistemas, representa ya el utilitario con el cual el usuario podrá ejecutar todas las aplicaciones de software que generaran intercambio de datos a través de las capas anteriormente mencionadas.

2.2 Protocolo SDH

SDH es la tecnología dominante en las actuales redes de fibra óptica de banda ancha. Su misión es transportar y gestionar gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la infraestructura física.

Esencialmente, SDH es un protocolo de transporte basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica, con mecanismos internos de protección.

En palabras simples, se puede considerar a las transmisiones SDH como tuberías las cuales portan tráfico en forma de paquetes de información. Estos paquetes son de aplicaciones tales como PDH, ATM o IP.

SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico, tales como voz, video, multimedia y paquetes de datos como los que genera el protocolo IP. Para ello, su papel es esencialmente, el mismo: gestionar la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

Las principales características que encontramos en cualquier sistema de red de transporte SDH implementado a día de hoy son las siguientes:

2.2.1 Multiplexación digital

Éste término fue introducido aproximadamente hace 20 años y permitió que las señales de comunicaciones analógicas sean portadas en formato digital sobre la red. El tráfico digital puede ser portado más eficientemente y permite monitorización de errores, para propósitos de calidad.

2.2.2 Fibra óptica

Éste es el medio físico comúnmente desplegado en las redes de transporte actuales. Tiene una mayor capacidad de portar tráfico que los cables coaxiales o los pares de cobre lo que conduce a una disminución de los costes asociados al transporte de tráfico.

2.2.3 Esquemas de protección

Éstos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla o una rotura de fibra, el tráfico podría ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera disrupción alguna en el servicio.

2.2.4 Topologías en anillo

Éstas están siendo desplegadas cada vez en mayor número. Esto es porque, si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. Esto es muy importante ya que el coste de colocar nuevos cables de fibra óptica sobre el terreno es muy caro.

2.2.5 Gestión de red

La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y rutas de tráfico desde un único computador. Un operador puede ahora gestionar una variedad grande de funciones tales como el aprovisionamiento de capacidad en respuesta a la demanda de clientes y el monitoreo de la calidad de una red.

2.2.6 Sincronización

Los operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que

pasa de un nodo a otro no se pierda. Con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo, la sincronización se está convirtiendo en un punto crítico, proporcionando a SDH un camino ideal de filosofía de red.

2.3 Origen de SDH

Los sistemas de transmisión síncronos han sido desarrollados de modo que los operadores puedan desplegar redes flexibles y resistentes. La inserción y extracción de canales puede ser realizada en un simple multiplexor. El suministro de la capacidad de gestión de la red es definida en el estándar. De hecho, un gran esfuerzo de concordia ha tenido lugar en el desarrollo de SDH. La oportunidad de definir este conjunto de estándares ha sido usada para dirigir una buena cantidad de otros problemas. Por ejemplo, la necesidad de definir interfaces estándar entre equipos de diferentes fabricantes y la necesidad de facilitar interconexión de redes entre jerarquías de transmisión de Norte América y de Europa.

Este estándar culminó en 1989 en las recomendaciones de la (UIT-T) Unión internacional de las telecomunicaciones ITU-T G.707, G.708, y G.709 que definen la Jerarquía Digital Síncrona. En Norte América, el Instituto de Estándares Nacional Americano (ANSI) publicó su estándar SONET, el cual es conocido a lo largo del resto del mundo como estándar SDH.

Las recomendaciones de la UIT-T definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en SDH. La primera de estas tasas es 155.52 Mbps, normalmente referidas como un STM-1 (donde STM significa Módulo de Transporte Síncrono). Las tasas de transmisión superiores como el

STM-4, el STM-16, y el STM-64 (622.08 Mbps, 2488.32 Mbps y 9953.28 Mbps respectivamente) también están definidas.

Las recomendaciones también definen una estructura de multiplexación donde una señal STM-1 puede portar un número de señales de menor tasa de transmisión, formando parte de su carga útil. Las señales existentes PDH pueden ser portadas sobre la red SDH como carga útil.

El nuevo estándar síncrono presentaba una serie de ventajas que lo hacían óptimo con respecto al anterior estándar plesíncrono tales como:

- Operaciones de multiplexación y demultiplexación más sencillas y flexibles, permitiendo extraer e insertar circuitos sin tener que desmontar la señal.
- Fácil de migrar hacia órdenes superiores de multiplexación, ya que emplean la misma filosofía de trabajo.
- Cuenta con mecanismos integrados de protección.
- Define un interfaz óptico abierto para permitir la interconexión con otros equipos.

Los elementos de red son equipos localizados en cada nodo de la red de transporte SDH, los cuales realizan funciones sobre el tráfico tales como multiplexación o ruteo.

Un tributario es un flujo de tráfico el cual es combinado con otros flujos tributarios mediante la función de multiplexación para dar lugar a un menor número de flujos de tráfico salientes. Una señal de agregado es el término asociado con ese flujo de salida generado.

Los tributarios de un elemento de red SDH son los interfaces de tráfico en la red SDH. Estos elementos de red soportan diferentes tipos de tributario no SDH permitiendo el transporte eficiente de tráficos de diverso origen. Por ejemplo en capas inferiores o de acceso a la red, un elemento de red puede aceptar alguno de los siguientes tráficos tributarios para portarlos directamente en su estructura de trama:

- Interfaces de tráfico PDH, 2 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps y 140 Mbps.
- Interfaces de voz analógicos.
- Interfaces Ethernet que toman datos IP o datos provenientes de LAN.

2.4 El módulo de transporte síncrono

Un contenedor es el elemento básico de una señal SDH. Éste está formado por los bits de información de una señal PDH, la cual será empaquetada dentro del contenedor. Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno de los cuales corresponde con una señal PDH de diferente tasa de transmisión.

2.4.1 La cabecera de ruta (*Path Overhead*)

Cada contenedor tiene algún tipo de control sobre la información asociada a él. Esta información es generada en el nodo originario de la ruta y es terminada en el nodo final del camino. Esta información permite al operador etiquetar el tráfico así como trazar la señal a través de la red (envío de trazas) e identificarla para propósitos de protecciones y monitoreo de cuentas de errores.

junto a algunos otros contenedores ubicados en un módulo de transporte síncrono o STM (Synchronous Transport Module).

El contenedor virtual está ubicado en el área de carga útil del STM (Payload Area). Volviendo atrás en la analogía inicial, los STM's pueden ser vistos como tuberías con las cuales se confecciona la red y el contenedor virtual como los paquetes que son portados a través de las tuberías.

La unidad básica de SDH es la estructura STM-1. Cuatro marcos STM-1 son concatenados o multiplexados para dar un STM-4 el cual tiene una mayor tasa de transmisión. STM -16 y STM-64 ofrecen mayores tasas de transmisión y soportan un mayor número de señales en su área de carga útil. Así, los STM-4, STM-16 y STM-64 pueden ser vistos como tuberías más gruesas.

2.4.3 La Cabecera de Sección (Section Overhead)

Los bytes de información son añadidos a la estructura STM suministrando un canal de comunicación entre nodos adyacentes habilitando el control de la transmisión sobre el enlace. Esto permite a los dos nodos "hablar" con el otro cuando aparece un evento de fallo en la sección, como por ejemplo, cuando ocurre una conmutación de protección.

Un camino o ruta es el término usado para referirnos a un circuito punto a punto para el tráfico, es decir, ésta es la trayectoria seguida por un contenedor virtual a través de la red. Una sección es definida como el enlace de transporte entre dos nodos adyacentes. Un camino está compuesto por un número concreto de secciones.

Volviendo a la analogía inicial de una tubería, la sección puede ser vista como la longitud de una tubería entre dos nodos de red y el camino como la ruta que toma los contenedores virtuales sobre esas secciones de tuberías.

El tráfico de los usuarios finales será transportado en contenedores virtuales por un determinado camino, sobre varias secciones. (Esto es una definición simplista e introductoria. De hecho, caminos y secciones son diferentes capas de la red de transporte como más adelante describiremos).

Un STM está dedicado a una única sección, de ahí que la cabecera de sección sea procesada en cada nodo y un nuevo STM con nuevas cabeceras es construido para la siguiente sección. El contenedor virtual, por el contrario, sigue un camino sobre diversas secciones, de modo que la cabecera de camino permanece con el contenedor de extremo a extremo del camino.

Resumiendo lo expuesto hasta ahora, la información entrará en la red SDH como un flujo digital de información. La información de estas señales es mapeada en un contenedor, y cada contenedor, por lo tanto, incluye una parte con información de control añadida, conocida como cabecera de camino. La combinación de estas señales y la cabecera es conocida como contenedor virtual. Los contenedores virtuales forman el área de carga útil del módulo de transporte síncrono (STM) el cual también tiene información de control llamada cabecera de sección.

La información entra en la red como flujos digitales de 2 Mbps que serán acomodados en contenedores virtuales VC-12. Un elemento de red SDH multiplexará esta señal junto con otras señales de tributario en una señal agregada de mayor tasa de transmisión. En el ejemplo, esto es una señal STM-1 de 155 Mbps. Esto es en la red local SDH. Esta señal puede entonces ser de nuevo multiplexada para dar una señal STM-4 a 622 Mbps en el siguiente nivel, llegando a alcanzar el STM-64 cuando son portadas a 10 Gbps. En este flujo de

mayor tasa de transmisión son transportadas muchas señales en una única fibra, en lo que es conocido como red troncal o backbone de la red y transportará la información a un determinado punto geográfico.

La señal de 2 Mbps puede ser extraída y entregada en su destino o si su destino es un equipo terminal, la señal agregada es demultiplexada descendiendo hasta la señal de 2 Mbps. La estructura de multiplexión SDH define el camino estándar para mapear las señales contenidas en un STM, cuya unidad básica es una estructura STM-1 (155 Mbps). El valor de otras tasas de transmisión básicas es definido mediante el uso de un factor de multiplicación de cuatro. Estos son los 622 Mbps conocido como STM-4, 2.5 Gbps conocidos como STM-16 y los 10 Gbps o STM-64.

Pero ¿Por qué incrementamos la tasa de transmisión de STM-1 a STM-16 o STM-4? Transportar información de un punto a otro requiere una fibra óptica ubicada de un lugar al otro. Esta instalación es costosa, así que se limita el número de fibras instaladas, intentando portar en una fibra tanta información como fuera posible, y esto es posible, mediante el transporte de una tasa de transmisión mayor como es STM-64.

2.5 La estructura de multiplexación SDH

La estructura de multiplexión SDH define cómo la información es estructurada para construir un marco STM-1. Este modo de mapeo de contenedores en una señal STM-N es definido por las recomendaciones de la ITU-T, hechas publicas desde 1989.

Anteriormente hemos dicho que los contenedores son empaquetados en STM por elementos de red. Para que los elementos de red en el extremo contrario extraigan un contenedor virtual, éste debe conocer la localización

exacta del contenedor virtual dentro del área de carga útil del STM. Un puntero denota esta ubicación. En una red sincrónica todo el equipamiento está sincronizado mediante un reloj único para toda la red. La temporización de una señal plesíncrona colocada dentro de un contenedor virtual puede variar en frecuencia o fase con respecto al reloj de red. Como resultado de esto, la localización de un contenedor virtual en una estructura STM puede no ser fija, por lo que el puntero asociado con cada contenedor virtual indica su posición dentro del área de carga útil del STM.

2.5.1 La estructura SDH

La señal STM-1, el elemento básico del SDH, comprende 2430 bytes de información. Esto está distribuido en 270 columnas por 9 filas. Dentro de ellos están contenidos la carga útil del STM-1, los punteros y las cabeceras de sección.

La construcción del área de carga STM es definida por la estructura mapeada SDH. Las tasas de transmisión de los clientes son mapeadas en contenedores (C) y una cabecera de camino (POH) añadida para dar lugar a un contenedor virtual (VC). Estos formarán Unidades Tributarias (Tributary Units o TU) las cuales consisten en contenedores virtuales más el puntero. El puntero indica la posición de contenedor virtual dentro de la unidad tributaria.

