



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA ADSS DE LA AGENCIA OCULTZAPOTLA-SUBESTACION MACULTEPEC”

PRESENTA:

CELIA DEL CARMEN MARTINEZ CHIÑAS

**DE LA CARRERA EN *INGENIERIA EN ELECTRÓNICA* CON ESPECIALIDAD
EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.**

GENERACIÓN 2004 – 2008

**ASESOR INTERNO: ING. LESTER ACOSTA MASA
ASESOR EXTERNO: ING. HÉCTOR ESPINOSA RAMÍREZ
REVISOR: ING. LEONEL TORRES MIRANDA**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; A 8 DE ENERO DEL 2009.

RESUMEN

CFE para proporcionar el servicio de red de datos, cuenta con una gran infraestructura para su intranet, manteniendo sus diferentes oficinas comunicadas mediante enlaces inalámbricos, debido a que estos presentan una serie de inconvenientes, como son las problemáticas que provocan las condiciones atmosféricas, climáticas, orientación, ubicación, entre otros factores, ocasionando fallas, pérdida del enlace, así como una lentitud en la red, se ha visto en la necesidad de modernizar su infraestructura, realizando instalaciones de Fibra Óptica, entre sus diversas oficinas.

En el presente proyecto se desarrolló la instalación de fibra óptica ADSS de la Agencia Ocuiltzapotlan – Subestación Macultepec y así disponer de un canal de comunicación de fibra óptica para establecer el enlace de datos entre estas e incrementar la confiabilidad del medio de comunicación existente en Comisión Federal de Electricidad.

INDICE

TEMAS	PAGINAS
RESUMEN	
CAPITULO I.- INTRODUCCION	
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	2
1.3 OBJETIVO GENERAL	2
1.4 OBJETIVO ESPECIFICO	3
1.5 AREA EN SE DESARROLLO EL PROYECTO	3
1.6 PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.7 HIPOTESIS	8
1.8 ALCANSES Y LIMITACIONES	9
CAPÍTULO II.- FUNDAMENTO TEORICO	
2.1 SISTEMAS INALAMBRICOS	10
2.2 FIBRA ÓPTICA	10
2..2.1 ESTRUCTURA	11
2.2.2PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO	12
2.2.3 PROPIEDADES	13
2.2.4 CLASIFICACION DE LAS FIBRAS OPTICAS	15
2.2.5 TIPOS DE CABLES DE FIBRA OPTICA	15
2.2.5.1 RECUBRIMIENTO EXTERNO DE LA FIBRA ÓPTICA	22
2.2.5.2 CÓDIGO DE COLORES EN EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA	24
2.2.6 ATENUACION DE FIBRA ÓPTICA	25
2.2.6.1 VENTANAS DE OPERACIÓN	28
2.2.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA	29
2.2.8 FIBRA ÓPTICA EN TELECOMUNICACIONES	31
2.3 TI POS DE EMPALMES	32
2.3.1 TECNICA DE FUSION	33
2.4 CONECTORES OPTICOS	34
2.5 TIPOS DE PRUEBAS EN CABLES OPTICOS	37
2.6 GPS	40
2.7 CONVERTIDOR DE MEDIO OPTICO UTP A FIBRA ÓPTICA	40
2.8 INSTALACION DE CABLE AEREO ADSS	41
2.8.1 VARIABLES AL ANALISIS DE DIFERENTES ECENARIOS	41
2.8.2 MONTAJE DE LOS EMPALMES Y RESERVAS DE CABLE	42
2.8.3 CRITERIOS PARA INSTALACION DE NUEVA POSTERÍA	43
2.8.4 HERRAJES DE TENSION	44
CAPÍTULO III .- ACTIVIDADES REALIZADAS	
3.1 DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	46
3.2 LENVATAMIENTO DE OBRA ELECTROMECHANICA	46
3.3 LEVANTAMIENTO DE OBRA CIVIL	51
3.4 OBRA CIVIL	52
3.5 OBRA ELECTROMECHANICA	53
3.6 PRUEBAS PREOPERATIVAS	57
CONCLUSIONES	59
COMENTARIOS Y SUGERENCIAS	60
FUENTES DE INFORMACIÓN	61
ANEXOS	

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA	PAGINAS
Fig. 1.-Organigrama zona Villahermosa	6
Fig.2.-Fibra Monomodo	13
FIG.3.- Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual	14
Fig.4.-Fibra Multimodo de Índice Escalonado	15
Fig.5.-Tipos de Cable Aereo con Fibra Optica	16
Fig.6.-Tipos de Cable utilizados Para Lineas de Alta Tension	17
Fig.7.-OPGW Pirelli características	18
Fig.8.-Conceptualización de componentes de OPGW	19
Fig.9.-Composición de la Fibra ADSS	21
Fig.10.-Fibra óptica con recubrimiento Tight	22
Fig.11.-Fibra óptica con recubrimiento Loose	23
Fig.12.-Atenuación por Macrocurvatura	25
Fig.13.-Atenuación por Microcurvatura	26
Fig.14.-Atenuación por Trayectoria	26
Fig.15.-Empalme promediado	27
Fig.16.-Modelo de Empalmadora de Fusión	33
Fig.17.-Conexión entre conectores	34
Fig.18.-Conector ST	35
Fig.19.-Conector SC	35
Fig.20.-Conector LC	36
Fig.21.-Conector FC	36
Fig.22.-Conector APC	37
Fig.23.-Convertidor óptico	40
Fig.24.-Colocacion caja de empalme	43
Fig.25.-SOPORTE F.O. ADSS - 02	44
Fig.26.-SUSPENSION F.O. ADSS Y OPGW - 01	45
Fig.27.-SOPORTE F.O. ADSS - 03	45
Fig.28.-Ruta AG. Ocuiltzapotlan – SE. Macultepec	46
Fig.29.-Ubicación de postería en Google Earth	48
Fig.30.-S.E Macultepec	51
Fig.31.-Caseta de control S.E MCL	51
Fig.32.-Obra civil	52
Fig.33.-Traslado de los carretes de fibra	53
Fig.34.-Colocación de los herrajes y tendido del cable ADSS	54
Fig.35.-Tendido del cable ADSS en ductos subterráneos	55
Fig.36.- Distribuidor óptico	55
Fig.37.- Empalmes y pruebas de atenuación	55
Fig.38.-UPS	56
Fig.39.-Gabinete de comunicaciones	56
Fig.40.-Prueba del enlace óptico con OTDR	57

CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad la importancia de las comunicaciones ha ido en aumento considerablemente, hasta el punto en el que se ha vuelto vital para las empresas. Esta importancia es la que ha originado una exigencia para los canales por los cuales se transmite la información que deseamos enviar o recibir, según sea el caso. Nos interesa que la información viaje de forma rápida, segura e íntegra.

Conforme van creciendo las necesidades de las empresas es necesario la utilización de sistemas con mayores avances tecnológicos en la transmisión de datos.

Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica. Uno de sus compromisos es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

CFE mejorando sus procesos, busca las formas de brindar mejores servicios, razón por la cual se buscan alternativas de comunicación para atención oportuna y eficiente de la empresa.

Actualmente, el uso de la red de datos para el monitoreo de los equipos y subestaciones, así como medio de comunicación para proporcionar servicios de atención al cliente se ha vuelto una necesidad dentro de CFE.

1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente para proporcionar el servicio de red de datos a la Subestación Macultepec, se encuentra instalado un sistema de enlace de datos inalámbrico Tsunami Quick Bridge. Debido a las condiciones climatológicas críticas del estado de Tabasco, se presentan a lo largo del año lluvias constantes con tormentas eléctricas, prevaleciendo condiciones de alta humedad, lo anterior tiene un efecto directo sobre los equipos de enlace de datos inalámbrico al ser susceptibles a daños por inducciones electromagnéticas y filtración de humedad. Por lo anterior la opción viable es la sustitución del sistema inalámbrico por un enlace de fibra óptica (FO), evitando con ello los problemas descritos anteriormente.

1.3.- OBJETIVO GENERAL

Disponer de un canal de comunicación de FO, para establecer el enlace de datos entre la agencia Ocuilzapotlan y la Subestación Macultepec, proporcionando los servicios de transporte de información a la red telemática, sustituyendo el enlace de datos inalámbrico actualmente instalado, incrementando la confiabilidad del medio de comunicación.

1.4.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la ruta viable del tendido de la Fibra Óptica.
- Determinar las distancias entre estructuras y postes por las que habrá de pasar.
- Determinar el tipo y cantidad de Fibra Óptica a usar en función de las necesidades deseadas, así como los diversos accesorios.
- Instalar la Fibra Óptica y realizar medidas de atenuación.
- Puesta en servicio del nuevo enlace
- Monitorear el comportamiento.

1.5.- ÁREA EN QUE SE DESARROLLO EL PROYECTO.

Departamento de Distribución Oficina de Comunicaciones de CFE División Sureste, Zona Villahermosa.

Está ubicada en boulevard del centro s/n fraccionamiento Prados de Villahermosa.

Distribución

La red de distribución esta integrada por las líneas de subtransmisión con niveles de tensión de 138, 115, 85 y 69 kilovolts (kV); así como, las de distribución en niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV y baja tensión. A marzo de 2006, la longitud de estas líneas fue de 45,763 km y 598,988 km, respectivamente.

Longitud de líneas de distribución (miles de km)

Nivel de tensión (kV)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Subtransmisión											
138	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.4	1.4
115	30.3	30.9	32.3	34.1	34.9	36.1	38.0	38.7	40.1	40.8	41.0
85	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
69	3,566	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2
Subtotal	35,301	35.7	37.1	38.8	39.6	40.7	42.6	43.6	44.9	45.6	45.8
Distribución											
34.5	54.8	55.6	57.1	58.9	60.3	61.7	62.7	63.6	64.7	66.3	66.4
23	20.5	22.0	22.7	23.3	23.7	24.6	25.8	26.3	27.4	27.9	28.0
13.8	211.5	219.2	226.9	233.2	239.7	246.3	251.7	257.4	264.5	269.4	270.3
6.6 1_/	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Baja tensión	196.9	205.9	208.7	211.9	215.3	221.0	222.1	225.1	230.2	233	233.7
Subtotal	484.5	503.5	516.1	528.1	539.7	554.3	563.0	573.2	587.5	597.1	599.0
Total líneas de	519.8	539.3	553.3	566.9	579.3	595.1	605.7	616.8	632.4	642.7	644.8
Total CFE 2_/	550.9	571.1	586.3	601.0	614.6	632.0	644.9	658.0	676.4	688.4	690.8

La oficina de comunicaciones se dedica a mantener comunicadas a todas las agencias, subestaciones, oficinas y otras zonas entre si. Valiéndose de radios, antenas Tsunami QuickBridge.11V2.2.5, teléfonos, entre otros. Todo esto, para brindar un mejor servicio a sus clientes.

La oficina de comunicaciones se encarga de instalar y dar mantenimiento a todos los equipos de comunicación de la empresa CFE. Los equipos, son los siguientes:

- Radios VHF-FM (móviles, portátiles, bases y repetidores).
- Radioenlaces.
- Telefonía.

- LinkSys PAP2 para telefonía IP.
- Conmutador telefónico Hicom.
- Telefonía IP.
- Antenas Tsunami QuickBridge.11V2.2.5.
- Switches y routers
 - 3com
 - FOUNDRY
 - CISCO
- Equipo Policom de videoconferencia a nivel nacional.
- MC101XL Fast Ethernet media Converter.
- Red de datos a través de enlaces de fibra óptica monomodo.

