



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

**CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y
DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE
TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL
CORTIJO, ZONA 12.**

Rudy Fernando Tenas Martínez

Asesorado por el Ing. Carlos Guzmán Salazar

Guatemala, noviembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y
DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE
TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL
CORTIJO, ZONA 12.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RUDY FERNANDO TENAS MARTÍNEZ
ASESORADO POR EL ING. CARLOS GUZMÁN SALAZAR
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2006

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	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

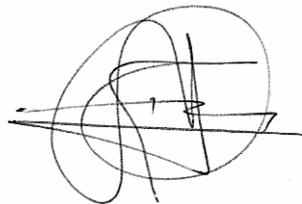
DECANO	Ing. Jorge Mario Morales Gonzáles
EXAMINADOR	Ing. Miguel Arturo García de la Torre
EXAMINADOR	Ing. Otto Armando Girón Estrada
EXAMINADOR	Ing. Stuardo Abraham Casasola Mazariegos
SECRETARIO	Ing. Edgar José Bravatti Castro

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:

CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL CORTIJO, ZONA 12,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 3 de marzo de 2006.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the name.

RUDY FERNANDO TENAS MARTÍNEZ

Guatemala, 15 de junio de 2,006.

Ingeniero
Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

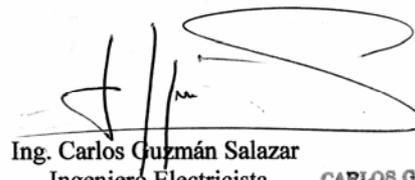
Ingeniero Sic García:

Por este medio me dirijo a usted, para informarle que cumpliendo con lo resuelto por la dirección de Escuela, se procedió a la asesoría y revisión del proyecto de EPS de tres meses cuyo informe es el trabajo de graduación titulado: "CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL CORTIJO, ZONA 12", desarrollado por el estudiante universitario Rudy Fernando Tenas Martínez, con número de carné 82-10676.

Este trabajo a ser presentado por el estudiante, se ha desarrollado cumpliendo con los requisitos, tomando en cuenta las recomendaciones de la asesoría, por lo tanto considero que cubre los objetivos del estudio planteado, habiendo proyectado criterios de ingeniería en su desarrollo.

En tal sentido me permito informarle que encuentro satisfactorio el trabajo realizado y lo remito a usted para los trámites respectivos.

Sin otro particular me despido, atentamente,



Ing. Carlos Guzmán Salazar
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 2762
ASESOR

CARLOS GUZMAN SALAZAR
Ingeniero Electricista
Col. No. 2762

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

"Todo por ti Carolingia Mía"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 24 de agosto de 2006
Ref. EPS. C. 473.08.06

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, RUDY FERNANDO TENAS MARTÍNEZ, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado "CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL CORTIJO, ZONA 12".

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Sé y Enseña a Todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Colegiado 6271

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Supervisor de EPS

Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica



KIER/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

"Todo por ti Carolingia Mía"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 24 de agosto de 2006
Ref. EPS. C. 473.08.06

Ing. Renato Escobedo
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 "CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL CORTIJO, ZONA 12".

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, RUDY FERNANDO TENAS MARTÍNEZ, quien fue asesorado por el Ing. Carlos Guzmán Salazar y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la APROBACION DEL MISMO por parte del asesor y supervisor, ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Se y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecuña
Coordinadora Unidad de EPS, a.i.



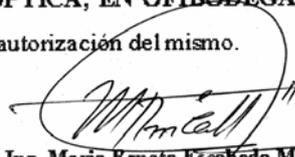
NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; Rudy Fernando Tenas Martinez titulado: **CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL CORTIJO, ZONA 12,** procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 20 DE SEPTIEMBRE 2,006.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 494.2006

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **CONSTRUCCIÓN DE RED DE PLANTA EXTERNA PARA TELEFONÍA Y DATOS POR UN SOLO PAR DE COBRE, USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA, EN OFIBODEGAS EL CORTIJO, ZONA 12**, presentado por el estudiante universitario **Rudy Fernando Tenas Martínez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, noviembre de 2006

/gdech

Toda por ti, Cosolinga Mía
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por ser el ser supremo que se manifiesta en todos los ordenes de nuestra vida y sin el cuál no hubiera podido concluir esta carrera.
- MI MADRE** Felícita Martínez Barrera, por ser la que me trajo al mundo y que me inculcó todos los principios y valores de esta vida y que siempre está conmigo.
- MI PADRE** Isabel Tenas Gonzáles, QEPD, por ser siempre el soporte en toda la etapa de la vida de nuestra familia.
- MI ESPOSA** Maribel López de Tenas, por su amor y ser un bastión en esta última etapa de mi carrera.
- MIS HIJOS** Luis Fernando y Alejandro, con todo mi amor.
- MIS HERMANOS** Edgar, Aminta, Leticia y Carlos, gracias por sus consejos y apoyo permanente, en especial a Carlos por involucrarme en las carreras universitarias.
- A MI FAMILIA
EN GENERAL** Tíos, primos, sobrinos con mucho aprecio.

AGRADECIMIENTO A:

ING. ANGEL LEONEL ARRIOLA

ING. CARLOS GUZMÁN

ING. DANILO DORADEA

Por compartir aspectos importantes de mi formación profesional, por su
duradera amistad y sabios consejos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

1. CONSTRUCCIÓN DE LA RED USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 El espectro electromagnético	2
1.3 Transmisor, receptor y la guía de fibra	4
1.4 Tipos de fibra óptica	6
1.5 Fibra monomodo.....	8
1.6 Características técnicas.....	8
1.7 Características mecánicas....	9
1.8 Aplicaciones de la fibra óptica.....	11
1.8.1 Redes.....	11
1.8.2 Telefonía	12
1.8.3 Comunicaciones por satélite Vrs. Fibra óptica.....	12
1.8.4 Comunicación con fibra óptica	13
1.8.5 Comparación de Inst. de F.O. y cables metálicos	15

1.8.5.1	Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	15
1.8.5.1.1	Ventajas	15
1.8.5.1.2	Desventajas	16
1.9	Diagrama de bloques de un sistema de comunicación por F.O.....	17
1.10	Propagación de la luz.....	18
1.11	Velocidad de propagación	19

2. USO DE CABLE MULTIPAR DE COBRE PARA LA INSTALACIÓN DE LA RED SECUNDARIA 21

2.1	Generalidades.....	21
2.2	Cables múltiples.....	21
2.2.1	Cables de telefonía	23
2.3	Cable trenzado	23
2.4	Cable multipar trenzado.....	24
2.5	Características de los cables múltiples telefónicos.....	25
2.6	Características eléctricas de los cables multipares	26
2.6.1	Canal de transmisión	26
2.6.2	Circuito de transmisión	26
2.6.3	Resistencia del conductor	27
2.6.4	Desequilibrio resistivo y capacitivo	28
2.6.5	Resistencia de aislamiento	28
2.6.6	Rigidez dieléctrica	29
2.6.7	Capacitancia y capacidad mutua.....	29
2.6.8	Inductancia	30
2.6.9	Conductancia	31
2.6.10	Diafonía	31

2.6.10.1	Inteligibilidad de la diafonía	31
2.6.10.2	Telediafonía y paradiafonía	32
2.6.10.2.1	Telediafonía	33
2.6.10.2.2	Paradiafonía	34
2.6.10.2.3	Impedancia característica	35
2.6.10.2.4	Atenuación	36
2.6.10.2.5	Protección contra interferencias	36
2.6.10.2.6	Ruido térmico	36
2.6.10.2.7	Características mecánicas del cable	37
2.7	Características de los conductores	38

3.	TECNOLOGÍA ADSL (ASYMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE), LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA...	41
3.1	¿Qué es ADSL?.....	41
3.2	Tecnologías dentro de la familia XDSL.....	43
3.2.1	Conexiones asimétricas.....	43
3.2.1.1	ADSL	43
3.2.1.2	VDSL	43
3.3	Características de ADSL.....	44
3.3.1	ADSL (estándar ANSI T1.413)	44
3.3.2	RADSL	49
3.3.3	VDSL / VHDSL	50
3.3.3.1	VDSL	50
3.4	Conexiones simétricas.....	51
3.4.1	HDSL	51
3.4.2	HDSL2	51
3.4.3	SDSL	51

3.4.4	IDSL	51
3.4.5	Arquitectura ADSL	53
3.5	Ventajas e inconvenientes de la tecnología ADSL.....	55
3.5.1	Ventajas	55
3.5.2	Inconvenientes	56
3.5.3	Tarifas	56
3.6	Descripción del equipo a instalar Alcatel 7300.....	57
3.6.1	Tarjeta NT (Network termination)	61
3.6.2	Tarjeta NT I/O.....	62
3.6.2.1	Alarma y unidad de control	62
3.6.2.2	PWR I/O board	62
3.6.2.3	TST (Test) I/O board	63
3.6.2.4	Tarjeta de línea ADSL	63
3.6.2.5	Tarjeta de línea G.SHDSL (24 líneas)	63
3.6.2.6	Tarjeta ISM	62
3.6.2.7	Tarjeta Voice Gateway Board	67
3.6.2.8	Passive POTS splitter	68
3.6.2.9	Área de conectores	68

3. CASO PRÁCTICO, MONTAJE DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA Y LA RED DE COBRE 71

4.1	Descripción del proyecto.....	71
4.2	Diseño del proyecto.....	73
4.3	Costo del proyecto	74

4.4	Métodos de construcción utilizados	78
4.5	Ventajas del cable ADSS.....	81
4.6	Resistencia a la tracción	81
4.7	Conectorización o empalme de la fibra óptica	82
4.8	Tolerancia de concentricidad de núcleo/revestimiento	84
4.9	Cuidados para el traslado de la fibra óptica	85
4.10	Pruebas a realizar en los cables de fibra óptica	85
	4.10.1 Prueba de preinstalación	86
	4.10.2 Prueba de instalación	87
	4.10.3 Post instalación, prueba de aceptación final	87
4.11	Pruebas de atenuación con el OTDR	87
4.12	Documentación del sistema	89
4.13	Documentación necesaria	89
4.14	Seguridad en la instalación	90
4.15	Seguridad subterránea	90
4.16	Instalación aérea del cable de fibra óptica	91
4.17	Tensión de extracción	92
4.18	Radio de curvatura.....	93
4.19	Reservas de exceso para mantenimiento	94
4.20	Equipo utilizado para la instalación de cable aéreo	94
	4.20.1 Soporte de cables múltiples	94
	4.20.2 Bloque de rodillo individual y económico	95
	4.20.3 Dispositivos de extracción	95
	4.20.3.1 Dinamómetro	96
	4.20.3.2 Agarre Kellems	96
	4.20.3.3 Fusible mecánico	97
4.21	Guías y soportes para la instalación de F. O.	98

4.21.1	Guía de instalación	98
4.21.2	Tirador de cables múltiple	99
4.22	Preparación de la fibra y empalme.....	99
4.22.1	Cortador de tubo protector	99
4.22.2	Removedor de capa protectora	100
4.22.3	Cortafibras manual y autosoportado	101
4.22.4	Empalmador de fusión	102
4.23	Estrategias para el tendido del cable de fibra óptica	102
4.23.1	Punto medio de la extracción del cable.....	103
4.23.2	Instalación del cable autosoportado	105
4.24	Preparación y empalme de cables de fibra óptica.....	106
4.24.1	Recorte del tubo protector	106
4.24.2	Remoción de las fibras	107
4.24.3	Corte de fibras	107
4.24.4	Empalmadores de fusión	107
4.24.5	LID, Inyección y detección local	108
4.24.6	PAS, sistema de alineación de perfiles	109
4.24.7	Protección de empalmes	109
4.24.8	Restauración de emergencia, detección del problema	109
4.24.8.1	Verificación del transmisor	110
4.24.8.2	Verificación de cordones de empalme	110
4.24.9	Comprobación de los empalmes en el receptor	110
4.24.10	Verificación de la instalación del cable	110
4.24.11	Materiales necesarios para una restauración	111
4.24.12	La preparación, clave de una rápida restauración	112
4.24.13	Restauración de una instalación aérea.....	112
4.24.14	Empalme con empalmadores mecánicos	113
4.25	Instalación de la red de cobre	115

CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS	121
BIBLIOGRAFÍA	123
ANEXOS	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	El espectro electromagnético	10
2	Enlace simplificado de comunicaciones con fibra óptica.....	11
3	Ondas de voltaje y corriente en una resistencia	29
4	Ondas de voltaje y corriente en un capacitor	30
5	Disposición de elementos para medidas de telediafonía	33
6	Disposición de elementos para medidas de paradiafonía	33
7	Transmisión a través de las líneas de cobre	42
8	Colocación del filtro paso bajo en el sitio del abonado	48
9	Colocación del splitter en el sitio del abonado	49
10	Equipo ALCATEL 7300 a instalar	58
11	Chasis compacto del equipo 7300-compact SAM	59
12	Equipo con capacidad hasta 384 puertos	60
13	Incremento de circuitos virtuales	64
14	Esquema de red de IP multicast con ISM	66
15	Ilustración de la funcionalidad del equipo	69
16	Cable de fibra óptica a instalar en el proyecto	79
17	Herrajes para la sujeción del cable	80
18	Vista transversal de la fibra	83
19	Soporte de cables múltiples para tendido del cable	94
20	Bloque de rodillo individual y económico	95

21	Dinamómetro para monitoreo de tracción	96
22	Agarre Kellems	97
23	Fusible mecánico	97
24	Guía de instalación	98
25	Tirador de cables múltiples	99
26	Cortador de tubo protector	100
27	Removedor de capa protectora	100
28	Cortafibras manual y autosoportado	101
29	Fusionador de fibra óptica ..	102
30	Punto medio de la instalación	103
31	Colocación del cable en figura 8	104
32	Instalación de cable autosoportado	106
33	Muestra de una medición con equipo OTDR	114
34	Plano catastral	126
35	Plano de canalización	127
36	Plano de red secundaria	128
37	Plano de diagrama de red	129
38	Plano enlace Aristos – El Cortijo zona 12	130
39	Plano enlace Aristos – El Cortijo zona 12 (Parte II)	131
40	Plano enlace Aristos – El Cortijo zona 11 y 12	132
41	Sección de fibra óptica a utilizar	133
42	Simbología de fibra óptica	134
43	Simbología de canalización existente	135
44	Simbología de canalización nueva	136
45	Simbología de red existente	137
46	Simbología de red nueva	138

TABLAS

I	Protocolos actuales y capacidad de transmisión.....	22
II	Conductores sólidos de cobre para telefonía	39
III	Mediciones realizadas a la red de cobre.....	40
IV	Resumen de conexiones asimétricas	52
V	Resumen de conexiones simétricas	52
VI	Líneas alimentadas por red de cobre	54
VII	Diferentes tipos de interfases	61
VIII	Especificaciones técnicas ALCATEL 7300 ASAM	70
IX	Costo instalación de la fibra óptica	75
X	Costo de cobre red secundaria.....	76
XI	Costo otros materiales montaje de equipo	77
XII	Especificaciones técnicas de cable de fibra óptica a instalar.....	81
XIII	Especificaciones técnicas del cable de fibra óptica (Parte 2).....	82

GLOSARIO

Abonado	Subscriber o cliente a quien se le presta el servicio, ya sea de telefonía o para transmisión de datos.
Acceso alámbrico	El servicio de enlace bidireccional por medio de cableados entre una red pública de telecomunicaciones y el usuario.
Acceso inalámbrico	El servicio de enlace radioeléctrico bidireccional entre una red pública de telecomunicaciones y el usuario.
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica en su traducción al español, se utiliza para transportar datos a velocidades altas, con la red de cobre.
Área de servicio	Circunscripción territorial que cubre una central telefónica, por medio de su red de Planta Externa y en el caso de sistema celular por medio de las celdas.
Armario	Elemento de red que sirve de límite entre la red primaria y la red secundaria. Normalmente, se encuentra ubicado en aceras y corresponde a una caja metálica con dimensiones variables.

ASAM 7300	Equipo Alcatel, utilizado para ofrecer acceso a alta velocidad y nuevos servicios de banda ancha a través de pares de cobre tradicionales.
AWG	Siglas de “ <i>American Wire Gauge</i> ”, norma americana para el calibre de los conductores.
Banda ancha	Capacidad de transmisión cuya anchura de banda es suficiente para la transmisión combinada de señales vocales, de datos y vídeo.
Cable de abonado	Cable o par de hilos metálicos utilizado en la red de distribución de líneas locales entre un punto de distribución y las instalaciones del cliente.
Cable primario	Cable telefónico subterráneo, directamente, enterrado o en ducto que va desde el distribuidor principal en la central hasta los armarios de distribución.
Cable secundario	Se encuentra, por lo general, en la red aérea, son los cables que van desde el armario de distribución hasta las cajas terminales.
Caja terminal	Elemento de red que sirve de límite entre la red secundaria y la acometida exterior.

CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía
Central telefónica	Conmutador de operador de telecomunicaciones público que atiende a una región o a varios distritos de una ciudad.
Conmutación	Función que permite el enrutamiento de tráfico público conmutado entre usuarios conectados en la misma central o entre dicha central y otras centrales.
Demultiplexación	Proceso aplicado a una señal compuesta formada por multiplexación para recuperar las señales independientes originales o grupos de esas señales.
Densidad telefónica	Número de líneas telefónicas principales por 100 habitantes.
Distribuidor principal	Es el límite entre la red primaria y la central telefónica. Se ubica adentro del edificio de la central.
Distrito	Es la zona geográfica servida por un armario de distribución telefónica.
Enlace digital	La totalidad de medios de transmisión de una señal digital de velocidad especificada, entre dos repartidores digitales, o, equivalentes.

Empalme	Consiste en la unión de dos o más cables telefónicos utilizando para ello diversos tipos de conector.
Mufa de empalme	Con este nombre se conoce a los cierres de empalme. Esta es la caja donde se realiza la unión de dos o más cables telefónicos por medio de conectores.
Multiplexación	Proceso reversible destinado a reunir señales de varias fuentes distintas dando una señal compuesta única, para la transmisión por un canal de transmisión común.
Nodo	Proporciona la plataforma física sobre la que se puede concentrar diferentes servicios de telefonía.
PCM	Modulación de pulsos codificados. Es una técnica de transmisión digital que permite convertir la señal analógica a una longitud fija.
Planta externa	Son todos aquellos elementos que nos sirven para establecer contacto físico entre el distribuidor principal en una central y el aparato telefónico de abonado.
Red de acometida	Es aquella que une la caja de dispersión con el aparato del abonado.
Ruido	Efecto indeseable en la línea telefónica, que degrada la calidad de la comunicación.

RESUMEN

En el proyecto de Ofibodegas de la zona 12, no se cuenta, actualmente, con el servicio de telefonía alámbrica para la transmisión de voz, datos e internet, por lo tanto tomando en cuenta que este complejo de ofibodegas debe estar a la vanguardia con respecto a la tecnología, se hicieron los estudios necesarios para instalar dicho servicio.

Por lo que la necesidad de contar con ese satisfactor es urgente para este complejo de oficinas y de bodegas, debido a que, actualmente, no cuentan con dicho sistema de telecomunicaciones para la transmisión de voz, datos e internet.

El estudio para la realización de este proyecto se enmarca dentro de lo que el programa de EPS y la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, persiguen para poder aplicar los conocimientos técnicos y de ingeniería que se requieren, en este caso, en la parte de telefonía y transmisión de datos e internet.

El estudio contempla la construcción de una red de fibra óptica interconectada para poder suministrar el servicio a las 85 ofibodegas que forman el complejo de El Cortijo de la zona 12; con una red de distribución de cobre diseñada técnica y económicamente de tal manera que la infraestructura que se construya no este sobredimensionada y distribuida acorde a las necesidades de esta complejo.

OBJETIVOS

GENERAL

Definir una solución al tendido y construcción de la red, tanto de fibra óptica como de la red de cobre, para suministrar los servicios de telefonía, transmisión de datos e internet e interconectar todos los equipos involucrados, incluyendo además el estudio de los trabajos de obra civil necesarios para poder colocar la red de cables en forma subterránea. .

ESPECÍFICOS

1. Aplicar los avances tecnológicos existentes para instalar el servicio y que el complejo de oficinas este a la vanguardia de las telecomunicaciones, para que su red de computadoras a instalar pueda manejar esa información de una forma lo más eficiente posible, sin pérdidas de tiempo en el momento que se necesite hacer ampliaciones de la red o mantenimientos preventivos y correctivos.
2. Instalar la red de fibra óptica en forma aérea, pero, cumpliendo con todas las normas y técnicas necesarias para evitar daños en el sistema, en el momento que la red ya se encuentre en operación.
3. Planificar y construir la red de cobre en forma subterránea para evitar de esta manera daños en las líneas a instalar, además de colaborar con esto con la estética de todo el complejo de ofibodegas.

4. Cumplir con todos los requerimiento necesarios para la construcción de los dos tipos de red, diseñándola de acuerdo a la demanda existente en ese complejo de ofibodegas, para no sobredimensionar la red y construir únicamente la necesaria, para poder tener el servicio de transmisión de datos y de internet.

INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno las telecomunicaciones son parte importante y una necesidad para poder comunicarse principalmente cuando nos referimos a empresas que actualmente operan en lo que se llama ofibodegas, en donde están ubicadas la oficinas y las bodegas de una misma empresa.

Con la desmonopolización de las telecomunicaciones en Guatemala existen empresas de telecomunicaciones en la iniciativa privada que prestan ese servicio y están anuentes a suministrarlo a cualquier persona individual o jurídica que lo solicite, pero, hay algunos lineamientos que se deben de cumplir para poder contar con dicho servicio.

Estos lineamientos o requisitos son los que el ingeniero planifica y diseña de acuerdo con los conocimientos adquiridos en la universidad; en este caso específico las decisiones tomadas para construir la red aérea o subterráneas, el tipo de cable de fibra óptica y multipar de cobre a utilizar, los equipos utilizados en ambos extremos, es decir del lado de la empresa que suministra el servicio y del cliente.

Cumpliendo con todas las normas y estándares para la instalación de toda la infraestructura, el diseño debe de funcionar de la mejor manera para beneficio de las persona que lo van a utilizar.

1. CONSTRUCCIÓN DE LA RED USANDO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE NODOS FIBRA ÓPTICA

1.1 Generalidades

En esencia, un sistema óptico de telecomunicaciones es un sistema electrónico de comunicaciones que utiliza luz como portador de información. Sin embargo, es difícil e impráctico propagar ondas luminosas por la atmósfera terrestre.

En consecuencia, los sistemas de comunicaciones con fibra óptica usan fibras de vidrio o plástico para “contener” las ondas luminosas y guiarlas en una forma similar a como las ondas electromagnéticas son guiadas en una guía de ondas.