La unidad tributaria es empaquetada en Grupos de Unidades Tributarias (Tributary Units Groups o TUGs) y finalmente en Grupos de Unidades Administrativas (Administrative Unit Groups o AUGs) de acuerdo a las reglas de estructura de multiplexión SDH que podemos observar en la figura 1 Resaltar

que este empaquetado secuencial puede realizarse anidando pequeños contenedores virtuales junto con otros mayores.

Las reglas SDH de multiplexión aseguran que la posición exacta de un contenedor virtual contenido en el área de carga útil puede ser identificado por cada nodo. Esto tiene la ventaja de que cada nodo puede directamente acceder a un contenedor virtual de la carga útil sin necesitar desmontar y volver a construir la estructura de carga. Las montañas de multiplexores que aparecían en las redes PDH no son requeridas.

Siguiendo estas reglas de multiplexión, una señal STM-1 puede ser constituida de diferentes modos. Los VC-4 que formarán la carga útil de la estructura STM pueden contener una señal PDH de 140 Mbps, tres señales PDH de 34 Mbps, sesenta y tres señales PDH de 2 Mbps o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Cuando son necesarias tasas de transmisión mayores que STM-1, éstas son obtenidas usando un simple esquema de concatenación de bytes, alcanzando tasas de 622 Mbps (STM-4), 2.5 Gbps (STM-16) y 10 Gbps (STM-64).

2.6 La trama del STM-1

Los sistemas de transmisión plesíncronos permiten a los tributarios desviarse de una tasa de bits predefinida. Los métodos de justificación entonces llevan a todos los tributarios a la misma tasa de bits antes de la multiplexación. El método de justificación usando bits extra de relleno en el flujo de datos hace imposible la identificación de un canal tributario específico interno a un canal multiplexado.

En sistemas síncronos todos los elementos del sistema están sincronizados al mismo reloj maestro por lo que la justificación no es necesaria para tener una tasa de bits común previa a la multiplexión.

La tasa de transmisión básica de SDH estándar es 155,520 Mbps (STM-1). La trama STM-1 consiste en 2430 bytes, los cuales corresponden con una duración de 125us. también están definidas tres tasas de bits de mayor velocidad como son 622,08 Mbps (STM-4), 2488,32 Mbps (STM-16) y 9953,28 Mbps (STM-64).

La trama STM-1 está estructurada como 270 columnas (bytes) por 9 filas en las que las nueve primeras columnas de la estructura corresponden con la cabecera de sección, y las restantes 261 columnas son el área de payload.

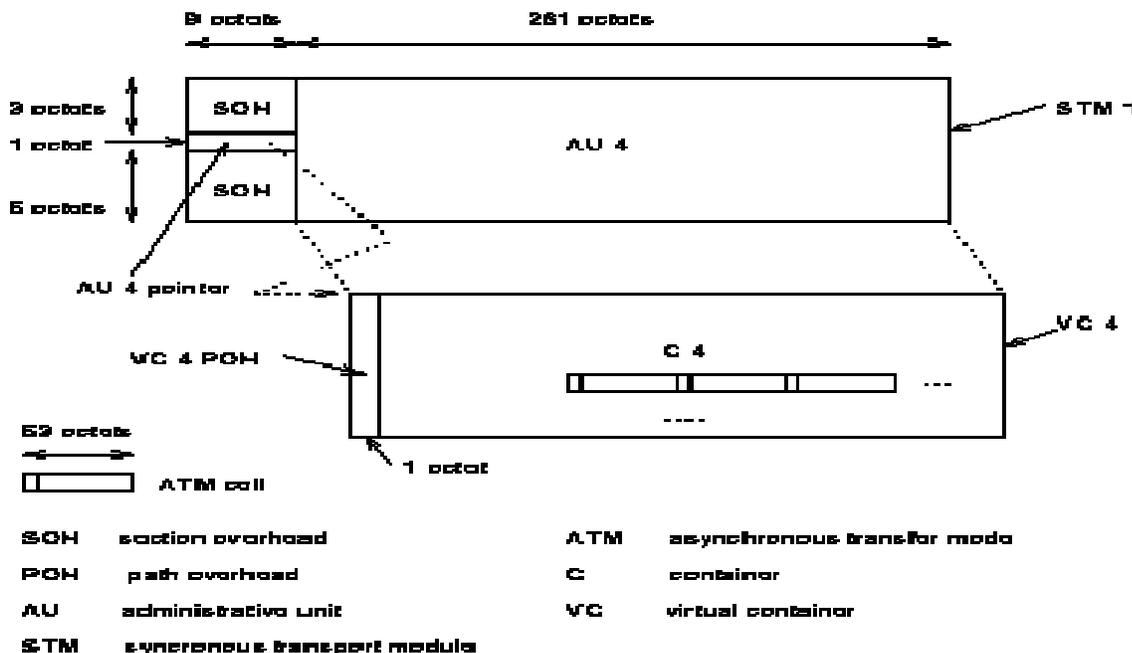
La jerarquía digital sincronía elimina la necesidad de un número de niveles menores de multiplexión definido en PDH. Los tributarios de 2 Mbps son multiplexados a nivel de STM-1 en un solo paso. De todos modos, para mantener la compatibilidad con equipos no síncronos, las recomendaciones SDH definen métodos de subdivisión del área de payload de la trama STM-1 de varias formas, de modo que puedan portar diversas combinaciones de señales tributarias, tanto síncronas como asíncronas. Usando este método, los sistemas de transmisión síncrona pueden acomodar señales generadas por equipamiento de varios niveles de jerarquía digital plesiócrona.

Una trama STM-1 consta de 2430 bytes, los cuales pueden dividirse en tres áreas principales:

- Área de payload (2349 bytes).
- Área de puntero de Unidad Administrativa (9 bytes).

- Área de cabecera de sección (72 bytes).

Figura 2. Composición del contenedor



2.6.1 El área de carga

Señales de todos los niveles de PDH pueden ser acomodadas en SDH empaquetándolas juntas en el área de payload de la trama STM-1. El proceso de empaquetado de señales PDH es un proceso que involucra un número de diferentes estructuras.

Los tributarios plesiócronicos están mapeados en un contenedor de tamaño apropiado, y un número de bytes conocido como cabecera de camino (Path Overhead o POH) es añadido al mismo para formar el contenedor virtual (VC) en el que se basa esta trama. La cabecera de camino proporciona información para su uso en la gestión extremo a extremo de un camino

síncrono. La información de la cabecera de camino asociado con un VC-1/VC-2 difiere a la recogida en la cabecera asociada a los VC-3/VC-4. Veamos la información que encontraremos en cada una de ellas:

La cabecera de camino para los VC-1/VC-2 recoge los bytes V5, J2, Z6 y Z7. El byte V5 es el octeto posicionado al inicio del contenedor virtual. La función de varios de los bits de este byte se describe a continuación:

- BIP-2: Los bits 1 y 2 son usados para monitorear errores usando bits de paridad concatenada (BIP) comprobando todos los bytes en el VC-1/ VC-2 previo.
- REI: El bit 3 es el indicador remoto de error o REI del camino. Será puesto a 1 binario y enviado en dirección opuesta al recibido hacia el extremo original del VC-1/VC-2 si se detectan uno o más errores al chequear el BIP-2.
- RFI: El bit 4 es el indicador remoto de fallo o RFI y es puesto a 1 binario y enviado en dirección opuesta a la recibida por el ensamblador del VC-1/VC-2 si se detecta un fallo.

2.6.2 Etiqueta de señal

Indica el tipo de carga del contenedor virtual. Estas codificaciones pueden ser "camino no equipado", "mapeado asíncrono", "mapeado de byte síncrono", o camino equipado por ser definido.

- RDI: El bit 8 es el indicador de defecto remoto o RDI en el camino. Este bit es colocado a 1 binario y enviado hacia atrás por el ensamblador de VC-1/VC-2.

La cabecera de camino para contenedores VC-4 está ubicada en la primera columna de las nueve filas por las 261 columnas de la estructura VC-4. Para los VC-3, la cabecera de camino está colocada en la primera columna de las nueve filas para la estructura de 85 columnas. La función de cada byte la vemos a continuación:

J1: Traza de ruta: Este byte verifica la conexión del camino VC-3/VC-4.

B3: BIP-8 de ruta: Este byte proporciona monitoreo de bits con error sobre la ruta, usando un código de paridad par BIP-8.

C2: Etiqueta de señal: Este byte indica la composición de la carga VC3/VC-4.

G1: Estatus del camino: Este byte permite que el estatus de la señal recibida sea enviada de vuelta al extremo transmisor del camino desde el extremo receptor.

F2, Z3: Canales de usuario: Este byte proporciona un canal de comunicación para el usuario.

H4: Indicador de posición: Este byte proporciona un indicador de posición generalizado de payload y puede ser usado como un indicador de posición de multitrama para VC-2/VC-1.

K3 (bits 1 - 4): APS: Estos bits son empleados para la conmutación automática de protección (APS) para la protección a nivel de camino de alto nivel.

K3 (bits 5 - 8): Spare: Estos bits están reservados para uso futuro.

Z5: Operador nacional: Este byte esta empleado para propósitos de gestión específica así como mantenimiento de conexión tandem.

2.6.3 El puntero de Unidad Administrativa

Tras añadir la cabecera de camino al contenedor virtual, se le posiciona en una unidad tributaria (TU) o una unidad administrativa (AU) con un puntero indicando al comienzo del contenedor virtual relativo al TU o al AU, según sea el caso. Los VC-1s y VC-2s son posicionados en TU mientras que los VC-4 son posicionados en un AU tal y como veíamos en la figura 1. En Europa, los VC-3 son posicionados en TU-3 mientras que en SONET son posicionados en AU-3. Los AU's y los TU's son empaquetados en sus respectivos grupos; grupos de unidades tributarias (TUG's) para unidades tributarias y grupos de unidades administrativas para AU's. Los TUG's son multiplexados en contenedores virtuales de alto nivel. Los cuales, en su turno, son posicionados en AU's con un puntero indicando al inicio del contenedor virtual relativo al AU. Es el puntero AU el cual indica la posición del AU con relación a la trama STM-1 y forma parte del área de cabecera de sección de la trama.

El área de payload de la trama STM-1 contiene un VC-4 o tres VC-3 con la posición del primer byte siendo indicada por el respectivo puntero AU. El uso de punteros en la trama STM-1 significa que las señales plesiócronas pueden ser acomodadas en el seno de la red sincronía sin necesidad de emplear buffers.

Esto es porque la señal puede ser empaquetada en un contenedor virtual e insertada en la trama en cierta posición de modo que el puntero indique esta posición. Usar el método de punteros es posible al definir los contenedores virtuales síncronos ligeramente mayores que la carga útil que portan. Esto permite a la carga deslizarse un tiempo relativo a la trama STM-1 en la cual está contenido. El ajuste de puntero también es posible ante la ocurrencia de

cambios de frecuencia o fase como consecuencia de variaciones de retardo de propagación.

El resultado de esto es que, para cualquier flujo de datos, es posible identificar sus canales tributarios individuales, e insertar o extraer información, y de este modo superar uno de los principales inconvenientes del PDH.

2.6.4 La cabecera de sección

Los bytes de la cabecera de sección (SOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos. De este modo, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de facilidades de gestión y administración.

Esta estructura de cabecera de sección STM-1 se detalla a continuación:

A1, A2: Enganche de trama.

J0: Traza de la sección de regeneración.

D1 a D12: Los bytes D1 a D3 forman un canal de comunicación de datos de 192 Kbps para la sección de regeneración. Los bytes D4 a D12 forman un canal de comunicación de datos para la sección de multiplexación. El uso de ambos canales de comunicación es para gestión de red.

E1, E2: Canales de instaladores. Empleado para comunicaciones directas entre nodos de equipos.

F1: Canales para usuario.

B1, B2: Estos bytes son comprobaciones de paridad simple para detección de errores.

K1, K2 (bit1 a bit5): Canal dedicado a la conmutación de protección automática.