Entre las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, están las siguientes:

- Comunicación por radio.
- Comunicación telefónica.
- Enlaces de red inalámbricas entre oficinas, subestaciones, agencias y zonas.
- La red inalámbrica y cableada interna en las oficinas, subestaciones, agencias y zonas.
- Cableado de red, teléfono y radio.

Organigrama de la Empresa

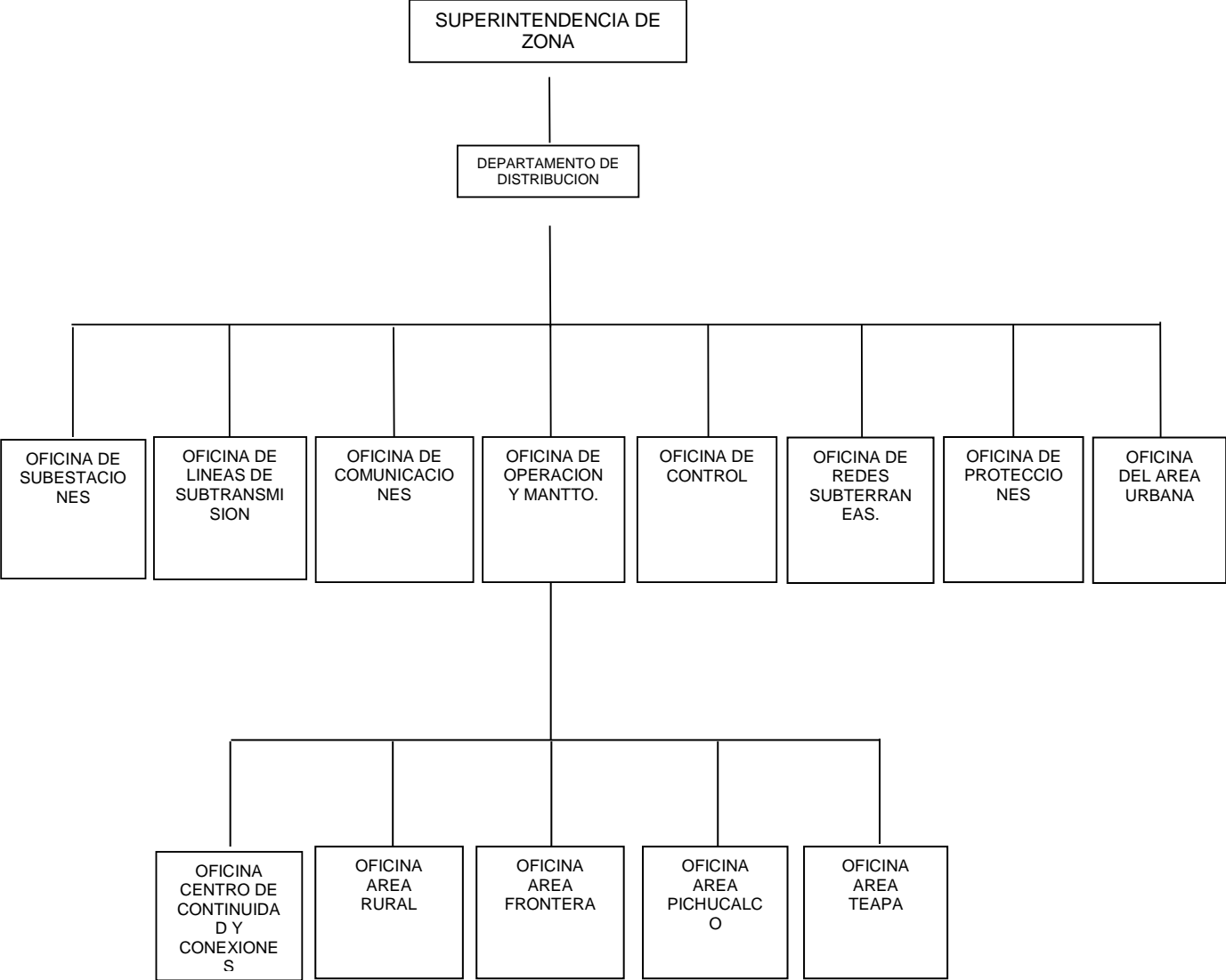


Fig.1.- Organigrama zona Villahermosa

1.6.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CFE para proporcionar el servicio de red de datos, cuenta con una gran infraestructura, manteniendo sus diferentes oficinas comunicadas mediante enlaces inalámbricos, debido a que estos presentan una serie de inconvenientes, como son las problemáticas que provocan las condiciones atmosféricas, climáticas, orientación, ubicación, entre otros factores, ocasionando fallas, pérdida del enlace, así como una lentitud en la red, se ha visto en la necesidad de modernizar su infraestructura, proponiendo la instalación de Fibra Óptica, entre sus diversas oficinas.

Para llevar a acabo la sustitución del enlace inalámbrico Tsunami QuickBridge que actualmente se utiliza para el envío de datos entre la agencia ocuilzapotlan y la subestación macultepec por fibra óptica, es necesario resolver los siguientes problemas:

- Determinar la ruta viable del tendido de la fibra.
- Determinar las distancias entre las estructuras y postes por donde pasara la fibra.
- Determinar el tipo, cantidad de fibra y diversos accesorios para la instalación.
- Instalar la fibra óptica y realizar mediciones para comprobar su correcto funcionamiento.
- Poner en marcha el enlace para su operación.
- Monitoreo del comportamiento del enlace.

1.7.- HIPÓTESIS

Desde la aparición de las telecomunicaciones hasta la actualidad, la tecnología se fue desarrollando de acuerdo a las demandas de cada momento, por tanto gracias al desarrollo de estas tecnologías hoy en día se puede hablar de transmisiones a través de cables de fibra óptica.

El desarrollo de los distintos tipos de cable de fibra óptica para tendidos de largas distancias generó una revolución en el mundo de las telecomunicaciones y al mismo tiempo la introducción de la fibra óptica.

Los cables de fibra óptica para tendidos aéreos, en sus distintas conformaciones pero en especial aquellos que pueden ser instalados en líneas de alta tensión, se han destacado como sistemas aptos para la transmisión de comunicaciones, sea en forma de señales, voz o datos, no sólo con calidad, sino además, con la ventaja de hacerlo a un costo de baja significación.

Al instalar fibra óptica se eliminarán los daños ocasionados por inducciones electromagnéticas y filtración de humedad, ya que son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia, se incrementará el ancho de banda y se mejorará el enlace de datos, incrementando la confiabilidad del medio de comunicación entre la agencia Ocuilzapotlan y subestación Macultepec.

1.8.- ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances:

Se cuenta con:

- Ruta proyectada
- Acceso a la subestación, estructuras y agencia
- Apoyo de personal de CFE
- Transporte
- Equipo necesario para llevar acabo todas las mediciones requeridas
- Presupuesto para la mano de obra.
- Materiales y equipo necesario para llevar acabo el tendido de la fibra óptica

Limitaciones:

- Debido a que la licitación de los materiales se llevo acabo en la CFE división sureste ubicada en la ciudad de Oaxaca el tiempo de entrega de estos será lo contemplado en este procedimiento, agregándole el tiempo de transporte y trámites requeridos del almacén de CFE Oaxaca al almacén de CFE Villahermosa.

CAPITULO II.- FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.- SISTEMAS INALÁMBRICOS

Estos sistemas se utilizan, en ocasiones, en las redes de área local por la comodidad y flexibilidad que presentan: no son necesarios complejos sistemas de cableado, los puestos se pueden desplazar sin grandes problemas. Sin embargo, adolecen de baja velocidad de transmisión, son susceptibles a descargas atmosféricas y tienen fuertes imposiciones administrativas en las asignaciones de frecuencia que pueden utilizar; son sistemas cuyos parámetros de transmisión están legislados por las Administraciones Públicas. En algunos casos, se requieren permisos especiales, dependiendo de la banda de frecuencia que utilicen.

2.2.- FIBRA ÓPTICA

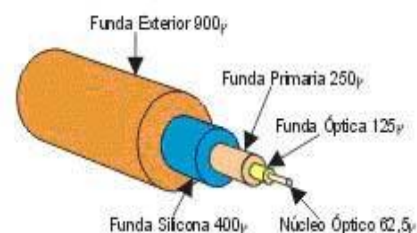
La fibra óptica es un conductor de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna. Normalmente la luz es emitida por un láser o un LED.

2.2.1.- Estructura

El Núcleo: En sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y 9 μm para la fibra monomodo.

La Funda Óptica: Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

El revestimiento de protección: por lo general esta fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.



2.2.2.- Principio de Funcionamiento

La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna.

Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el núcleo, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción del revestimiento, y también si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida. En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

Los bloques principales de un enlace de comunicaciones de fibra óptica son: transmisor, receptor y guía de fibra. El transmisor consiste de una interfase analógica o digital, un conversor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de fuente de luz a fibra. La guía de fibra es un vidrio ultra puro o un cable plástico. El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, un fotodetector, un conversor de corriente a voltaje un amplificador de voltaje y una interfase analógica o digital En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal análoga o digital.

2.2.3.- Propiedades

La fibra óptica presenta ciertas características para los sistemas de transmisión ópticos.

Conforme avanza la tecnología de fibra óptica se ha logrado reducir las características no deseadas en dichas fibras, sin embargo, también conforme se avanza en dicha tecnología las necesidades y requerimientos de sistemas ópticos de alta velocidad hace que se presenten nuevas características no deseadas en la fibra.

Las principales propiedades a observar son:

***Atenuación:** pérdida de la potencia de la señal al transitar por cualquier medio de transmisión; es una de las características más buscadas en los sistemas ópticos, estas determinarán el presupuesto energético a utilizar tanto en transmisores como sensibilidad en receptores.

***Dispersión del modo de polarización:** es un parámetro óptico importante para la operación exitosa de los sistemas amplificados.

Debido a que las señales en los sistemas amplificados viajan más lejos antes de volver a regenerar, se acumula el efecto de degradación de la PMD de la fibra óptica.

El requerimiento de PMD se torna más estricto al incrementarse la velocidad de transmisión.

***Dispersión cromática:** limita la transmisión de señales ópticas debido al ensanchamiento del pulso de luz.

***Efectos no lineales:** son causados por niveles de potencia alta y distancias largas obtenidas con los amplificadores ópticos.

2.2.4.- CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

Las fibras ópticas utilizadas actualmente en el área de las telecomunicaciones se clasifican fundamentalmente en dos grupos según el modo de propagación: Fibras Multimodo y Fibras Monomodo.

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

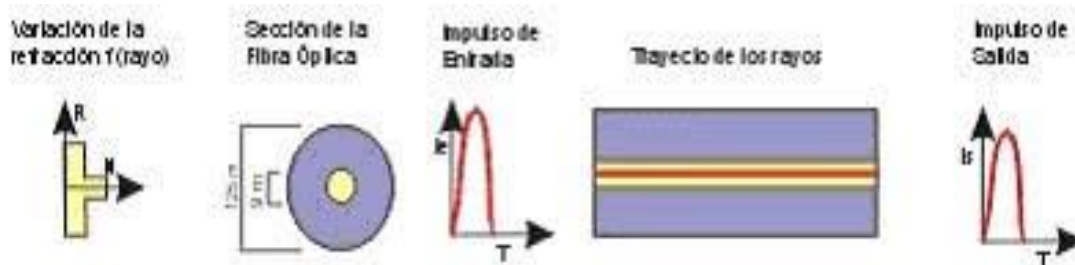


Fig. 2.- Fibra Monomodo

Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual:

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

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 μ m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

Multimodo de índice escalonado 100/140 μ m.

Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 μ m.

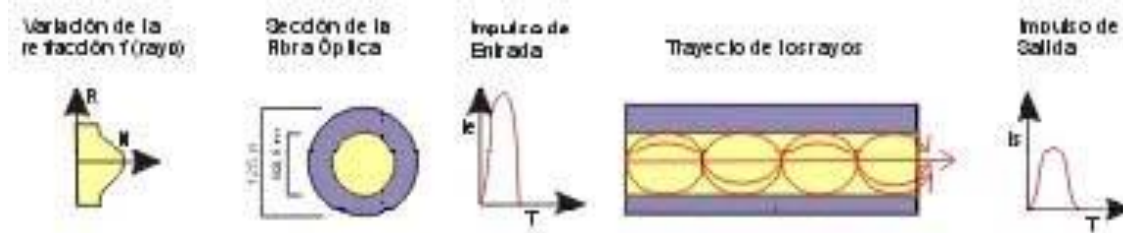


Fig. 3.- Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual

Fibra Multimodo de índice escalonado:

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

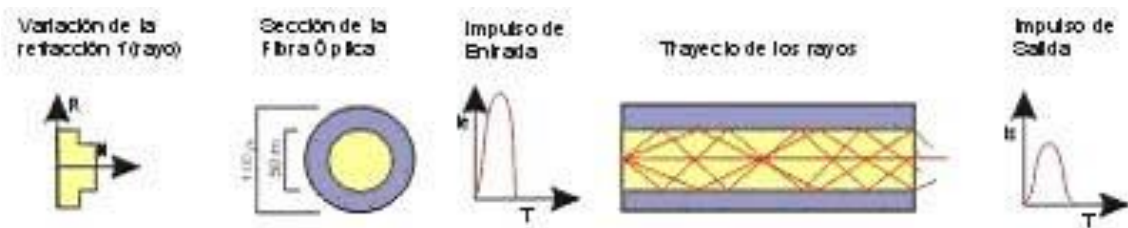


Fig. 4.- Fibra Multimodo de Índice Escalonado

2.2.5-TIPOS DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Los cables de fibra óptica forman parte fundamental de los sistemas de comunicación, debido a que presentan las ventajas de una gran capacidad, alta velocidad y largo alcance de transmisión. Al mismo tiempo, no son influenciados por los campos electromagnéticos y no muestran diafonía, lo que resulta muy importante para líneas e instalaciones de alto voltaje.

La forma más fácil de conectar plantas de poder y estaciones de control es utilizar las líneas de alto voltaje existentes. El método más común para lograr esto es instalar hilo de guarda óptico OPGW (Optical Ground Wire), el cual contiene fibras ópticas para la realización de este proyecto conto con hilos de guarda de 36 fibras ópticas monomodo para operar en la ventana de los 1550 nm que como sabemos es la ventana a la cual operan mejor los equipos de comunicaciones posee una mejor estabilidad, en sustitución del hilo de guarda existente. Otra posibilidad consiste en incorporar fibras ópticas en un cable que reemplace a uno de las líneas de fase estándares. Ésta solución recibe el nombre de línea de fase óptica, OPPC (Optical Phase Conductor).

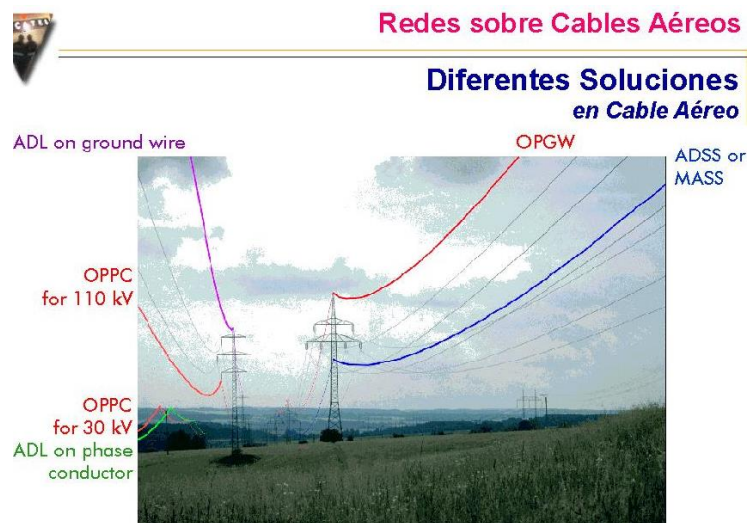


Fig. 5.- Tipos de Cable Aéreo con Fibra Óptica

Aparte de estas soluciones, que pretenden sustituir cableado existente, se pueden instalar cables adicionales en las torres de alta tensión. Los cables auto-soportados para instalación adicional en líneas de alto voltaje son denominados cables MASS (Metallic Aerial Self-Supporting) y ADSS (All-Dielectric Self-Supporting). Mientras que estos tipos de cables auto-soportados se tienden entre torres, el cable ADL (All-Dielectric Lashed) es un cable de pequeñas dimensiones que va unido al alambre mensajero. En líneas de alto voltaje el hilo de guarda o el conductor de fase pueden servir como mensajeros.

En función del proyecto se tendrán que realizar las consideraciones correspondientes para implementar la solución adecuada. Por ejemplo, parámetros tales como la carga máxima para las torres, posibilidad de viento y cargas por hielo, etc. deben ser evaluados cuidadosamente.

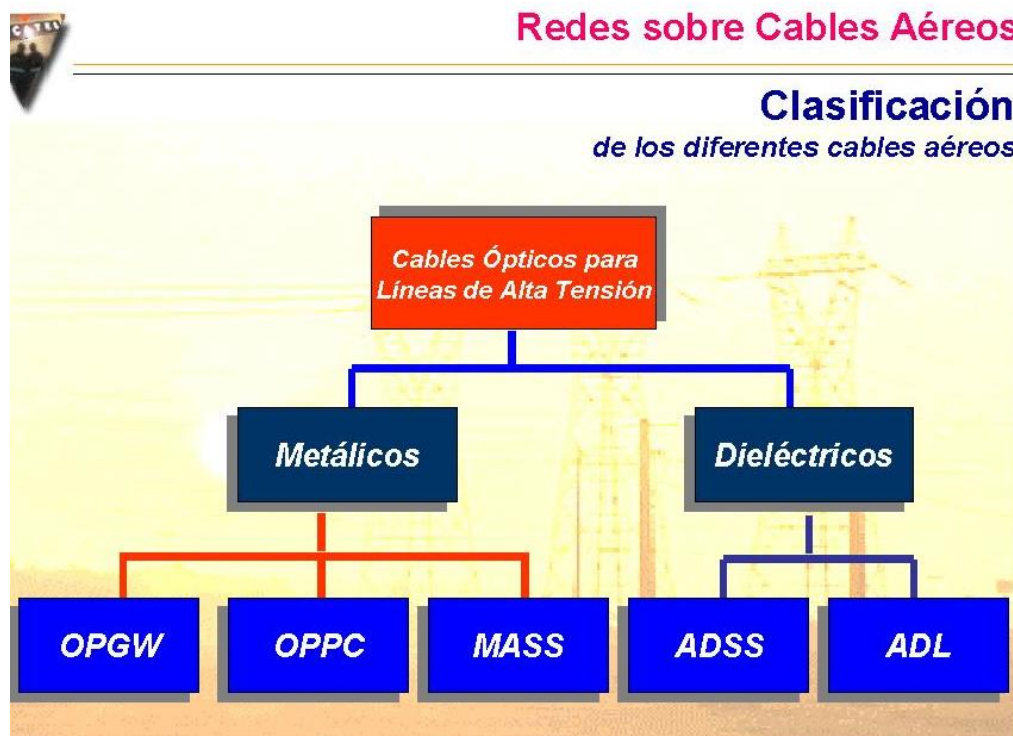


Fig. 6.- Tipos de Cable utilizados Para Líneas de Alta Tensión

Fibra OPGW



Fig. 7.- OPGW Pirelli características

Las principales características de un OPGW son:

- *El esfuerzo mecánico, que está determinado principalmente por la cantidad de acero.
- *La capacidad de corriente a corto plazo, que está dada principalmente por la cantidad de aluminio.
- *El número de fibras ópticas

Existen principalmente dos tipos básicos de cables que son utilizados como OPGW:

El diseño tubo de acero en el cual las fibras ópticas están protegidas por tubos de acero que reemplazan a uno o más de los alambres que forman la armadura de un hilo de guarda, para conformar una solución completamente metálica.

El diseño núcleo seccionado donde las fibras están contenidas en tubos plásticos los cuales se disponen en forma helicoidal en un núcleo dividido en varias cavidades, el cual se protege con un tubo de aluminio (opcional) y armaduras adicionales.

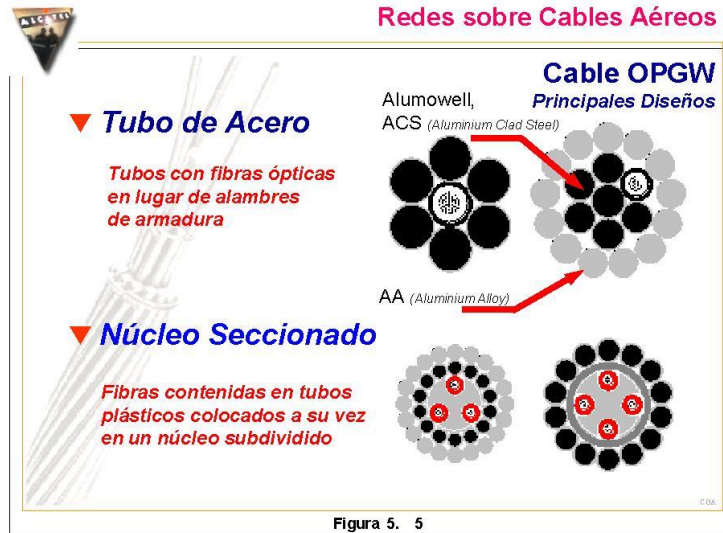


Fig. 8.- Conceptualización de componentes de OPGW

CABLE ADL

El cable ADL no es una construcción autosoportada pues requiere de un cable mensajero para ser colocado. El mensajero puede ser bien un hilo de guarda en líneas de alta tensión o un conductor de fase en líneas de bajo o mediano voltaje. El cable se sujeta por dos alambres fabricados de fibras aramidas que se entrelazan helicoidalmente a lo largo del mensajero y el cable ADL.

Con estos diversos componentes y opciones esta tecnología resulta muy flexible y puede adaptarse a condiciones específicas. El ADL ofrece una instalación rápida y efectiva en términos de costos, en torres de alta tensión donde las cargas adicionales deben resultar mínimas y el remplazo de los cables existentes no sea económico por diversas circunstancias.

Fibra OPTICA ADSS

ADSS (Todo dieléctrico autoportado), es un cable de fibra óptica no metálico y de mini tubo que se ha diseñado para la instalación sin tener que usar un alambre. Un cable ADSS usa hilo de arámida y una pieza de alta resistencia a la tracción central para soporte. El cable ADSS, se acopla directamente al poste o torre con el uso de accesorios especiales de acople

Ventajas del cable adss

- El cable ADSS ofrece gran resistencia y flexibilidad para su instalación en postes o torres de transmisión aérea, eliminando la necesidad de un mensajero de soporte.
- 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.
- Tecnologías de un solo alambre o cinta para facilitar la ruptura entre postes o demandas de un gran número de fibras.
- El cable ADSS ofrece una alta resistencia a la tracción y puede alcanzar tramos de más de dos kilómetros (6,500 pies). Esto hace que sea una solución aérea ideal para cruces de ríos o represas.
- El cable ADSS reduce el costo de instalación al requerir menos mano de obra y la eliminación de alambres y las ataduras de cables.