La optoelectrónica es la rama de la electrónica que estudia la transmisión de la luz a través de fibras ultra puras, que se suelen fabricar con vidrio o con plástico.

La capacidad de conducción de información de un sistema electrónico de comunicaciones es directamente proporcional a su amplitud de banda. Para fines de comparación, se acostumbra expresar el ancho de banda de un sistema analógico de comunicaciones como un porcentaje de la frecuencia de su portadora.

A esto se le llama a veces relación de utilización del ancho de banda. Por ejemplo, un sistema de radiocomunicaciones de VHF trabajando a una frecuencia de portadora de 100 MHz. con ancho de banda de 10 MHz tiene una relación de utilización de ancho de banda de 10%.

Un sistema de radio de microondas que funciona con una frecuencia de portadora, con una relación de utilización de ancho de banda de 10% tendría disponible 1 Ghz de ancho de banda.

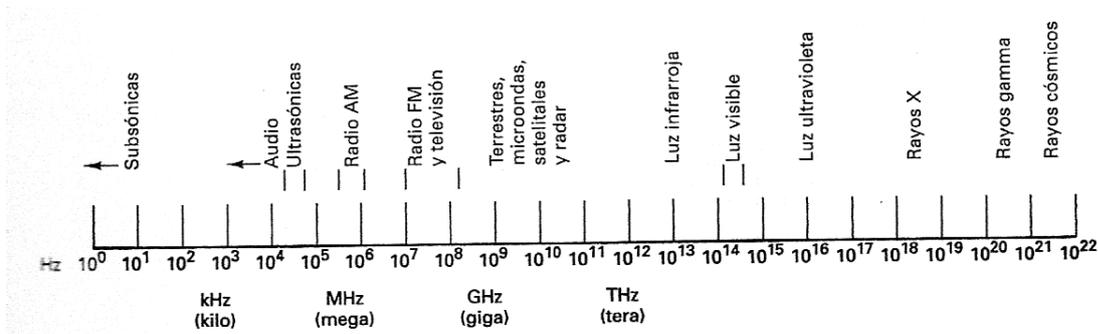
Es obvio que mientras mayor es la frecuencia de portadora, el ancho de banda es mayor y la capacidad de conducción de información es mayor. Las frecuencias luminosas que se utilizan en los sistemas de comunicaciones por fibra óptica están entre 1×10^{14} y 4×10^{14} Hz.

Una relación de utilización de ancho de banda de 10% significaría una banda de entre 10,000 y 40,000 GHz de ancho.

1.2 Espectro electromagnético

El esfuerzo total de frecuencia, electromagnéticas se muestra en la figura 1. Se puede ver que ese espectro de frecuencias va desde las subsónicas (unos cuantos hertz, hasta los rayos cósmicos (10^{22} hertz) El espectro de las frecuencias luminosas se puede dividir en tres bandas generales:

Figura 1. El espectro electromagnético



1.- Infrarrojo: banda de longitudes de onda de luz demasiado grandes para que las vea el ojo humano.

2. Visible: banda de longitudes de onda de luz a las que responde el ojo humano.

3.- Ultravioleta: banda de longitudes de onda de luz que son demasiado cortas para que las vea el ojo humano.

Cuando se manejan ondas electromagnéticas de mayor frecuencia, como las luminosas, se acostumbra usar unidades de longitud de onda y no de frecuencia.

La longitud de onda es la frecuencia que ocupa en el espacio un ciclo de una onda electromagnética, la longitud de onda depende de la frecuencia de la onda y de la velocidad de la luz. La relación matemática correspondiente es:

$$\lambda = c/f \quad (1 - 1)$$

En donde: λ = longitud de onda (metros/ciclo)

C= velocidad de la luz

f = frecuencia (hertz)

con las frecuencia luminosas, la longitud de onda se suele expresar en micrones o micras (1 micrón = 1 micrómetro) o en nanómetros (1 nanómetro = 10^{-9} metros).

1.3 Transmisor, receptor y la guía de fibra o fibra guía

El transmisor consiste en una interconexión o interfaz analógica o digital, un convertidor de voltaje a corriente, una fuente luminosa y un acoplador de luz de fuente a fibra. La guía de fibra es un cable de vidrio o plástico ultra puro.

El receptor comprende un dispositivo detector acoplador de fibra a luz, un detector foto eléctrico, un convertidor de corriente a voltaje, un amplificador y una interfaz analógica a digital.

En un transmisor de fibra óptica, la fuente luminosa se puede modular mediante una señal digital o una analógica. Para la modulación analógica, la interfaz de entrada compensa las impedancias y limita la amplitud de la señal de entrada.

Para la modulación digital, la fuente original puede tener ya la forma digital o bien, si está en forma analógica debe de convertirse a una corriente de pulsos digitales. En el último caso se debe de agregar un convertidor de analógico a digital en la interfaz.

El convertidor de voltaje a corriente sirve como interconexión eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente luminosa. Esta fuente luminosa puede ser un diodo emisor de luz (LED, de light-emiting diode) o un diodo de inyección láser (ILD, por injection laser diode).

La cantidad de luz emitida por un LED o un ILD es proporcional a la cantidad de la corriente de excitación.

Así, el convertidor de voltaje a corriente convierte un voltaje de señal de entrada en una corriente que se utiliza para activar la fuente luminosa.

El acoplador entre fuente y fibra (como por ejemplo un lente) es un interfaz mecánica, su función es acoplar la luz que emite la fuente e introducirla al cable de fibra óptica.

La fibra óptica es un núcleo de vidrio o plástico, un revestimiento y una chaqueta protectora. El dispositivo de acoplamiento detector de fibra a luz también es un acoplador mecánico. Su función es sacar tanta luz del cable de fibra como sea posible y ponerlo en el detector de luz.

El detector de luz es, con mucha frecuencia, un diodo PIN (tipo p tipo n intrínseco) o un fotodiodo de avalancha (APD; de avalancha photodiode). Tanto el diodo APD como el PIN convierten la energía luminosa en corriente.

En consecuencia, se necesita un convertidor de corriente a voltaje.

El convertidor de corriente a voltaje transforma los cambios de la corriente del detector en cambios de voltaje de la señal de salida.

La interfaz analógica o digital en la salida del receptor también es una interconexión eléctrica. Si se usa modulación analógica, la interfaz compensa las impedancias y los niveles de señal con los circuitos de salida. Si se usa modulación digital, la interfaz debe incluir un convertidor de digital a analógico.

1.4 Tipos de fibra óptica

En esencia hay tres variedades de fibra óptica que se utilizan en la actualidad, las tres se fabrican con vidrio, plástico o una combinación de vidrio y plástico. Estas variedades son:

- Núcleo y forro de plástico.
- Núcleo de vidrio con forro de plástico (llamado con frecuencia fibra PCS, plastic-clad silica o sílice revestido con plástico).
- Núcleo de vidrio y forro de vidrio (llamado con frecuencia SCS, silica-clad silica o sílice revestido con sílice).

En la actualidad se investiga en Bell Laboratorios, la posibilidad de utilizar una cuarta variedad que usa una sustancia no silícea, el cloruro de zinc.

Los experimentos preliminares parecen indicar que esta sustancia será hasta mil veces más eficiente que el vidrio, su contraparte a base de sílice.

Las fibras de plástico tienen varias ventajas sobre las de vidrio. La primera es que las de plástico son más flexibles y, en consecuencia, más robustas que el vidrio.

Son fáciles de instalar, pueden resistir mejor los esfuerzos, son menos costosas y pesan 60% menos que el vidrio.

La desventaja de las fibras de plástico es su alta atenuación característica: no propagan la luz con tanta eficiencia como el vidrio.

En consecuencia, las fibras de plástico se limitan a tramos relativamente cortos, como dentro de un edificio o de un complejo de edificios.

Las fibras con núcleos de vidrio tienen bajas atenuaciones características, sin embargo, las fibras PCS son un poco mejores que las SCS. Las fibras PCS también se afectan menos por la radiación y, en consecuencia, tienen más atractivo en las aplicaciones militares.

Las fibras SCS tienen las mejores características de propagación y son más fáciles de terminar que las PCS. Desafortunadamente, los cables SCS son los menos robustos y son más susceptibles a aumentos de atenuación cuando están expuestos a la radiación.

La selección de una fibra para determinada función, es función de los requisitos específicos del sistema. Siempre hay compromisos basados en la economía y la logística en una aplicación determinada.

1.5 Fibra monomodo

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar.

Los rayos que solo pueden ser transmitidos son los que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 micrómetros.

Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado.

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

1.6 Características técnicas

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

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

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

- a) Del diseño geométrico de la fibra.
- b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)
- c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.

1.7 Características mecánicas

La fibra óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes opto electrónicos y fibras ópticas ha traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra.

Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las micro curvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

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

- Compresión: es el esfuerzo transversal.
- Impacto: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.
- Enrollamiento: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.
- Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción.
- Limitaciones Térmicas: estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura.

Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción.

1.8 Aplicaciones de la fibra óptica

1.8.1 Redes

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia.

En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica.

En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras.

Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios.

El desarrollo de nuevos componentes electroópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

1.8.2 Telefonía

Con motivo de la normalización de interfaces existentes, se dispone de los sistemas de transmisión por fibra óptica para los niveles de la red de telecomunicaciones públicas en una amplia aplicación, contrariamente para sistemas de la red de abonado (línea de abonado), hay ante todo una serie de consideraciones.

Para la conexión de un teléfono es completamente suficiente con los conductores de cobre existentes.

Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, etc. la fibra óptica se hará imprescindible para el abonado.

Con el BIGFON (Red urbana integrada de telecomunicaciones en banda ancha por fibra óptica) se han recopilado amplias experiencias en este aspecto.

Según la estrategia elaborada, los servicios de banda ancha posteriormente se ampliarán con los servicios de distribución de radio y de televisión en una red de telecomunicaciones integrada en banda ancha.

1.8.3 Comunicaciones por satélite Vrs. fibra óptica

Es más económica la fibra óptica para distancias cortas y altos volúmenes de tráfico, por ejemplo, para una ruta de 200 klm. el satélite no es rentable frente a la solución del cable de fibras hasta una longitud de la misma igual a unos 2500 klms.

La calidad de la señal por cable es por mucho más alta que por satélite, porque en los geoestacionarios, situados en órbitas de unos 36,000 klms. de altura, y el retardo próximo a 500 mseg. introduce eco en la transmisión, mientras que en los cables este se sitúa por debajo de los 100 mseg admitidos por UIT - T.

La inclusión de supresores de eco encarece la instalación, disminuye la fiabilidad y resta la calidad al cortar los comienzos de frase.

El satélite se adapta a la tecnología digital, si bien las ventajas en este campo no son tan evidentes en el analógico, al requerirse un mayor ancho de banda en aquel y ser éste un factor crítico en el diseño del satélite.

1.8.4 Comunicación con fibra óptica

En esencia un sistema óptico de comunicaciones es un sistema electrónico de comunicaciones que usa la luz como portador de información. Sin embargo es difícil e impracticable propagar ondas luminosas por la atmósfera terrestre. En consecuencia los sistemas de comunicaciones con fibra óptica usan fibras de vidrio o de plástico para "contener" las ondas luminosas y guiarlas en una forma similar a como las ondas electromagnéticas son guiadas en una guía de ondas.

La opto electrónica es la rama de la electrónica que estudia la transmisión de la luz a través de fibras ultra puras, que se suelen fabricar con vidrio o con plástico.

La capacidad de conducción de información de un sistema electrónico de comunicaciones es directamente proporcional a su ancho de banda.

Para fines de comparación se acostumbra expresar el ancho de banda de un sistema analógico de comunicaciones como un porcentaje de la frecuencia de su portadora.

A esto se le llama a veces relación de utilización del ancho de banda. Por ejemplo un sistema de radiocomunicaciones de VHF trabajando a una frecuencia de portadora de 100 Mhz, con un ancho de banda de 10 Mhz tiene una relación de utilización de ancho de banda de 10%. Un sistema de radio de microondas que funciona con una frecuencia de portadora, con una relación de utilización de ancho de banda igual al 10% tendría disponible 1 Ghz de ancho de banda.

Es obvio que mientras mayor es la frecuencia de portadora el ancho de banda es mayor y la capacidad de conducción de información es mayor.

Las frecuencias luminosas que se usan en los sistemas de comunicaciones con fibra óptica está entre 1×10^{14} y 4×10^{14} Hz. (100,000 a 400,000 Ghz).

Una relación de utilización de ancho de banda de 10% significaría una banda de entre 10,000 y 40,000 Ghz de ancho.

1.8.5 Comparación de instalaciones con fibras ópticas y cables metálicos

Las comunicaciones a través de cables de fibra de vidrio o de plástico tienen varias ventajas abrumadoras sobre las comunicaciones que usan instalaciones convencionales de cable metálico o coaxial

1.8.5.1 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

1.8.5.1.1 Ventajas

- Mayor capacidad de información: Esto debido a su ancho de banda inherentemente mayores con las frecuencia ópticas. Los cables metálicos tienen capacitancia, entre ellos inductancia a lo largo de los mismos, que lo hacen funcionar como filtros pasabajos y eso limita sus frecuencias de transmisión, anchos de banda y capacidad de conducción de información.
- Inmunidad a la diafonía: Los cables ópticos son inmunes a la diafonía entre cables vecinos, debido a la inducción magnética.
- Las fibras de vidrio o de plástico son no conductores de electricidad y, en consecuencia, no tienen campos magnéticos asociados con ellas. En los cables metálicos, la causa principal de la diafonía es la inducción magnética entre conductores ubicados físicamente cercanos entre sí.

- Inmunidad a la interferencia por estática: los cables ópticos son inmunes al ruido de estática que causa la interferencia electromagnética, debida a rayos, motores eléctricos, luces fluorescentes y otras fuentes de ruido eléctrico.

Esta inmunidad también se debe a que las fibras ópticas son no conductoras de la electricidad, y a que el ruido eléctrico no afecta la energía en las frecuencias luminosas.

1.8.5.2 Desventajas

- Costos de interconexión: Los sistemas de fibra óptica son virtualmente inútiles por si mismos. Para ser prácticos se deben de conectar a instalaciones electrónicas normales, lo cuál requiere con frecuencia interconexiones costosas.
- Potencia eléctrica remota: a veces es necesario llevar energía eléctrica, a un equipo remoto de interconexión o de regeneración. Esto no se puede hacer con el cable óptico, por lo que se deben de agregar más cables metálicos en el cableado.
- Herramientas, equipo y adiestramiento especializado: Las fibras ópticas requieren herramientas especiales para empalmar y reparar cables, y equipos especiales de prueba para hacer mediadas rutinarias. También es difícil y costoso reparar cables de fibra y los técnicos que trabajan con cables de fibra óptica necesitan también tener destrezas y adiestramientos especiales.

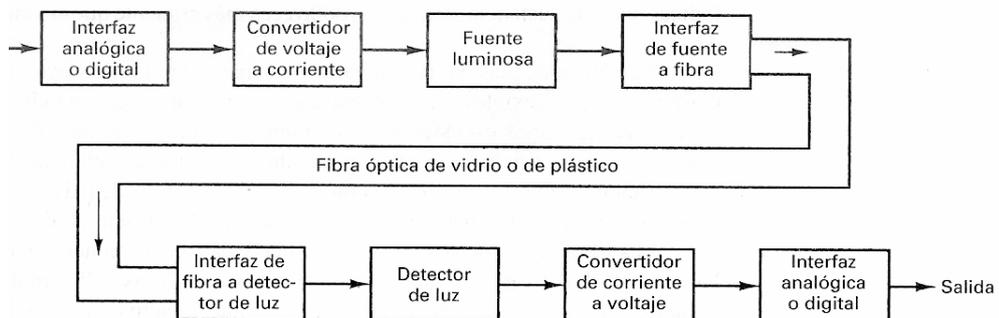
1.9 Diagrama de bloques de un sistema de comunicación por fibra óptica

La figura 2 muestra un diagrama de bloques simplificado de un enlace de comunicaciones con fibra óptica.

Los tres bloques principales que lo forman son el transmisor, el receptor y la guía de fibra o fibra guía.

El transmisor consiste en una interconexión o interfaz analógica o digital, un convertidor de voltaje a corriente, una fuente luminosa y un acoplador de luz de fuente a fibra. El receptor comprende un dispositivo detector acoplador de fibra a luz, un detector fotoeléctrico, un convertidor de corriente a voltaje, un amplificador y un interfaz analógico a digital.

Figura 2. Enlace simplificado de comunicaciones con fibra óptica



1.10 Propagación de la luz

La física de la luz, aunque se puede analizar por completo el funcionamiento de las fibras ópticas aplicando las ecuaciones de Maxwell, es una forma complicada por necesidad.

Para la mayoría de las aplicaciones prácticas, se puede usar el trazado geométrico de ondas en lugar de las ecuaciones de Maxwell. Con el trazado de rayos se obtienen resultados con exactitud suficiente.

Los átomos pueden irradiarse mediante una fuente luminosa cuya energía sea igual a la diferencia entre el estado fundamental y otro nivel de energía. La energía absorbida o emitida (el fotón) es igual a la diferencia entre los dos niveles de energía, esto es:

$$E_2 - E_1 = E_p \quad (\text{I} - 2)$$

En donde E_p es la energía del fotón. También,

$$E_p = hf$$

Siendo h constante de Planck = 6.625×10^{-34} J-s

f = frecuencia de luz emitida (hertz)

También la energía de los fotones se puede expresar en términos de longitud de onda.

Al sustituir la ecuación $\lambda = c/f$

Se obtiene $E_p = hf$ $E_p = hc/\lambda$ **(I - 3)**

1.11 Velocidad de Propagación

La energía electromagnética, como la luz recorre aproximadamente 300,000,00 Klm / Seg en el espacio libre.

También la velocidad de propagación es igual para todas las frecuencias de luz en el espacio libre.

Sin embargo, se ha demostrado que en materiales más densos que el espacio libre, la velocidad se reduce, cuando se reduce la velocidad de una onda electromagnética al pasar de uno a otro medio de un material más denso, el rayo de luz se refracta, o se dobla hacia la normal.

También, en materiales más densos que el espacio libre, todas la frecuencias de la luz no se propagan con la misma velocidad.

2. USO DE CABLE MULTIPAR DE COBRE PARA LA INSTALACIÓN DE LA RED SECUNDARIA

Los cálculos más comúnmente utilizados en las instalaciones de redes de telecomunicaciones no requieren conocimientos de matemáticas avanzadas, algunos de ellos se pueden realizar con el uso de la aritmética y conceptos muy elementales del álgebra.

2.1 Generalidades

Es importante conocer las diferencias fundamentales entre las líneas de fuerza, las de telefonía y los enlaces de red de computadoras.

Los cables de fuerza utilizan baja frecuencia (típicamente 50/60 Hz), y están diseñados para minimizar la pérdida de la energía que transportan.

Por su parte las líneas de telefonía tradicionales transportan poca energía y desde luego señales de audio con un ancho de banda de 4 KHz., (es la denominada calidad “telefónica” de audio).

Por su parte, en las líneas de redes informáticas la energía transportada es despreciable (prácticamente nula), en cambio la señal es de mayor ancho de banda.

Los protocolos de red más comunes emplean anchos de banda de 4 MHz y mayores, están diseñados para permitir una correcta codificación de la señal transportada.

En la actualidad existen varios estándares que permiten transportar más de 100 Mbps mediante cables de pares trenzados de 2 ó 4 conductores utilizando anchos de banda de 16 y 80 MHz.

Es importante significar que la capacidad de transporte de un enlace de red no se corresponde necesariamente con el ancho de banda del enlace (Mbps no son lo mismo que MHz).

Como ejemplo se muestra la tabla I, con varios de los protocolos actuales, indicando en cada caso la capacidad de transmisión, el ancho de banda utilizado (después de la codificación y compresión) y la calidad de cable requerida.

Tabla I. Protocolos actuales y capacidad de transmisión

Protocolo	Velocidad Nominal	Frecuencia Base	Capacidad exigible al cable	Categoría de cable requerida
10Base-T	10 Mbps	10 MHz	10 MHz	Cat-3
100Base-T4	100 Mbps	12.5 MHz	12.5 MHz	Cat-3
802.12(VG)	100 Mbps	15 MHz	15 MHz	Cat-3
100Base-TX	100 Mbps	31.25 MHz	80 MHz	Cat-5
FDDI (*)	100 Mbps	31.25 MHz	80 MHz	Cat-5
ATM (**)	155 Mbps	77.5 MHz	100 MHz	Cat-5

* FDDI “Fiber Distributed Data Interface”

** ATM “Asynchronous Transfer Mode”

2.2 Cables multipares

2.2.1 Cables de telefonía

El par telefónico nace en 1883 con el uso de 2 hilos en líneas aéreas.

Desde 1875 Graham Bell usaba un solo hilo y la tierra como retorno de corriente, pero los efectos de ruido impedían alcanzar longitudes importantes.

En 1890 en New York se instalaban postes de 30 metros de altura con 300 rosetas (para 300 hilos); por ello surgen los cables multipares.

El primer cable multipar data de 1887 colocado por la Western Electric Corp. con hilos de tipo AWG-18 aislados en papel.

En aquel entonces el núcleo multipar se empujaba dentro de un tubo de plomo (cubierta del cable). Hacia 1900 se desarrolla la máquina extrusora de plomo, y hacia la II Guerra Mundial se reemplaza por la cubierta de aluminio laminado PAL y el aislante de polietileno para conductores.

2.3 Cable trenzado

Este cable es aquel en que sus conductores no discurren paralelamente dentro de la cubierta común, sino que están trenzados entre si (generalmente dos a dos).

Es importante no confundir un cable trenzado con un cable de conductores trenzados, que como hemos visto es aquel cuyos conductores están formados por varios hilos (estos hilos suelen ser casi paralelos entre si o tener una pequeña torsión).

2.4 Cable multipar trenzado

Es uno de los cables más antiguos en el mercado y en algunos tipos de aplicaciones es el más común, consiste en dos alambres de cobre o a veces de aluminio, aislados con un grosor de 1 mm aproximado.

Los alambres se trenzan con el propósito de reducir la interferencia eléctrica de pares similares cercanos. Los pares trenzados se agrupan bajo una cubierta común de PVC en cables multipares de pares trenzados de 2, 4, 8 hasta 2400 pares.

Un ejemplo de par trenzado es el sistema de telefonía, ya que la mayoría de aparatos se conectan a la central telefónica por intermedio de un par trenzado.

Actualmente se han convertido en un estándar, de hecho en el ámbito de las redes LAN, como medio de transmisión en las redes de acceso a usuarios (típicamente cables 2 ó 4 pares trenzados).