K2 (bit6 s bit8): Indicador de RDI para la sección de multiplexación.

S1 (bit5 a bit8): Indicador de estatus de sincronización.

M1: Indicador de REI para la sección de multiplexación.

Z1, Z2: Aún por definir, sin uso

3 FIBRA ÓPTICA

3.1 Conceptos generales

3.1.1 Guías de onda

Existen varios tipos de líneas de transmisión, un circuito compuesto por un generador y una resistencia puede ser una línea de transmisión de bajas frecuencias, así mismo un tubo rectangular o cilíndrico hueco es una línea de transmisión de altas frecuencias.

¿Cómo es que un tubo hueco de metal puede ser una línea de transmisión si solo consta de un conductor?

Si se recuerda, la luz es una onda electromagnética que puede viajar a través de un tubo y no necesita de dos conductores para trasladarse de un lugar a otro. Por tal motivo un tubo hueco puede ser una guía de onda dependiendo de la frecuencia de la onda que se transmita.

Entre las guías de onda de altas frecuencias se encuentran:

- Rectangular.
- Cilíndrica.
- Cuadrada.
- Elíptica.
- De fibra dieléctrica.

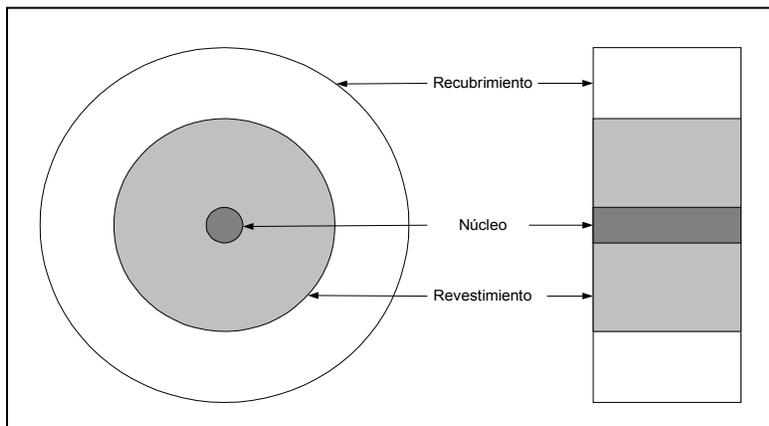
La fibra óptica es una guía de onda que es utilizada para transportar un rayo de luz portador de información de un punto a otro. Utiliza la reflexión

interna total para guiar el rayo de luz a través de sus paredes, incluso alrededor de curvas suaves.

3.1.2 Composición de la fibra óptica

La fibra óptica está compuesta de tres capas diferentes: el núcleo central que lleva la luz, el revestimiento que cubre el núcleo y confina la luz dentro de él, y el recubrimiento que da protección al revestimiento. Tanto el núcleo como el revestimiento son de sílice, con ligeras diferencias en su composición debido al boro o germanio que se utilizan para alterar el índice de refracción del sílice. El recubrimiento, que es de un material plástico o acrílico, está normalmente coloreado utilizando códigos de color que facilitan la identificación de la fibra óptica.

Figura 3. Composición de una fibra óptica



Las fibras ópticas que se utilizan en telecomunicaciones se producen en cinco grupos principales como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla I. Diámetros comunes de una fibra óptica y su protección (nm)

	Núcleo	Revestimiento	Recubrimiento	Tubo o protección
I	8 a 10	125	250 o 500	900 o 2000
II	50	125	250 o 500	900 o 2000
III	62.5	125	250 o 500	900 o 2000
IV	85	125	250 o 500	900 o 2000
V	100	125	250 o 500	900 o 2000

Las fibras que tienen núcleo de 8 a 10/125 nm se conoce como fibra monomodo, puede propagar la mayor tasa de datos y tiene la atenuación más baja. La fibra cuyo tamaño de núcleo es 50/125 nm fue la primera fibra de telecomunicaciones, de todas la fibras multimodo, es la que tiene el mayor ancho de banda potencial. La fibra de diámetros 62.5/125 nm es la más popular para transmisión multimodo, tiene un ancho de banda menor que el de la fibra 50/125, pero es menos susceptible a pérdidas por micro curvaturas. Fibras con núcleo 80/125 nm son utilizadas en Europa.

Por último, las fibras multimodo de mayor diámetro son las de 100/140 nm, éstas fibras son de fácil conexión; menos sensible a tolerancias del conector; acumula mayor cantidad de luz, pero tiene un ancho de banda significativamente reducido.

3.2 Tipos de fibras ópticas

Dependiendo de sus características las fibras ópticas se pueden clasificar en dos: multimodo y monomodo.

3.2.1 Fibra multimodo

En este tipo de fibras se puede propagar más de un modo de luz. El número de modos que puede existir se puede determinar por la expresión matemática:

$$M = 1 + \frac{2D\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{\lambda}$$

Donde M es la cantidad de modos, D el diámetro del núcleo, n_1 el índice de refracción del núcleo, n_2 el índice de refracción del revestimiento y λ la longitud de onda de la luz.

La fibra multimodo a su vez se subdivide en:

3.2.1.1 Fibra de índice escalón.

Esta fibra tiene índices de refracción de núcleo y revestimiento diferentes pero uniformes. Los rayos de luz viajan por caminos muy diferentes dentro del núcleo; debido a la distancia que viaja cada rayo, llegan a su destino en diferente tiempo, esto provoca un ensanchamiento del pulso transmitido; a esto se le conoce como *dispersión modal*. La dispersión modal restringe la

velocidad de transmisión de datos, debido a que ésta es inversamente proporcional al ancho de pulso. Así un pulso más ancho significa que se envíen menos pulsos por segundo, por tanto en ancho de banda de la fibra óptica se disminuye.

3.2.1.2

Fibra de índice gradual

En este tipo de fibras, el núcleo está compuesto de un índice de refracción gradual que decrece desde el centro hasta el exterior. De esta manera se consigue que el rayo de luz, descompuesto en varios modos, viaje en el centro del núcleo despacio y en los extremos rápido. Con esto se consigue reducir el ensanchamiento de pulso, sin embargo, el ancho de banda sigue siendo limitado.

Figura 4. Fibra multimodo índice escalón

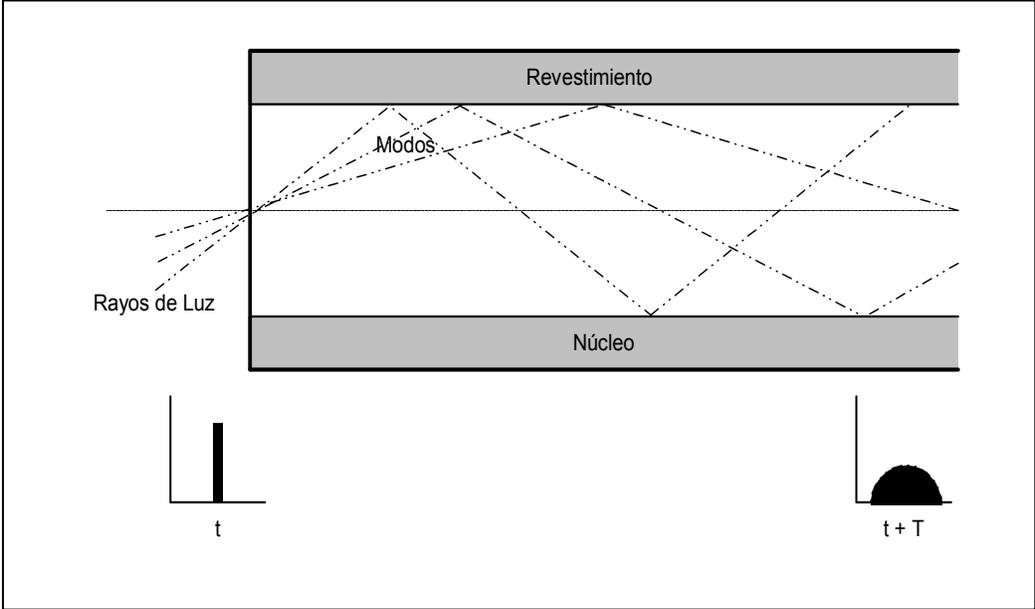
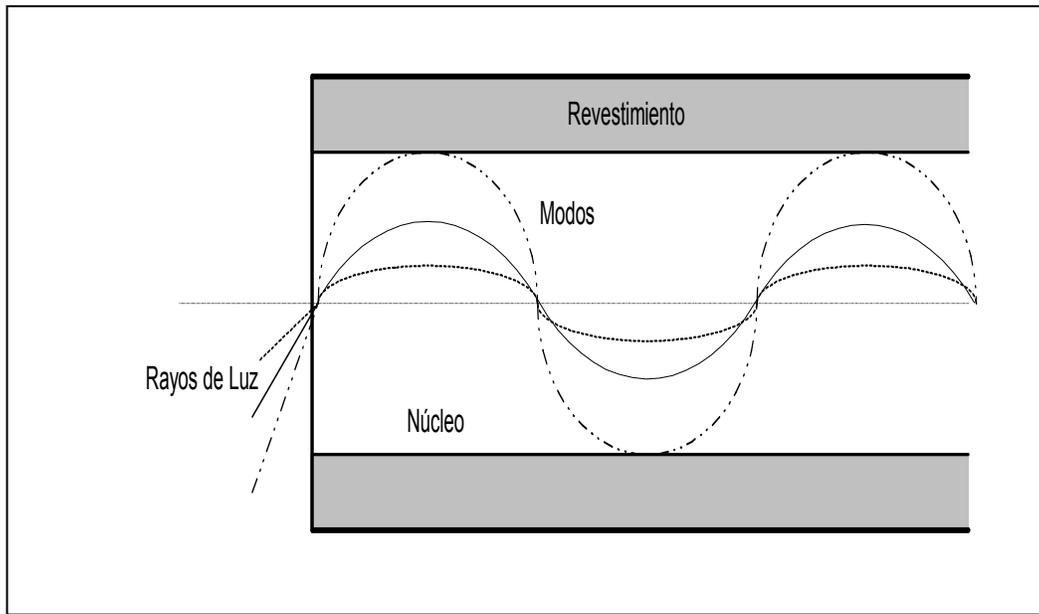


Figura 5. Fibra multimodo de índice gradual

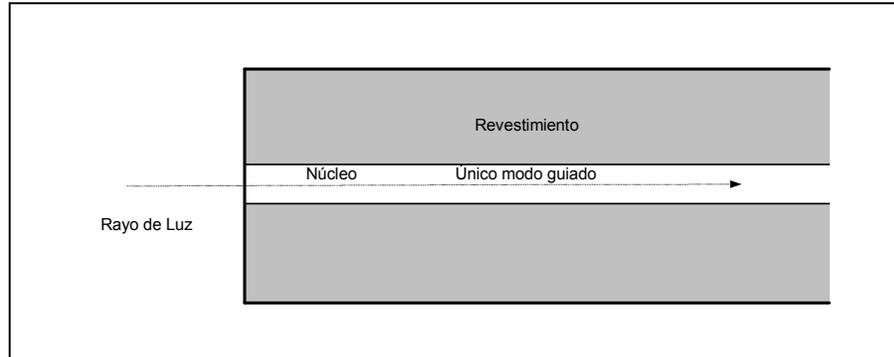


3.2.2 Fibra monomodo

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que solamente existe un modo de propagación de luz. Esto se logra reduciendo el diámetro del núcleo hasta un tamaño que solo permita un modo. La estructura de una fibra monomodo es similar a la de una multimodo de índice escalón.

Al eliminar los modos, se elimina también el ensanchamiento del pulso debido a la dispersión modal, lo que permite velocidades de transmisión considerablemente mayores a las alcanzadas con una fibra multimodo y distancias también mayores.

Figura 6. Fibra monomodo



3.3 Ancho de banda de la fibra

El ancho de banda de una fibra es una medida de su capacidad de transmisión de información. Se ve afectado por la dispersión total de la fibra, porque la dispersión total distorsiona y ensancha los pulsos provocando que se traslapen unos con otros haciéndolos indistinguibles para el equipo receptor.