Características

- Instalación aérea sin mensajero adicional
- Autoportado, no tiene elementos metálicos (ADSS)
- Sin problemas de inducción en campo eléctricos
- Resistencia a la intemperie
- Desde 6 hasta 36 fibras, (6 fibras por tubo)
- Sentido alterno en el cableado para permitir derivaciones.
- Cubierta externa con alta resistencia a corriente superficial

- Longitud estándar de 4000 m con fibra monomodo, 1000 m con fibra multimodo

Características mecánicas

No. De Fibras	Diámetro externo mm	Peso Kg/km	Radio mínimo de curvatura (mm)		Claro máx. m	Tensión máxima permitida N	Tensión máxima al instalar N	Prueba de compresión N/cm	Temperatura de operación °C
			Bajo Tensión	Sin Tensión					
6, 12, 18, 24, 36	13.7	150	340	260	250	5 700	1 800	220	-20 a +65 °C

Descripción

1. Elemento central dieléctrico
2. Fibras ópticas monomodo en tubos termoplásticos holgados
3. Compuesto repelente a la humedad adentro de os tubos
4. Cinta o hilos bloqueadores de agua
5. Cubierta interna de polietileno negro
6. Fibra arámida como elemento de tensión
7. Cubierta externa de polietileno de media densidad*
8. Cordones para rasgar las cubiertas

* Para líneas con tensión arriba de 115 kV la cubierta externa es con resistencia adicional contra efecto TRACKING.

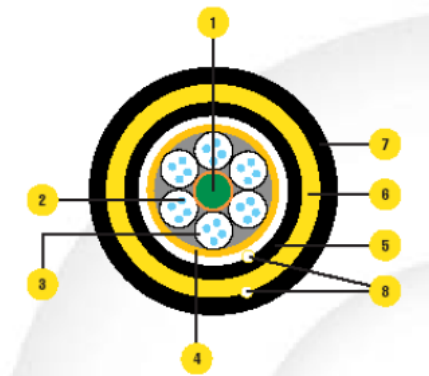


Fig.9.- Composición de la Fibra ADSS

2.2.5.1.- RECUBRIMIENTO EXTERNO DE LA FIBRA ÓPTICA

Las fibras ópticas, después del revestimiento (cladding), poseen unos recubrimientos que les sirven de protección, denominados primario y secundario.

Estos recubrimientos están fabricados, por lo general, con polímeros que no afectan la propagación de la luz dentro de las fibras, ya que carecen de propiedades ópticas.

Los recubrimientos sobre la fibra óptica pueden ser básicamente de dos tipos:

Recubrimiento "Tight" o adherente:

Es aquel en el cual recubrimiento primario y secundario vienen adheridos sobre el cladding de la fibra óptica. Están fabricados en un material elastomérico, que le da fortaleza a la fibra, le proporciona resistencia al impacto y la aísla de la humedad.



Fig.10.- Fibra óptica con recubrimiento Tight

El diámetro de este tipo de fibra puede ser de (250 a 500 ó 900 μm)

Recubrimiento "Loose" o no adherente:

En este tipo de fibra, el recubrimiento primario no está ligado al recubrimiento secundario.

Existe un total desvinculamiento mecánico entre la fibra óptica y el recubrimiento secundario, el cual es un tubo plástico. La fibra óptica viene depositada en el interior de este tubo.

El recubrimiento secundario posee internamente un compuesto de relleno, tipo gel, que permite que dentro de él puedan haber varias fibras ópticas mecánicamente "aisladas".



Fig.11.- Fibra óptica con recubrimiento Loose

2.2.5.2.- CÓDIGO DE COLORES EN EL CABLE DE FIBRA OPTICA

Las normas internacionales han determinado los colores de la fibra óptica, así por ejemplo, la norma ANSI/EIA/TIA 598 A dispone el ordenamiento de los colores para cada hilo de la fibra óptica, que es:

1	azul
2	naranja
3	verde
4	café
5	gris
6	blanco
7	rojo
8	negro
9	amarillo
10	violeta
11	rosa
12	celeste

2.2.6.- ATENUACIÓN EN FIBRA OPTICA

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra, y se mide en dB y regularmente los fabricantes establecen como medida de referencia dB/Km.

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

Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas.

Intrínsecas: dependen de la composición del vidrio, impurezas, etc., y no las podemos eliminar. Las ondas de luz en el vacío no sufren ninguna perturbación. Pero si se propagan por un medio no vacío, interactúan con la materia produciéndose un fenómeno de dispersión debida a dos factores:

Dispersión por absorción: la luz es absorbida por el material transformándose en calor.

Dispersión por difusión: la energía se dispersa en todas las direcciones. Esto significa que parte de la luz se irá perdiendo en el trayecto, y por lo tanto resultará estar atenuada al final de un tramo de fibra.

Extrínsecas: son debidas al mal cableado y empalme, las pérdidas por curvaturas se producen cuando le damos a la fibra una curvatura excesivamente pequeña (radio menor a 4 o 5 cm) la cual hace que los haces de luz logren escapar del núcleo, por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna.

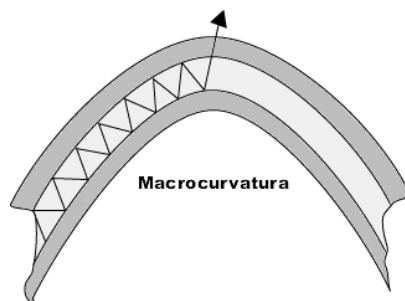


Fig.12.- Atenuación por Macrocurvatura

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

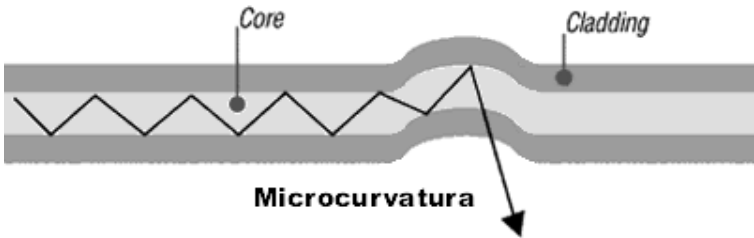


Fig.13.- Atenuación por Microcurvatura

Atenuación por tramo

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

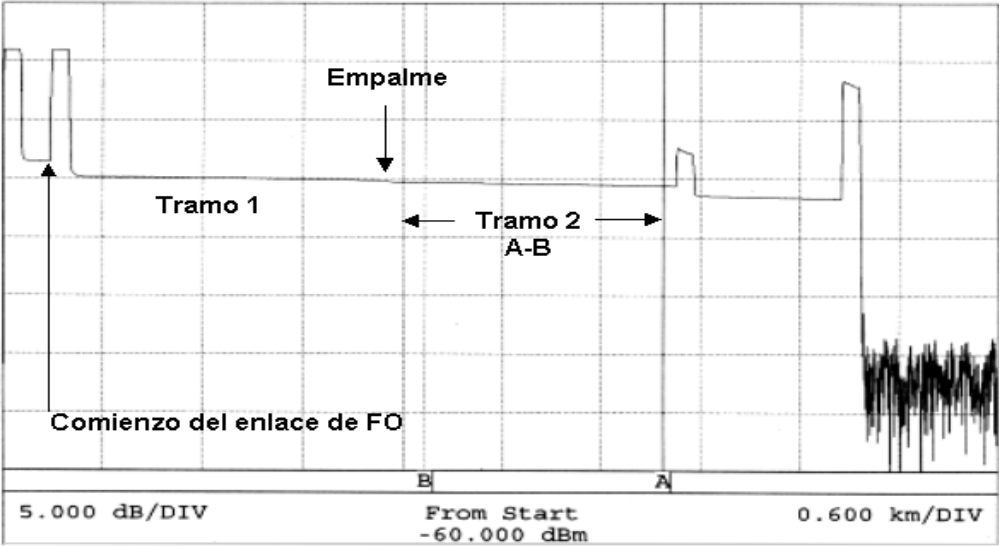


Fig. 14.- Atenuación por Trayectoria

Parámetros de medición:	Span (rango) = 0 a 6 km	Resultado de la medición:
l= 1556 nm	Promedios = 15	A-B = 1.447 km
Índice= 1.465	Cursor A = 3.976 km	LSA Attn = 0.185 dB/km
Ancho de pulso= 1000 ns	Cursor B = 2.529 km	

Atenuación por empalme

Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, todo esto resulta en una atenuación. Se mide en ambos sentidos tomándose el promedio. La medición en uno de los sentidos puede dar un valor negativo, lo cual parecería indicar una amplificación de potencia, lo cual no es posible en un empalme, pero el promedio debe ser positivo, para resultar una atenuación.

Pérdidas

Por inserción: es la atenuación que agrega a un enlace la presencia de un conector o un empalme.

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

Empalmes promediados

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



Fig.15.- Empalme promediado

2.2.6.1.- VENTANAS DE OPERACIÓN

Las fibras ópticas presentan una menor atenuación (perdida) en ciertas porciones del espectro lumínico, las cuales se denominan ventanas.

La primera ventana de operación corresponde a la longitud de onda de 800nm y es comparable con la ventana atmosférica para transmisión óptica a 900nm. Las fibras ópticas hechas para operar en esta ventana son conocidas como la primera generación y corresponde a los equipos más económicos, pero como contrapartida son los que generan mayor atenuación en la fibra y la dispersión de pulsos más grave por lo que tiene fuertes limitantes en ancho de banda.

Las de 1300 y 1310 se agrupan como la segunda ventana, son equipos con salidas láser de baja potencia 'VSELS'.

La de 1500 se considera la tercera ventana, son equipos láser de alta potencia, usado para enlaces de largas distancias.

Debido al desarrollo de amplificadores ópticos como son los EDFAs (Erbium Doped Fiber Amplifier) y su tendencia de operar de operar en la banda de 1530nm a 1565, dicha banda de operación se le llamo la cuarta ventana.

2.2.7.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DE LA FIBRA ÓPTICA

Ventajas:

Baja Atenuación

Las fibras ópticas son el medio físico con menor atenuación. Por lo tanto se pueden establecer enlaces directos sin repetidores, de 100 a 200 Km. con el consiguiente aumento de la fiabilidad y economía en los equipamientos.

Gran ancho de banda

La capacidad de transmisión es muy elevada, además pueden propagarse simultáneamente ondas ópticas de varias longitudes de onda que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas. De hecho 2 fibras ópticas serían capaces de transportar, todas las conversaciones telefónicas de un país, con equipos de transmisión capaces de manejar tal cantidad de información (entre 100 MHz/Km a 10 GHz/Km).

Peso y tamaño reducidos

El diámetro de una fibra óptica es similar al de un cabello humano. Un cable de 64 fibras ópticas, tiene un diámetro total de 15 a 20 mm . y un peso medio de 250 Kg/km. Si comparamos estos valores con los de un cable de 900 pares calibre 0.4 (peso 4,000 Kg/Km y diámetro 40 a 50 mm) se observan ventajas de facilidad y costo de instalación, siendo ventajoso su uso en sistemas de ductos congestionados, cuartos de computadoras o el interior de aviones.

Gran flexibilidad y recursos disponibles

Los cables de fibra óptica se pueden construir totalmente con materiales dieléctricos, la materia prima utilizada en la fabricación es el dióxido de silicio (SiO₂) que es uno de los recursos más abundantes en la superficie terrestre.