A pesar que las propiedades de transmisión del cable de par trenzado son inferiores y en especial la sensibilidad ante perturbaciones extremas a las del cable coaxial, su gran utilización se debe al costo, su flexibilidad y factibilidad de instalación.

El cable de pares trenzados TP (*"Twister Pairs"*) está compuesto de varios pares de conductores enrollados entre sí.

El trenzado ayuda a mitigar un efecto indeseable denominado Crosstalk , por el que se produce un cruce de la señal de un par a otro cercano.

Este defecto aumenta con la frecuencia, de forma que con valores suficientemente altos, la transmisión se hace imposible pues las señales interferidas desde los pares cercanos tienden a dañar las propias por la interferencia.

Cuando el medio de transmisión es un cable TP, uno de los pares se utiliza para transmisión (TX), y otro para la recepción (RX). En la construcción de redes se utilizan varios tipos de cable TP.

Utilizando las tecnologías actuales, el cable multipar trenzado puede ser utilizado hasta un máximo de unos 115 MHz; a partir de este punto los problemas de ruido (principalmente derivados del crosstalk) lo hacen inutilizable.

2.5 Características de los cables multipares telefónicos

El cable multipar de telefonía consta de los siguientes componentes:

- Conductor de cobre de tamaño 19 a 28 AWG
- Aislador de polietileno PE (polyethylene) con cobertura de HDPE (High Density PE)
- Trenzado a dos colores con paso diseñado para minimizar el desbalance de capacitancia y diafonía.
- Grupo de pares, Unidades de 25 pares, se agrupan en capas concéntricas.
- Cable de 1000 pares: central 4x25 pares; capa1: 6x50 pares; capa 2: 12x50 pares.

- Compuesto de relleno para rellenar los espacios de aire
- Pantalla de aluminio de 0,2 mm cubierto de una capa de plástico PE.
- Pantalla de aluminio en Z dividiendo el cable en ambos lados para cables de enlaces PCM.
- Cubierta (jacket) de PE de baja o mediana densidad
- Alambre guía para cable aéreo autosoportado. Son 7 hilos de acero galvanizado sobre la misma cubierta.
- Numeración del cable exterior (longitud secuencial, nombre del fabricante, año de fabricación, etc.).

2.6 Características eléctricas de los cables multipares

Previo a definir las características eléctricas de los cables multipares, responsables de transportar las señales de transmisión desde un punto a otro, daré una reseña previa de lo que se entiende por circuito de transmisión y canal de transmisión.

2.6.1 Canal de transmisión

Es el conjunto de elementos que permiten una comunicación en un solo sentido, es decir unidireccional.

2.6.2 Circuito de transmisión

Es el complemento de dos canales de transmisión, que permiten una comunicación en diferentes sentidos, es decir bidireccional.

En la implantación de una red telefónica, el costo que genera el tendido de cables y su alto costo de mantenimiento, demanda más de la mitad de los recursos económicos que los demás elementos necesarios para la puesta en servicio de un sistema de telecomunicaciones.

Por tan importante razón, los cables deben ser sometidos a rigurosas pruebas, tanto eléctricas como mecánicas con el objeto de prolongar al máximo la vida útil, en términos generales, un cable telefónico está diseñado para una duración de por lo menos 30 años.

Las líneas bifilares que constituyen los cables telefónicos múltipares están dotados de ciertas características eléctricas, con el objeto de transportar con la menor pérdida de energía posible, las señales de transmisión necesarias para una buena comunicación.

Estas características se componen de los siguientes parámetros:

2.6.3 Resistencia del conductor

Como la palabra lo indica es la resistencia que se opone al paso de la corriente, tenemos como definición y según la ley de ohm:

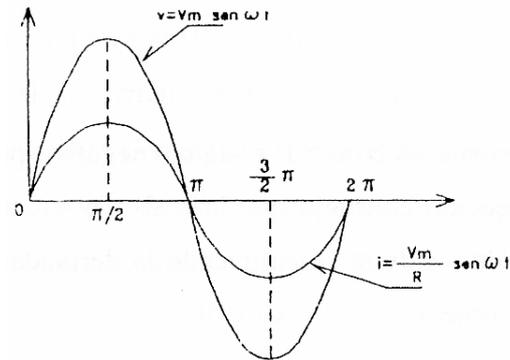
$$V = R i$$

Despejando $i = V/R$; si el voltaje es senoidal $V = V_m * \text{Sen} (\omega t)$

$$\text{Entonces: } i = \frac{V_m \times \text{Sen} (\omega t)}{R} \quad (\text{II - 1})$$

Es decir que para cualquier tiempo t las dos ondas tienen la misma forma:

Figura 3. Ondas de voltaje y corriente en una resistencia



2.6.4 Desequilibrio resistivo y capacitivo

Depende de la diferencia que puedan tener los conductores en su configuración simétrica.

2.6.5 Resistencia de aislamiento

Se debe al tipo de aislante que separan los conductores entre si y entre la capa metálica de protección y del tipo de material aislante. Se mide con la aplicación de corriente continua.

2.6.6 Rigidez dieléctrica

Es por la construcción del cable y el tipo de aislante que exista entre los pares, la separación entre los pares, la concentricidad y calidad del aislante.

2.6.7 Capacitancia y Capacidad mutua

Su dimensión depende del diámetro del conductor, del tipo de aislamiento y de la separación entre conductores (distancia interaxial).

De la capacitancia, la definición de corriente eléctrica: $I = -dq/dt$ (es negativo porque la corriente convencional va en dirección contraria que la real); $q = Cv$ y derivando con respecto del tiempo $dq/dt = Cdv/dt$; sustituyendo la derivada de la carga en la ecuación de la corriente obtenemos:

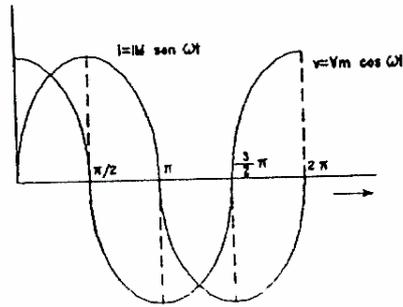
$$I = -Cdv/dt;$$

Si el voltaje es cosenoidal: $V = V_m \cdot \cos(\omega t)$

Entonces: $I = -Cd (V_m \cdot \cos(\omega t))/dt = \omega CV_m \text{Sen}(\omega t)$ **(II - 2)**

Como podemos notar en una capacitancia la onda de corriente esta adelantada 90 grados respecto del voltaje.

Figura 4. Ondas de voltaje y corriente en un capacitor



2.6.8 Inductancia

Es debido al flujo electromagnético generado por la corriente que circula por el conductor, del diámetro del conductor, de la torción del par y de la distancia entre conductores.

De la ley de Faraday, $V = -d\Phi/dt$; como $\Phi = Li$

Entonces $V = -L di/dt$

Si la corriente es senoidal : $i = I_m \cdot \cos(\omega t)$

El voltaje es: $V = -L d(I_m \cdot \cos(\omega t))/dt = \omega L I_m \cdot \sin(\omega t)$ **(II - 3)**

$V = V_m \cdot \sin(\omega t)$; donde $V_m = \omega L I_m$

De lo anterior se puede concluir en las figuras 3 y 4, que en una inductancia la corriente está atrasada 90 grados respecto del voltaje.

2.6.9 Conductancia

Se le llama así al grado de aislamiento que existe entre los conductores y la superficie de contacto entre ellos. Su unidad es el mho o siemens. Este parámetro está determinado con aplicación de corriente alterna.

2.6.10 Diafonía

Por su construcción se debe al equilibrio simétrico que deben de tener los pares del cable en su proceso de fabricación, y fundamentalmente del pareado.

2.6.10.1 Inteligibilidad de la diafonía

Atendiendo a como son percibidas las señales perturbadoras, generadas en un circuito como consecuencias de la diafonía, esta puede ser inteligible o no inteligible.

Como el mismo término indica, diafonía inteligible es aquella en que en el circuito perturbado se oye y se entiende la conversación que se cursa por el circuito perturbador.

Este tipo de diafonía es sumamente dañino por cuanto, además de la perturbación en sí, supone un riesgo para el secreto de las comunicaciones que las empresas operadoras de telefonía están obligadas a proteger, por lo que se recomienda por la UIT-T que la diferencia entre el nivel de la señal útil y el nivel de la diafonía entre los diversos pares de un mismo cable no debe ser inferior a 58 dB para el 90% de las combinaciones de dos circuitos y de 52 dB para la totalidad de las combinaciones.

Hay casos en que la diafonía es ininteligible, con lo cual en el circuito perturbado solo se percibe como ruido.

Esto sucede cuando la naturaleza de las señales transmitidas por ambos circuitos son distintas, por ejemplo: analógica en uno y digital en el otro o cuando se utiliza la multiplexación por división de frecuencia y no coinciden las portadoras de los sistemas de transmisión empleados en cada uno de los circuitos.

De hecho, en la época en que este tipo de multiplexación era ampliamente utilizado, se recurría a disponer de varias versiones de un mismo sistema con las portadoras desplazadas 1 o 2 kHz uno respecto a otro, con lo cual la diafonía era siempre ininteligible.

En el caso de señales digitales en ambos circuitos, el objetivo es que la diafonía se mantenga dentro de unos límites tales que no pueda ser reconocida como señal útil por el extremo receptor.

2.6.10.2 Telediafonía y paradiafonía

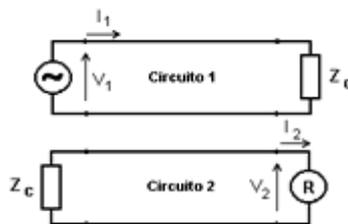
Para la medida de la diafonía se envía una señal, de un nivel conocido por el circuito perturbador y se mide el nivel recibido en el circuito perturbado.

No obstante, dependiendo de que la medida la hagamos en el mismo extremo desde el que estamos enviando la señal o en el extremo distante tendremos dos valores distintos.

Así llegamos a los conceptos de paradiafonía o diafonía de extremo cercano y telediafonía o diafonía de extremo lejano.

2.6.10.2.1 Telediafonía

Figura 5. Disposición de elementos para la medida de telediafonía



La disposición de elementos para la medida de la tele diafonía o diafonía de extremo lejano, denominada en inglés far end crosstalk (FEXT), se muestra en la figura 5, donde vemos como en el circuito 1 tenemos un generador, que envía una señal de nivel V_1 , en un extremo, mientras que el otro extremo está terminado con una impedancia Z_c igual a la impedancia característica del circuito.

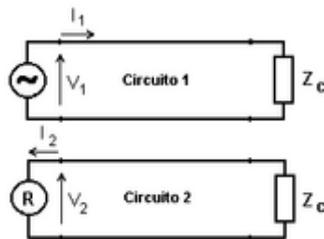
El circuito de la figura 5, está cargado en el extremo emisor con Z_c y en el extremo distante tenemos un medidor de nivel (R) en el que mediremos un cierto nivel de señal V_2 correspondiente a la diafonía.

A la relación en decibelios existente entre V_1 y V_2 es a lo que se denomina atenuación de tele diafonía (α_t) y su valor es igual a:

$$\alpha_t = 20 \times \log \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{dB}) \quad (\text{II - 4})$$

2.6.10.2.2. Paradiafonía

Figura 6. Disposición de elementos para la medida de Paradiafonía



La disposición de elementos para la medida de la paradiafonía o diafonía de extremo cercano, denominada en inglés near end crosstalk (NEXT), se muestra en la figura 6, en la cual aparecen ambos circuitos terminados en su impedancia característica Z_c en el extremo distante, mientras que en el extremo cercano el emisor se encuentra conectado en la figura 5 y el medidor en la figura 6.

A la medida de la relación en decibelios entre las señales emitida y recibida, obtenida con esta disposición de los instrumentos de medida, es a lo que se denomina atenuación de paradiafonía (α_p), cuyo valor es igual a:

$$\alpha_p = 20 \times \log \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{dB}) \quad (\text{II - 5})$$

2.6.10.2.3 Impedancia Característica (Z_o)

Se denomina impedancia característica a la relación entre el voltaje aplicado y la corriente alterna circulante, en un punto cualquiera de una línea de transmisión considerada infinitamente larga.

Tal como su nombre lo indica, impedancia es el conjunto de parámetros que se opone al paso de una señal alterna.

La impedancia característica se determina, por medio de los cuatro parámetros primarios, de la línea de transmisión (resistencia, capacitancia, inductancia y conductancia) y se expresa de la siguiente forma:

Fórmula de Z_o:

$$Z_o = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \Omega \quad (\text{II - 6})$$

Donde:

Z_o = Impedancia característica de la línea expresada en ohms.

R = Resistencia de loop de la línea expresada en ohms.

C = Capacidad de la línea expresada en Faradios.

L = Inductancia de la línea expresada en henrios.

$$W = 2 \pi \times f$$

f = Frecuencia expresada en hertz

j = Factor imaginario

G = Conductancia de la línea en siemens o mhos

2.6.10.2.4 Atenuación

Esta definida por la Impedancia característica de la línea, la capacidad mutua y la frecuencia aplicada.

2.6.10.2.5 Protección contra interferencias externas

Se debe de utilizar fundamentalmente el blindaje de los cables, los que deben ser siempre continuos y unidos a una tierra común. (pantalla de aluminio)

2.6.10.2.6 Ruido térmico

En telecomunicaciones y otros sistemas electrónicos el ruido térmico (o ruido de Johnson) es el ruido producido por el movimiento de los electrones en los elementos integrantes de los circuitos, tales como conductores, semiconductores, etc.

Se trata de un ruido blanco, es decir, uniformemente distribuido en el espectro de frecuencias.

La densidad de potencia de ruido, expresada en W/Hz, viene dada por: n_0

$$n_0 = k \cdot T \quad (\text{II-7})$$

donde:

k = Constante de Boltzmann

T = Temperatura en grados Kelvin

Constante de Boltzmann es igual a $K = 1.3806503 \times 10^{-23}$ Joules/Kelvin

2.6.10.2.7 Las características mecánicas de la capa protectora del cable multipar son:

- 1.- Impermeabilidad
- 2.- Flexibilidad.
- 3.- Dureza.
- 4.- Resistencia a la intemperie.
- 5.- Resistencia a los agentes químicos.
- 6.- Resistencia a los golpes.

De acuerdo a las propiedades geométricas y eléctricas en su construcción, los pares telefónicos se comportan, con el paso de la corriente eléctrica, como un conjunto de resistencias y reactancia conectadas en serie y en paralelo con la línea.

Estos componentes se conocen con el nombre de parámetros primarios.

2.7 Características de los conductores

El cobre es el material más utilizado para los conductores para telefonía, la tabla que se muestra a continuación contiene datos de referencia solo para los calibres más comunes en esta aplicación.

Los valores de la tabla son para valores de cables desnudos, en producto terminado varían ligeramente por tolerancia en diámetro y por factor de cableado, por lo que se indican en los datos para cada producto de acuerdo a la especificación particular.

En la gran mayoría de los casos el conductor es de cobre desnudo, en algunos casos se usa cobre estañado, para facilitar la conexión con soldadura y dar una protección adicional contra la oxidación.

El conductor de acero recubierto de cobre se usa en algunos cables de acometida para tener una mayor resistencia a la tensión, su conductividad eléctrica es entre 20 y 40% de la del cobre suave, dependiendo de la proporción entre el área de acero y la de cobre.

Tabla II. Conductores sólidos de cobre para telefonía

AWG	Diámetro nominal en mm.	Área mm ²	Peso Kg/Km	Resistencia a C. D. nominal @ 20 grados C.	
				Cobre natural Ω/Km	Cobre estañado Ω/Km
26	0.404	0.13	1.14	135.0	146.0
24	0.511	0.21	1.82	84.2	89.2
22	0.643	0.32	2.89	53.2	54.8
20	0.813	0.52	4.61	33.2	34.4*
19	0.912	0.65	5.80	26.4	27.5*
18	1.020	0.82	7.32	21.0	22.2*

Nota: * estos valores se dan como comparación con los de cobre desnudo, pero en telefonía no se usan conductores estañados en estos calibres.

Los valores de AWG son dados, según las normas americanas.

A continuación se puede ver las mediciones que se realizan en un cable telefónico trenzado multipar, estas mediciones deben de realizarse antes de proceder a cerrar los manguitos de empalme debido a que si es necesario hacer algunos cambios en los empalmes exista problemas para reentrar en ellos.

Las mediciones se realizan tanto desde la central telefónica hacia el armario de distribución o caja de distribución, como también desde la caja terminal o punto de dispersión hacia el armario y por último se hace una medición desde el punto da la caja del abonado hacia la central para estar seguros que existe continuidad y que la red esta construida dentro de los parámetros aceptables que se muestran en la tabla III.

Tabla III. Mediciones

Central

C. D. / Cable

Lugar de medición

C. T.	CONTINUIDAD		AISLAMIENTO		RESISTENCIA DE BUCLE	CAPACITANCIA
			M-OHMIOS			NANOFARADIOS
	HILO A	HILO B	HILO A	HILO B	OHMS	KM

63/64						
1	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.08
2	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.10
3	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.12
4	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.12
5	OK	OK	>1000	>1000	39.00	6.14
6	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.08
7	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.10
8	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.04
9	OK	OK	>1000	>1000	43.00	6.10
10	OK	OK	>1000	>1000	38.00	6.11

65/66						
1	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.54
2	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.50
3	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.50
4	OK	OK	>1000	>1000	26.00	4.50
5	OK	OK	>1000	>1000	28.00	4.50
6	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
7	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
8	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
9	OK	OK	>1000	>1000	25.00	4.50
10	OK	OK	>1000	>1000	28.00	4.50

3. TECNOLOGÍA ADSL (*ASYMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE*), LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA.

3.1 ¿Qué es el ADSL?

La tecnología ADSL, "*Asymmetric Digital Subscriber Line*" o Línea de Abonado Digital Asimétrica, es una tecnología que basada en el par de cobre de su línea telefónica tradicional y normal, la convierte en una línea de alta velocidad.

Emplea los espectros de frecuencia que no son utilizados para el transporte de voz, y que por lo tanto, hasta ahora, no se utilizaban.

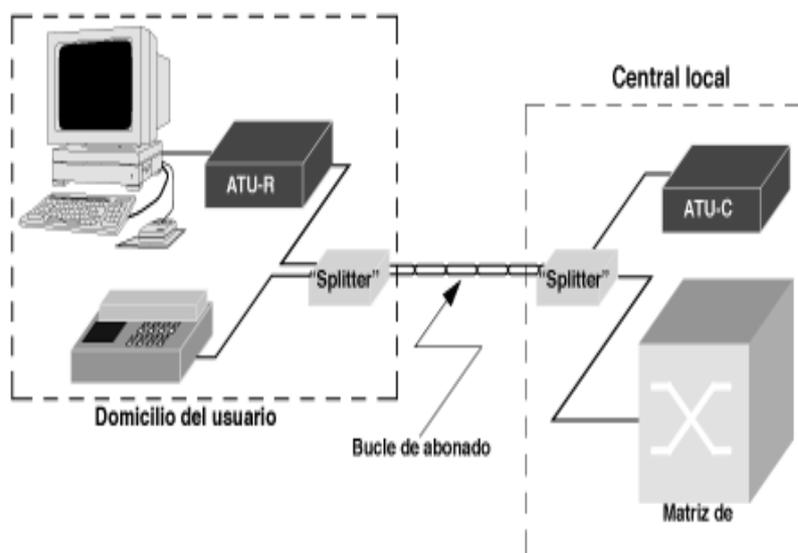
Abriendo de esta forma un canal adicional de datos, que permite el transporte a alta velocidad de información sin perder las características para la comunicación telefónica tradicional.

A través del servicio de ADSL se podrán desarrollar aplicaciones desde, la navegación por Internet a alta velocidad, video por demanda, transferencia de archivos, transmisión de datos, telefonía en Internet, comercio electrónico, entretenimiento y muchas más aplicaciones que se fundamentan en acceso de banda ancha.

El término DSL (*Digital Subscriber Line*), acuñado por Bellcore en el año 1989 designa un módem o un modo de transmisión, no una línea ya que éstas existen (el bucle de abonado, constituido por un par de cobre) y se convierten en digitales al aplicarles el par de módems. DSL se emplea sobre todo para proporcionar el acceso básico a la RDSI y transformar el bucle de abonado en un circuito con dos líneas.

ADSL esta contenido dentro de un conjunto de tecnologías denominadas XDSL para la transmisión a través de las líneas de cobre actuales, que permite un flujo de información asimétrico y alta velocidad sobre el bucle de abonado, como se puede ver en la figura 7.

Figura 7. Transmisión a través de líneas de cobre.



3.2 Tecnologías dentro de la familia xDSL

3.2.1 Conexiones Asimétricas

3.2.1.1 ADSL

Una nueva tecnología para módems, convierte el par de cobre que va desde la central telefónica hasta el usuario en un medio para la transmisión de aplicaciones multimedia, transformando una red creada para transmitir voz en otra útil para cualquier tipo de información, sin necesidad de tener que reemplazar los cables existentes, lo que supone un beneficio considerable para los operadores, propietarios de los mismos.

3.2.1.2 VDSL

También llamada al principio VADSL y BDSL, permite velocidades más altas que ninguna otra técnica pero sobre distancias muy cortas, estando todavía en fase de definición

Alcanza una velocidad descendente de 52 Mbit/s sobre distancias de 300 metros, y de sólo 13 Mbit/s si se alarga hasta los 1,500 metros, siendo en ascendente de 1.5 y 2.3 Mbit/s respectivamente.

En cierta medida VDSL es más simple que ADSL ya que las limitaciones impuestas a la transmisión se reducen mucho dadas las pequeñas distancias sobre la que se ha de transportar la señal; además, admite terminaciones pasivas de red y permite conectar más de un módem a la misma línea en casa del abonado, VDSL está pensada para el último tramo de hilo de cobre que llega hasta el abonado, siendo una alternativa válida para el despliegue de las redes híbridas fibra-coaxial (HFC), en donde desde la central hasta el vecindario se utiliza fibra óptica y desde la unidad óptica de red (ONU) se lleva la señal hasta cada usuario utilizando el par de cobre ya tendido por el edificio.

Mediante división en frecuencia se separan los canales ascendente y descendente de la banda usada para los propios telefónicos (RTB y RDSI), por lo que, al igual que sucede con ADSL, se puede superponer este servicio al actual telefónico.

3.3 Características de ADSL

3.3.1 ADSL (estándar ANSI T1.413)

Proporciona un acceso asimétrico y de alta velocidad a través del par de cobre que los usuarios tienen actualmente en su casa u oficina, para la conexión a la red telefónica.

Sus principales aplicaciones son la comunicación de datos a alta velocidad (por ejemplo, para acceso a Internet, remoto a LANs y teletrabajo) y el vídeo bajo demanda.