La dispersión es una función de la longitud de la fibra, mientras mayor sea la fibra, más pronunciado será el efecto de la dispersión.

La dispersión total puede subdividirse en dos categorías: dispersión cromática y dispersión modal.

3.3.1 Dispersión modal

También conocida como *dispersión multimodo*, afecta únicamente a las fibras multimodo, y se debe a las múltiples trayectorias que sigue un rayo de luz dentro de la fibra.

3.3.2 Dispersión cromática

Describe la tendencia para diferentes longitudes de onda que viajan a diferentes velocidades en una fibra. En longitudes onda donde la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a expandirse en el tiempo y provocar interferencia, lo cual puede producir una velocidad inaceptable de la trama.

La dispersión cromática se debe a dos situaciones, la dispersión cromática material y la debida a la dispersión de guía-onda.

3.3.2.1 Dispersión cromática material.

Ocurre porque el índice de refracción de una fibra varía con la longitud de onda de la luz. Y como la luz está compuesta por más de una longitud de onda, éstas viajan a diferentes velocidades, dando como resultado un ensanchamiento en el pulso.

3.3.2.2 Dispersión cromática guía-onda

Es debida a la anchura espectral de la fuente de luz, cuando el índice de refracción permanece constante. Este tipo de dispersión es despreciable.

3.4 Componentes de una red óptica

Las redes ópticas están compuestas de varios elementos, como lo son los transmisores, receptores, conectores, routers, etc. A continuación se presentan los elementos de una fibra óptica utilizados en la planta externa, los cuales deben estar en perfectas condiciones para el buen desempeño de la red.

3.4.1 Empalme

Es la técnica que se utiliza para unir permanentemente dos fibras ópticas con una conexión de bajas pérdidas. Se realiza de dos maneras: por fusión y mecánico.

El empalme por fusión proporciona pérdidas mucho más bajas del orden de los 0.05 dB. La empalmadora por fusión alinea con precisión las dos fibras y por medio de un pequeño arco eléctrico suelda las fibras.

El empalme mecánico es una técnica que no requiere de la empalmadora de fusión. Es un conector de fibra pequeño que alinea dos fibras desnudas de manera precisa y las asegura mecánicamente. La pérdida que se consigue con este tipo de empalme es 0.5 dB.

3.4.2 Bandeja de empalmes

Se utilizan para proteger los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión, están preparadas para almacenar varias fusiones. Existen bandejas de empalmes tanto para cajas de empalme como para paneles de conexión.

3.4.3 Caja de empalmes

Se utilizan para proteger la fibra óptica y los empalmes del entorno. Existen cajas de empalmes tanto para interiores como para exteriores, en nuestro medio se le conocen como *mufas* a estas últimas.

3.4.4 Paneles de conexión

Suministra un punto de acceso a los equipos, pudiéndolos conectar a la fibra mediante cordones de conexión. Permiten una identificación fácil de los hilos de fibra óptica.

Está compuesto de dos partes, una que contiene los adaptadores y la otra parte que se utiliza para almacenar la bandeja de empalmes. El adaptador permite que el conector del cable pueda alinearse con el cordón de conexión generando una unión de bajas pérdidas después de muchas conexiones.

3.4.5 Cordones de conexión y latiguillos

El cordón de conexión es una fibra óptica de pequeña longitud con protección ajustada y conectores en ambos extremos. Se utilizan primordialmente para las conexiones entre los equipos ópticos y el panel de conexión.

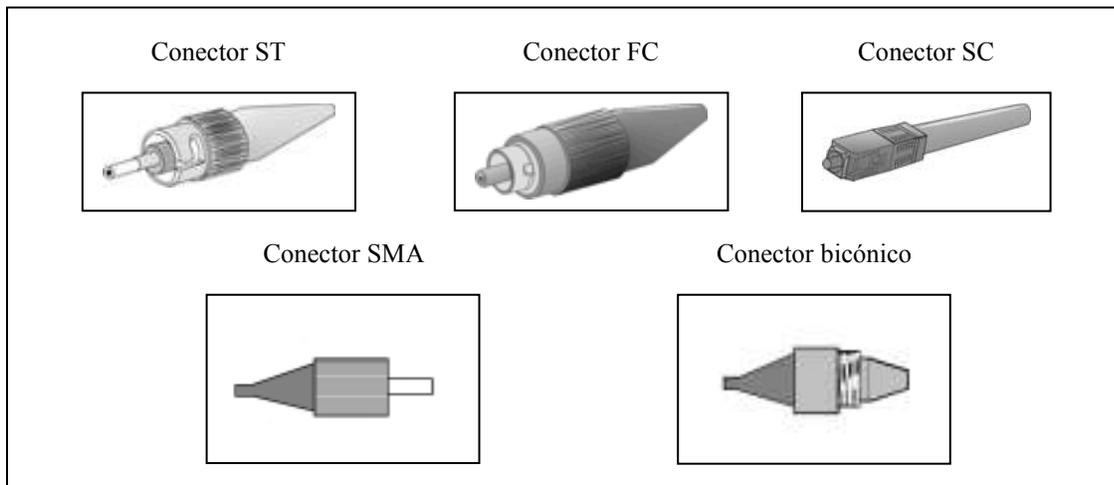
Si partimos por la mitad un cordón de conexión, cada mitad se convierte en un latiguillo. Se utiliza para terminar el cable de fibra óptica en un conector.

3.4.6 Conectores

Existen diversos tipos de conectores, entre los más habituales podemos mencionar:

- Conectores ST, se utiliza tanto en fibras monomodo como multimodo con pérdidas promedio de 0.5 dB.
- Conectores FC, también conocido como FC-PC, utilizado en fibras monomodo, produce bajas pérdidas del orden del los 0.4 dB.
- Conector bicónico. Se utilizó en los primeros enlaces de fibra óptica, en la actualidad ya no es utilizado.
- Conector SMA. Es un conector antiguo, tiene altas pérdidas alrededor de 0.9 dB.
- Conector D4. Se utiliza principalmente en fibras monomodo.
- Conector SC. Tiene bajas pérdidas y es muy común en la actualidad.

Figura 7. Tipos de conectores de fibra óptica



3.5 Topologías de una red de fibra óptica

Las redes de fibra óptica deben ser configuradas para dotar al sistema de la suficiente flexibilidad y versatilidad que permita obtener todos los beneficios que se pueden explotar.

Las topologías de red pueden ser clasificadas como: topologías lógicas y topologías físicas.

3.5.1 Topologías lógicas

Describen el método por el cual los nodos se comunican unos con otros. Las topologías lógicas se dividen en cuatro topologías básicas.

3.5.1.1 Lógica punto a punto.

Enlaza directamente dos dispositivos entre sí. Los protocolos comunes de comunicación de computadoras utilizan esta topología.

3.5.1.2 Lógica en estrella.

Configuración de enlaces punto a punto que tienen todos un nodo en común.

3.5.1.3 Lógica en enlace común

Todos los dispositivos se conectan a un bus común de transmisión. Se aplica para Ethernet.

3.5.1.4 Lógica en anillo.

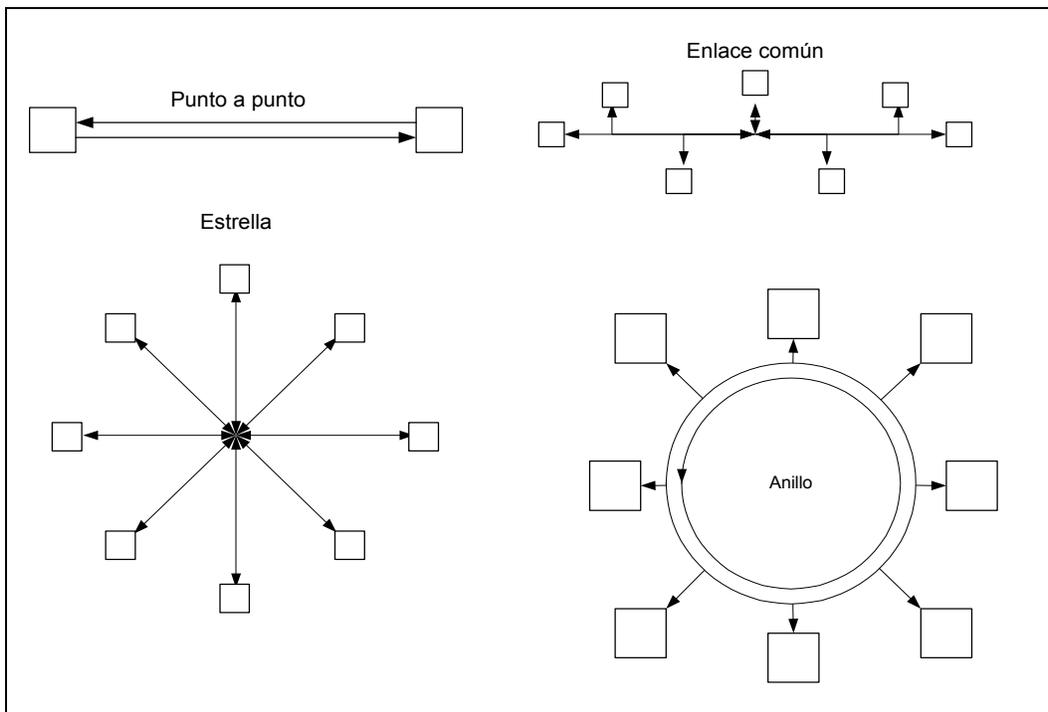
Tienen todos los nodos conectados en anillo. Esta topología proporciona autoprotección a la red en caso de que falle algún cable o nodo.

3.5.2 Topologías físicas

Las topologías físicas dependen del medio y pueden implementarse con la misma configuración de la topología lógica. Así se tienen también configuraciones físicas punto a punto, estrella, enlace común y en anillo.

La configuración lógica y física que más se utiliza para redes de transporte en la de anillo, debido a que con ella se puede dar redundancia a cualquier parte de la red si fallara algún equipo o la fibra.

Figura 8. Topología de red



4. LINEAMIENTOS DE INSTALACIÓN Y ACEPTACIÓN DE EQUIPOS SDH

4.1 Requisitos mínimos para la instalación

4.1.1 Tierras Físicas

Uno de los problemas mas comunes que se presentan en los equipos de comunicación durante la implementación y operación es la falta de una acople o interoperabilidad debido a una mala referencia o nivel cero de potencial eléctrico.

Es por esto que es tan importante que los elementos de red se encuentren debidamente aterrizados, y que esta tierra física posea las características apropiadas.

Una de las funciones que cumple una red de tierra es el proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes a tierra, ya sean por una falla de sobrevoltaje, cortocircuito, etc. Así también evitar que, durante la circulación de estas corrientes a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de los equipos de comunicación interconectados.

Se recomienda que el sitio en donde se instalen los equipos de telecomunicaciones, posea algún tipo de red de tierras, en cualquiera de las configuraciones como el sistema radial, el sistema de anillo o el sistema de red.

El sistema radial es el más barato pero el menos satisfactorio ya que esta configuración genera diferencias de potencial entre los equipos. Este sistema consiste en uno o varios electrodos a los cuales se les conectan las derivaciones de cada aparato.

El sistema de anillo se obtiene colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre alrededor de la superficie utilizada para a colocación

de los equipos y colocando derivaciones a cada uno de los aparatos con cables mas pequeños.

El sistema de red consiste, como su nombre lo indica, en una malla formada por cable de cobre conectada a través de electrodos de varillas enterradas: este es el sistema mas eficiente, pero también el mas caro de los tres tipos.

Los niveles de resistencia de los sistemas de tierras no deben de exceder los 0.05 Ohms con respecto a la referencia cero. Con esto podremos garantizar que todos los equipos están referenciados al mismo punto y, adicionalmente lograremos una mayor seguridad en los equipos ya que las diferencias de potencial que se puedan generar por una falla electro atmosférica o de equipo podrán ser drenadas correctamente por los sistemas de protección.