Aislamiento eléctrico entre terminales

Al no existir componentes metálicos (conductores de electricidad) no se producen inducciones de corriente en el cable, por tanto pueden ser instalados en lugares donde existen peligros de cortes eléctricos.

Ausencia de radiación emitida

Las fibras ópticas transmiten luz y no emiten radiaciones electromagnéticas que puedan interferir con equipos electrónicos, tampoco se ve afectada por radiaciones emitidas por otros medios, por lo tanto constituyen el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación.

Costo y mantenimiento

El costo de los cables de fibra óptica y la tecnología asociada con su instalación ha caído drásticamente en los últimos años. Hoy en día, el costo de construcción de una planta de fibra óptica es comparable con una planta de cobre.

Además, los costos de mantenimiento de una planta de fibra óptica son muy inferiores a los de una planta de cobre. Sin embargo si el requerimiento de capacidad de información es bajo la fibra óptica puede ser de mayor costo.

Las señales se pueden transmitir a través de zonas eléctricamente ruidosas con muy bajo índice de error y sin interferencias eléctricas.

Las características de transmisión son prácticamente inalterables debido a los cambios de temperatura, siendo innecesarios y/o simplificadas la ecualización y compensación de las variaciones en tales propiedades. Se mantiene estable entre -40 y 200 °C.

Por tanto dependiendo de los requerimientos de comunicación la fibra óptica puede constituir el mejor sistema.

Desventajas:

- El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación son requeridos. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre.
- La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde la terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
- Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.
- Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes, calidad de la transmisión y pruebas.

2.2.8.- FIBRA ÓPTICA EN TELECOMUNICACIONES

Hoy en día, los operadores de telecomunicaciones cuentan con varios miles de kilómetros de fibra óptica instalada, de igual forma existe un incremento en las capacidades requeridas de transporte sobre dichas fibras. Esto ha provocado que siga un desarrollo en esta área.

La fibra óptica se emplea como medio de transmisión para las redes de telecomunicaciones, ya que por su flexibilidad los conductores ópticos pueden agruparse formando cables. Las fibras usadas en este campo son de plástico o de vidrio, y algunas veces de los dos tipos. Para usos interurbanos son de vidrio, por la baja atenuación que tienen.

Las fibras son ampliamente utilizadas ya que permiten enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mayor que las comunicaciones de radio y cable. También se utilizan para redes locales. Son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia.

2.3.- TIPOS DE EMPALMES

DEFINICIÓN DE EMPALME

La operación de empalme consiste en conectar de manera permanente dos tramos de fibra óptica, a fin de dar continuidad al enlace, de manera que la pérdida de potencia de la señal (atenuación del empalme) en el punto de conexión sea mínima.

Preparación de la fibra para el empalme

Para realizar el empalme:

- 1° Sacar con solventes químicos y mecánicamente, el revestimiento primario en los dos extremos a empalmar.
- 2° Realizar el corte de la fibra. Debe ser perfectamente plano y perpendicular al eje de la fibra.

TIPOS DE EMPALME

- **Mecánico:** se usa para trabajar sobre cables que están funcionando. Para realizarlo se utiliza un soporte mecánico y un aglomerante en el punto de conexión, que se establece en forma mecánica.

- **Por fusión:** para su realización, se utiliza la técnica de calentamiento de las fibras con una descarga eléctrica hasta el punto de fusión.

2.3.1- TÉCNICA DE FUSIÓN

Esta técnica consiste en calentar los dos extremos a unir hasta el punto de fusión, por medio de una descarga eléctrica de arco.

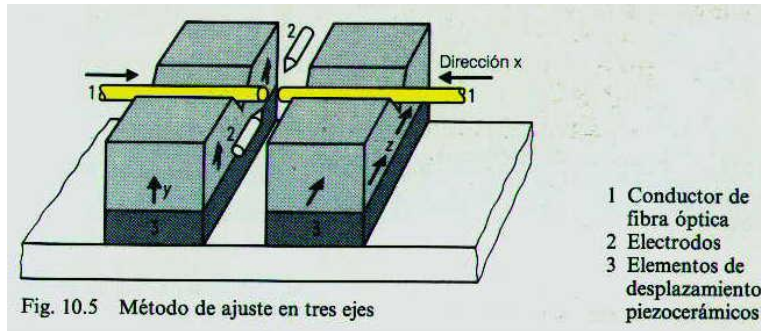


Fig.16.- Modelo de Empalmadora de Fusión

Etapas de unión de arco

- 1 - **Alineación:** las fibras se posicionan y alinean entre dos electrodos.
- 2 - **Prefusión:** se activan los electrodos, haciendo pasar una descarga eléctrica que sirve para limpiar la superficie de las fibras y redondear los extremos.
- 3 - **Acercamiento:** se aplica una presión sobre las fibras, para acercarlas.
- 4 - **Fusión:** se aplica una descarga de corriente más intensa, que permite fundir las fibras.

Protección del empalme

Una vez hecho el empalme, se debe reconstruir su revestimiento primario y darle resistencia mecánica.

Esto se logra a través de un tubito termocontraíble.

2.4.- CONECTORES ÓPTICOS

Son dispositivos que se utilizan para conectar dos tramos de fibra, con la posibilidad de conexiones y desconexiones posteriores.

Se utilizan en todos los casos en que se deben conectar o desconectar las terminaciones del cable, según las necesidades de operación y mantenimiento.

Características de un conector para fibras ópticas

- Tiene inmunidad a los agentes externos (como polvo y temperatura).
- Garantiza una gran cantidad de conexiones y desconexiones sin deteriorarse.
- Introduce mínimas pérdidas de inserción.
- Produce bajas pérdidas de retorno

Los conectores pueden montarse

- Directamente sobre las fibras de los cables.
- En la fábrica, para luego unirse con las fibras del cable a través de un empalme adicional.

Conexión entre conectores

La conexión se realiza entre dos conectores y un adaptador de acople.

Los conectores de fibra óptica más usuales comercialmente son:



Fig.17.- Conexión entre conectores

- ST, metálico, con ferrule de cerámica, sujeción a bayoneta, usado en multimodo, con pulido convexo PC. Puede conectarse por crispado mecánico, soldadura por material epoxi.
- SC, plástico, con ferrule de cerámica, sujeción push-pull, simple o dúplex, usado tanto en multimodo como en monomodo, con pulido convexo PC y APC, en tres colores diferenciados: azul, para monomodo; beige para multimodo y verde para larga distancia.
- FC, similar al ST pero roscado.
- LC

Conector ST

El ST ha sido el conector más popular en las redes de área local (LAN) por su buena relación calidad-precio.

La conexión del conector ST se realiza por medio de una bayoneta de giro con muelle, responsable a su vez, del contacto entre las ferrules.

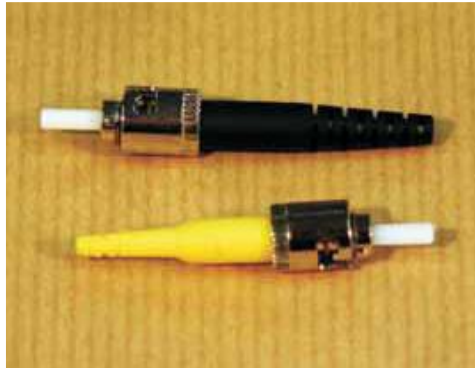


Fig.18.- Conector ST

Conector SC

El conector SC es el más popular tanto en LAN como en redes de transporte: operadoras de telefonías, CATV...

Existen versiones simples y dobles codificadas por colores según prestaciones conforme a reglamentación internacional.

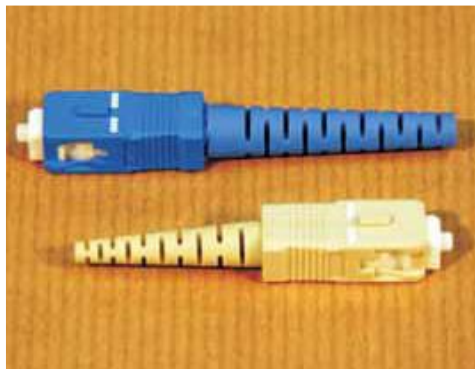


Fig.19.- Conector SC

Conector LC

El LC es un conector de alta densidad SFF diseñado para su uso en todo tipo de entornos: LAN, operadoras de telefonías, CATV,...

Existen versiones simples y dobles codificadas por colores según prestaciones conforme a reglamentación internacional.

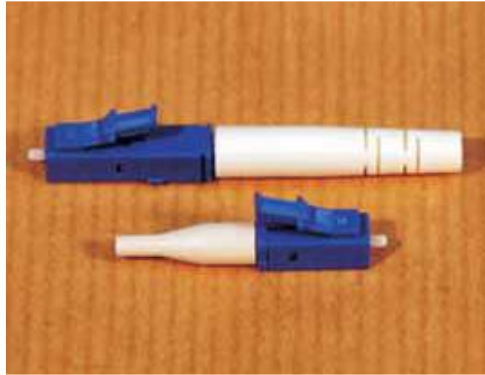


Fig.20.- Conector LC

Conectores FC

En la actualidad el ámbito de aplicación del conector FC se centra en redes de transporte y en equipamiento de laboratorios.

La conexión del conector FC se realiza por medio de un cuerpo roscado y el contacto de las ferrules se mantiene gracias a un muelle interno.

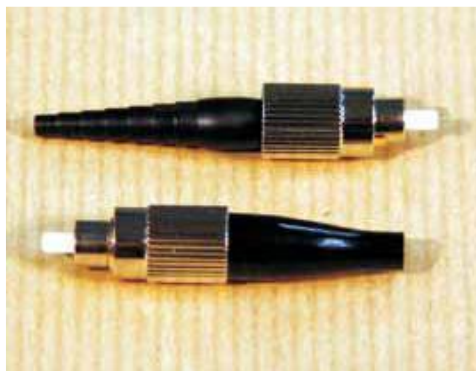


Fig.21.- Conector FC

Conectores APC

La terminación APC está disponible para los conectores FC, SC y LC. Su entorno de aplicación preferente son las redes de transporte monomodo de las operadoras.

Los conectores APC disponen de pulido angular convexo de 8° , con bajas pérdidas de retorno (menor a -60dB). Se identifican por su color verde.

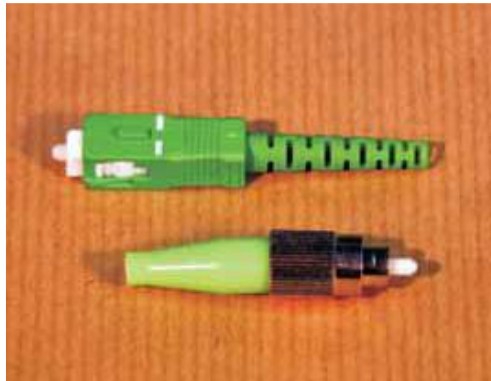


Fig.22.- Conector APC

2.5.- TIPOS DE PRUEBAS EN CABLES OPTICOS

Propiedades Geométricas

Se suelen distinguir los siguientes parámetros, como los más importantes para caracterizar geoméricamente a una fibra óptica: Diámetro del revestimiento, diámetro del núcleo, concentricidad núcleo-revestimiento, no circularidad del núcleo y no circularidad del revestimiento.

Pruebas mecánicas sobre un cable óptico

A objeto de evaluar el desempeño de un cable óptico frente a las distintas sollicitaciones mecánicas, los fabricantes y usuarios de cables ópticos han desarrollado una serie de ensayos que tratan de imitar las condiciones de trabajo a las que se enfrenta el cable durante la instalación y su operación.