La ventaja de esta técnica de transmisión frente a otras como pueda ser la utilizada con los módems de cable coaxial, radica en que es aplicable a la casi totalidad de líneas ya existentes, mientras que la otra necesita de un tendido de cable nuevo o de modificación de los existentes para que la soporten, siendo su despliegue muchísimo menor y más lento, alcanzando solo a los hogares (hay unos 12 millones de hogares conectados con el cable adecuado que admita el canal de retorno, frente a los más de 800 con par de cobre).

Frente a los módems de cable coaxial, ADSL ofrece la ventaja de que es un servicio dedicado para cada usuario, con lo que la calidad del servicio es constante, mientras que con los otros módems se consigue velocidades de hasta 30 Mbit/s pero la línea se comparte entre todos los usuarios, degradándose el servicio conforme más de estos se van conectando o el tráfico aumenta.

La limitación impuesta a un canal telefónico, limitando el ancho de banda vocal mediante filtros a 3,1 KHz resulta apropiada para transmitir una conversación telefónica y permite multiplexar múltiples comunicaciones sobre un único enlace, pero supone una limitación insalvable para transmitir datos a alta velocidad, desaprovechando toda la capacidad propia del par de cobre que puede llegar a ser de varios MHz, dependiendo lógicamente de la distancia y de la sección del cable utilizado.

Así, ADSL utiliza el espectro de frecuencias entre 0 y 4 KHz de un canal telefónico y el rango comprendido entre 4 KHz y 2,2 MHz, siempre y cuando en ambos extremos de la línea se sitúen módems ADSL.

Al operar sobre una banda de frecuencias fuera de las vocales, en caso de fallo de un módem éste no afecta al servicio telefónico normal que se mantiene inalterado y por lo tanto en buen estado.

Estos módems no se pueden conectar como los normales, en los que cada uno de los que componen la pareja puede estar en cualquier lugar del mundo, sino que se requiere, por cada línea, uno en casa del usuario y otro en la central local; es pues un servicio que proporcionan los operadores bajo demanda a los usuarios que requieren conexiones de banda ancha, sin necesidad de tener que invertir grandes sumas en volver a cablear y que hay que contratar con ellos.

Ya se han probado con éxito en varios países por más de 30 compañías telefónicas y son varias las que están empezando a ofrecerlo comercialmente, aunque su precio es todavía alto.

Con ADSL se pueden conseguir velocidades descendentes (de la central hasta el usuario) de 1,5 Mbit/s sobre distancias de 5 ó 6 Kms, y que llegan hasta los 9 Mbit/s. si la distancia se reduce a 3 Klm (muy próxima a los 10 Mbit/s de una LAN Ethernet), y ascendentes (del usuario hasta la central) de 16 a 640 Kbit/s, sobre los mismos tramos.

Estas distancias resultan adecuadas para cubrir el 95% de los abonados, con ADSL se conecta un módem en cada extremo de la línea telefónica, creándose tres canales de información: uno descendente, otro ascendente dúplex (estos dos siguiendo la jerarquía digital americana y europea) y el propio telefónico.

Éste último, como se ha comentado, se separa del módem digital mediante filtros, lo que garantiza su funcionamiento ante cualquier fallo del mismo.

Con ADSL se pueden crear múltiples subcanales, dividiendo el ancho de banda disponible mediante las técnicas de multiplexación por división en frecuencia y de división en el tiempo, complementadas con la de cancelación de eco para evitar interferencias.

Con FDM se asigna una banda para el canal descendente (*downstream*) y otra para el ascendente (*upstream*) y éstas después se dividen en subcanales de alta velocidad mediante TDM (*time division multifrequency*).

Muchas de las aplicaciones sobre ADSL, incorporaran vídeo digital comprimido, que al ser una aplicación en tiempo real no tolera los procedimientos de control y corrección de errores propios de la redes de datos, por lo que los propios módems incorporan técnicas de corrección de errores FEC (*forward error correction*) que reducen en gran medida el efecto provocado por el ruido impulsivo en la línea, aunque introduce algún retardo, pero este no le afecta sobremanera a su funcionamiento.

En las figuras 8 y 9 se puede observar como el *splitter* está conectado desde la línea telefónica para formar un paso bajo y un paso alto a diferentes frecuencias para la transmisión de voz hacia el aparato telefónico y la transmisión de datos hacia el equipo de computación.

Figura 8. Colocación del filtro paso bajo en el sitio del abonado

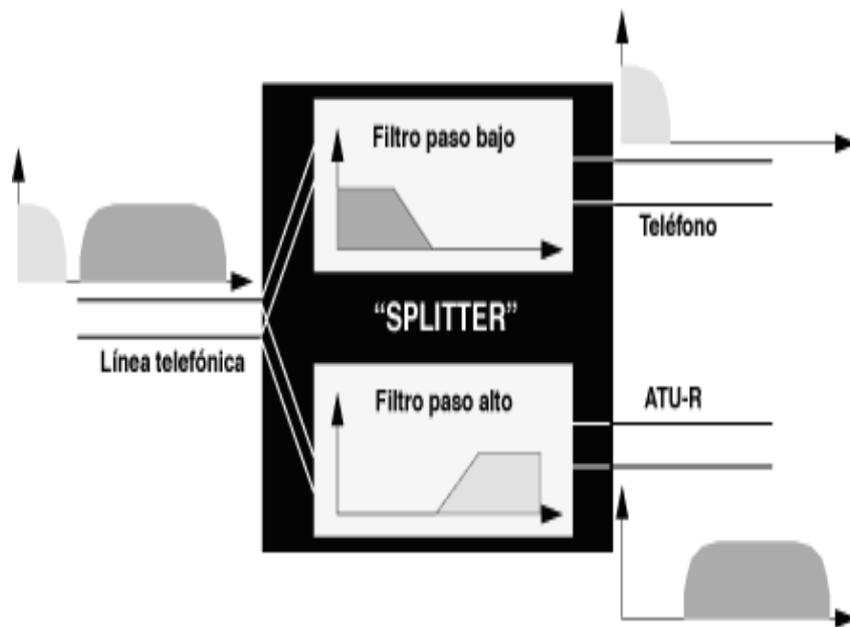
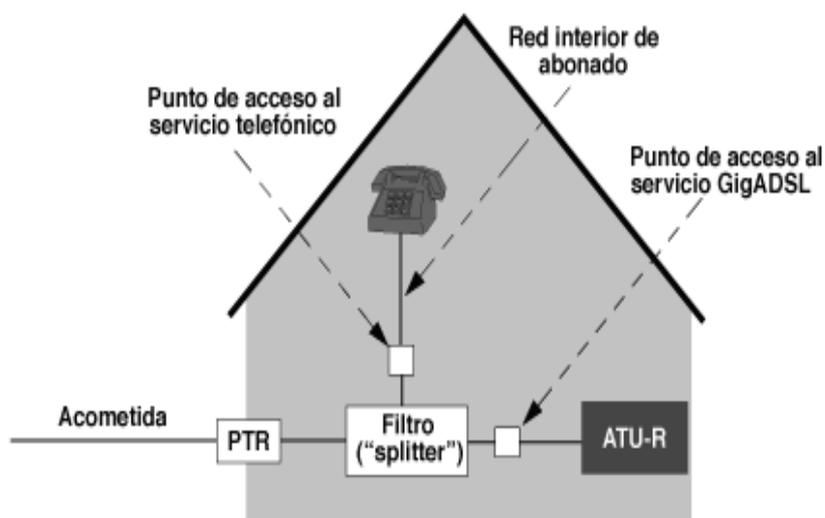


Figura 9. Colocación del filtro (splitter) en el sitio del abonado



3.3.2 RADSL

Una variante de ADSL que automáticamente ajusta la velocidad en función de la calidad de la señal.

Muchos operadores funcionan con esta tecnología.

3.3.3 VDSL/VHDSL

También llamada al principio VADSL y BDSL, permite velocidades más altas que ninguna otra técnica pero sobre distancias muy cortas, estando todavía en fase de definición.

Alcanza una velocidad descendente de 52 Mbit/s sobre distancias de 300 metros, y de sólo 13 Mbit/s si se alarga hasta los 1,500 metros, siendo en ascendente de 1.5 y 2.3 Mbit/s respectivamente.

En cierta medida VDSL es más simple que ADSL, ya que las limitaciones impuestas a la transmisión se reducen mucho dadas las pequeñas distancias sobre la que se ha de transportar la señal; además, admite terminaciones pasivas de red y permite conectar más de un módem a la misma línea en casa del abonado.

3.3.3.1 VDSL

Está pensada para el último tramo de hilo de cobre que llega hasta el abonado, siendo una alternativa válida para el despliegue de las redes híbridas fibra-coaxial (HFC), en donde desde la central hasta el vecindario se utiliza fibra óptica y desde la unidad óptica de red (ONU) se lleva la señal hasta cada usuario utilizando el par de cobre ya tendido por el edificio.

Mediante división en frecuencia se separan los canales ascendente y descendente de la banda usada para los propios telefónicos (RTB y RDSI), por lo que, al igual que sucede con ADSL, se puede superponer este servicio al actual telefónico.

3.4 Conexiones Simétricas

3.4.1 HDSL

Es simplemente una técnica mejorada para transmitir tramas T1 ó E1 sobre líneas de pares de cobre trenzados (T1's requiere dos y E1's tres), mediante el empleo de técnicas avanzadas de modulación, sobre distancias de hasta 4 kilómetros, sin necesidad de emplear repetidores y aprovechando el bucle de abonado.

Alcanza velocidades de 1,5 Mb/s o 2 Mb/s en función de las tramas utilizadas.

3.4.2 HDSL2

Es igual que la tecnología HDSL, solo que permite alcanzar distancias mayores.

3.4.3 SDSL

Es la versión de HDSL para transmisión sobre un único par, que soporta simultáneamente la transmisión de tramas T1 y E1 y el servicio básico telefónico, por lo que resulta muy interesante para el mercado residencial. Alcanza velocidades máximas de 1,5Mb/s.

3.4.4 IDSL

Es una versión mejorada del servicio ISDN (RDSI) que permite alcanzar velocidades de 144kbps a 6-7Km.

Tabla IV. Resumen de conexiones asimétricas

Conexiones asimétricas			
Tipo	Velocidad de subida máxima	Velocidad de bajada máxima	Distancia máxima
ADSL	1 Mbps	8 Mbps	5.0 Km.
RADSL	1 Mbps	7 Mbps	7.0 Km.
VDSL	1,6 Mbps	13 Mbps	1,5 Km.
	3,2 Mbps	26 Mbps	0,9 Km.
	6,4 Mbps	52 Mbps	0,3 Km.

Tabla V. Resumen de conexiones simétricas

Conexiones simétricas		
Tipo	Velocidad de bajada/subida máxima	Distancia máxima
HDSL	2 Mbps	3,5 Km
HDSL2	2 Mbps	5,4 Km
SDSL	1,5 Mbps	2,7 Km
	160 Kbps	6,9 Km
IDSL	144 Kbps	8 Km

3.4.5 Arquitectura ADSL

Dentro de la arquitectura ADSL se encuentran tres elementos principales que hacen posible esta tecnología: un Modem ADSL, un filtro y el DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).

El servicio de voz y datos viajan dentro del par de cobre en frecuencias independientes (lo cual hace posible utilizar simultáneamente ámbos), el filtro tiene la función de separar las frecuencias de la línea para entregar la voz al aparato telefónico y los datos al modem ADSL.

El modem (modulador / demodulador) ADSL toma los datos y los entrega a la computadora o red LAN del cliente.

Dentro de la central telefónica un equipo denominado DSLAM separa las frecuencias entregando el servicio de voz a la red telefónica tradicional y los datos a la velocidad contratada a la red de datos o Internet directamente.

Al ser la tecnología ADSL una tecnología sobre líneas de cobre, no aplica para casos de clientes servidos con accesos de fibra óptica.

Tabla VI. Líneas alimentadas por red de cobre

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Aplicación
Serie V (CCITT)	Módems banda vocal	1.2 a 33.6 Kbit/s	Dúplex	Comunicación de datos (fax)
DSL	Digital Subscriber Line	160 Kbit/s	Dúplex	RDSI (voz y comunicación de datos)
HDSL	High data rate Digital Subscriber line	1.544 y 2.048 Mbit/s	Dúplex	Servicios T1/E1 Acceso LAN y WAN Conexión de PBX
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	1.544 y 2.048 Mbit/s	Dúplex	Igual que HDSL más acceso para servicios simétricos
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1.5 a 9 Mbit/s 16 a 640 Kbit/s	Descendente Ascendente	Acceso Internet, vídeo bajo demanda, multimedia interactiva
VDSL (BDSL)	Very high data rate Digital Subscriber Line	13 a 52 Mbit/s 1.5 a 2.3 Mbit/s	Descendente Ascendente (en un futuro dúplex)	Igual que ADSL más TV de alta definición

3.5 Ventajas e inconvenientes de la tecnología ADSL

ADSL presenta una serie de ventajas y también algunos inconvenientes, respecto a la conexión telefónica a Internet estándar.

3.5.1 Ventajas

- Ofrece la posibilidad de hablar por teléfono mientras estamos conectados a Internet, ya que, como se ha indicado anteriormente, voz y datos trabajan por canales separados.
- Usa una infraestructura existente (la de la red telefónica básica). Esto es ventajoso, tanto para los operadores, que no tienen que afrontar grandes gastos para la implantación de esta tecnología, como para los usuarios, ya que el costo y el tiempo que tardan en tener disponible el servicio es menor que si el operador tuviese que emprender obras para generar nueva infraestructura.
- Los usuarios de ADSL disponen de conexión permanente a Internet, al no tener que establecer esta conexión mediante marcación o señalización hacia la red. Esto es posible porque se dispone de conexión punto a punto, por lo que la línea existente entre la central y el usuario no es compartida, lo que además garantiza un ancho de banda dedicado a cada usuario, y aumenta la calidad del servicio.
- Ofrece una velocidad de conexión mucho mayor a la que se tiene con conexión telefónica a Internet. Éste es el aspecto más interesante para los usuarios.

3.5.2 Inconvenientes

- No todas las líneas telefónicas pueden ofrecer este servicio, debido a que las exigencias de calidad del par, tanto de ruido como de atenuación, por distancia a la central, son más estrictas que para el servicio telefónico básico.
- El servicio, en Argentina, Colombia, Chile, Ecuador y México, no es barato, sobre todo si lo comparamos con los precios en otros países (Canadá, por ejemplo).
- El router necesario para disponer de conexión, o en su defecto, el módem ADSL, es caro (en menor medida en el caso del módem).
- Se requiere una línea telefónica para su funcionamiento, aunque puede utilizarse para cursar llamadas.

3.5.3 Tarifas

A la hora de contratar ADSL se han de tener en cuenta ciertos aspectos como:

- Si existe compromiso de permanencia.
- Si se incluyen o no llamadas.
- Si va incluido el router WiFi.

Podemos decir a esto que ADSL es un servicio que proviene de la tecnología DSL existen muchos de estos servicios y por eso se refieren a ellos como XDSL.

3.6 Descripción del equipo a instalar Alcatel 7300.

El 7300 ASAM utiliza tecnologías DSL para ofrecer acceso de alta velocidad y nuevos servicios banda ancha a través de pares de cobre tradicionales.

Es capaz de satisfacer las necesidades de usuarios residenciales al proveer la capacidad para transmitir audio y video streaming e Internet de alta velocidad. También satisface las necesidades de los usuarios corporativos al ofrecer una solución de acceso de alta calidad, soporte para aplicaciones VPN y servicios de voz, entre otros.

Teniendo la mayor plataforma instalada de equipos DSLAM a nivel mundial, Alcatel ha diseñado el 7300 para poder integrarse perfectamente en aquellos clientes con plataformas de anteriores generaciones, creando únicos sistemas que proveen servicios adicionales mientras preservan al máximo las inversiones efectuadas por los operadores.

Las ventajas técnicas que el DSLAM Alcatel 7300 brinda, así como aspectos técnicos de interés que pueden beneficiar al proveedor de servicios son:

- Alta densidad de puertos
- Escalabilidad excepcional
- Menor consumo de energía
- Menor espacio
- Redundancia
- Diversidad de tecnologías DSL
- Acceso frontal
- Splitters Integrados del lado central

En la figura 10, se puede observar el esquema general del DSLAM Alcatel 7300

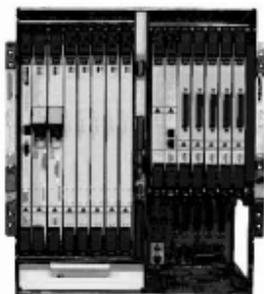
Figura 10. Equipo Alcatel 7300 a instalar



Para aquellos sitios en donde se ha previsto una baja densidad de puertos DSL, Alcatel cuenta con la versión compacta del 7300 ASAM, el 7300-Compact ASAM.

Este equipo permite atender aquellas localidades de baja demanda de una manera efectiva, al soportar hasta 120 usuarios por chasis compacto, como se puede ver en la figura 11.

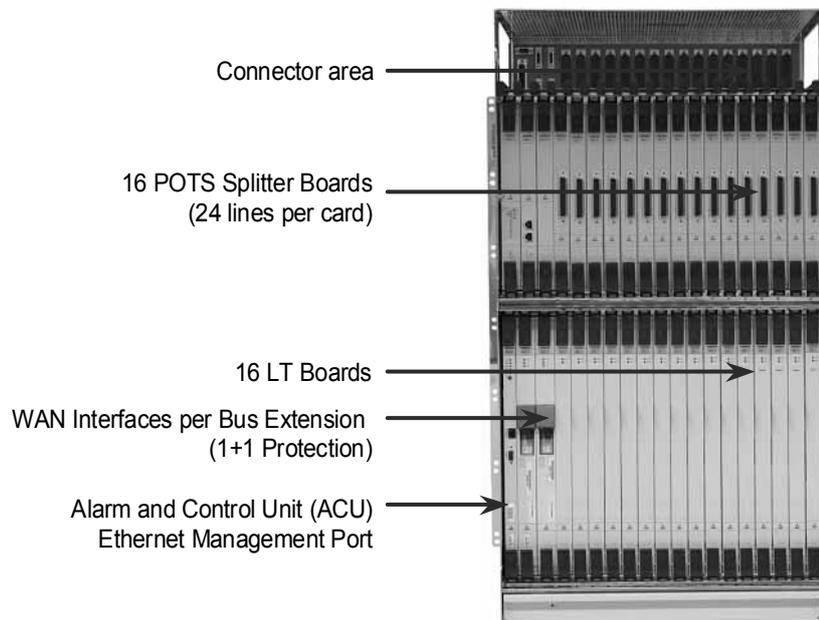
Figura 11. Chasis compacto del equipo 7300-Compact SAM



El 7300-Compact ASAM utiliza los mismos módulos y tarjetas del 7300 ASAM, lo cual permite al operador realizar grandes ahorros en el manejo de inventarios de repuestos, reducción de la curva de aprendizaje de los equipos, reducción del tiempo de atención y resolución de fallas, entre otros beneficios directos.

En la figura 12, se observa las partes que constituyen un subrack ASAM 7300 con capacidad hasta de 384 puertos DSL.

Figura 12. Equipo con capacidad hasta 384 puertos



A continuación se presenta la descripción de cada una de los elementos que forman parte del DSLAM Alcatel 7300.

3.6.1 Tarjeta NT (*Network termination*)

Suministra la interfaz de conexión a una red ATM. La tabla VII presenta los diferentes tipos de interfaces soportadas por la tarjeta NT.

Tabla VII. Diferentes tipos de interfaces

Interfase	Rango [Mbps]	Tipo	Conectores	Disponibilidad
4 * E1 IMA	4 * 2.048	Eléctrico	BNC	SI
E3	34.368	Eléctrico	BNC	SI
DS3	44.736	Eléctrico	BNC	SI
STM-1	155.52	Óptico	SC-PC (FC-PC via patch cord)	SI
OC-3		Óptico	SC-PC (FC-PC via patch cord)	SI
STM-4	622.08	Óptico		R5.0 (2003)

La tarjeta NT consiste de una motherboard (GANT) y una circuit board las cuales soportan el hardware de la tarjeta NT y el de la tarjeta de conexión a la red ATM.

La tarjeta NT, adicionalmente, es la encargada de procesar los comandos provenientes de la estación de gestión del sistema y de enviarlos a las diferentes tarjetas instaladas en el sistema.

3.6.2 Tarjeta NT I/O

Suministra la interfase física de la tarjeta NT que permite la conexión a una red ATM.

3.6.2.1 Alarma y unidad de control

Lleva a cabo las siguientes funciones:

- Recibe y consolida todas las alarmas generadas en el sistema para entregarlas a la tarjeta NT. La cual, a su vez, las entrega al Sistema de gestión de red.
- Suministra la interface física para conexión a un sistema de telemetría.
- Suministra la conexión para llevar a cabo la configuración local (Craf Interface) del 7300.
- Una tarjeta ACU debe ser instalada en cada uno de los racks que forman parte de un sistema de múltiples subracks.

3.6.2.2 PWR I/O board

Es la encargada de distribuir la alimentación suministrada al rack a todo el sistema 7300.

3.6.2.3 TST (*Test I/O board*)

La tarjeta TST I/O es opcional y su función es la de permitir conexión a un equipo de prueba externo para llevar a cabo pruebas (continuidad, desempeño) sobre todos los pares de cobre conectados a las tarjetas de línea (ADSL, G.shdsl) del 7300.

3.6.2.4 Tarjeta de Línea ADSL

Permite la conexión de hasta 24 abonados ADSL por tarjeta. Hasta 16 tarjetas de línea ADSL pueden ser instaladas en un shelf del 7300. Un total de 2304 líneas ADSL son soportadas en un sistema 7300 de múltiples shelves.

3.6.2.5 Tarjeta de línea G.SHDSL (24 líneas)

Permite la conexión de hasta 24 abonados SHDSL. Hasta 16 tarjetas de línea SHDSL pueden ser instaladas en un shelf del 7300. Un total de 2304 líneas SHDSL son soportadas en un sistema 7300 de múltiples shelves.