4.1.2 Condiciones Ambientales

4.1.2.1 Temperatura

Una de las deficiencias de los equipos eléctricos y electrónicos es la perdida de energía por disipación de calor.

Es por esto que al estar instalados en algún ambiente cerrado, la generación de este calor puede producir altos niveles de temperatura que afecten el correcto funcionamiento de los elementos que los conforman.

Razón por la cual se hace necesaria la instalación de algún sistema de climatización, de manera que los mismos funcionen a un nivel de temperatura adecuada para un perfecto desempeño.

Por lo regular cada uno de los proveedores especifica las temperaturas de operación de sus equipos, y a las cuales ellos pueden garantizar el desempeño de sus componentes. En la mayoría de los casos el sistema de

climatización controla la temperatura de acuerdo a la programación que se le requiera por lo general la temperatura esta regulada entre un rango de operación que oscila entre los 17 a 20 grados centígrados.

Los equipos de climatización deben ser seleccionados en base a las necesidades caloríficas del ambiente regularmente medido en toneladas, se debe tomar en cuenta cada uno de los elementos que se encuentran instalados, y su aporte calorífico al ambiente, dato que por lo regular se encuentra en los manuales o documentos de descripción de los equipos.

4.1.2.2 Humedad

Otro de los factores que influyen en la conservación y desempeño de los equipos electrónicos, son los niveles de humedad que se puedan tener en el ambiente de operación.

Es necesario mencionar que altos niveles de humedad en el ambiente de operación de los equipos electrónicos puede generar condensación de agua dentro de sus partes, y esto puede crear algún tipo de problema o desperfecto en los elementos que conforman los equipos de comunicación.

Pero no solo los altos niveles de humedad generan problemas, en el caso contrario, en bajos niveles de humedad, los equipos están más expuestos a posibles descargas electrostáticas generadas por el roce o vibración de algunos de los elementos mecánicos que conforman el sistema.

Se recomienda que dentro de las áreas de instalación de equipos de comunicación exista algún tipo de sensor de humedad, que nos brinde una lectura de la proporción de agua o humedad existente en el medio ambiente de la sala, ya que al existir altos niveles de humedad es necesario la implementación de un sistema de climatización llamado de precisión. Este

sistema de climatización nos permite controlar tanto los niveles de temperatura como los niveles de humedad.

4.1.3 Energía

4.1.3.1 Energía AC

La energía comercial AC (Corriente Alterna), es la más comúnmente utilizada para la energización de los sitios en los cuales se instalan los elementos de transmisión en una red SDH.

Esta energía alimentara los diferentes elementos que conformaran el sistema de fuerza de corriente directa (dc) que alimentaran directamente los equipos electrónicos, así como los diferentes servicios necesarios dentro de las instalaciones, tal como los tomacorrientes que serán utilizadas para energizar las computadoras de servicio para controlar los equipos SDH, sistemas de iluminación, sistemas de climatización , sistemas contra incendios y una variedad de sistemas que pueden ser alojados en las salas de transmisión.

La acometida de energía AC debe ser calculada tomando en cuenta el consumo total de los diferentes servicios y elementos que impliquen una carga para el sistema de alimentación de energía AC.

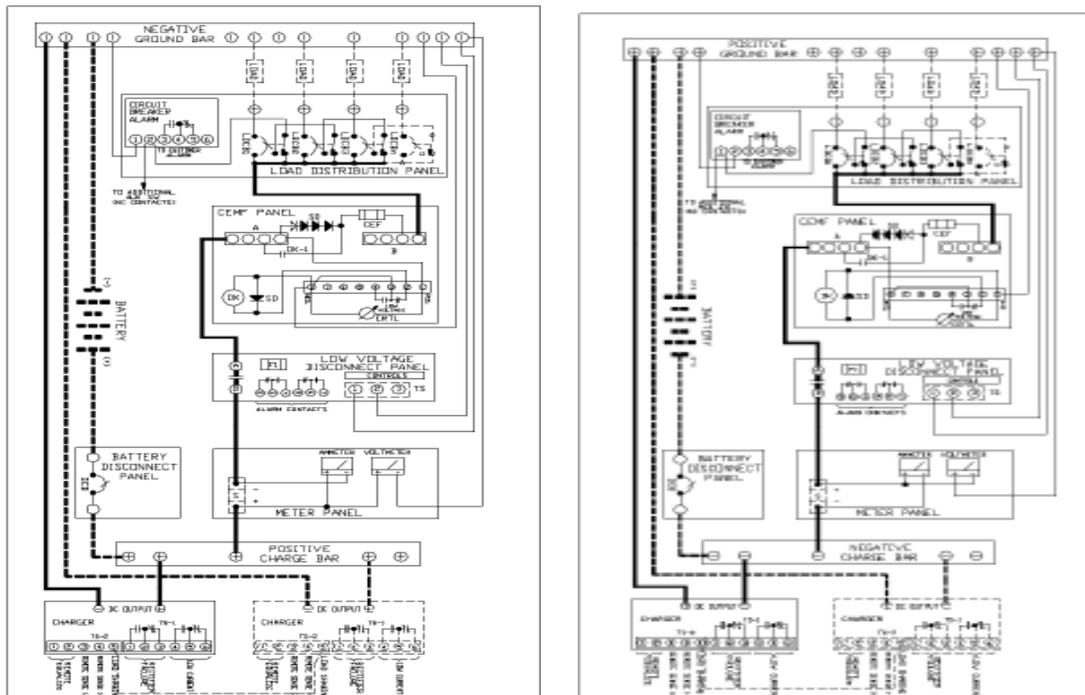
4.1.3.2 Energía DC

La mayoría de los equipos electrónicos utilizados en el área de telecomunicaciones, funcionan con fuentes de energía DC debido a que esta presenta una mayor estabilidad para sus componentes.

Durante la energización de los equipos es muy importante determinar qué tipo de polarización es la que utilizan los equipos, ya que una mala conexión puede generar problemas realmente serios en la electrónica.

En la siguiente figura se ejemplifica la diferencia en la conexión del rectificador AC-DC en el caso que se desee un voltaje positivo o un voltaje negativo para la alimentación de la energía de los elementos electrónicos.

Figura 9. Conexión de polarización corriente directa



Dado que las fallas de energía comercial son comunes en nuestros sistemas de distribución de energía, se aconseja utilizar equipos de respaldo o bancos de baterías que garanticen la continuidad del servicio que se proporcionara por medio de los equipos de comunicación.

Estos bancos de baterías de igual manera deben ir conectados a los equipos de rectificación tomando en cuenta la polaridad a la cual se conectaran los equipos de comunicación.

5. PRUEBAS DE FIBRA ÓPTICA Y EQUIPOS SDH

5.1 Pruebas de fibra óptica

5.1.1 Conceptos

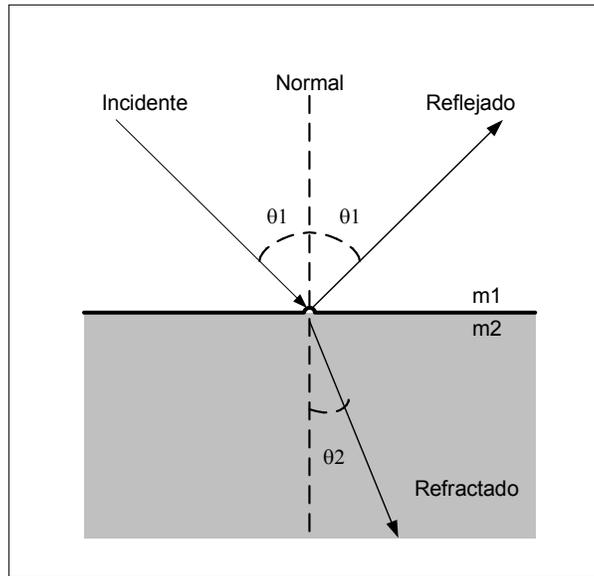
5.1.1.1 Reflexión y refracción

Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro diferente, cambia su velocidad y dirección en la frontera que separa ambos medios, a este fenómeno se le conoce como refracción. Además, al cambiar de medio, parte del rayo no entra en el segundo medio, sino que es reflejado de vuelta al primero, con un ángulo igual al del rayo incidente, éste ángulo se mide a partir de la normal al medio. Los ángulos incidente, reflejado y refractado, así como la normal se encuentran en un mismo plano. El ángulo de refracción se encuentra relacionado directamente con las propiedades de los medios y la velocidad del rayo en dichos medios por la *ley de Snell*:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Donde v_1 es la velocidad de la luz en el medio 1, v_2 la velocidad de la luz en el medio 2, θ_1 el ángulo de reflexión e incidencia y θ_2 el ángulo de refracción.

Figura 10. Ley de Snell.



La velocidad de la luz en cualquier medio es menor que la velocidad de la luz en el vacío; aunque su frecuencia no cambia, su longitud de onda sí. De esto se deduce el índice de refracción de cada medio.

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde n es índice de refracción, c es la velocidad de la luz en el vacío y v es la velocidad de la luz en el medio. Como la relación velocidad es igual a frecuencia por longitud de onda ($v = f\lambda$) debe cumplirse, entonces también debe cumplirse

$$v_1 = f\lambda_1 \quad y \quad v_2 = f\lambda_2$$

Donde λ_1 es la longitud de onda en el medio 1 y λ_2 es la longitud de onda en el medio 2 y f la frecuencia del rayo incidente.

Con estas relaciones podemos escribir la ley de Snell de la forma

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Donde n_1 es el índice de refracción de medio 1, n_2 el índice de refracción del medio 2, θ_1 el ángulo de incidencia del rayo y θ_2 el ángulo de refracción.

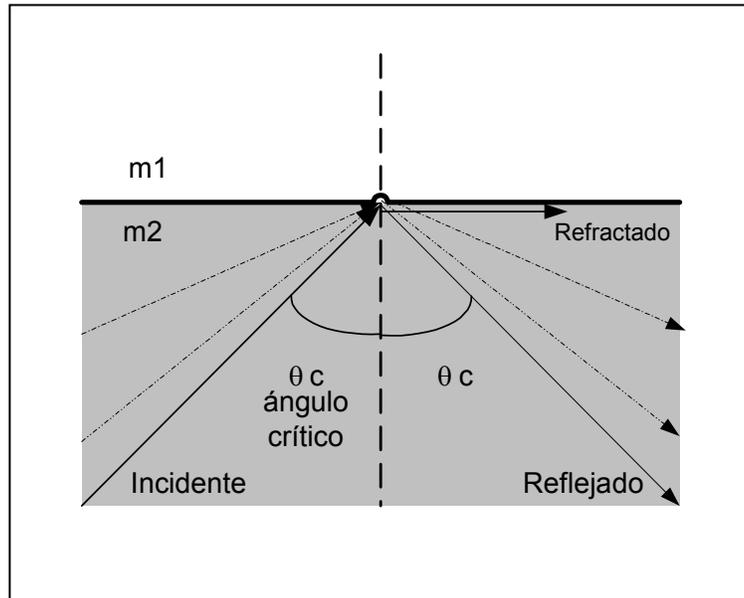
5.1.1.2 Reflexión interna total

Es un efecto interesante y muy útil que ocurre cuando un rayo de luz con un ángulo determinado intenta moverse de un medio con un índice de refracción cualquiera a un medio con índice de refracción menor. A este ángulo de incidencia se le llama *ángulo crítico* (θ_c) y se encuentra con la ecuación

$$\text{sen} \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{para } n_1 > n_2)$$

Por lo tanto, todos los rayos que incidan con un ángulo mayor que el ángulo crítico, se reflejarán por completo al medio 1.

Figura 11. Reflexión interna total.