Prueba de tensión

El objeto es verificar el comportamiento del cable para las condiciones de instalación y determinar cual es la máxima tensión a la cual puede ser sometido, sin que se afecten las propiedades de transmisión de la fibra y/o se verifiquen la ruptura.

Prueba de compresión

Se efectúa para establecer el comportamiento de un cable óptico cuando se ve sometido a un esfuerzo de compresión.

Se busca simular la situación durante la instalación si el cable es aplastado se coloca la muestra del cable entre dos placas metálicas evitando que exista movimientos laterales y se aplica la carga gradualmente hasta que se detecte la rotura y/o variación de atenuación de una fibra.

Prueba de impacto

Determina el comportamiento del cable óptico cuando recibe un impacto localizado en un área pequeña, tal como sucede cuando durante la instalación o manipuleo del cable cae sobre éste un objeto como una herramienta. El ensayo se efectúa aplicando una carga hasta verificar la rotura de una fibra.

Prueba de doblado

Establece el comportamiento del cable óptico cuando se le somete a sucesivos doblajes, situación presentada normalmente en las maniobras de instalación.

El ensayo consiste en plegar alrededor de un mandril de diámetro 20 veces mayor al del cable un numero determinado de veces, verificando luego que no se haya dañado ninguna fibra ni la vaina del cable.

Prueba de torsión

Consiste en verificar el comportamiento del cable al ser sometido a una torsión sobre su propio eje, situación probable también durante la instalación.

Para ello se toma una muestra, se la fija por un extremo y luego se la hace rotar 180 grados en los dos sentidos. Finalizada la prueba se verifica que las fibras no estén dañadas.

Medición de atenuación de fibra óptica con OTDR

Para obtener una representación visual de las características de atenuación de una fibra óptica a lo largo de toda su longitud se utiliza un reflectómetro óptico en el dominio en tiempo (OTDR). El OTDR dibuja esta característica en su pantalla de forma gráfica, mostrando las distancias sobre el eje X y la atenuación sobre el eje Y. A través de esta pantalla se puede determinar información tal como la atenuación de la fibra, las pérdidas en los empalmes, las pérdidas en los conectores y la localización de las anomalías.

El ensayo mediante el OTDR es el único método disponible para determinar la localización exacta de las roturas de la fibra óptica en una instalación de cable óptico ya instalado y cuyo recubrimiento externo no presenta anomalías visibles. Es el mejor método para localizar pérdidas motivadas por empalmes individuales, por conectores, o por cualquier anomalía en puntos concretos de la instalación de un sistema. Permite determinar si un empalme está dentro de las especificaciones o si se requiere rehacerla.

Cuando está operando el OTDR envía un corto impulso de luz a través de la fibra y mide el tiempo requerido para que los impulsos reflejados retornen de nuevo al OTDR. Conociendo el índice de refracción y el tiempo requerido para que lleguen las reflexiones, el OTDR calcula la distancia recorrida del impulso de la luz reflejada:

$$\text{Distancia} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \text{tiempo}}{2 \cdot \text{índice de refracción}}$$

2.6.- GPS

El GPS (siglas de Global Position System), es un instrumento básico en todo tipo de actividades relacionadas con la navegación (marítima, aérea y terrestre), la y la investigación. Este aparato (del tamaño de un teléfono móvil en los modelos portátiles) es, en realidad, un receptor electrónico, capaz de captar las señales emitidas por una constelación de satélites, y en función de estas, determinar con precisión y sin prácticamente verse afectado por situaciones climatológicas o atmosféricas, la hora, posición geográfica (con precisión de hasta 1-5 m), altitud, rumbo, velocidad, recorrido y distancia al punto de destino, además de otros parámetros geográficos. Aplicaciones: navegación, exploración, investigación, medición.

2.7.- CONVERTIDOR DE MEDIO ÓPTICO UTP A FIBRA OPTICA

El convertidor de medios, convierte la señal de un tipo de medio de transmisión (cable) en otro tipo de medio de transmisión. Esto permite conexiones a larga distancia, utilizando cables de fibra óptica o aparatos que estén diseñados para funcionar a menores distancias.

El convertidor óptico de UTP- a -Fibra se utiliza con frecuencia para conectar los interruptores de Ethernet o sitios de trabajo. Las aplicaciones típicas incluyen segmentos completos del LAN del duplex que extienden hasta 20km o conectando dos segmentos de Ethernet vía el cable de fibra óptica.

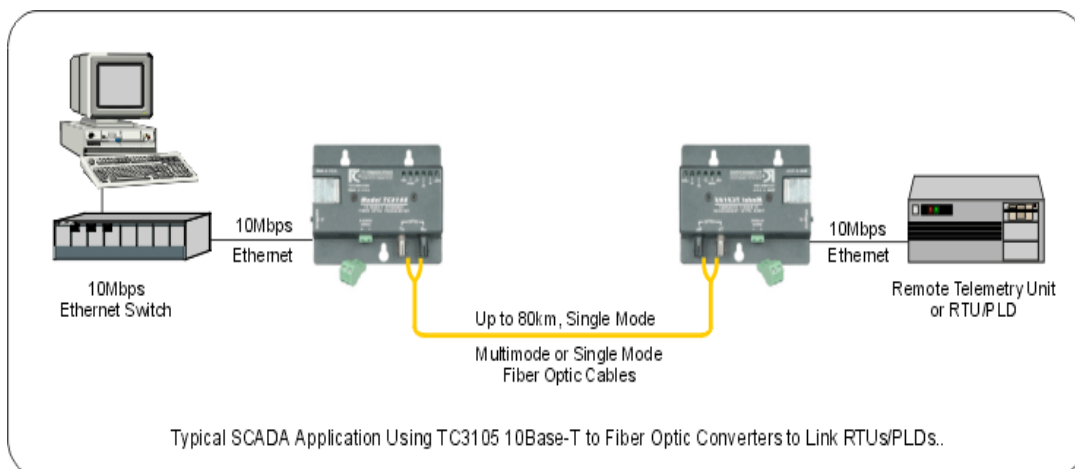


Fig.23.- Convertidor óptico

2.8.- INSTALACION DE CABLE AEREO ADSS

2.8.1.- Variables al análisis de diferentes escenarios

Obtener información

- Pre-Instalación: Debe contarse con una información básica tal como son los diagramas de la ruta, planos y perfiles de la línea, tablas de tensado y flechado. Una vez hechas la inspección en el sitio debe procederse con la asignación de los herrajes y posible replanteo de acuerdo a las recomendaciones del inspector de redes o quien haga las funciones de este, el cual además debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante para instalación y manejo de los cables

Accesibilidad

- Tipo de infraestructura donde se instalara el cable: Depende de la infraestructura existente donde se colocara el cable; Se debe seleccionarse los herrajes y protecciones necesarias. Por ejemplo: Un único tramo de cable ADSS que pasa tanto por postería telefónica como por postería eléctrica.
- Condiciones Ambientales: Aunque el cable ADSS es totalmente dieléctrico, puede presentarse alguna conductividad resultante de la humedad y el aire circundante en el cable. Como precaución en ambientes de alto voltaje, se recomienda aterrizar tanto el cable y los herrajes antes de ser tocados por el operario, utilizando para ello un cable de cobre.
- Impacto Ambiental: Los árboles próximos a cables de f.o. aérea deben ser podados para evitar que el movimiento de las ramas o de los propios cables pueda ocasionar daños. Así mismo se deben podar para prevenir que sus ramas, al desprenderse, puedan caer sobre los cables, esta poda debe llevarse a cabo atendiendo las

recomendaciones de protección al medio ambiente con objeto de combinar la necesidad de coexistencia de cableados aéreos y árboles. La siembra de árboles bajo líneas existentes debe realizarse con especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol o para la línea existente.

2.8.2.- Montaje de los empalmes y reservas de cable

En los puntos donde se requieran empalmes, se debe dejar una reserva extra para dicho proceso. Para empalmes de planta externa es recomendable por seguridad del operario hacer los empalmes al nivel de piso y no en altura. Se debe considerar el tipo de empalme a emplear, por fusión ó mecánico, y las respectivas condiciones ambientales requeridas en cada método. Se deben remover aproximadamente 4.5 metros de cable de la punta para evitar cualquier posible stress.

- Ubicación de las reservas: En zonas urbanas normalmente constituyen un 10 a 20 % de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de reservas se hacen en cada cambio de dirección de la ruta del cable y en sitios donde probablemente se debe derivar el cable. Ejemplo: Conexión a un nuevo cliente o derivación de la ruta. En trayectos bastantes largos constituyen un 5 a 10% de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de las reservas se hacen en cada punto donde posiblemente luego sea necesario hacer alguna derivación ó es necesario realizar un empalme de continuidad. Ejemplo: Se termino el carrete y es necesario continuar instalando más cable.
- Distancia al suelo: Debe dejarse una reserva de cable como mínimo a 80 cm de la línea de tendido del cable f.o. y luego si se debe proceder a instalar y anclar la caja de empalme (ver figura 24). En trayectos largos solo se debe instalar cajas de empalme cada 5 Km (distancia promedio de un carrete de f.o.) y al empalmar se deben respetar los códigos de colores o consecutivo de hilos independiente del fabricante del cable.

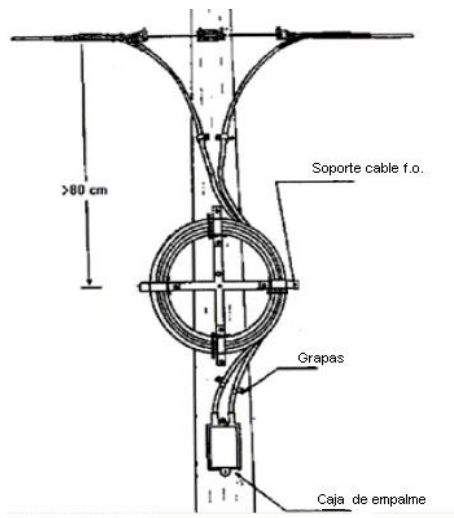


Fig.24.- Colocacion caja de empalme

2.8.3.- CRITERIOS PARA INSTALACIÓN DE NUEVA POSTERÍA

Dado la topografía

Pueden existir lugares donde el grado de inclinación del terreno hace necesario la instalación de postes intermedios con el fin de conservar el tensado y flecha del cable ó vías que presentan curvas significativas, tales que se hace necesario instalar postes intermedios para conservar el lineamento de la vía.

Cruces sobre vías

Puede existir la necesidad de colocar un poste intermedio en un trayecto de cable debido a la necesidad de realizar una derivación de la red de f.o. En caso de realizar este tipo de cruces sobre vías principales o vías férreas se debe analizar la posibilidad de colocar postes mas altos sea el caso para evitar daños a la red de f.o.

2.8.4.- HERRAJES DE TENSIÓN:

Herraje de soporte para ADSS.- Elemento utilizado para el soporte de redes de fibra óptica ADSS. Autosoportadas y dieléctricas. Este elemento va sujetado al poste (Madera, Concreto, Metal) con fleje de acero.

Herraje de suspensión para ADSS.- Elemento utilizado para la suspensión de redes de fibra óptica ADSS y OPGW. Autosoportadas y dieléctricas. Este elemento va sujetado al poste (Madera, Concreto, Metal) con una tuerca de ojo redonda en aluminio o acero galvanizado en caliente.

Herraje de Tensión Automático.- Este elemento es utilizado para pensionar mensajeros en rangos de 0.102 hasta 0.114 pulgadas. El Tensor Automático va instalado en una trompó-platina, una tuerca de ojo o en una trompo-platina. Este elemento es fabricado en Acero inoxidable y Aluminio.