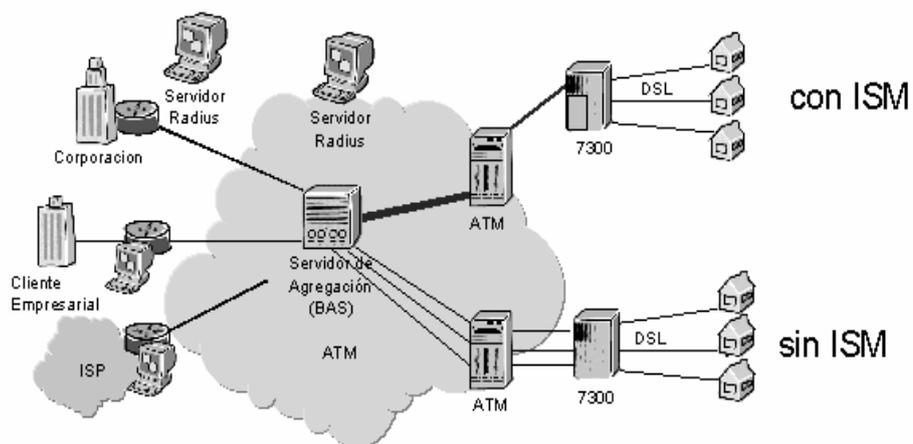
3.6.2.6 Tarjeta ISM

Una de las más recientes innovaciones introducidas en la plataforma 7300 ASAM es la tarjeta Módulo de Servicios IP (ISM).

Esta tarjeta permite incorporar toda la funcionalidad de capa 3 (protocolo IP) dentro del mismo chasis de 7300. Algunos de los beneficios que aporta esta tarjeta son:

Agregación local de Circuitos Virtuales: reduciendo de esta manera la complejidad de la red ATM, al no requerir que la red central maneje un alto número de conexiones virtuales (uno por usuario), sino un reducido número de estas conexiones.

Figura 13. Incremento de circuitos virtuales



Servicios de valor agregado: la tarjeta ISM constituye un importante elemento a la hora de proveer redes privadas virtuales (VPNs), por medio del soporte de enrutadores virtuales, MPLS VPNs, protocolos avanzados de enrutamiento, "multicasting" de IP, entre otros.

Interfaces locales de bajo costo: La ISM proporciona interfaces ethernet que pueden ser utilizadas para ingresar o extraer tráfico del equipo Alcatel 7300 ASAM. De esta manera, parte del tráfico requerido para un aplicación podría residir en un servidor co-localizado con el 7300 ASAM de manera que no sería necesario transmitir toda la información almacenada en el servidor a través de la red central. Este es un beneficio directo para los servicios que requieran la función de CACHE.

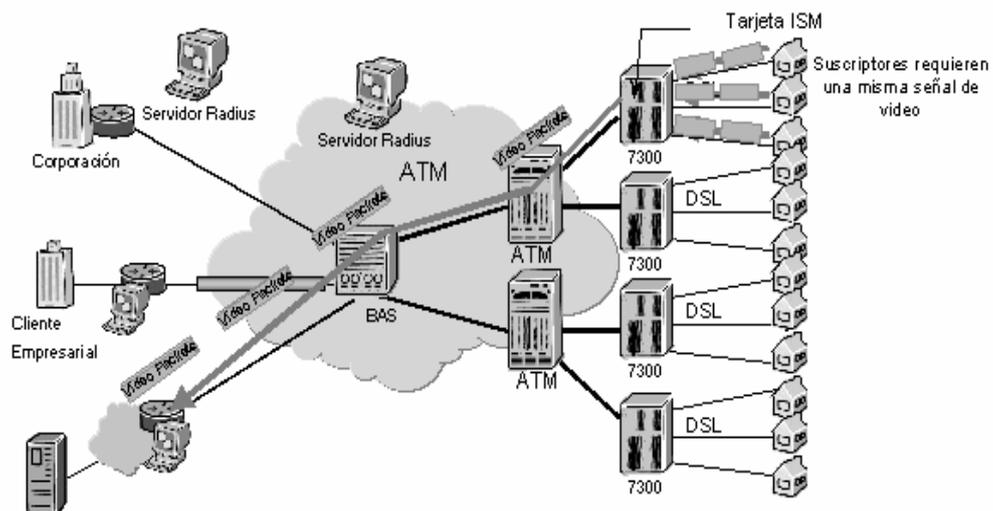
- Selección Dinámica de Servicios: por medio de la ISM es posible ofrecer a los usuarios finales la posibilidad de seleccionar dinámicamente el servicio al que desean acceder, permitiendo de este modo que la tarjeta ISM coloque al usuario en la VPN, enrutador virtual, o túnel L2TP requerido para la prestación del servicio correspondiente.

- IP Multicast: esta es una de las capacidades más relevantes de la tarjeta ISM, ya que permite separar los planos de control y aplicación facilitando el despliegue de servicios residenciales avanzados, tales como la transmisión de vídeo (video broadcast).

- El servicio de video broadcast permitiría a un operador de telecomunicaciones competir de una manera eficiente contra operadores de televisión por cable. Esto se logra al no requerir que se transmita un mismo "stream" de vídeo más de una vez hasta cada punto final de la red, dejando la capacidad de multiplicación de la señal al 7300.

- De esta manera, aún cuando más de un usuario conectados a un mismo equipo 7300 ASAM quisieran ver el mismo programa simultáneamente, esta señal se enviaría una sola vez hasta el 7300 en cuestión, donde sería replicada para cada uno de los usuarios interesados en la misma.

Figura 14. Esquema de red de IP multicast con ISM



3.6.2.7 Tarjeta *Voice Gateway Board*

La tarjeta *Voice Gateway Board* es utilizada para implementar aplicaciones de Voz sobre DSL en el DSLAM Alcatel 7300. La conexión entre el 7300 y una central de conmutación de tráfico telefónico se lleva a cabo a través de interfaces E1 con el soporte de señalización V5.2.

Cada "*Voice Gateway Board*" suministra:

- Ocho interfaces E1
- 240 Llamadas activas simultáneas.
- 2400 Líneas residenciales (Con un factor de concentración de 10).
- 960 Líneas de voz corporativas (Con un factor de concentración de 4)
- Hasta 900 IADs.

Un 7300 equipado a máxima capacidad (8 "*Voice Gateway Boards*") suministra:

- 1920 Llamadas activas simultáneas.
- 19200 Líneas residenciales (Con un factor de concentración de 10).
- 7680 Líneas de voz Corporativas (Con un factor de concentración de 4)
- Hasta 7200 IADs.

Las tarjetas "*Voice Gateway*" soportan redundancia 1+1 y son "*Hot Swappable*".

3.6.2.8 *Passive POTS splitter - 600 ohm (LP)*

Filtros Pasa bajos que permiten separar en frecuencia la información proveniente de los usuarios ADSL de la voz análoga. Cada tarjeta soporta 12 filtros y debe ser instalada en conjunto con una tarjeta de línea ADSL.

3.6.2.9 Área de conectores

Permite la conexión del cableado que intercomunican al ASAM 7300 con el distribuidor general o MDF (*main distribution frame*) del operador y con la etapa de abonado de la central telefónica.

El DSLAM Alcatel 7300 puede escalar desde una configuración formada por un único subrack, el cual soporta hasta 384 líneas ADSL/G.SHDSL, hasta un sistema formado por 12 subracks con una capacidad final de 2304 líneas.

La figura 15, presenta el esquema de un sistema 7300 configurado a su máxima capacidad.

Un sistema de múltiples subracks puede utilizar una única conexión común hacia la red ATM ó puede utilizar hasta una conexión por sub rack, dependiendo del volumen de tráfico manejado por el sistema.

La forma como son conectados los diferentes *subracks* de un sistema 7300 es la siguiente:

El primer subrack del sistema suministrará la conexión ATM hacia el *backbone* de la red.

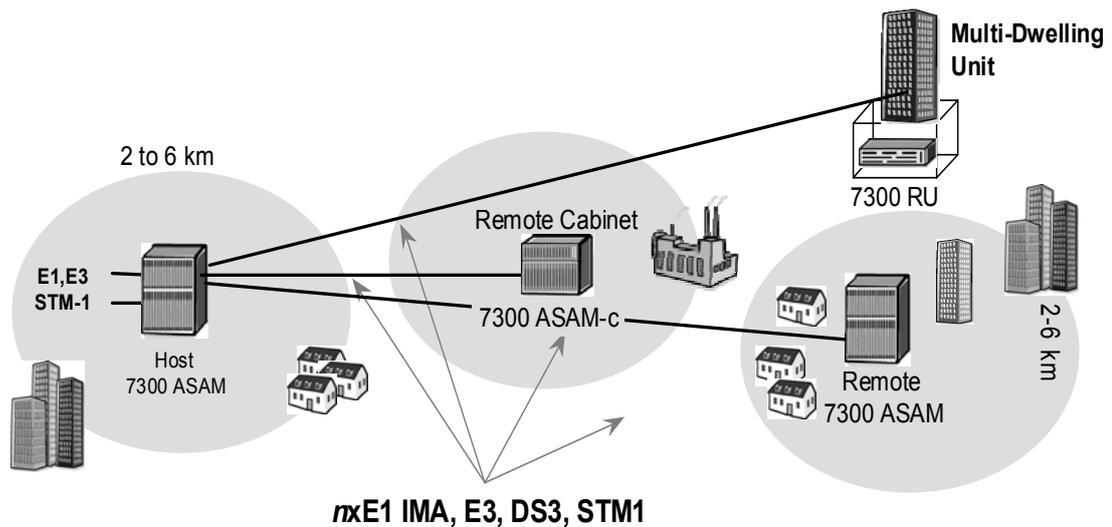
El segundo subrack será conectado al primero utilizando la tarjeta extender board y el cable extender cable.

La extender board será instalada en el slot para la tarjeta NT del segundo subrack y estará conectada a la NT del primer subrack por medio del extender cable.

El tercer subrack del sistema se conectará al segundo subrack por medio de la conexión de las HD extender boards de cada subrack.

La conexión de los demás subracks (hasta 16) se llevará a cabo de la misma manera.

Figura 15. Ilustración de la funcionalidad del equipo



La tabla VIII, resume las especificaciones técnicas del DSLAM Alcatel 7300.

Tabla VIII. Especificaciones Técnicas Alcatel 7300 ASAM

Capacidad del sistema	Hasta 2304 líneas por "rack" de 2.2 m (7.22ft.) con "splitters" cumple NEBS Nivel 3
Tarjetas de interfaz de red ATM	STM-1 (155 Mb/s) E3 (34 Mb/s) 4 x E1 IMA (4 x 1.5 Mb/s) E1(2.048 Mb/s) Capacidad para trabajar en fibra oscura de 1310/1510 nm Hasta 96 MB de memoria en la tarjeta Redundancia 1+1 opcional (APS/EPS) Próximamente expandible a STM-4
Tarjetas de interfaz de línea	ADSL – multi-standard <ul style="list-style-type: none"> – POTS: ITU-T G.dmt – POTS: ITU-T G.Lite – POTS: ANSI T1.413 – ISDN: ITU-T G.dmt B – ISDN: ETSI TS 101 388 – 24 líneas por tarjeta ITU-T G.shdsl/ETSI SDSL <ul style="list-style-type: none"> – 24 líneas por tarjeta Tipos de "splitter" Pasivos: <ul style="list-style-type: none"> – TBR21 – Resistivo 600 Ω – Impedancia compleja ETSI (TR 101 728) – ISDN Tarjetas de línea para "Subtending" <ul style="list-style-type: none"> – 4x E1 IMA – E3 – DS-3 – STM-1 – 1310 /1550 nm "Dark Fiber"
Especificaciones físicas	
Otras características	
Potencia	Consumo promedio de potencia: 1.2 W por línea ADSL
Seguridad del producto	NEBS Level 3 (GR-63-CORE, GR-1089-CORE), EN 60950, EN 55022, EN 300 386, EN 61000 4-2, 4-3, 4-4 , 4-5, 4-6, EN 50082-1, FCC part 68.

4. CASO PRÁCTICO, MONTAJE DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA Y DE COBRE.

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto de servicio de telecomunicaciones en ofibodegas El Cortijo surge como una opción de prestar éstos servicios por parte de la empresa AMNET a diferentes posibles clientes que requirieran servicio de transmisión de datos y voz por un solo par de cobre.

AMNET quien inicia sus actividades de servicio de telefonía en Guatemala, al haber incursionado como operador de transmisión de datos en el país en el año de 2002 inicia en el campo de ADSL como una competencia de otros operadores en Guatemala, los cuales ya prestan éste servicio, con lo cual al entrar a operar compite no solo con empresas establecidas pero que con la apertura del mercado de las telecomunicaciones, se compite en rubros como precios, calidad del servicio, tecnología aplicada y capacidad de respuesta en casos de fallas.

El complejo de ofibodegas El Cortijo estan ubicadas en la zona 12 de la ciudad capital, e inicio su construcción en el mes de Julio del 2005.

Con lo cual se empiezan las negociaciones de todos los servicios necesarios, pero será de servicios de telecomunicaciones que nos ocuparemos ahora.

Independientemente de la empresa de telecomunicaciones que ganara el servicio, fue la empresa constructora la que inicio la construcción de la obra civil necesaria para el proyecto, construyendo las cámaras de registro, interconectándolas con ductos de PVC de 4 pulgadas de diámetro por donde se alojarían los cables no solo de alimentación sino también de los cables de cobre que salen de los equipos de conmutación y alimentan a las cajas terminales de distribución hacia las ofibodegas.

En las figuras de la 36 a la 39 se muestra el diseño del diagrama de distribución de la obra civil instalada en el complejo industrial, con la forma como se ubicaron para poder acceder a cada una de las bodegas.

El diseño de la forma como quedó la distribución de la red de cobre el cual fue realizado por mi persona y aprobada por los encargados responsables de la toma de decisiones de las ofibodegas.

La red se construyó tal y como se presentó el dieño, ya que la empresa CORPOSER a la cual pertenezco fue la responsable de la construcción de la misma.

Este diseño garantiza que ninguna de las bodegas quede sin servicio, lo que nos asegura a nosotros la satisfacción por parte del cliente.

En la figura 40, se muestra el diagrama de alimentación de los equipos por medio de un enlace de fibra óptica el cual cuenta con una longitud de 12 kms. desde donde nace la señal que es en el edificio Aristos de la zona 10, hasta el complejo de ofibodegas siguiendo la ruta mostrada.

De ésta distancia solamente fue necesario construir nueva red con fibra óptica una longitud de 2,100 metros que para efectos de costos en infraestructura será la distancia a considerar.

4.2 Diseño del proyecto

El diseño de este proyecto se inicio con la elaboración del plano catastral en donde estarían ubicadas las ofibodegas las cuales suman 100.

Teniendo la cantidad de ofibodegas que necesitarían el servicio se procedió a hacer el plano que para un proyecto de telecomunicaciones, se le llama de canalización y posteo como se ve en la figura 37, el cual nos indica todo el recorrido de la tubería de PVC que será utilizada dentro del complejo de ofibodegas.

Seguidamente y teniendo el plano de canalización de la obra se procedió a hacer el plano de red secundaria, en el cuál se plasmarían todos los puntos de dispersión o cajas terminales que en este caso es un sistema subterráneo que será utilizado y que se le llama zócalo, pedestal o miniposte.

De los puntos anteriores conectados en bloques con sus respectivos tornillos se distribuye la red secundaria utilizando cable categoría 5 para intemperie, el cuál se va instalando en cada uno de los locales u oficinas denominadas ofibodegas, colocando los puntos de trabajo que terminan en puntos en donde se podrán conectar los equipos por medio de conectores RJ 45.

Todos los planos realizados en este proyecto tienen una continuidad, es decir que al hacer el proyecto primero se necesita tener el plano catastral, luego el plano de canalización y por último el de red, el cuál ya nos indica la distribución de la red desde el cuarto de telecomunicaciones, en donde están instalados todos los equipos hasta cada una de las oficinas.

4.3 Costo del proyecto

Las tablas IX y X nos muestran los costos del proyecto que contemplan la interconexión de la fibra óptica con la red de cobre para prestar el servicio necesario de voz y transmisión de datos.

Tabla IX. Costo de instalación de la fibra óptica

Ítem	Materiales	Unidad	Cant.	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)	Mano de obra	Unidad	Cant.	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)	
1	Fibra óptica	M	2100	8.00	16800.00	Inst. de metro lineal de fibra	M	2505	4.00	10020.00	
2	Postes de 35 pies	PZA	2	525.00	1050.00	Agujero, Inst. y aplomado	U	2	250.00	500.00	
3	Herrajes	PZA	2	200.00	400.00	Vestido de postes	U	65	50.00	3250.00	
4	Cruceta para poste	PZA	7	100.00	700.00	Colocación de crucetas	PZA	7	150.00	1050.00	
5	Fusiones(Mat.)	U	1	1200.00	1200.00	Realización de la fusión	U	1	7000.00	7000.00	
6	Mufas	PZA	1	900.00	900.00	Instalación mufa de enlace	PZA	1	1000.00	1000.00	
				PRECIO TOTAL MATERIALES	21,050.00					TOTAL MANO DE OBRA	22,820.00
						TOTAL INSTALACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA					Q43,870.00

Tabla X. Costo de cobre red secundaria

Item	Materiales	Unidad	Cant.	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)	Mano de obra	Unidad	Cant.	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)	
1	Cable de 100 p.	M	165	8.00	1320.00	Inst. de 100 p.	M	165	4.00	660.00	
2	Cable de 50 p.	M	755	7.00	5285.00	Inst. de 50 p.	M	755	4.00	3020.00	
3	Cable de 30 p.	M	354	6.00	2124.00	Inst. de 30 p.	M	354	3.00	1062.00	
4	Cable de 20 p.	M	1005	6.00	6030.00	Inst. de 20 p.	M	1005	3.00	3015.00	
5	Mufas 150 p.	PZA	1	400.00	400.00	Conexión de cables	PZA	1	500.00	500.00	
6	Mufas 100 p.	PZA	2	280.00	560.00	Conexión de cables	PZA	2	500.00	1000.00	
7	Mufas 50 p.	PZA	3	200.00	600.00	Conexión de cables	PZA	3	300.00	900.00	
9	Cable UTP cat. 5	M	9000	6.00	54000.00	Conexión de cables	M	9000	0.50	4500.00	
10	Cajas terminales	PZA	13	250.00	3250.00	Inst. de caja	PZA	13	100.00	1300.00	
11	Pedestales	PZA	13	600.00	7800.00	Inst. de pedestal	PZA	13	150.00	1950.00	
				PRECIO TOTAL MATERIALES	81,369.00					PRECIO TOTAL MANO DE OBRA	17,907.00
					TOTAL PROYECTO DE COBRE						Q99,276.00

Tabla XI. Costo otros materiales montaje de equipo

Ítem	Materiales	U	Cant.	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)	Mano de obra	U	Cant.	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)	
1	Materiales de obra civil	U	1	10,000.00	10,000.00	Const. perimetral	M	100	500.00	50,000.00	
2	Pérfiles, lámina y sold.	U	1	10,000.00	10,000.00	Const. perimetral	PZA	1	5,000.00	5,000.00	
3	Materiales de obra civil	U	1	10,000.00	10,000.00	Bases de Concreto	PZA	4	2,000.00	8,000.00	
4	Razor ribon	M/L	100	100.00	10,000.00	Colocación del razor	PZA	1	5,000.00	5,000.00	
5	Hierro galvanizado de 3"	U	1	4,000.00	4,000.00	Sist. montaje equipos	U	1	1,000.00	1,000.00	
6	Acometida e Inst. eléctricas.	U	1	10,000.00	10,000.00	Inst. eléctricas	U	1	5,000.00	5,000.00	
7	Otros piedrín, pintura.	U	1	5,000.00	5,000.00	Acarreo, pintura etc.	U	1	5,000.00	5,000.00	
8	Equipo ALCATEL 7300	U	1	375,000.00	375,000.00	Inst. de equipo	U	1	25,000.00	25,000.00	
				PRECIO TOTAL MATERIALES	434,000.00					PRECIO TOTAL MANO DE OBRA	104,000.00
						TOTAL INSTALACIÓN EQUIPO	Q538,000.00				

4.4 Métodos de construcción utilizados

Al igual que otros tipos de cables, el cable de fibra óptica que utilizaremos en el presente proyecto, se ha fabricado para resistir los rigores del ciclo útil en su aplicación, este tipo de cable a instalar se ha fabricado para cumplir ese desafío.

:

- Cables para uso en planta externa: estos cables se han diseñado específicamente para aplicaciones externas, incluyendo la instalación aérea, subterránea y directamente enterrada. Tienen chaquetas de polietileno y también pueden ser blindados, estos cables cumplen todos los requerimientos de las normativas requeridas.

Los cables a instalar deben de cumplir con ciertos requerimientos para evitar problemas en el momento de su instalación, por ejemplo:

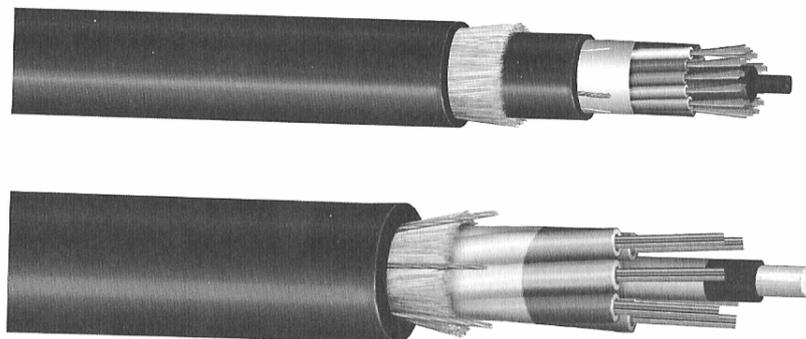
- Cable controlado transversalmente: los cables deben tener una configuración transversal que les permita enrollarse adecuadamente y desenrollarse de manera uniforme, evitando el retorcimiento y enganche de los cables durante su desenrollo en el campo de trabajo.
- Prueba de penetración del agua: ambos extremos del cable se cortan y prueban según los estándares internacionales que debe de cumplir cada empresa que los construye, para la penetración del agua.

Las secciones de un metro se conectan a una columna de agua de un metro. La sección del cable debería prevenir la filtración del agua por un período de 24 horas.

- Informe certificado de pruebas: Un informe de la pruebas de atenuación y longitud debe tener cada bobina de cable, para poder comprobar el rendimiento y proporcionar una base para la prueba del instalador en el campo. Debe también de tenerse el cuidado que el cable se encuentre en un carrete de calidad, un carrete que no se deforme resulta útil al desenrollar los cables y disminuye la posibilidad de que el cable roce y sufra una abrasión de la chaqueta del mismo; un carrete resistente también previene las lesiones causadas por las astillas, algo que el instalador experimentado agradecerá.