5.1.2 Pruebas reflectométricas

5.1.2.1 Mediciones de las pérdidas

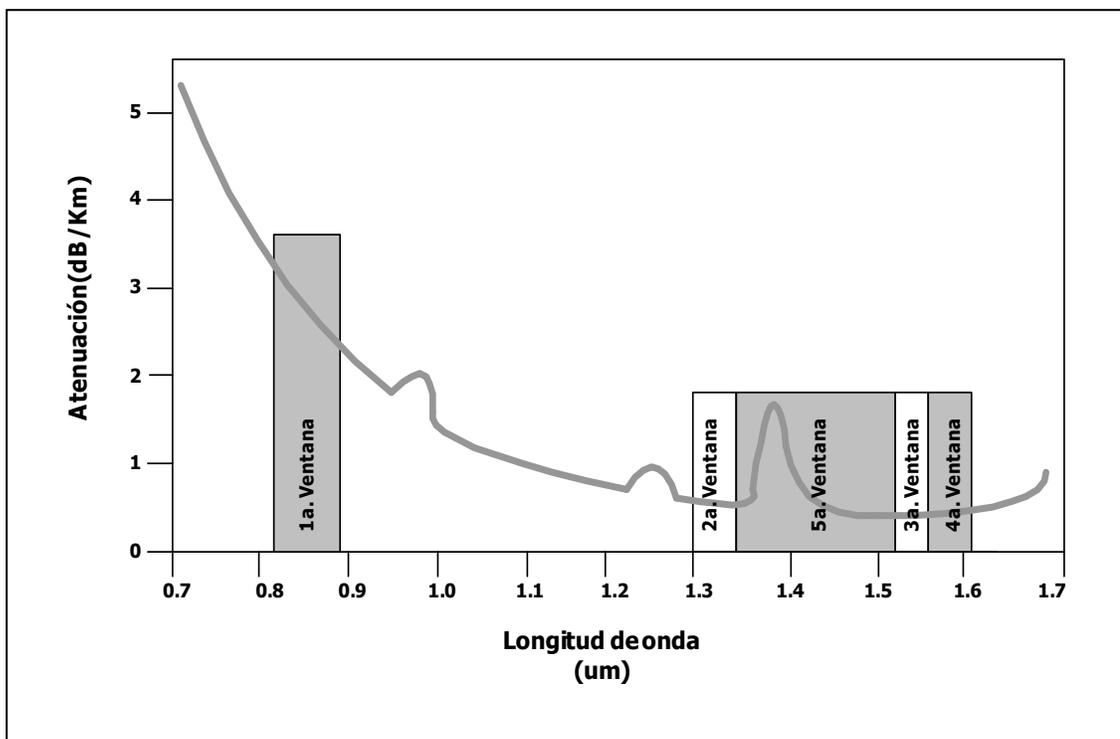
Como es de esperarse, en toda instalación existen pérdidas y el reto es disminuirlas al valor mínimo que puedan alcanzar. Hay pérdidas que son inherentes a la fibra, es decir que no existe forma alguna de disminuirlas; también existen las pérdidas por instalación, que se deben a un mal proceso de instalación del cable propiamente dicho y también a un mal empalme o simplemente a conectores sucios.

5.1.2.1.1 Pérdidas inherentes a la fibra

Este tipo de pérdidas se produce por la interacción luz-materia. Debido a que la luz viaja en un material, que no es el vacío, éste se opone al paso de la luz, produciendo pérdidas y las magnitudes de ellas varían dependiendo del material de la fibra y la longitud de onda con que se trabaje.

En la actualidad se ha logrado elaborar fibras ópticas que minimizan las pérdidas en las ventanas de operación, tratando de mantener una igualdad en las distintas longitudes de onda. Estas fibras son utilizadas para transmitir información utilizando multiplexación por longitud de onda; aumentando de esta manera la tasa de transmisión.

Figura 12. Ventanas de operación en una fibra óptica.



5.1.2.1.2 Pérdidas por empalme

Este tipo de pérdidas se puede presentar por diversas causas o combinación de ellas. Básicamente es una atenuación en la unión de dos fibras debido a:

- Suciedad en la fibra a unir
- Ángulo de corte elevado
- Fibra astillada
- Fibras no alineadas
- Burbuja en la fusión

Las pérdidas por empalme se pueden disminuir si se utilizan los materiales y herramientas adecuadas así como teniendo el mayor de los cuidados al operar la fibra.

Como se expuso anteriormente existen dos tipos de empalme; empalme mecánico y empalme por fusión. El empalme mecánico es el que produce pérdidas mayores debido a que es el operario quien, basado en su experiencia, decide cuando las fibras están completamente alineadas y con el contacto físico correcto. Para realizar este tipo de empalme es necesario que se limpie perfectamente la fibra y realizar un buen corte.

El empalme por fusión produce menos pérdidas que el empalme mecánico, pero al igual que en éste es necesario limpiar correctamente las fibras y realizar un buen corte; la tarea de enfrentar y alinear las fibras la hace automáticamente la máquina empalmadora, diseñada especialmente para este propósito, reduciendo de esta manera las pérdidas que el operador pueda insertar al hacer un empalme manual. Así mismo al producir un pre-arco

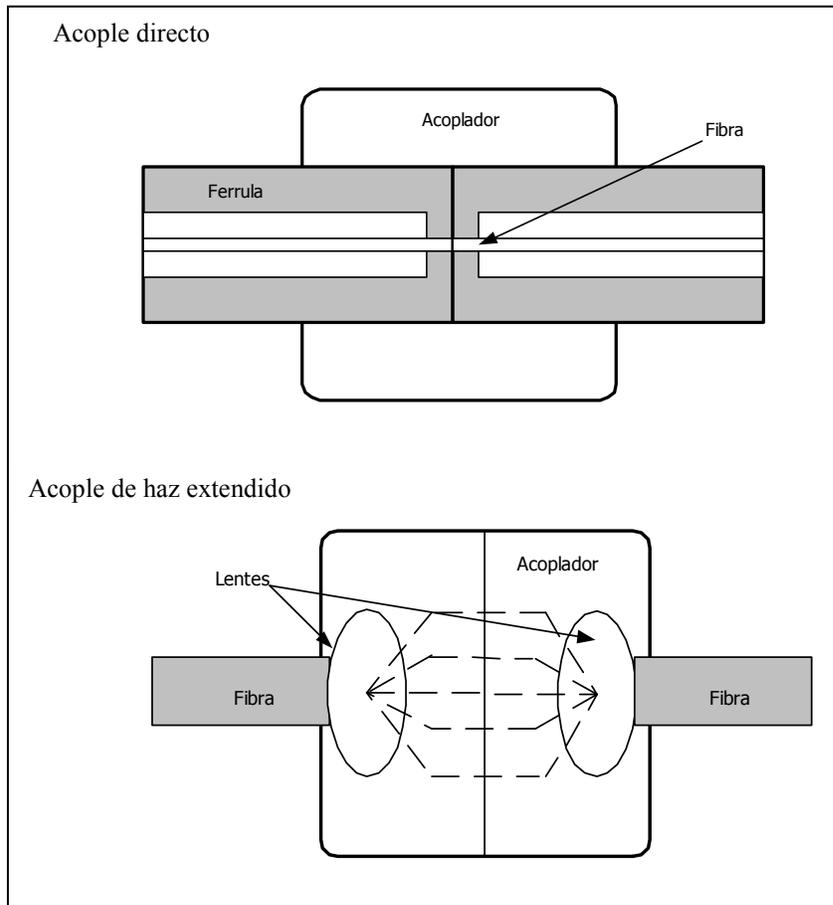
eléctrico antes de unir las fibras, la empalmadora limpia, en parte, las fibras para posteriormente unir las fusionándolas teniendo de esta manera un contacto físico perfecto.

5.1.2.1.3 Pérdidas en conectores

En muchos de los casos suele suceder que las pérdidas no se encuentran en los empalmes sino en los conectores. La magnitud de la pérdida puede variar dependiendo del daño que se encuentre en el conector y esto puede ir desde polvo, que produce errores en la transmisión, hasta un latiguillo o cordón de conexión roto produciendo que no exista transmisión. Las pérdidas en los conectores también puede darse por el mal acoplamiento de ellos.

Existen dos clases de acoplamiento, acoplamiento físico o directo y acoplamiento de haz extendido. En el primero estos acoplamientos, los conectores tienen un contacto físico directo el acoplador se encarga de enfrenar y alinear la fibra. El acoplamiento por haz extendido, se hace por medio de lentes que recolectan la luz de una fibra y la enfocan en otra, de esta manera lograr que la mayor cantidad de luz sea transferida.

Figura 13. Tipos de acople de conectores.



5.1.2.1.4 Pérdidas por retorno

La medida de las pérdidas por retorno se realiza cuando utilizamos un láser como generador de luz. La medida determina la cantidad de potencia óptica que es reflejada hacia atrás en dirección al generador láser, a través de la misma fibra.

Altos porcentajes de reflexión óptica hacia el generador pueden afectar a la estabilidad del propio láser y causar un funcionamiento erróneo. La potencia reflejada debe mantenerse por debajo de las especificaciones del equipo de comunicaciones.

5.1.2.1.5 Pérdidas por causas varias

Entre este tipo de pérdidas podemos mencionar las causadas por una mala instalación, como pueden ser un radio de curvatura pequeño, sobre tensión mecánica en la fibra y golpes; también podemos incluir los debidos a sobrecalentamiento en la fibra (por el lugar de instalación), degradación en los emisores de luz, lo que produce atenuación y por lo tanto errores en la transmisión.

5.1.3 Equipos de medición

Para evaluar una red de fibra óptica es necesario medir las pérdidas que se encuentren en la red y corregirlas para su optimización. Es necesario para ello utilizar equipos de medición adecuados y de alta precisión que ayudan a la detección de pérdidas, su valor y ubicación.

Entre los equipos de medición más utilizados se encuentran: OTDR, medidores de potencia y lámparas ópticas.

5.1.3.1 OTDR

El reflectómetro óptico en el dominio del tiempo se utiliza para obtener una representación visual de las características de atenuación de una fibra a lo largo de toda su longitud.

En la gráfica presentada por el OTDR se puede observar que sobre el eje X se muestra la longitud total de la fibra y sobre el eje Y la atenuación en decibeles. A través de esta gráfica se puede determinar información tal como atenuación de la fibra, las pérdidas en los empalmes, las pérdidas en los conectores y la localización de anomalías.

La utilización del OTDR es el único método por el cual se puede determinar la localización exacta de una rotura de la fibra óptica en cuyo recubrimiento externo no presente daños visibles; también puede localizarse con bastante precisión pérdidas producidas por los empalmes individuales y de esta manera permite determinar si el empalme está dentro de las especificaciones o si requiere hacerlo de nuevo.

El OTDR, cuando está en funcionamiento, emite un impulso corto de luz a través de la fibra y mide el tiempo que le toma a los impulsos reflejados retornar de nuevo al OTDR. Conociendo el índice de refracción de la fibra óptica y el tiempo requerido para que lleguen las reflexiones, el OTDR calcula la distancia recorrida del impulso de la luz reflejada.

$$Dist = \frac{3 * 10^8 * tiempo}{2 * indice\ de\ refracción}$$

El OTDR mide también la potencia del impulso de luz reflejado y muestra la atenuación de la fibra en función de la distancia.

5.1.3.2 Medidores de potencia

Este tipo de medidores consta de dos piezas, un generador de luz y un medidor de potencia. El generador de luz tiene un selector de longitud de onda y emite luz a una cierta potencia. El medidor de potencia únicamente recibe la luz emitida por el otro equipo.

Los medidores de potencia se utilizan para medir la pérdida total en un enlace de fibra óptica a cierta longitud de onda, también para medir los cordones de conexión y acoples de conectores.

Debe tenerse el cuidado de calibrar correctamente los medidores de potencia para no tener inconvenientes por una mala medida en el tramo de fibra óptica. Ésta calibración se realiza con un cordón de conexión de referencia que debe estar siempre con los medidores de potencia.

La medición de un enlace de fibra óptica terminado debe realizarse utilizando dos cordones de conexión de referencia, colocando uno en cada extremo de la fibra en evaluación además se deben conectar el generador de

luz y el medidor de potencia, previamente calibrados, uno en cada extremo. Posteriormente se invierten las posiciones del generador y medidor de potencia y se realiza nuevamente la medida.