Fig.25.- SOPORTE F.O. ADSS - 02

Elemento utilizado para el soporte de redes de fibra óptica ADSS. Autosoportadas y dieléctricas. Este elemento va sujetado al poste (Madera, Concreto, Metal) con tornillo de ½ " y un largo según la dimensión (diámetro) del poste en el que se vaya a instalar, en la mayoría de los casos no es posible encontrar una perforación a la altura adecuada, por lo tanto se debe utilizar una brida con tornillo ref. (BT) para su instalación, la cual a su vez va instalada al poste con el fleje de acero.



Fig.26.- SUSPENSION F.O. ADSS Y OPGW - 01

Elemento utilizado para la suspensión de redes de fibra óptica ADSS y OPGW. Autosoportadas y dieléctricas. Este elemento va sujetado al poste (Madera, Concreto, Metal) con una tuerca de ojo redonda en aluminio o acero galvanizado en caliente.

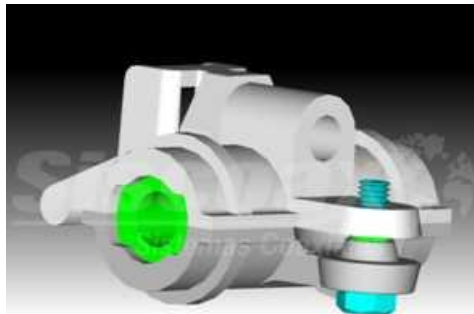


Fig.27. - SOPORTE F.O. ADSS - 03

Elemento utilizado para el soporte de redes de fibra óptica ADSS. Autosoportadas y dieléctricas. Este elemento va sujetado al poste (Madera, Concreto, Metal) con tornillo de 5/8" y un largo según la dimensión (diámetro) del poste en el que se vaya a instalar, en la mayoría de los casos no es posible encontrar una perforación a la altura adecuada, por lo tanto se debe utilizar el fleje de acero.

CAPITULO III.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.- UBICACIÓN DE LA RUTA PROYECTADA

➤ Se realizó una visita de reconocimiento para evaluar la ruta proyectada, la cual se muestra en la siguiente figura (28).

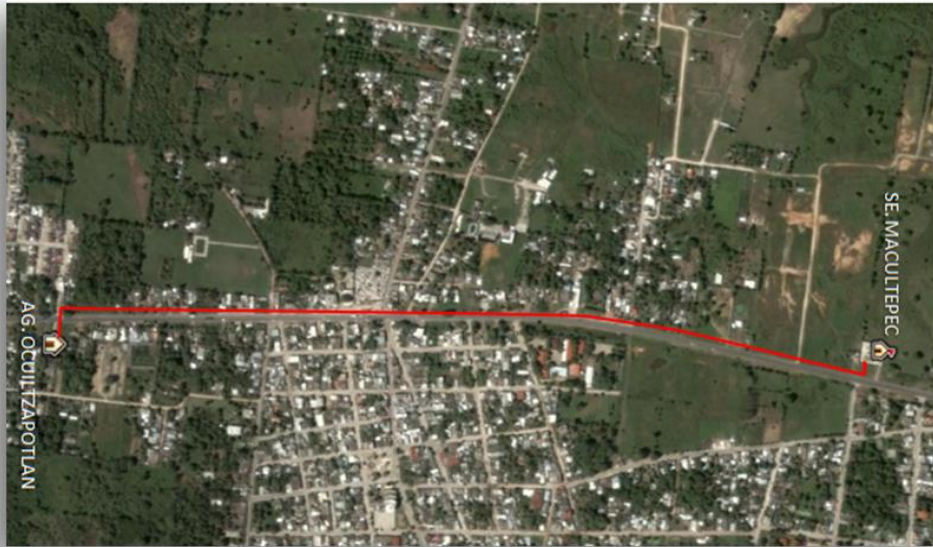


Fig.28.- Ruta AG. Ocuilzapotlan – SE. Macultepec

3.2.- LEVANTAMIENTO DE OBRA ELECTROMECAÁNICA.

➤ Se realizó la tabla (1) de distribución de estructuras que abarca de la bahía del circuito MCL4010 ubicado en la subestación Macultepec a la agencia Ocuilzapotlan esto para definir la cantidad de cable y tipos de herrajes a utilizar.

NOTA: Para la realización de la siguiente tabla (1) se realizaron mediciones entre estructuras con GPS.



a) Toma de mediciones con GPS


ESTRUCTURA	CLARO REAL (m)	DEFLEXIÓN	LOCALIZACIÓN (m)	TIPO DE ESTRUCTURA	IDENTIFICADOR DE ESTRUCTURA	HERRAJE DE TENSION SENCILLO (PZA)	HERRAJE DE TENSION DOBLE (PZA)	HERRAJE DE SUSPENSION (PZA)	ALMACENADOR DE CABLE DE F.O. (PZA)	BRAZO EXTENSOR (PZA)	PROTECTOR DE ROZAMIENTO DE F.O. (PZA)	CABLE DE F.O. ADSS	OBSERVACIONES
EST.		00° 00' 00"	0.00	EST. REMATE	S.E	1							 Comisión Federal de Electricidad División Sureste COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD DISTRIBUCIÓN DIVISIÓN SURESTE RESUMEN DE ESTRUCTURAS ARBOLES PCC 19 ARBOLES EST. REMATE 2 PEQUEÑO PMR 0 TRANSF. TOTAL= 21 PCC: POSTE DE CONCRETO PMR: POSTE DE MADERA ZONA: VILLAHERMOSA PROYECTO: TENDIDO DE CABLE DE FIBRA OPTICA AG. OCUILTZAPOTLAN - S.E. MACULTEPEC TITULO: DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS (FIBRA ÓPTICA) NOMBRE DE LA LINEA: MCL - 4010 No. DE OBRA:
1	10.00		10.00	PCC	173			1					
2	8.00	90° 00' 00" DER	18.00	PCC	172		1						
3	60.00		78.00	PCC	171			1					
4	90.00		168.00	PCC	170			1					
5	100.00		268.00	PCC	169		1					TRANSF.	
6	80.00		348.00	PCC	168			1				ARBOLES	
7	90.00		438.00	PCC	167			1				ARBOLES	
8	115.00		553.00	PCC	166		1					PEQUEÑO	
9	70.00		623.00	PCC	165			1				TRANSF.	
10	55.00		678.00	PCC				1	1				
11	115.00		793.00	PCC	163		1						
12	95.00		888.00	PCC				1					
13	80.00		968.00	PCC	161			1				CONFLICT.	
14	35.00		1,003.00	PCC	EK		1						
15	90.00		1,093.00	PCC	158			1				TRANSF.	
16	110.00		1,203.00	PCC	159			1					
17	100.00		1,303.00	PCC			1						
18	80.00		1,383.00	PCC	157			1					
19	65.00		1,448.00	PCC	156			1				TRANSF.	
20	112.00	90°00'00' IZQ	1,560.00	EST. REMATE	AG.	1	1		1				
TOTAL						2	7	13	2	-			

Tabla 1

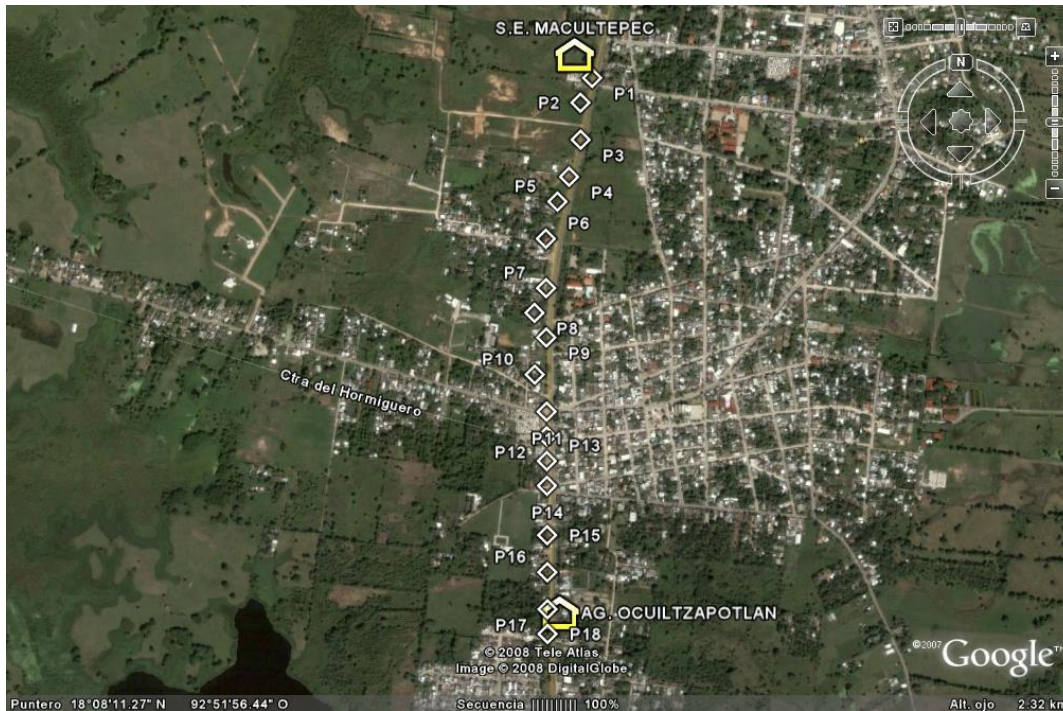


Fig. 29.- Ubicación de postería en Google Earth

➤ **Especificaciones:**

Suministro e instalación de fibra óptica tipo autosoportada (ADSS) de 36 fibras tipo monomodo AT-3BE17DT-036-CLGA, con herrajes de suspensión y tensión, y accesorios de sujeción, utilizando la postería del circuito MCL-4010 de 13.8 KV.

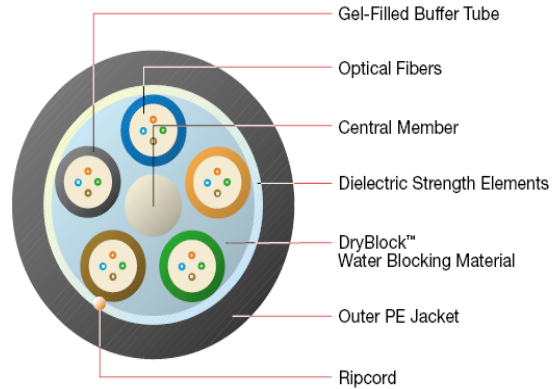
Longitud: 1560 mts.

Numero de postes: 21

➤ Características del cable Autosoportado ADSS Monomodo utilizado

Especificaciones:

- Radio de Curva Mínimo 15x cable diámetro externo durante instalación;
10x cable
- Rango de temperatura con la que opera -40° F a 158° F (-40°C a 70°C)
- tolerancia del diámetro del Cable típicamente dentro del 5 % de nominal



Aplicaciones:

- Fibra de casa (FTTH)
- Ideal para palcos cortos aéreos autosuficientes hasta 300 pies (91 metros).

*Bajo medio NESC con condiciones de carga; las longitudes de palco varían dependiendo (según) el pandeo y condiciones de carga.