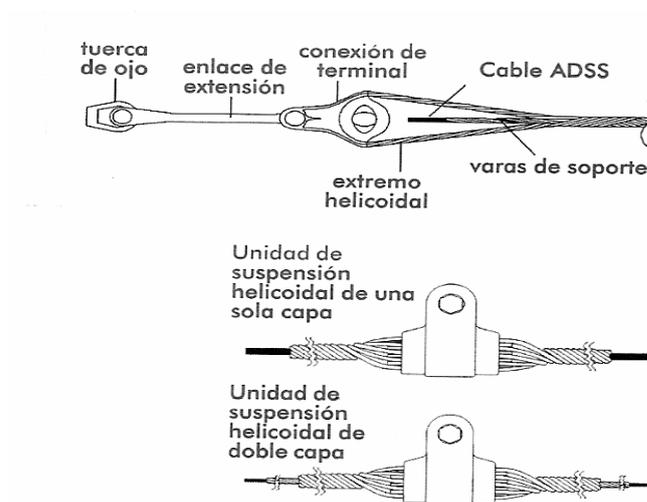
El cable a instalar se puede ver en la figura 16, aunque existen otros tipos de los cuales quiero hacer mención:

Figura 16. Cable de fibra óptica a instalar en el proyecto.



En este proyecto el tipo de cable que utilizaremos será el ADSS (all dielectric self supporting, por sus siglas en inglés), el cuál es un cable de fibra óptica no metálico y de minitubo que se ha diseñado para la instalación sin tener que utilizar un cable para auto soportarlo, este cable utiliza hilos de arámida y una pieza de alta resistencia en la parte central para el soporte, este cable se acopla directamente al poste ya sea de metal, concreto o madera con el uso de accesorios especiales de acople, como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Herrajes para la sujeción del cable



4.5 Ventajas del cable ADSS (*All dielectric self supporting*)

El cable ADSS ofrece una gran resistencia y durabilidad para su instalación en forma aérea a través de postes, eliminando la necesidad de un cable mensajero de soporte.

4.6 Resistencia a la Tracción

Capacidad de resistencia a la tracción para la instalación bajo las condiciones ambientales y eléctricas más exigentes, además de no ser afectado de ninguna manera por los campos electromagnéticos.

Reduce el costo de instalación al requerir menos mano de obra y la eliminación de cables para el autoporte y la sujeción de cable por medio de remates.

Tabla XII. Especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a instalar.

Propiedades	Especificaciones
Propiedades ópticas	
Atenuación @1310 nm	≤ 0.35 db/km
Atenuación @1550 nm	≤ 0.22 db/km
Punto de discontinuidad	≤ 0.1 db
Atenuación	≤ 0.05 db @ 1310 nm y ≤ 0.10 db @ 1550 nm para 100 vueltas ≤ 0.5 db @1550 nm por cada vuelta
Dispersión cromática	≤ 0.092 ps/km/nm ²
Longitud de onda de dispersión cromática cero	1300 - 1322 nm
Diámetro de modo de campo@1310	9.2 ± 0.5 μ m
Diámetro de modo de campo@1550	10.4 ± 0.5 μ m
Error de concentricidad	< 1 μ m

**Tabla XIII. Especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a instalar.
(Parte II)**

PRUEBAS	DETALLES DE LA ESPECIFICACION	Procedimiento de la prueba	
		Método de prueba IEC-60794-1-2	TIE/EIA - 455
Máxima tracción de carga (MTC)	1500 newton	E1	33
Máxima carga de operación	60% de la MTC	E1	33
Radio mínimo de curvatura	20 veces el diámetro del cable	E11	104
Máxima carga de compresión	6000 N	E3	41
Resistencia al impacto (Según diámetro de la fibra)4.4	E4	25
Hasta 15 mm	J. 2 a 3 veces		
15 a 17.5 mm	7.0 J 2 a 3 veces		
17 a 20 mm	10 J 2 a 3 veces		
Más de 20 mm	13 J 2 a 3 veces		
Torsión	10 vueltas de 180 grados.	E7	85
Rango de temperatura para almacenamiento	menos 50° C a +70° C	F1	3
Rango de temperatura para operación	menos 40° C a +70° C	F1	3

4.7 Conectorización o empalme de la fibra óptica

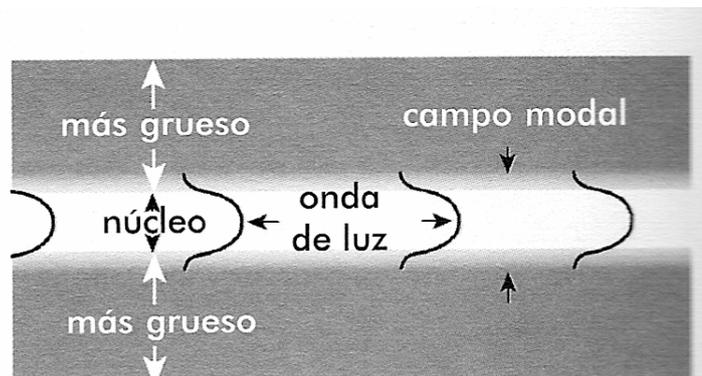
Para poder tener un empalme óptimo, necesitamos que el cable de fibra óptica con campo modal medio, esto produce un empalme de superior calidad, debido a que la fibra óptica se compone de dos regiones, un núcleo angosto rodeado de un revestimiento mucho más grueso.

En una especificación de tamaño de fibra normal, el diámetro del núcleo es 8,3 micrómetros, el revestimiento es de 125 micrómetros.

En la fibra monomodo, alrededor del 80% de la luz se transporta a través del revestimiento.

El núcleo y la sección del revestimiento que transporta la luz se conoce como el campo modal. Podemos ver el diámetro de campo modal en la figura 18.

Figura 18. Vista transversal de la fibra



El diámetro del campo modal (MFD) es una especificación crítica de rendimiento para el empalme y la conectorización. Los diámetros de campo modal iguales minimizan las pérdidas del conector o empalme causados al unir dos secciones diferentes de fibra.

También minimizan el número de intentos necesarios para hacer que una conexión cumpla con los requerimientos de baja pérdida de los sistemas de alta capacidad actuales.

En un mundo ideal, todas las fibra deberían tener exactamente el mismo diámetro de campo modal.

La realidad es de que habrá variación en el diámetro de campo modal entre una fibra y otra. Sin embargo, la minimización de esta variación ahorrará al operador tiempo y dinero.

El estándar de la industria para el diámetro de campo modal es de 9,2 micrómetros con una tolerancia de ± 0.5 micrómetros, aunque algunos fabricantes reducen esto a ± 0.3 micrómetros.

4.8 Tolerancia de concetricidad de núcleo/revestimiento

Todos los fabricantes procuran construir el núcleo lo más cerca posible al centro del revestimiento de modo que al ver la fibra de modo transversal, el núcleo y el revestimiento formen círculos concéntricos. Si el núcleo está exactamente en el centro del revestimiento (la posición ideal), la tolerancia de concetricidad del núcleo/revestimiento es cero, una baja tolerancia de concetricidad del núcleo/revestimiento significa que el empalme será más adecuado debido a que los núcleos de la fibra se alinearán con mayor precisión.

El problema que puede surgir con una tolerancia de un micrómetro es de que causaría una suficiente pérdida en el empalme como para forzar al técnico a volver a empalmar la fibra.

Esto causa una pérdida de tiempo y disminuye la velocidad de la instalación, entonces al utilizar un buen tipo de cable el resultado es un empalme más rápido y con menos pérdida, y con esto agilizar las instalaciones y mejorar el rendimiento del sistema.

4.9 Cuidados que se deben de tener en el traslado y descarga de la fibra óptica

Se debe de tener cuidado que los cables lleguen en las mismas condiciones de cómo salieron de la fabrica, se debe de inspeccionar cada bobina y la madera que no esté lastimada durante la descarga, las bobinas deben de ser enviados colocados sobre sus lados rodantes, no se deben de apilar sobre sus bases.

Las bobinas de cables de fibra óptica por lo general se entregan en un carrete más grande que los de cable coaxial, por lo tanto, debe de cargarse y descargarse utilizando una grúa o un camión con elevador especial. Las bobinas tienen una etiqueta con las instrucciones de manejo, se deben de consultar estas instrucciones si se tiene alguna duda sobre su manejo.

4.10 Pruebas a realizar en los cables de fibra óptica

Aunque no se requiera la prueba de los cables de fibra óptica durante la entrega, la prueba antes de, durante y después de la construcción es esencial para identificar cualquier degradación en el rendimiento del cable causada durante la instalación.

Existen cuatro fases en las pruebas del cable de fibra óptica :

- Inspección visual para detectar daños durante el envío.
- Prueba de preinstalación, que ocurre inmediatamente después de recibidos los cables.
- Prueba de instalación, que ocurre después de colocar el cable y se debe de realizar desde cualquier punto de empalme.
- Prueba de aceptación que ocurre inmediatamente antes de la aceptación.

4.10.1 Prueba de preinstalación

La prueba de preinstalación por lo general consiste en una prueba de reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) realizado a 1550 nanómetros.

Todos los cable de fibra óptica deben de pasar por estas pruebas antes del envío al punto de instalación y el informe de la prueba debe de estar adjunto al carrete.

Una prueba de preinstalación verificará las características del cable y comprobará si hay daños de envío.

El operador del sistema y el grupo de construcción pueden llevar a cabo las pruebas al mismo tiempo para anticipar dificultades futuras si un cable se dañará durante su montaje.

4.10.2 Prueba de instalación

El cable deberá probarse después de haberse instalado y antes del empalme para asegurarse que no se hayan producido daños en la instalación.

La prueba de instalación por lo general se hace con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR).

La prueba de empalme se llevará cabo después de realizar cada uno de ellos, para asegurarse de haber hecho una conexión nítida y principalmente de baja pérdida.

4.10.3 Post instalación, prueba de aceptación final

El método de prueba de post instalación normal, es realizar una prueba de reflectómetro (OTDR) de punta a punta. Los resultados deberían de compararse con las pruebas de la preinstalación.

Se recomienda seriamente establecer un programa de prueba continua después de haberse activado el sistema.,

4. 11 Prueba de atenuación con un OTDR

La prueba de atenuación con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) debería realizarse como parte de cualquier régimen de prueba de preinstalación.

Todas las fibras en un cable deberían probarse y deberían registrarse y documentarse los resultados.

La atenuación se define como la pérdida en potencia óptica a medida que se viaja a través del cable de fibra óptica y normalmente se expresa en decibeles por mil metros (db/km).

La prueba de atenuación se puede usar para comprobar los datos actuales de atenuación con las especificaciones proporcionadas por el fabricante del cable.

Las características de atenuación de campo de una bobina de fibra óptica deberían ser las mismas que cuando se probó en la fábrica, otras pruebas generales de atenuación incluyen la aceptación de bobinas de cable, verificación de pérdida de empalme y mediciones finales de punta a punta.

Los OTDR tienen varias ventajas considerables en comparación con otros métodos de prueba; los OTDR son instrumentos extremadamente versátiles, que pueden ser operados por un solo técnico, a través de comparaciones periódicas con los trazados de firma iniciales, los OTDR pueden enviar advertencias tempranas de una falla catastrófica potencial al indicar puntos de estrés en el cable, el OTDR opera mediante la transmisión de un pulso óptico a través de la fibra, la pérdida de señal se mide al graficar las reflexiones de un pulso de luz a medida que se retrodispersa por la estructura de vidrio o se refleja más definidamente debido a una falla o rotura en la fibra en el extremo del cable mismo, la distancia a la falla se mide por el tiempo transcurrido entre el momento de originarse el pulso y la llegada de la luz retroreflejada en el OTDR.

El resultado (un trazado lineal de la fibra indicado como la distancia desde el origen (eje horizontal) comparado con la potencia relativa (eje vertical) se visualiza en una pantalla o se imprime, la operación de los OTDR varía según el fabricante. Lo anterior se puede ver en la figura 28.

4.12 Documentación del sistema y datos de prueba de campo

La documentación es esencial en la instalación de la fibra óptica, mientras que una instalación coaxial se encarga de un solo conductor a lo largo de una distancia, una instalación de cables de fibra óptica, tiene que ver con fibra múltiples en un cable que puede ser considerablemente más largo, si un cable se daña durante la instalación y esto no se detecta mediante una prueba de campo continua, los costo de reemplazo pueden ser extremadamente altos.

4.13 Documentación necesaria

La documentación mínima para una red de cables de fibra óptica debería incluir los dibujos esquemáticos, datos de la pérdida de empalme, mediciones de pérdida óptica de punta a punta y trazados de firma OTDR de punta a punta.

El propósito de esta documentación es proporcionar referencias históricas para el mantenimiento y restauración de emergencias, al mantener estos datos, se garantiza al operador del sistema una pronta respuesta mediante la identificación rápida, ubicación y reparación de cualquier problema que pueda ocurrir dentro de la ruta o trayectoria de un cable.

4.14 Seguridad en la instalación

Debido a que en el presente proyecto la mayor cantidad de cable irá instalado en forma aérea se le pondrá más énfasis a este aspecto, no obstante se mencionará las normas que se deben de cumplir para la instalación subterránea.

4.15 Seguridad subterránea

La construcción de telecomunicaciones por lo general se hace dentro del derecho de paso reservado para el enrutamiento de otros sistemas subterráneos, tuberías municipales y de servicios públicos, el daño a cualquiera de estas infraestructuras podría causar un problema con la prestación de servicios, en el peor de los casos, podría causar un daño catastrófico al personal y a la propiedad circundante al proyecto.

La ley por lo general requiere que se tenga un permiso para poder empezar cualquier proyecto o tipo de excavación, incluyendo aquellas que están fuera del derecho de paso, todas las empresas involucradas deben de marcar e indicar por donde tiene su infraestructura para no dañarla, marcando con pintura, banderas etc.

El propósito principal de las marcas de ubicación es prevenir el daño al derecho de paso, una vez determinado la ubicación horizontal del derecho de paso se deberá determinar la profundidad o ubicación vertical, esto por lo general se hace al realizar una perforación o la excavación de un orificio hasta ubicar el derecho de paso y colocar una cinta de advertencia para futuras excavaciones, se debe de contactar al dueño de la propiedad antes de realizar cualquier tipo de trabajo.

4.16 Instalación aérea del cable de fibra óptica

Tanto los cable de fibra óptica blindados y dieléctricos, se pueden utilizar en instalaciones aéreas, los cables dieléctricos no contienen ningún componente metálico, que tiende a minimizar los relámpagos y evitar el cruce del campo eléctrico desde las líneas de alimentación.

Los dos métodos preferidos para la instalación aérea son el método de enrollado retractable/fijo y el método de instalación con desplazamiento de carretes o bobinas, las circunstancias en el sitio de construcción y la disponibilidad del equipo/mano de obra dictarán el método de tendido de cable a utilizar.

El método de instalación con desplazamiento de bobinas o carretes puede requerir menos mano de obra y ahorrar tiempo durante el tendido y empalmes de hilos de cables, en esto el cable se acopla, al alambre y se desenrolla del carrete alejándose de él, el cable se ata a medida que se tira, se debe de asegurar que todos los cables de soporte de cables en las esquinas y los extremos terminales, se instalen y se tensionen antes del tendido del cable.

4.17 Tensión de extracción

Las tensiones de tirada para diferentes tipos de cable de fibra óptica a instalarse, ya vienen indicados en el embalaje del producto, se debe de asegurar de utilizar el agarre necesario para que sea el tamaño correcto para el cable que se está tirando, si el hilo de arámida es parte del cable que se está instalando se debe de atar también para distribuir aún más la tensión de tiro o extracción, nunca se debe de exceder la tensión de extracción máxima, la tensión de extracción excesiva hará que el cable se alargue permanentemente, el alargamiento puede causar que la fibra óptica falle al fracturarse, las buenas técnicas de construcción y el equipo de monitoreo adecuado de tensión son esenciales, se debe de colocar suficientes soportes de cables a lo largo de la ruta para disminuir al máximo los pandeos del cable, el pandeo excesivo aumentará la tensión de extracción, al extraer el cable, no se debe de permitir que viaje por encima del reborde del carrete porque podría romper o dañar la chaqueta.

Los dinamómetros se utilizan para poder medir la tensión dinámica en el cable, permiten la revisión continua de la tensión de extracción, los aumentos repentinos de la tensión de extracción causados por factores tales como un cable cayéndose de un soporte.

Se usan fusibles mecánicos solos o con los dinamómetros para asegurarse de no exceder la tensión máxima de extracción, un fusible con una tensión mecánica equivalente a la de la tensión de extracción del cable se coloca entre el tirador de cables y el agarre de extracción, se debe de utilizar un fusible mecánico para cable que se debe de extraer o tirar.

4.18 Radio de curvatura

Los cables a menudo se colocan alrededor de esquinas durante el tendido de cables, un cable más flexible es decir uno con un radio de curvatura más pequeño, requerirá menos tensión de extracción para pasarlo a través de una curvatura en la ruta, los cable de fibra óptica se han diseñado últimamente para una mayor flexibilidad con el fin de facilitar la instalación.

Por lo tanto nunca se debe de exceder el radio mínimo de curvatura, un cable demasiado doblado puede deformarse y dañar la fibra adentro, además de causar una alta atenuación, el radio de curvatura para el cable de fibra óptica, se dá como cargado y no cargado, cargado significa que el cable está bajo la tensión de extracción y está doblándose simultáneamente, descargado significa que el cable no esta bajo ninguna tensión o llega hasta una tensión residual de alrededor del 25% de su máxima tensión de extracción, el radio de curvatura de descargado también es el radio para almacenamiento.

El radio de curvatura de cables cargados durante el proceso de construcción se controla mediante técnica y equipo, los bloques de esquina y las guías de instalación tienen curvaturas de amplio radio, y superficies de de baja fricción que contribuyen mínimamente al aumento en la tensión de extracción requerida para extraer o tirar el cable mediante este equipo, si no excede el radio mínimo de curvatura o la tensión máxima de extracción, debería de lograrse una instalación adecuada.

4.19 Reservas de exceso para mantenimiento

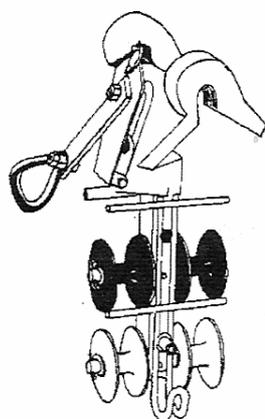
Se debe de dejar reservas de cable enrollados en los postes colocados en una cruceta de reserva, por una cantidad de 30 metros de cable en cada 500 metros de tendido, esto se realiza para que en el futuro cualquier daño que sufra el cable en su recorrido se pueda utilizar ese tramo de cable para poder conectorizar o fusionar nuevamente el cable de fibra óptica y solucionar el daño que se tenga en el cable, se debe de tener cuidado que el radio de bucle no debe de ser menor que el radio mínimo de curvatura del cable.

4.20 Equipo utilizado para la instalación de cable aéreo

4.20.1 Soporte de cables múltiples

Usado para soportar cables múltiples en rodillos independientes, los soportes de cables múltiples no necesitan un posicionador de cables cuando se instalan cables múltiples, ver la figura 19.

Figura 19 Soporte de cables múltiples para tendido del cable de fibra óptica



4.20.2 Bloque de rodillo individual y bloque económico

Normalmente se utiliza para soportar un cable individual durante el tendido y se puede utilizar cuando, los cables se rematan directamente al poste o en aplicaciones adicionales, en situaciones con nuevos cables, los bloques de rodillo individuales se pueden fijar en cada poste, el bloque económico se utiliza para soportar un solo cable durante el tendido, y dependiendo del soporte actual, se puede utilizar cuando el mensajero de los cables, se rematan directamente en los herrajes, en el poste. Ver figuras 20 a y b.

Figura 20 A, bloque de rodillo individual

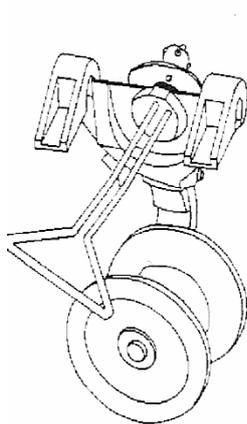
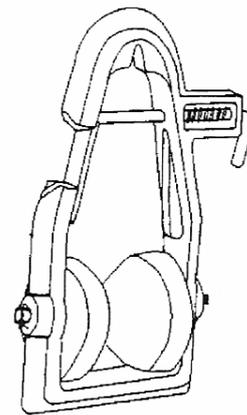


Figura 20 B, bloque económico

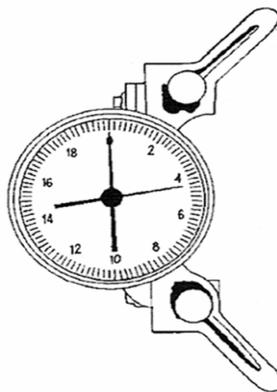


4.20.3 Dispositivos de extracción

4.20.3.1 Dinamómetro

Es utilizado para monitorear la tracción de extracción aplicada a los cables de fibra óptica. Ver figura 21.

Figura 21. Dinamómetro para monitoreo de tracción



4.20.3.2 Agarre Kellems

Este agarre reusable está hecho de un tejido de alambres de acero inoxidable, actúa como los “atrapadados chinos”, en nuestro medio se le llama “manga” ó “calcetín” y es bastante utilizado ya que cumple una buena función para la tracción del cable, debido a que se comprime una vez relajado, proporciona un agarre distribuido y parejo a la chaqueta del cable. Ver figura 22.

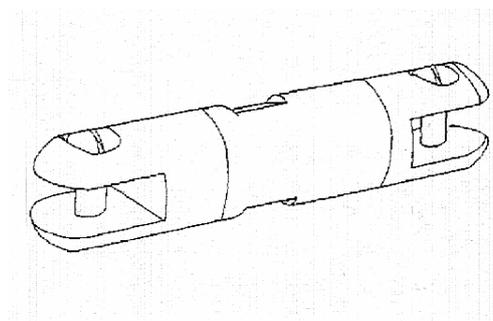
Figura 22. Agarre Kellems



4.20.3.3 Fusible mecánico

Este es utilizado para prevenir la tensión de extracción excesiva, se ha diseñado para desactivarse en el caso de exceder un límite de tensión preconfigurado. Ver figura 23.

Figura 23. Fusible mecánico

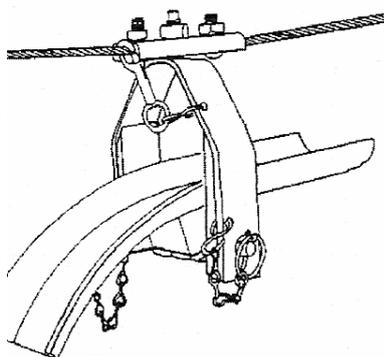


4.21 Guías y soportes para la instalación del cable de fibra óptica

4.21.1 Guía de instalación

Minimiza el arrastre de los cables, y se asegura de no exceder el radio mínimo de curvatura, requiere accesorios de montaje especializados, se utiliza como una guía de instalación para dirigir los cables desde el remolque para cables o un soporte de carrete, una guía de instalación se utiliza para guiar los cables desde el remolque para cables o soportes de carretes. Este equipo requiere de accesorios de montaje especializados, dependiendo del uso específico del equipo. Ver la figura 24.