5.2 Pruebas equipo SDH

5.2.1 Pruebas de equipo

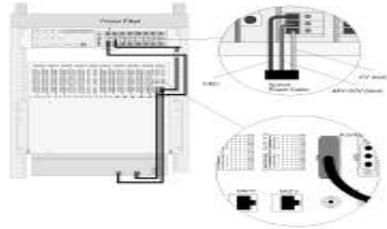
Dentro del proceso de instalación y puesta en marcha de los equipos SDH, hay una variedad de conflictos o problemas que se pueden presentar debido a fallas de Hardware o inconsistencias de software en cualquiera de los elementos del sistema. Es por esto que se generan una serie de pruebas para asegurar el correcto funcionamiento de la electrónica utilizada, antes de la puesta en producción.

5.2.1.1 Prueba de encendido

Esta es una de las pruebas más importantes ya que es acá donde se debe de corregir cualquier problema que pudiera existir en la energización de los equipos o en el equipamiento de los elementos.

Antes de encender cualquier equipo se debe de constatar que los mismos estén polarizados correctamente, aterrizados y sin ningún tipo de bloqueo mecánico que impida su correcto arranque.

Figura 14. Conexión de energía del equipo SDH



5.2.1.2 Prueba de reconocimiento de tarjetas

Luego de encendido el elemento hay que estar atento a las diferentes líneas de comando que aparecen en las computadoras de servicio, así como de todas las alarmas de advertencias que se puedan generar. Es acá donde podemos darnos cuenta de que alguna tarjeta, o parte del equipo que se comisiona pueda estar dañada o con problemas de hardware. Por lo regular el proveedor de la electrónica entrega una serie de procedimientos a seguir en caso de que se presente alguna falla o problema en el momento de la inicialización del elemento, ya sea desde el reinicio del componente o hasta el reemplazo de los diferente dispositivos que lo componen.

Figura 15. Equipo SDH



5.2.1.3 Pruebas de puertos

Los equipos de SDH poseen varios tipos de tarjetas ya sea a nivel de agregados o de tributarias para el manejo de tráfico. Estos puertos tienen las características que pueden ser habilitados, monitoreados y analizados para comprobar el correcto funcionamiento de los mismos.

En el caso de las tributarias PDH de E1, 34 o 45 Mbit/s o agregados de STM-1, 4,16, etc. las pruebas comúnmente se realizan colocando analizadores ópticos o eléctricos donde se pueda correr una prueba y garantizar que el puerto este en perfecto estado para garantizar así una comunicación bajo los estándares internacionales.

5.2.2 Pruebas de tráfico

5.2.2.1 Pruebas de conmutación

Esta prueba representa uno de los más importantes procesos de aceptación de una red SDH, ya que representa la garantía en la continuidad de la transmisión y por ende de los servicios que se transportan sobre la red mediante la utilización de una ruta de protección, en caso de que alguna avería por corte o exceso de atenuación sobre la ruta principal de fibra óptica que une a cada uno de los elementos de la red se presente.

Este tipo de pruebas se realiza cuando los equipos han sido instalados bajo una topología de anillo. Para lo cual es necesario el comprobar que todos los elementos involucrados en el sistema conmuten de manera adecuada en caso de que alguna falla se presente en uno de los tramos del anillo.

La prueba básicamente se realiza en dos etapas, mediante las cuales se puede comprobar, tanto la conmutación de las matrices de los agregados así como del correcto funcionamiento de los sistemas, basándonos en los tiempos

de respuesta o cambio de ruta, pérdida de señal o generación de errores en alguno de sus tributarios.

Para poder medir estos tiempo, se debe colocar un analizador en alguno de los nodos que conforman el anillo SDH, generando una medición de patrón en al menos una tributaria del elemento de red y verificar que todo trabaja correctamente. En este momento se deberá provocar la conmutación del tráfico mediante la apertura de uno de los lados del anillo, forzando de esta manera a que todo el tráfico tome una sola ruta.

El tiempo estándar de conmutación de una trama de SDH debe es de 50 milisegundos, por lo que en el momento del corte, el analizador de tramas no debe de registrar algún evento mas que el debido a la conmutación, mediante la generación de BIT's errados, 3 en promedio.

Estas mediciones nos muestran si el funcionamiento de las matrices de cross-conexión es correcto o amerita algún cambio físico, o lógico en la configuración del elemento.

Luego de esta prueba se debe de normalizar la conexión permitiendo al equipo regularizar la señal óptica y esperando el tiempo suficiente para que los puertos se sincronicen de forma adecuada. A continuación se debe de proceder con la desconexión de la ruta de protección, que es la que actualmente corre con el tráfico, y debemos de tener los mismos resultados que con la primera conmutación.

Si las pruebas arrojan resultados positivos podemos dar como aceptada la prueba y proceder con la misma evaluación en los demás elementos que conforman la red.

5.2.2.2 Pruebas de redundancia de energía

Todos los equipos juegan un papel muy importante en el desempeño de la red, es por esto que es muy importante tomar en cuenta el factor de la energía como parte imprescindible en las pruebas de aceptación del sistema.

En el caso de los equipos SDH, en su mayoría, son configurables de manera que tenga la capacidad de poder interconectarse a los sistemas de energía eléctrica por medio de dos puntos de alimentación independientes, logrando así, un sistema de alimentación redundante.

La prueba consiste en desconectar alguna de las conexiones de alimentación de energía de elemento y verificar el correcto funcionamiento del sistema.

En este caso no se debe de generarse ningún tipo de error en el analizador de tramas, ya que las fuentes de poder secundario deben de tomar la carga energética del elemento sin ningún problema.

De manera similar a la prueba de conmutación, se debe normalizar la conexión de energía de manera que ambas fuentes de poder entren en servicio y permitiendo la estabilización de las mismas. Ahora debemos de proceder con la desconexión de la fuente de poder alternativa y esperar el mismo resultado, ningún error o conmutación en el sistema.

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 Descripción del proyecto.

El proyecto consistió en la implementación de dos anillos de fibra óptica conformando dos anillos de transmisión SDH de distinta capacidad y de distinto proveedor de electrónica, localizados en la zona nor-oriental de país.

En total fueron necesarios 14 sitios llamados nodos o puntos de concentración, en los cuales se pretende generar la distribución de tráfico PDH para interconectar redes de telefonía móvil celular, y sistemas inalámbricos para proveer servicios de Internet, datos y telefonía corporativa.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron sitios existentes en los cuales ya se tenía alguna infraestructura básica para la implementación de estos servicios. Dentro de los factores que mas influyeron en la toma de decisión de localización de los sitios estuvieron, el impacto comercial, las distancias entre nodos y las rutas de acceso a cada uno de los sitios.

También fueron necesarios varios análisis que permitieran la definición de las diferentes características que tendría la red, en particular la mas costosa y critica para la disponibilidad del proyecto como lo es la planta externa.

Adicionalmente y de igual importancia factores como permisos municipales, falta de posteria, derechos de vía, servidumbre, etc., fueron puntos significativos para la decisión del diseño que tendría la red.

De todos estos puntos evaluados los mas críticos son: Planta externa, fibra óptica, electrónica y obra civil, por lo cual se incluye una descripción un poco mas amplia de cada uno.

6.1.1 Planta externa

En el caso de planta externa, después del estudio de las posibles rutas a tomar para la instalación de la fibra óptica, y tomando en cuenta que Navega cuenta con un contrato de exclusividad con la empresa eléctrica nacional la cual le permite instalar fibra en cualquiera de los postes de energía eléctrica, y con acuerdos con los otros distribuidores de energía en todo el país, se definió que la instalación de la fibra debería ser en forma aérea sobre postes colocados a la orilla de la carretera y en los puntos donde no existiera posteria se colocarían por parte de Navega.

Los postes a utilizar serán postes de madera de 30 y 35 pies de altura con una capacidad máxima de tensión en el extremo superior de 120 KN. La distancia entre poste y poste no debería exceder la distancia de 80 metros y la profundidad de los agujeros donde se instalarían los postes no debe ser menor a los 80 cm. con relleno de grava y material selecto para una mejor sujeción al suelo.

Figura 16. Instalación de poste de concreto



Figura 17. Fibra óptica instalada sobre poste de madera



6.1.2 Fibra óptica

El tipo de fibra seleccionado para el proyecto fue Fibra Óptica tipo ADSS para intemperie de 48 hilos de fibra, acomodados en 4 tubos de doce hilos cada una, con doble chaqueta para una mayor protección. El cable deberá incluir gel anti-humedad únicamente en los tubos internos. La distribución de la fibra quedó establecida de la siguiente manera: cuatro tubos, para un total de 48 hilos de fibra, del tipo G.652D.

Figura 18 Fibra óptica tipo ADSS de 48 Hilos



Tabla II Características dimensionales y mecánicas de la fibra óptica

N° de fibras		48
N° de fibras por tubo		12
N° de tubos holgados / elementos pasivos		4 / 1
Diámetro exterior de tubo holgado	mm	2,6
Diámetro del ERC	mm	2,1
Espesor radial de cubierta interior	mm	1,0
Espesor radial de cubierta exterior	mm	1,5
Diámetro del cable	mm	13,5
Peso del cable	kg/km	130
Módulo de elasticidad (E)	kN/mm ²	89,6
Sección efectiva (S)	mm ²	12,4
Coefficiente de expansión térmica (α)	$\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	8,81
Tensión máxima admisible	daN	700
Carga de rotura	daN	2.100

6.1.3 Electrónica

El proyecto consiste en dos anillos de transmisión interconectados, el primer anillo debe tener la capacidad de STM-16 y el segundo una capacidad de STM-4, los cuales convergen en uno de los nodos. Para proveer estas capacidades se consideraron dos proveedores de electrónica, Nortel y Tellabs.

La distribución fue de la siguiente manera: La ruta STM-16 estará conformada por 7 nodos marca Tellabs y la ruta de STM-4 estará conformada por 6 nodos marca Nortel. Para ambas rutas se han considerado que los equipos contengan los requerimientos mínimos para poder formar un sistema de alta disponibilidad, tales como matriz de cross-

conexión redundante, fuentes de energía redundantes, agregados independientes y capacidad de crecimiento.

Cada uno de los sitios deberá estar equipado con un mínimo de 16 tributarias E1 en 75 Ohms, para el caso de los equipos Nortel y 21 para el caso de los equipos Tellabs. Así mismo dispondrán de tarjetas tributarias de STM-1 óptico, para interconectar anillos de recolección de tráfico.

6.1.4 Obra civil

Para el proyecto se localizaron 13 sitios en los cuales serian instalados los nodos o sitios de repetición que forman parte de las dos rutas o anillos.

Estos sitios cuentan con los requerimientos mínimos como: accesibilidad vial, acceso a interconexión de energía comercial. Cada uno de los sitios están equipados con todos los elementos técnicos necesarios para proveer un ambiente y condiciones eléctricas suficientes para el correcto funcionamiento de la electrónica que se instalará, siendo estos:

- Red de maya de tierra física
- Acometida eléctrica comercial trifásica
- Aire acondicionado
- Equipo de rectificación de energía a – 48 DC Voltios.
- Muro perimetral
- Seguridad

Figura 19. Sistema de climatización y banco de baterías respaldo de energía DC.