Descripción:

- 1310/1550 nm (AllWave®)
- 0.35/0.25 dB/km (1310/1550 nm AllWave)
- AllWave® Matched Clad monomodo
- Dielectric Central Member (one MDPE jacket)
- PowerGuide®

➤ Características Jumper ST/UPC

Descripción: jumper ST/UPC-SC/UPC

SM Duplex 3m

No. parte: JUMSTUSCU09D030

No. Serie: 074900563

No. De orden 6092

Valores de prueba					
Δ13.10 nm		CANAL 1		CANAL 2	
Perdida máxima permitida		Conector A	Conector B	Conector A	Conector B
Inserción	0.30 dB	0.15dB	0.11dB	0.06dB	0.14dB
Retorno	55.0dB	59.8dB	58.2dB	57.1dB	55.9dB

➤ **Calculo de la atenuación esperada del enlace óptico**

ENLACE:

ORIGEN/DESTINO: S.E Macultepec – AG. Ocuiltzapotlan

NÚMERO DE FIBRAS: 36

FABRICANTE DE FIBRAS: OFS

FABRICANTE DEL CABLE: OFS

Atenuación por hebra de F.O = $(.35\text{dB/KM})(1.6\text{KM})=.56\text{dB}$

Atenuación de los 2 empalmes en el ODF=.04dB

Atenuación de los 2 jumpers=.30dB

Suma total atenuación por fibra óptica= .98dB

LONGITUD DEL ENLACE: 1.56 KM

ATENUACIÓN TOTAL ESPERADA: 0.98 DB

3.3.- LEVANTAMIENTO DE OBRA CIVIL

➤Se visito la subestación Macultepec para la realización de los diagramas para trazar la ruta y definir la cantidad de fibra óptica a utilizar desde el Circuito MCL4010 al gabinete de comunicaciones que se encuentra ubicado dentro de la caseta de control, así como también observar y proponer de ser necesario la implementación de nuevos registros.



Fig.30.- S.E Macultepec



Fig.31.- Caseta de control S.E MCL

Observaciones: Se utilizaron los registros ya existentes en la SE. Macultepec, suministro e instalación de charola tipo malla desde el registro de entrada a la caseta de control al gabinete de comunicaciones. Lo anterior se especifica en el alcance de conceptos (*Anexo B*)

NOTA: Los diagramas mencionados anteriormente se encuentran en el anexo A:
DSM-VL, DSM-RR y DSM-RE,

➤Se realizaron los diagramas de la agencia ocuiltzapotlan para trazar la ruta y definir la cantidad de fibra a utilizar de la estructura de llegada al site de comunicaciones.

Observaciones: En la agencia ocuiltzapotlan es necesario debido a la falta de una estructura de llegada y para el buen manejo del cable ADSS la construcción de una columna de concreto cuyas dimensiones se especifican en el diagrama DAGOC-MTE, suministro e instalación de tubería conduit pared gruesa 2”, tubería pad. Incluye registros e instalación subterránea de tubería polietileno de alta densidad. Lo anterior se especifica en el alcance de conceptos (*Anexo B*)

NOTA: Los diagramas mencionados anteriormente se encuentran en el *anexo A*: **DAGO-VA, DAGO-RT, DAGO-VF y DAGOC-MTE**

3.4.- OBRA CIVIL

Los diagramas realizados de la S.E Macultepec y AG. Ocuiltzapotlan y el alcance de conceptos fueron entregados al contratista que llevo acabo la obra civil bajo mi supervisión.

A continuación se muestra mediante fotografías como se realizaron los trabajos mencionados anteriormente.



Fig.32.- Obra civil

3.5.- OBRA ELECTROMECAÁNICA

➤ Las siguientes actividades se realizaron durante la obra electromecánica bajo mi supervisión y participación.

- **Entrega del alcance de conceptos (anexo B) y diagramas (anexo A) al contratista.**

Se realizó la entrega del diseño del proyecto al contratista y un recorrido guiado de la ruta para la proyección del proyecto.

- **Prueba de atenuación del cable de fibra óptica previo al tendido.**

Se realizaron pruebas de atenuación y medición de distancias de los carretes de fibra óptica en conjunto con el proveedor y contratista para corroborar su buen estado y el correcto funcionamiento para este proyecto.

- **Tendido, tensionado y enclemado del cable de fibra óptica ADSS.**

El contratista realizó los trabajos de tendido, tensionado y enclemado del cable ADSS, los cuales se muestran a continuación mediante fotografías:



Fig.33.- Traslado de los carretes de fibra para su colocación en el vehículo especial para llevar a cabo el tendido.



Fig.34.- Colocación de los herrajes y tendido del cable ADSS

- **Tendido de cable de fibra óptica ADSS en ductos subterráneos y charolas**



Fig.35.- Tendido del cable ADSS en ductos subterráneos

- **Instalación de distribuidor óptico**



Fig.36.- Distribuidor óptico

- **Empalmes de fibra y pruebas de atenuación del enlace óptico**



Fig.37.- Empalmes y pruebas de atenuación

- **Suministro e instalación de unidad interrumpida de energía**



Fig.38.- UPS

- **Suministro e instalación de gabinete cerrado para equipo comunicación**



Fig.39.- Gabinete de comunicaciones

3.6.- PRUEBAS PREOPERATIVAS

Al término del tendido de la fibra ADSS en postería y empataados en los ODF (Optical Distribution Fiber) se realizaron las mediciones de atenuaciones en empalmes y de toda la línea de ADSS. Dando los siguientes resultados.

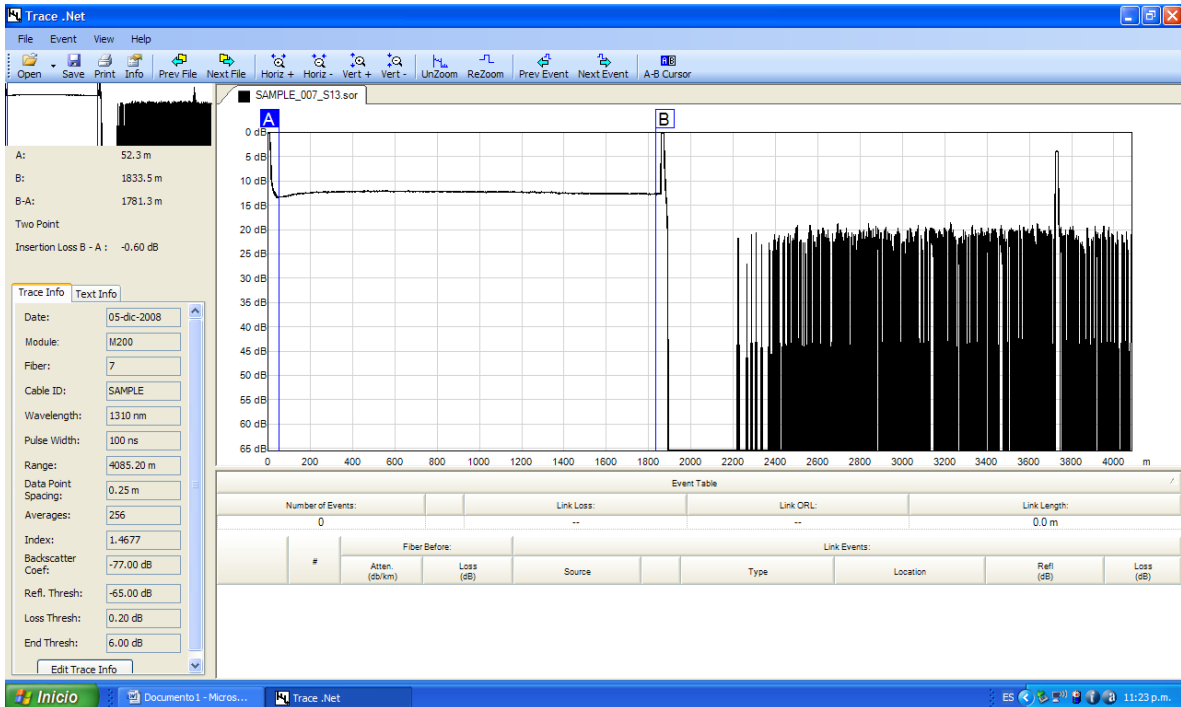


Fig.40.- Prueba del enlace óptico con OTDR

Resultado de la prueba:

El enlace de Fibra óptica de la Agencia Ocuilzapotlan – Subestación Macultepec paso las pruebas necesarias optimas de desempeño, por lo tanto esta listo para la puesta en servicio de los medidores de calidad SIMOCE), así como también para la transmisión de comunicaciones, sea en forma de señales, voz o datos.

CONCLUSIONES

Después de haberse realizado el presente proyecto se obtienen las siguientes conclusiones:

La Fibra Óptica revolucionó el mundo de la información, con aplicaciones, en todos los órdenes de la vida moderna, lo que constituyó un adelanto tecnológico altamente efectivo.

Los cables de fibra óptica para tendidos aéreos, en sus distintas modalidades pero en especial aquellos que pueden ser instalados en líneas de media tensión, se han destacado como sistemas aptos para la transmisión de comunicaciones, sea en forma de señales, voz o datos, no sólo con calidad, sino además, con la ventaja de hacerlo a un costo beneficio considerable y con un tiempo de vida de 10 a 15 años.

Actualmente se han modernizado mucho las características de la Fibra Óptica, en cuanto a coberturas más resistentes, mayor protección contra la humedad y un empaquetado de alta densidad, lo que constituye un adelanto significativo en su uso, al servicio del progreso tecnológico en el mundo.

Al instalar fibra óptica se eliminaron los daños ocasionados por inducciones electromagnéticas y filtración de humedad, ya que son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia, se incremento el ancho de banda y se mejoro el enlace de datos, incrementando la confiabilidad del medio de comunicación existente entre la Agencia Ocuiltzapotlan – Subestación Macultepec.

La experiencia adquirida en la realización de este proyecto es muy complementaria, ya que gracias a ello logre obtener conocimientos del campo laboral , así como también relacionarme con personal con gran experiencia dentro de la empresa CFE de los cuales me llevo muy buenos consejos, no solo de conocimientos técnicos, si no en el desempeño laboral con liderazgo .

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

El que me permitiera mi asesor Ingeniero Héctor Espinosa Ramírez participar en diferentes actividades dentro de la empresa me ayudo a obtener experiencia en el área de telecomunicaciones.

“Una experiencia nunca es un fracaso, pues siempre viene a demostrar algo”

Mi estancia en Comisión Federal de Electricidad me Demostró que si bien no se puede salir de la escuela con todo el conocimiento del mundo dado que día a día nacen nuevas tecnologías, siempre debes mantener el habito de la investigación para seguir preparándote y adquiriendo nuevos conocimientos ya que la competencia en el ámbito laboral es muy fuerte y solo los mas calificados ocuparan un lugar.

La infraestructura de Comisión Federal de Electricidad comprende entre otras 111 líneas de 115 kv con 4,638 kilómetros, 32,684 kilómetros de líneas de baja tensión. Tomando en cuenta lo anterior y debido al crecimiento organizacional de dicha empresa se sugiere integrar a la red óptica la mayor cantidad de instalaciones que la comprenden para hacer más eficiente, estable y confiable la comunicación tanto de voz como de datos, así como prestar servicios a empresas externas, lo cual generaría una recuperación a mediano plazo de la inversión por estas obras.

Mi agradecimiento al Departamento de Personal y al área de Capacitación de Comisión Federal de Electricidad por su apoyo para llevar acabo mi proyecto de residencia en esta empresa.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/>
- www.fibremex.com
- www.Google.com

- Lenny, P. *Funcionamiento y aplicaciones de los GPS.*

de <http://mipagina.cantv.net/jeacke/iijeacke.htm>

- Curso de Fibra Óptica CFE; oficina de comunicaciones
- Manual de instalación de fibra óptica de la oficina de comunicaciones
- Wikimedia foundation, Inc. *Google Earth.*
- FRENZEL, L., Sistemas Electrónicos de Comunicaciones. Austin Texas,