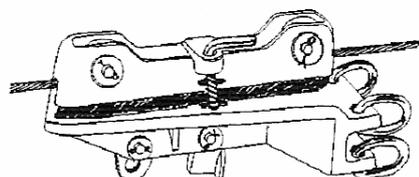
Figura 24. Guía de instalación



4.21.2 Tirador de cables múltiple

Permite tirar y alojar cables múltiples al amarrar y rematar los cables, incluye un freno para prevenir el pandeo de cables a medida que se libera la tensión de extracción. Permite que los cables extraídos giren libremente. Ver la figura 25.

Figura 25. Tirador de cables múltiples

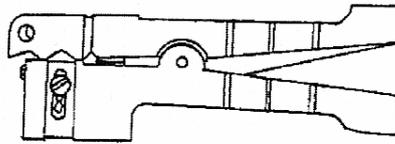


4.22 Preparación de la fibra y empalme

4.22.1 Cortador de tubo protector

Estos se utilizan para estriar la capa de protección de la fibra óptica del tubo central y el minitubo trenzado, para facilitar la exposición de la fibra, como se puede ver en la figura 26.

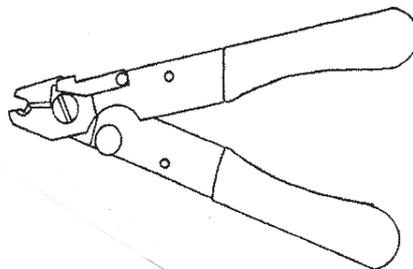
Figura 26. Cortador de tubo protector



4.22.2 Removedor de capa protectora

Este dispositivo remueve mecánicamente la capa de fibra usando cuchillas de precisión y aberturas preconfiguradas en casi la misma manera que un pelacables despoja el aislamiento de un cable de cobre, después de remover la capa protectora, la fibra se limpia con una solución de alcohol isopropilo de 95% o mayor, este dispositivo se puede ver en la figura 27.

Figura 27. Removedor de capa protectora



4.22.3 Cortafibras manual y autoportado

Los cortafibras marcan la fibra y de inmediato la cortan, el costo y la complejidad de los cortafibras varía ostensiblemente, por lo general cuanto más se gaste, mayor será la uniformidad del cortafibras, el que se muestra en la figura 28A es un cortafibras plano de bajo costo, pero se utiliza bastante cuando el equipo fusionador no trae uno integrado.

Figura 28A. Cortafibras manual

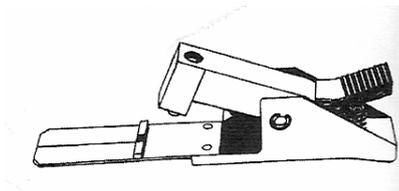
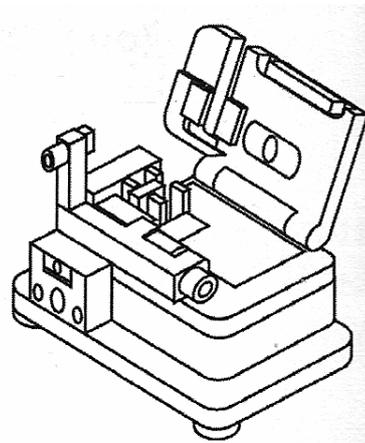


Figura 28B. Autoportado

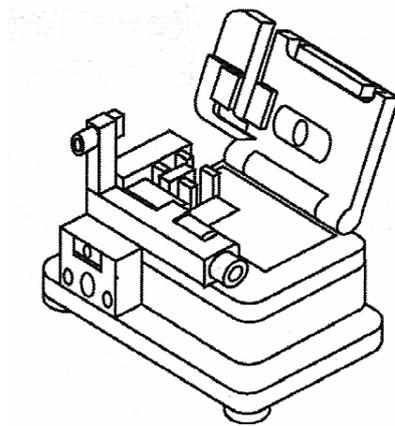


En la figura 28 B se puede observar un cortafibras autoportado, este es un modelo más grande y costoso, su principal ventaja es que corta fibras en forma más precisa y uniformemente que los modelos manuales.

4.22.4 Empalmador de fusión

La mayoría de los empalmes de baja pérdida se hacen con empalmadores de fusión, los que usan un arco eléctrico para fusionar los extremos cortados de las fibras, los empalmadores varían considerablemente en complejidad, características y costo, algunos automatizan todo el proceso de empalme, el aparato para fusionar se puede ver en la figura 29.

Figura 29. Fusionador de fibra óptica



4.23 Estrategias para el tendido del cable de fibra óptica

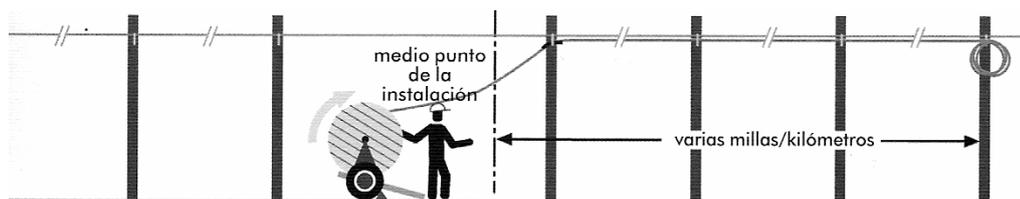
Los cables de fibra óptica en general se pueden ordenar en longitudes de hasta 12.2 kilómetros y se pueden instalar en un tendido continuo, sin embargo, aun una instalación típica de 4.8 a 8.0 kilómetros ofrece desafíos de instalación debido a la acumulación de la tensión de extracción a lo largo de una trayectoria tan larga.

El uso de dispositivos de asistencia intermedia tales como cabrestantes o winches mecánicos conectados a un controlador maestro puede aliviar esta tensión, sin embargo, si estos dispositivos no están disponibles, una extracción de cable a medio punto es un método comprobado para instalar grandes longitudes de cable de fibra óptica.

4.23.1 Punto medio de la extracción del cable (Preparación del cable en figura 8).

Se ubica el medio punto de extracción (ver figura 30), usando el método de enrollado retractable/fijo, se extrae el cable desde el punto medio hasta el final en una dirección, entonces se prepara el cable restante según un diseño en figura ocho, como se o puede ver en la figura 30.

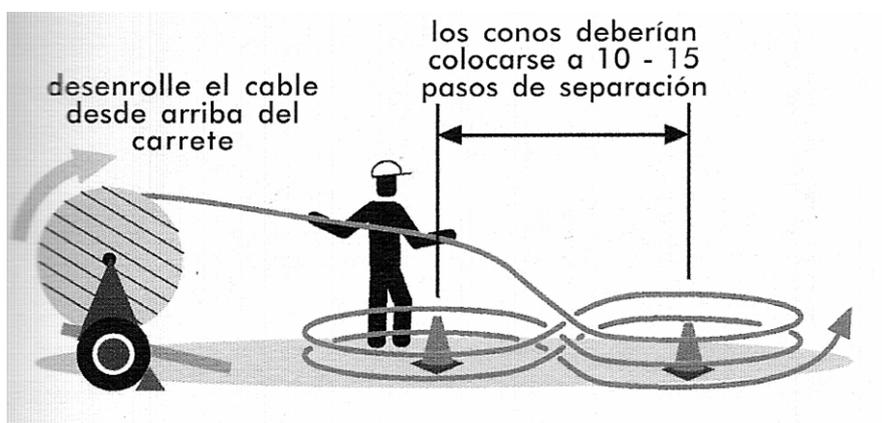
Figura 30. Punto medio de la instalación



Para poder formar el cable en figura 8 se instalan dos conos de tráfico entre 10 a 15 pasos de separación como lo indica la figura 31, (más separación, para cables de mayor capacidad).

Desenrolle el cable desde la parte superior de la bobina y se debe de entrelazar holgadamente alrededor de los conos siguiendo un diseño en figura 8, los bucles grandes y no deben de estar demasiado ajustados, esto ayudará a que el cable no se enrede, se continua colocando el cable en figura 8 hasta desenrollar totalmente la bobina, se quitan seguidamente los conos, se prepara el cable tomando con la mano un extremo para extraerlo en la otra dirección, cuando se reanude la extracción, el cable se desenrollará de la parte de arriba de la forma de ocho.

Figura 31. Colocación del cable en figura ocho



4.23.2 Instalación del cable autoportado, método de instalación con el desplazamiento de la bobina

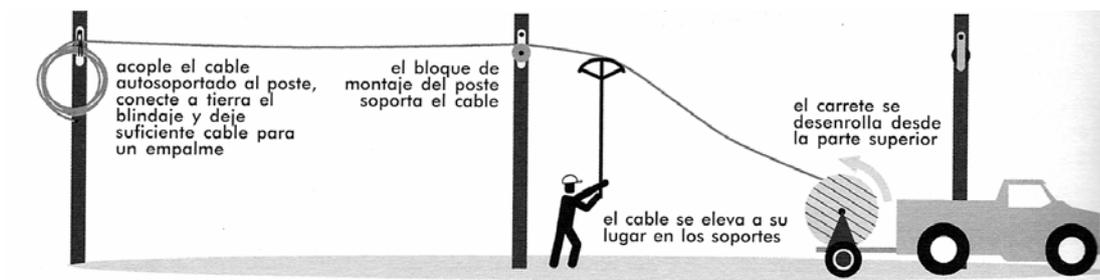
El método de desplazamiento es la manera más simple de colocar el cable de fibra óptica autoportado, primero se acopla el cable al accesorio de la línea de poste, en el primer poste del tendido del cable, se debe de dejar suficiente cable adicional para facilitar el empalme, el cable debería poder alcanzar el suelo, para por un camión ó remolque de empalme y colocarse en una caja de empalme, si se tiene duda sobre la longitud conviene dejar cable de más y no de menos.

Cubra el extremo del cable abierto para prevenir la contaminación con la suciedad o la humedad, enrolle el cable, teniendo cuidado de no exceder el radio mínimo de curvatura y se debe de amarrar el bucle a la parte posterior del poste.

Conecte a tierra y acople el blindaje al primer poste, el contacto con el blindaje se establece mediante una abrazadera cerrada que perfora la chaqueta para alcanzar el blindaje, los soportes del cable deberían instalarse en todos los postes no enmarcados en configuraciones de accesorios terminales; se debe de desenrollar el cable desde arriba de la bobina y colocarlo manualmente en el soporte del cable, se debe de continuar desenrollando el cable lenta y uniformemente, para mantener una tensión pareja de extracción, si la extracción del cable es inconsistente, esto puede hacer que el cable se balancee y se dañe en los bloques del poste, no se debe de permitir que la bobina del cable sobregire y dejar que la flojedad del cable se retire de la bobina, se debe de levantar el cable de los soportes y colocarlo en la abrazadera de suspensión una vez que la ruta del cable se haya pensionado según las instrucciones.

Se debe de tensionar el cable cada vez que se presenten configuraciones de accesorios terminales, conecte a tierra y acople el blindaje en estas ubicaciones después de haber presionado el cable, esto se puede ver en la figura 32, con esto se puede concluir lo que es la instalación del cable para poder ver los que son los empalmes.

Figura 32. Instalación de cable autoportado



4.24 Preparación y empalme de cables de fibra óptica

4.24.1 Recorte del tubo protector

El tubo protector debe de recortarse cuidadosamente para que se puedan ver las fibras, se debe de utilizar un cortador de tubos protectores para estriar la fibra a cada 30 ó 40 centímetros, se debe de flexionar el tubo protector hacia atrás y hacia adelante hasta que encaje y de inmediato se debe de deslizar el tubo para sacarlo de las fibras, las instrucciones para la caja de empalme indicarán cuánto avanzar para remover los tubos protectores.

4.24.2 Remoción de las fibras

Después de ejecutar lo anterior se puede remover la fibra expuesta, los cables de fibra óptica que usan una fibra monomodo de 125 micrómetros, con cubierta según el estándar de la industria de 250 micrómetros, un removedor de fibras removerá la capa exterior uniformemente, no se debe de tratar de remover más de 5 centímetros a la vez; después de remover una fibra, se deberá limpiar el cable con alcohol isopropilo y con un paño sin pelusas para remover el residuo de la capa, se debe de mantener el manejo de fibras desnudas a un nivel mínimo, después de la limpieza, estríe y empalme la fibra tan pronto como sea posible para reducir el contacto de la misma con los contaminantes ambientales.

4.24.3 Corte de fibras

- Estríe el extremo de la fibra utilizando un cortador de fibras de buena calidad, el corte deberá ser parejo (sin rebordes) y estar dentro de un grado de perpendicularidad, se debe de tratar de dejar muy poca fibra desnuda o sin revestimiento (no más de 1.5 centímetros), algunos empalmadores de fusión incluyen su propio cortador de fibra, los cortadores de fibra manuales (conocidos como cortadores planos) no se recomiendan para cortes de precisión.

4.24.4 Empalmadores de fusión

Hay distintas marcas de empalmadores de fusión, la mayoría tienen características tales como:

- Una fuente térmica de fusión, usualmente un arco eléctrico.
- Abrazaderas de ranura en v para sostener las fibras.
- Una manera de distribuir las fibras para su óptimo empalme.
- Visualizador de las fibras (microscopio, pantalla de visualización) para poder colocarlas con precisión.

Los procedimientos variarán dependiendo del empalmador de fusión utilizado, los modelos más antiguos requieren que se hagan coincidir manualmente los diámetros exteriores de las fibras limpiadas antes de fusionarlas, los modelos más sofisticados ofrecen características que alinean automáticamente los núcleos de la fibra para los empalmes de pérdidas más bajas.

4.24.5 LID, Inyección y detección local

También llamado, PAS (sistema de alineación de perfiles) para ayudar con la alineación de las fibras, algunos empalmadores se incluyen con LID en la cuál las fibras a fusionarse se bobinan alrededor de un poste pequeño de modo que la luz pueda realmente inyectarse a través del revestimiento de la fibra.

La luz atraviesa el punto de alineación y se mide en el lado de salida, las fibras se posicionan manual o automáticamente hasta que la mayor parte de la luz pasa a través de las fibras alineadas.

Los sistemas LID también monitorean las fibras a medida que se fusionen y cierran el arco cuando el proceso muestra la pérdida más baja del empalme.

4.24.6 PAS, sistema de alineación de perfiles

Los empalmadores equipados con PAS proyectan una imagen que le permite ver los núcleos de las fibras y llevarlos manual o automaticament a su alineación.

4.24.7 Protección de empalmes

Siempre se recomienda reforzar mecánicamente las fibras empalmadas, una manga termocontraible se coloca sobre la fibra previo al empalme, una vez completado el empalme, la manga se coloca sobre el empalme y se encoge, hay otros métodos tales como las mangas plegables, tablillas y selladores, la experiencia indicará lo que más conviene para su aplicación.

4.24.8 Restauración de emergencia, detección y solución del problema

Hay distintas razones por la que todo o parte de un sistema falla, la razón puede ser obvia, tal como un árbol que cae y daña un tramo de cables, más a menudo, las razones es posible que no sean tan aparentes, el primer paso en la restauración es determinar exactamente que y dónde se ubica el problema, el enfoque metódico descrito a continuación es la manera mas inteligente de determinar la causa del corte.

Todos los registros de los parámetros de instalación deberían estar disponibles.

4.24.8.1 Verificación del transmisor

Mida la salida del transmisor en el conector de salida con un medidor de potencia óptica, verifícase la potencia recibida con la registrada en la instalación.

4.24.8.2 Verificación de cordones de empalme y la terminal del transmisor

Los cordones de empalme, conectores y mangas pueden estar dañados o tener defectos, se deben de reemplazar los cordones de empalme con otros que si sirvan y se debe de medir la potencia de salida comprobada con los valores instalados.

4.24.9 Comprobación de los empalmes en el receptor

Se debe de repetir el proceso que se indicó en el inciso anterior para el extremo lejano del sistema, reemplace los cordones de empalme que puedan estar dañados con otros que estén en buen estado y se debe de medir la potencia de salida comparada con los valores instalados, si la potencia está dentro de los límites prescritos, el problema puede estar en el receptor.

4.24.10 Verificación de la instalación del cable

Esto se puede realizar desde cualquier extremo del sistema con un OTDR, compare el trazado del OTDR con la documentación integrada, esto a menudo le mostrará en donde podría estar el problema con un margen de unos pocos metros.

Desafortunadamente muchos de los problemas terminan siendo fallas catastróficas del cable, las causas comunes incluyen el daño producido por los roedores, relámpagos, árboles que caen sobre el cable.

Accidentes de tráfico, tiroteos u otros vandalismos, las causas mecánicas podrían ser el agua congelada en los conductos, empalmes fallados o daño ambiental dentro del alojamiento del empalme, en muchos casos, un corto tramo de cable quizás deba reemplazarse rápidamente para restaurar el servicio.

4.24.11 Materiales necesarios para una restauración de emergencia

Se pueden tomar medidas una vez determinados la ubicación y naturaleza del problema, podría ser posible transferir la señal a una fibra oscura no dañada dentro del cable, sin embargo, se debería estar preparado para hacer una restauración completa del sitio.

Si el problema se debe a un poste caído colocado sobre el derecho de paso de una utilidad pública, se debe de asegurar que el propietario del derecho de paso ha sido advertido del problema, es importante tener un acuerdo con el propietario del derecho de paso que da una alta prioridad a la reparación de los postes del tendido de cable.

4.24.12 La preparación, clave de una rápida restauración

Antes de la emergencia, se debe de asignar un equipo entrenado de técnicos en fibra óptica, por lo general debe de ser un grupo de tres , además de un equipo secundario de técnicos, una lista de avisos actualizada debería ponerse a disposición del personal designado, los grupos de técnicos especializados en fibra óptica deben de tener acceso a las llaves de emergencia y a un kit de restauración, una lista completa del kit debe de permanecer en el sitio de almacenamiento, debe de mantenerse un inventario de los kits y revisarlo trimestralmente, todos los materiales faltantes o que no estuvieran actualizados deberían reemplazarse de inmediato.

4.24.13 Restauración de emergencia de una instalación aérea

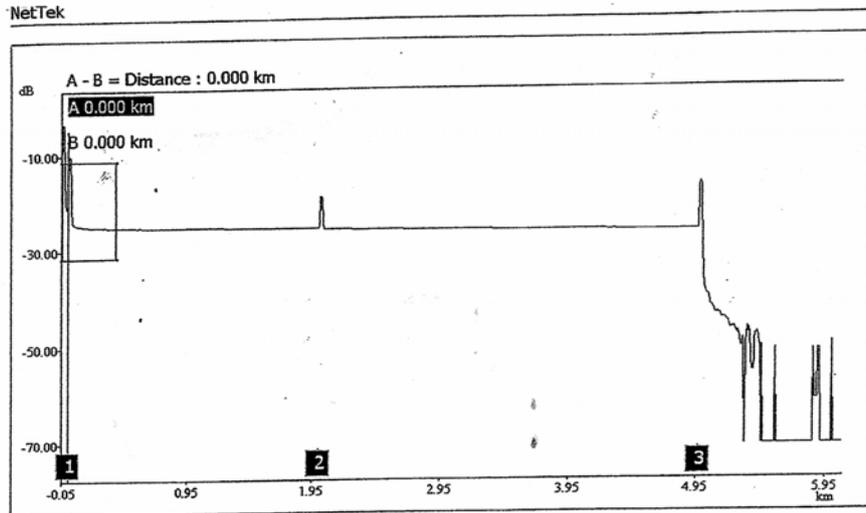
Después de localizar la falla se debe de buscar en donde está instalada la reserva más cercana en la línea, se debe de desatar el tramo de cable teniendo cuidado de de que cable no cuelgue hacia las áreas de tráfico (u otras áreas en donde se pueda dañar) y que no se doble más allá de del radio de curvatura indicado, se debe de desatar el cable del otro lado de la separación a fin de liberar suficiente cable como para que llegue al piso.

A pesar de que se pueden hacer empalmes de emergencia en los postes, es más fácil hacerlos a nivel del suelo, si no se dispone de reservas entonces se debe de empalmar un nuevo tramo de cable de los dos extremos, creando un nuevo manguito de empalme.

4.24.14. Empalme con empalmadores mecánicos

Se deben de cortar primero las terminaciones de los cables que estén dañados, se quita la chaqueta y prepara el cable de acuerdo con las instrucciones que se encuentran en la caja de empalme de emergencia, el kit de restauraciones de emergencia debe de incluir cajas de empalme y bandejas adaptadas para los empalmes mecánicos, prepare las puntas del cable de fibra óptica para empalmar, teniendo en cuenta cualquier cambio de técnica mencionado en las instrucciones para empalmes mecánicos, de ser posible hacer un bucle al cable y colgarlo en el poste para que quede fuera de peligro.

Figura 33. Muestra de una medición con equipo OTDR



Event Table (Testrecord A -> \FloppyDisk\F.015)

Event#	Dist. km	Loss dB	Reflectance dB	Cuml.Loss dB	Slope dB/km	Loss Δ dB	Distance Δ km
1	0.000	3.816	-37.780	3.816	-	-	-
2	2.001	0.136	-47.235	4.344	0.196	4.208	2.001
3 End	4.967	15.806	-40.511	4.860	0.174	0.652	2.966

Event / Landmark Notes (Testrecord A -> \FloppyDisk\F.015)

Event #	Code	Entering	Leaving	Longitude	Latitude	Comments
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-

Acquisition Parameters : Testrecord A -> \FloppyDisk\F.015

OpticalModuleId	YSL1315
ModuleSerialNumber	B010109
SoftwareRevision	1.3
Module Revision	1.57
Test Mode	IntelliTrace Plus
Wavelength	1550
Refractive Index	1.46810
Cabling Factor	0.000
Backscatter Coefficient	-82.300
Zero Reference	0.000

4.25 Instalación de la red de cobre

La instalación de la red de cobre en el complejo de bodegas El Cortijo se realizó en forma subterránea por la misma presentación de las fachadas.

Se utilizaron cajas terminales de 20 pares, instaladas dentro de pedestales para poder tener una mejor estética y presentación además de una mejor protección para la misma red.

La ubicación de las cajas terminales es tal como se muestra en la figura 38, las cuales obedecen al diseño realizado y que satisface la totalidad de la demanda existente para cada una de las bodegas.

Cada una de las cajas terminales están conectadas al cable multipar por medio de una conexión de los módulos que ya trae la caja y se coloca dentro del pedestal, además para llegar a la caseta de los equipos, se conecta el cable multipar por medio de mufas o manguitos que son los que le dan la continuidad a la señal.