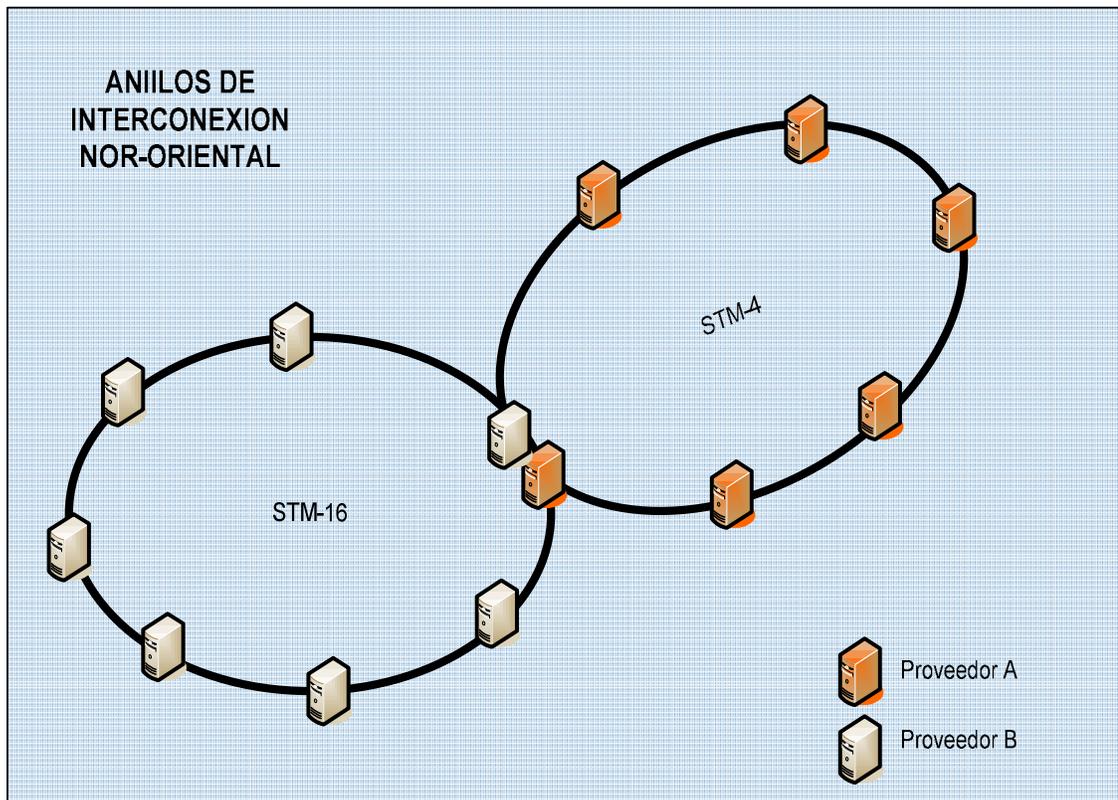


Figura 20. Paneles de distribución de energía AC y DC



6.2 Diagrama del proyecto.

Figura 21. Diagrama Unifilar del Proyecto



6.3 Pruebas de aceptación de la instalación.

La mayoría de los problemas que se presentan en la implementaciones de sistemas de telecomunicaciones, tienen su origen en instalaciones mal realizadas o que no cumplen con lo estándares ya establecidos por las normas ANSI o alguna otra entidad relacionada.

Es por ello que se debe ser muy cuidadoso con los detalles de las instalaciones sobre todo las relacionadas con la energía eléctrica y los sistemas de protección como las redes de tierras. En el caso de las instalaciones eléctricas es recomendable apegarse a la normativa existentes como las de la EEGSA en adición a las normas internacionales.

Existen varios mecanismos para la verificación de cada una de las instalaciones, y estas varían respecto a los estándares que cada empresa maneje.

6.4 Pruebas de aceptación de funcionamiento

Estas pruebas están orientadas a la verificación del correcto funcionamiento de la electrónica instalada. Para este proyecto en particular competen las pruebas de funcionamiento para los equipos SDH, las cuales fueron descritas en la sección 5.2 de este documento. Se incluyen algunos formatos de formularios de verificación de funcionamiento en el Anexo I los cuales pueden ser utilizados como parte de los protocolos de aceptación.

CONCLUSIONES

1. El Protocolo de comunicación SDH cumple con todos los requerimientos de las telecomunicaciones modernas, ya que provee la capacidad de poder transportar distintos anchos de banda de una manera ordenada y con la capacidad de poder gestionarlos y administrarlos de acuerdo a las necesidades que se presenten, no perdiendo así la calidad de los servicios y la alta disponibilidad que nos permite al tener distintas variables para la protección del tráfico.
2. El cumplimiento de los estándares internacionales de telecomunicaciones establecidos en las normas ITU-T hacen que la interoperabilidad de los equipos sea transparente para el usuario final, tal es el caso de el SDH cuyo estándar logra que equipos de diferentes proveedores funcionen correctamente.
3. Los sistemas de referencia de sincronía primaria son imprescindibles para el correcto funcionamiento de los sistemas basados en redes SDH, ya que prácticamente es la fuente para un funcionamiento adecuado.
4. El manejo de la fibra óptica en el proceso de la instalación, así como la correcta instalación juega un papel importante en la calidad del servicio que se cursará sobre la fibra, así como del tiempo de vida que la misma pueda llegar a tener.

5. Es de carácter prioritario que los niveles de referencia cero para las conexiones eléctricas estén en los valores adecuados, ya que la variación en los niveles de referencia generan mal funcionamiento de algunos de los equipos que intervienen en las redes de comunicaciones.

6. En la actualidad, los tipos de servicios que se comunican a través de estas redes de transporte son tan sensibles a cualquier perturbación, de tal manera que se debe mantener un constante monitoreo sobre los niveles de potencia en cada uno de los elementos que conforman la red.

7. Los factores ambientales en los cuales se encuentren instalados los equipos de telecomunicaciones tales como humedad y temperatura, representan un factor muy importante en el desempeño de los equipos y por ende de la disponibilidad de las redes que conforman. Se debe tratar al máximo que los equipos gocen de condiciones ambientales satisfactorias y constantes, lo cual ayudará al aumento del tiempo de vida de sus componentes.

RECOMENDACIONES

1. La utilización de los estándares internacionales para el manejo de las instalaciones eléctricas, sistemas de protección y la correcta utilización de éstos, es un factor importante en los sistemas de telecomunicaciones, por lo que se recomienda que por parte de las autoridades respectivas impartir cursos o seminarios que ayuden a fomentar estas normativas.
2. Luego de puesta en operación de las redes SDH, se deberían realizar jornadas de mantenimiento preventivo en los tendidos de fibra óptica, de manera tal que se midan los niveles de atenuación en cada uno de los hilos en búsqueda de posibles fallas o alteraciones que se presenten en alguno de los tramos.
3. Para poder asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección, y verificar que no ha existido ningún tipo de problema en las matrices de cross-conexión, se deberían realizar ejercicios periódicos de conmutación manual mediante la interrupción del tráfico en alguno de los sentidos del anillo para verificar el correcto funcionamiento de las protecciones configuradas.
4. Como administrador de redes SDH, se recomienda el constante monitoreo y la observancia de las fuentes de sincronía, así como de las variaciones que puedan surgir en los niveles de potencia de los receptores de cada uno de los elementos que conforman los agregados de la red.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nassir SAPAG CHAIN y Reinaldo SAPAG CHAIN. **Preparación y Evaluación de Proyectos**. Cuarta Edición, McGraw-Hill, 2000.
2. Taub, Herbert y Schilling, Donald L. **Principles of Communication Systems**. Segunda Edición. McGraw-Hill, 1986.
3. OM4100/4200 Nortel Telecommunications, 2002, Descripción y conceptos sobre equipos SDH Nortel
4. Serie 6000 Tellabs Telecommunications, 2004, Descripción y conceptos sobre equipos SDH Tellabs.
5. Manual de SDH, Nortel, Conceptos del estándar SDH y su estructura.
6. Normas Estándares Internacionales ITU, Internacional communication Union, 2005, Normativa internacional estándar para Telecomunicaciones.

ANEXO I

Protocolo de Pruebas

Proyecto: Anillo Nor-Oriental

Cliente: Navega.com

Elaborado: Ing. Axel Pérez

Revisión: Ing. Luis Fernando Rivera

Aprobado: Ing. Jorge Marroquín

1. Objetivo

Con este protocolo se pretende acumular toda la información generada durante las pruebas que se harán en un enlace a 2 Mbit/s en el anillo Nor-Oriental.

Todos los sistemas de redundancia serán probados y se obtendrán, a través de un medidor de E1s, las posibles pérdidas de tráfico y la duración de las mismas.

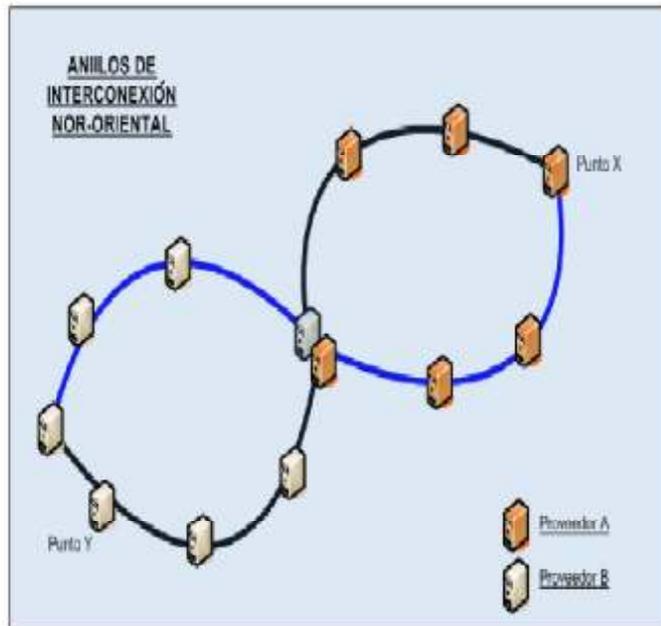
Después de haber probado todas las redundancias, se dejará corriendo una prueba durante 24 horas, la cual cumple con la recomendación ITU-T G.826.

2. Configuración del enlace

Será probado un enlace de 2 Mbit/s, una punta será Nodo X y la otra punta Nodo Y.

En la siguiente gráfica se puede observar la ruta activa del enlace, así como la protección.

VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005	Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001	
	Navega.com, S.A.	Protocolo de Pruebas	1 / 8



En azul se observa la ruta principal, mientras que en negro la ruta de protección.

VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005	Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
Navega.com, S.A.		Protocolo de Prueba 2 / 8

3. Pruebas a realizar en Sitio X

3.1. Desconexión de la fuente principal de energía

Observaciones

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

3.2. Extracción de una tarjeta PS

Observaciones

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

3.3. Desconexión de las fibras principales

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

3.4. Conmutación de la matriz de cross-conexión

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005		Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
 Navega.com, S.A.		Protocolo de Prueba	3 / 8

4. Pruebas a realizar en Sitio X

4.1. Desconexión de la fuente principal de energía

Observaciones

Hora exacta, según el medidor de EIs: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

4.2. Extracción de una tarjeta PS

Observaciones

Hora exacta, según el medidor de EIs: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

4.3. Desconexión de las fibras principales

Hora exacta, según el medidor de EIs: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

4.4. Conmutación de la matriz de cross-conexión

Hora exacta, según el medidor de EIs: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005	Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
 Navega.com, S.A.	Protocolo de Prueba	4 / 8

5.5. Conmutación de la matriz de cross-conexión

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

6. Pruebas a realizar en Sitio Y

6.1. Desconexión de la ruta principal

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

6.2. Desconexión de la ruta de protección

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

6.3. Conmutación de la matriz de cross-conexión

Hora exacta, según el medidor de E1s: _____

LOS (s): _____ AIS(s): _____ ES(s): _____ SES(s): _____ UAS(s): _____

VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005	Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
 Navega.com, S.A.	Protocolo de Prueba	6 / 8

7. Resultado de la prueba de 24 horas con la recomendación G.826:



VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005		Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
 Navega.com, S.A.		Protocolo de Prueba	7 / 8

FIRMA DE ACEPTACIÓN

ENCARGADO DEL PROYECTO / NAVEGA.COM

NOMBRE: _____

PUESTO: _____

FIRMA: _____

SUPERVISOR DE INSTALACIÓN

NOMBRE: _____

PUESTO: _____

FIRMA: _____

_____/_____/_____

FECHA (dd / mm / aaaa)

VERSIÓN 1.0	Octubre 24, 2005	Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
	Protocolo de Prueba	8 / 8