Al llegar a la caseta de los equipos, el cable multipar se empalma a unas regletas de una capacidad de 100 pares, los cuales hacen el papel de distribuidor principal.

Una vez el cable está instalado en la caseta de los equipos, prácticamente tenemos la señal lista, para poder hacer los puentes respectivos a el equipo DSLAM 7300 el cuál está instalado dentro de la caseta.

Es de hacer notar que en toda la red se instalaron varillas de cobre como aterrizaje, especialmente en los empalmes de los cables, para evitar la inducción de señales eléctricas a la red de cobre.

CONCLUSIONES

1. El costo de los equipos, materiales e infraestructura a utilizar en el presente proyecto es grande, pero, esto permitirá a las empresas que se instalen en este complejo de ofibodegas estar a la vanguardia de la tecnología en cuanto a comunicación.
2. Con el hecho de instalar fibra óptica desde un nodo en particular para alimentar directamente los equipos y distribuir con cable multipar de cobre hacia los abonados, la inversión realizada es grande, pero, permitirá a las oficinas tener el servicio sin mayores puntos de mantenimiento y tener un servicio sin interrupciones.
3. Con la realización de este proyecto de fibra óptica y de cobre que llevará el servicio a este complejo de ofibodegas, se podría tomar de prototipo para que otras empresas tomen esta idea y poder suministrar el mismo servicio eficientemente, haciendo las correcciones y actualizaciones necesarias cada vez, para estar al tanto del avance de la tecnología de la telecomunicación.
4. Por último, se hace énfasis en que el servicio que se prestará, necesita estarse monitoreando por el mismo enlace de fibra óptica a través de modem, para poderle dar un mantenimiento preventivo y con esto dar un servicio eficiente durante las 24 horas del día.

RECOMENDACIONES

1. Este proyecto debe de realizarse completamente, es decir, en su totalidad, instalando el servicio de alarmas y las tarjetas necesarias completas para que cada oficina que se vaya instalando pueda tener el servicio inmediatamente sin ningún contratiempo.
2. Para que los costos del proyecto estén más cercanos a la realidad, es necesario actualizarlos, debido a que constantemente están variando tanto en materiales como de mano de obra.
3. El proyecto debe ser construido por personal que tenga conocimiento de este campo, para evitar gastos innecesarios en la construcción de la infraestructura y en el funcionamiento correcto de los equipos.
4. Debe de considerarse además tener toda la infraestructura ya instalada el que en un futuro pueda considerarse construir un segundo enlace de fibra óptica, es decir un enlace redundante para que en el momento que uno de los dos enlaces se dañe el otro entre a funcionar inmediatamente evitando cortes de servicio innecesarios a los usuarios..

REFERENCIAS

1. Centro de entrenamiento de TELGUA (ITTELGUA), copias de cursos de instalaciones de Banda Ancha.
2. LighScope ZWP, CommScope, MANUAL DE CONSTRUCCIÓN Y APLICACIONES DE BANDA ANCHA, Cable de fibra óptica. dbrc@commscope.com. 2003.
3. TELGUA, Norma para la instalación de la línea de acometida de abonado que demande servicio de voz y datos (TURBONET). Ingeniería y normas de planta externa. TELGUA/N/2003/005.
4. Pruebas en XDSL. Notas técnicas SUNRISE TELECOM incorporation, Diciembre de 1997.
5. Instalaciones de abonado para voz y datos. Instituto Tecnológico de Teléfonos de México (INTTELMEX), Coordinación de desarrollo curricular, Septiembre de 2004.

BIBLIOGRAFÍA

1. Velarde Morales, Luis Roberto Aplicación de transmisión simultánea de voz y datos sobre la red telefónica de cable multipar de Guatemala. Tesis Ing. Eléctrica. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2002.
2. Louis A. Robb, Diccionario para Ingenieros, 29ª. Edición, México, Compañía Editorial Continental S.A. México. 1979. 664 pp.
3. Principios y aplicaciones de ingeniería eléctrica, tercera edición, México, McGraw Hill, 2001. 976 pp.
4. Stallings Williams, Comunicaciones y Redes de Computadoras, 7ª. Edición, México, Pearson, Prentice Hall. 2004. 868 pp.
5. Tomasi Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ª. Edición, Phoenix Arizona, 2003. 976 pp.
6. Castillo Castillo, Alvaro Implementación y transmisión de voz sobre protocolo de internet a través de una red wan / lan. Tesis Ing. Eléctrica. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2004.

A N E X O S

PLANOS Y SIMBOLOGÍA A UTILIZAR

Figura 37. Plano de diagrama de red

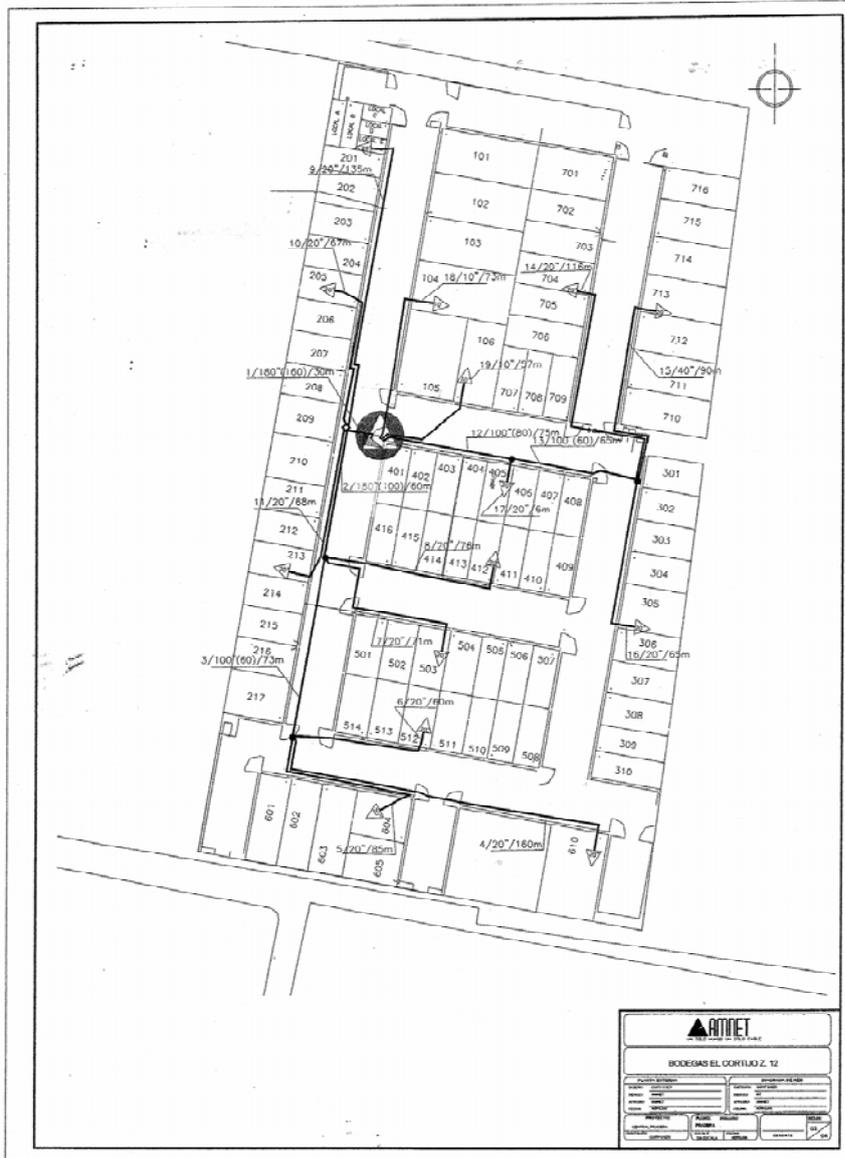


Figura 38. Plano enlace Aristos - El Cortijo zona 12

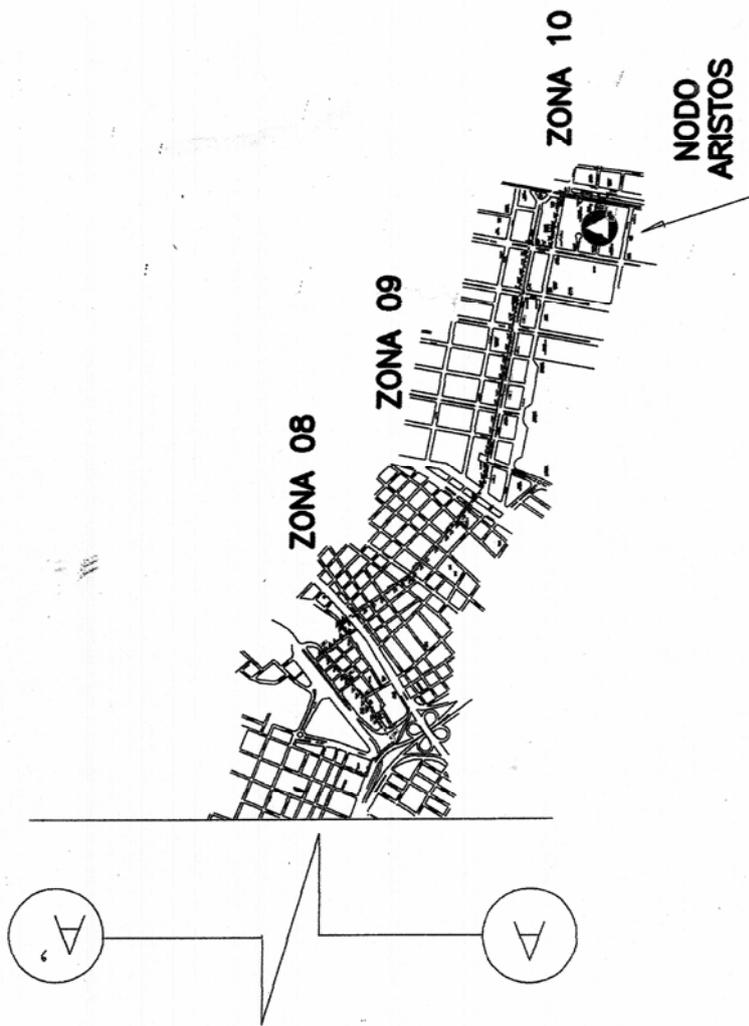


Figura 39. Plano enlace Aristos - El Cortijo zona 12 (Parte II)

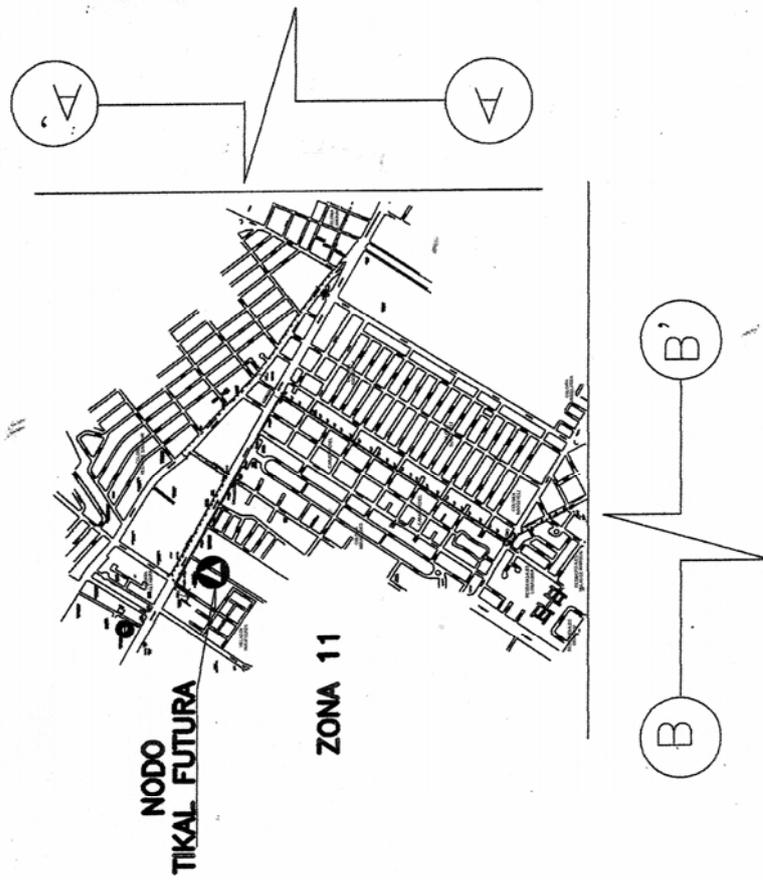


Figura 40. Plano enlace Aristos El Cortijo zona 11 y 12

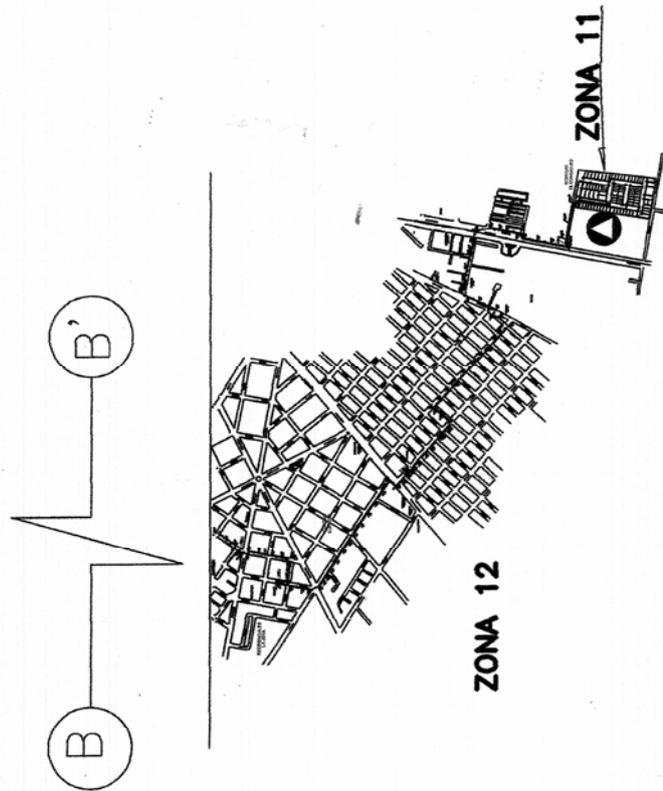
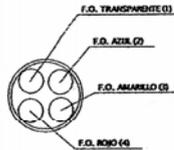


Figura 41. Sección de fibra óptica a utilizar



SECCION DE CABLE DE 12 FO

SECCION DE F.O.



SECCION DE TUBO DE CABLE DE 12 FO

CODIGO DE CABLE 12 F.O.			
No. TUBO	COLOR	F.O.	COLOR
01	BLANCO	01	TRANSPARENTE
		02	AZUL
		03	AMARILLO
		04	ROJO
02	AZUL	05	TRANSPARENTE
		06	AZUL
		07	AMARILLO
		08	ROJO
03	AMARILLO	09	TRANSPARENTE
		10	AZUL
		11	AMARILLO
		12	ROJO

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJA DE FO
	EMPALME F.O., NUMERO XX
R: 00.00	RESERVA
A/B/C/D E	A= No. TRAMO
	B= No. DE FIBRAS OPTICAS
	C= LONGITUD DE CABLE EN MTS.
	D= TIPO DE F.O.
	E= MODO DE FIBRA

Figura 42. Simbología de fibra óptica

SIMBOLOGIA	
	CENTRAL
	SHELTER
	DUCTO VACIO
	DUCTO MEDIO USO
	DUCTO LLENO
	POZO EXISTENTE
	POSTE METAL EXISTENTE
	POSTE CONCRETO EXISTENTE
	POSTE EXISTENTE MADERA
	POSTE NUEVO DE MADERA
	RETENIDA DE BANDERA
	RETENIDA NORMAL

SIMBOLOGIA FIBRA OPTICA	
	F.O. SUBTERRANEA
	F.O. AEREA
	RESERVA TECNICA
	EMPALME FIBRA OPTICA
	IDENTIFICACION FIBRA OPTICA
	INTERVENCION A MUFA

Figura 43. Simbología de canalización existente

SIMBOLOGIA DE CANALIZACION	
	CENTRAL
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	ARMARIO
	POZO XXX-YY = TIPO Y NUMERO DE POZO
	POZO ABONADO A-A = TIPO Y NUMERO DE POZO
	CANALIZACION NORMALIZADA 2H4 = TIPO DE FORMACION DE DUCTOS 0.00M = LONGITUD DE LA VIA
	POSTE DE METAL P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE CONCRETO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE MADERA P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE ABONADO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE TELEGAFO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	SUBIDA A PARED 0.00 = LONGITUD
	ACCESO A ZOCALO 0.00 = LONGITUD
	PEDESTAL PARA C.T. 0.00 = LONGITUD
	ACOMETIDA 0.00M = LONGITUD XXXX = UBICACION
	SUBIDA A POSTE 0.00 = DISTANCIA
	RETENIDA X = TIPO DE RETENIDA B = BANDERA S = SIMPLE P = PROLONGADA T = TRANQUILLA
	RETENIDA PROLONGADA
	DIAGRAMA DE OCUPACION DE VIAS
	VIAS NUEVAS / VIAS EXISTENTES VIAS LIBRES
	ZANJA O BRECHA PARA CABLE ENTERRADO X.XX = DISTANCIA
	PROYECCION DE CABLE SOBRE TECHO X.XX = DISTANCIA
	ANTENA DE PCS

Figura 44. Simbología de canalización nueva

SIMBOLOGIA DE CANALIZACION	
	CENTRAL
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	ARMARIO EXISTENTE
	ARMARIO NUEVO
	POZO XXX-YY = TIPO DE POZO Y NUMERO
	AMPLIACION DE POZO XXX-YY = TIPO DE POZO Y NUMERO
	POZO ABONADO A-A = NUMERO DE POZO
	CANALIZACION NORMALIZADA 214 = TIPO DE FORMACION DE DUCTOS 0.00M = LONGITUD DE LA VIA
	POSTE DE METAL EXISTENTE P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE METAL NUEVO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE CONCRETO EXISTENTE P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE CONCRETO NUEVO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE MADERA EXISTENTE P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE MADERA NUEVO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE ABONADO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	POSTE DE TELEGRAFO P-XX = NUMERO DE POSTE 0.00 = DISTANCIA DE POSTE A POSTE
	SUBIDA A PARED 0.00 = LONGITUD
	ACCESO A ZOCALO 0.00 = LONGITUD
	PEDESTAL PARA C.T. 0.00 = LONGITUD
	ACOMETIDA 0.00M = LONGITUD XXXX = UBICACION
	SUBIDA A POSTE 0.00 = DISTANCIA
	RETENIDA X = TIPO DE RETENIDA S = BANERA S = SIMPLE T = TRIANGULAR P = PROLONGADA T = TRIANGULAR P = PROLONGADA
	RETENIDA PROLONGADA
	DIAGRAMA DE OCUPACION DE VIAS
	VIAS NUEVAS / VIAS EXISTENTES VIAS LIBRES
	ZANJA O BRECHA PARA CABLE ENTERRADO X.XX = DISTANCIA
	PROYECCION DE CABLE SOBRE TECHO X.XX = DISTANCIA
	ANTENA DE PCS

NOTA:
LA SIMBOLOGIA DE RED NUEVA Y EXISTENTE ES LA MISMA,
UNICAMENTE VARIA EL GROSOR DE LA LINEA CON
QUE SE REPRESENTA EN EL PLANO (NUEVO=GRUESO;
EXISTENTE=DELGADO)

Figura 45. Simbología de red existente

SIMBOLOGIA DE RED	
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	REGLETA EN MDF O CD
	C.T. DE 10" EN PEDESTAL
	C.T. DE 20" EN PEDESTAL
	C.T. DE 5" EN PARED
	C.T. DE 10" EN PARED
	C.T. DE 20" EN PARED
	C.T. DE 5" EN POSTE
	C.T. DE 10" EN POSTE
	C.T. DE 20" EN POSTE
	C.T. DE 10" FUSIBLE
	C.T. DE 20" FUSIBLE
	RESERVA
	C.T. INTERIOR 000-00 - REARDO CENTRAL 000-00 - HORARIO DEL PEDESTAL O EMPALME
	C.T. DE 5" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" EN ZOCALO
	C.T. DE 20" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" MULTISERVICIO 000-00 - UBICACION DEL EMPALME
	EMPALME 000-00 - UBICACION DEL EMPALME
	CAPADURA 000-00 - UBICACION DE LA CAPADURA
	EMPALME EN PEDESTAL O MINIPOSTE 000-00 - UBICACION DEL EMPALME
	CAPADURA EN PEDESTAL O MINIPOSTE 000-00 - UBICACION DE LA CAPADURA
	TIERRA FISICA
	CABLE EN DUCTO
	CABLE AEREO AUTOSOPORTADO
	CABLE ENTERRADO
	CABLE AEREO DEVANADO
	CABLE EN CORNIZA LOSA O PARED
	INFORMACION DEL TRAMO DEL CABLE
	NUMERACION DE LA CAJA TERMINAL
	NUMERACION DE PARES

Figura 46. Simbología de red nueva

SIMBOLOGIA DE RED	
	UNIDAD REMOTA O SHELTER
	MUX
	REGLETA EN MDF O CD
	C.T. DE 10" EN PEDESTAL
	C.T. DE 20" EN PEDESTAL
	C.T. DE 5" EN PARED
	C.T. DE 10" EN PARED
	C.T. DE 20" EN PARED
	C.T. DE 5" EN POSTE
	C.T. DE 10" EN POSTE
	C.T. DE 20" EN POSTE
	C.T. DE 10" FUSIBLE
	C.T. DE 20" FUSIBLE
	RESERVA
	C.T. INTERIOR
	C.T. DE 5" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" EN ZOCALO
	C.T. DE 20" EN ZOCALO
	C.T. DE 10" MULTESERVICIO NUEVA
	EMPALME
	000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	000-00 = UBICACION DEL EMPALME
	000-00 = UBICACION DE LA CAPADURA
	TIERRA FISICA
	CABLE EN DUCTO
	CABLE AEREO AUTOSOPORTADO
	CABLE ENTERRADO
	CABLE AEREO DEVANADO
	CABLE EN CORNIZA LOSA O PARED
	INFORMACION DEL TRAMO DEL CABLE
	000/000 0000-0000
	NUMERACION DE LA CAJA TERMINAL NUMERACION DE PARES
	MUFA ABIERTA
	000-00 = UBICACION DE LA MUFA A ABRIR

NOTA:
 LA SIMBOLOGIA DE RED NUEVA Y EXISTENTE ES LA MISMA, UNICAMENTE VARIA EL GROSOR DE LA LINEA CON QUE SE REPRESENTA EN EL PLANO (NUEVO=GRUESO; EXISTENTE=DELGADO)
 C.T. = CAJA TERMINAL