

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Coordinación de vinculación Departamento de residencias profesionales

INFORME FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL

EMPRESA:
COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Nombre del proyecto:

***SUPERVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA OPGW EN LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN DE 115 KV.***

RESIDENTE:

**SÁNCHEZ MUÑOZ ALVARO
ING. ELECTRÓNICA
09270497**

**ING. VICENTE LEÓN OROZCO
ASESOR INTERNO**

**ING. ISAAC GARCIA LOPEZ
ASESOR EXTERNO**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 12 DE DICIEMBRE DE 2013

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I - INTRODUCCIÓN	7
1.1 ANTECEDENTES	9
1.1.1 Fenómenos ópticos	
1.1.2 Polarización	
1.1.3 Dispersión	10
1.1.4 Difracción	
1.1.5 Fibra óptica	11
1.1.6 Propiedades de la Fibra óptica	12
1.1.7 Perdidas en la fibra óptica	13
1.1.9 Causas De La PMD	14
1.1.10 Dispersión cromática	15
1.1.11 Ventanas de operación	16
1.1.12 Tipos de fibra óptica	17
1.1.13 Fibra óptica multimodo	18
1.1.14 Fibra óptica monomodo	19
1.2 ESTADO DEL ARTE	21
1.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SUMINISTRO DE CABLE DE GUARDA OPGW, SUS MATERIALES Y ACCESORIOS, MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	
1.2.2 PROCEDIMIENTO PARA EL REEMPLAZO DEL HILO DE GUARDA POR CABLE OPTICAL GROUND WIRE (OPGW) EN TORRES DE TRANSMISIÓN CON DOBLE CIRCUITO A 230KV	23
1.2.3 PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA OPGW PARA LA CONECTIVIDAD DE RED Y DISMINUCIÓN DE COSTOS ENTRE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS PAMPA LARGA Y SECTIONALIZNG EN MINERA YACACOCHA....	25
1.3 JUSTIFICACIÓN	28
1.4 OBJETIVO GENERAL	29
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	

CAPITULO II – UNIDAD RECEPTORA.....	30
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPO	
2.2 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZÁNDOLOS	32
2.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	
2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	34
CAPITULO III – FUNDAMENTO TEÓRICO	35
3.1 INSTALACIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA.....	
3.2 CONECTORES	36
3.3 PANELES DE DISTRIBUCIÓN DE FIBRAS	43
3.4 CAJA DE EMPALMES	45
3.5 TERMINACIÓN DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	48
3.6 EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE CABLES PARA UNA RED ÓPTICA.....	51
CAPITULO IV – DESARROLLO.....	53
4.1 NORMAS.....	
4.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES A SER SUMINISTRADOS	57
4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE GUARDIA OPGW.....	
4.2.2 CONDICIONES BÁSICAS PARA EL REGULADO DE CONDUCTORES .	58
4.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, MECÁNICAS, CONSTRUCTIVAS AMBIENTALES	61
4.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ÓPTICAS	65
4.5 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN	

4.6 PRUEBAS	66
4.7 ENSAYOS DE TIPO DE LA FIBRA ÓPTICA OPGW	
4.8 ENSAYOS DE CORRIENTE DE CORTO –CIRCUITO	67
4.9 ACEPTACIÓN Y RECHAZO	70
4.10 ENSAYO DE VIBRACIONES EÓLICAS.....	71
4.11 ENSAYO DE EMPUJE EN LA POLEA.....	74
4.12 EN ENSAYO DE TORSIÓN	76
4.13 ENSAYOS DE RADIO MÍNIMO DE CURVATURA	78
4.14 ENSAYO DE COMPRESIÓN	79
4.15 ENSAYO DE RASPADURA (CREEP).....	
4.16 ENSAYOS DE TENSIÓN POR DEFORMACIÓN.....	80
4.17 ENSAYOS DE TENSIÓN Y DEFORMACIÓN MARGINAL	81
4.18 ENSAYOS DE RUTINAS DE LA FIBRA OPTICA OPGW	82
4.19 ENSAYO DE RECEPCIÓN DE LA FIBRA OPTICA OPGW	83
4.20 CABLE OPGW COMPLETO	84
4.21 GRAMPAS DE RETENSIÓN, ANCLAJE O AMARRE DE TENSIÓN.....	86
4.22 GRAMPAS DE SUSPENSIÓN	87
4.23 GRAMPA DE SUSPENSIÓN CONVENCIONAL.....	88
4.24 GRAMPA DE SUSPENSIÓN ARMADA	
4.25 AMORTIGUADORES DE IMPACTO.....	89
4.26 CONJUNTO DE SOPORTE DE BAJADA	90
4.27 CRUCETA DE RESERVA	

4.28 CAJAS DE EMPALME	
4.29 DISTRIBUIDORES ÓPTICOS (ODF)	91
4.30 OTROS ACCESORIOS.....	92
4.31 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	93
4.32 EQUIPO DE EMPALME	94
4.33 INSTALACION	99
4.34 TRASLADO Y ANCLADO DE MÁQUINAS Y GATOS.....	
4.35 TRASLADO DEL CARRETE DE CORDINA O DE PILOTILLO AL PIE DE TORRE.....	100
4.36 PREPARACIÓN DE MÁQUINAS Y CARRETES PARA TENDIDO.....	
4.37 COLOCACIÓN DE LAS POLEAS SOBRE ESTRUCTURAS	
4.38 INSTALACIÓN DE LA GUÍA	102
4.39 PREPARACIÓN PARA EL TENDIDO DEL CABLE.....	104
4.40 TENDIDO DEL CABLE.....	
4.41 REMATES Y FLECHADO DEL OPGW	106
4.42 TENSOR PROVISIONAL	107
4.43 FLECHADO DEL CABLE	108
4.44 COLOCACIÓN DE LOS REMATES DEFINITIVOS	109
4.45 TENDIDO	110
CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
5.1 AGRADECIMIENTO A LA EMPRESA.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS.....	114

INTRODUCCIÓN

Supervisión de fibra óptica OPGW en líneas de transmisión de 115 Kv para las subestaciones Tuxtla Sur – Real del Bosque, es el tema de este proyecto que se presentará paso a paso y etapa a etapa de la instalación del sistema de enlace de comunicación entre las subestaciones de la Zona de Distribución Tuxtla de la Comisión Federal de Electricidad.

Este proyecto se presenta por capítulos los cuales proporcionan un protocolo de investigación para la sustentabilidad del sistema de comunicación para CFE y sin duda alguna la información que contiene sirve como referencia para cualquier empresa que dese una comunicación factible y eficaz.

Se presenta un cronograma de actividades programadas para la realización de este proyecto así como también la explicación de cada punto de tales actividades para poder hacer después un análisis sobre cada parte del proyecto.

También se aproxima de como la innovación tecnológica de los nuevos aparatos electrónicos van remplazando a los aparatos viejos que hoy en día algunos ya son obsoletos, pero también como algunos de estos aparatos son irremplazables no tanto por su capacidad o precio, si no por el tiempo que esto conllevaría en adaptarlo a los sistemas de control y comunicación, además de que algunos necesitarían de otros aparatos para su adaptación.

Al final de este proyecto estarán las conclusiones y recomendaciones para dar seguimiento a este gran proyecto.

1.1 ANTECEDENTES

Desde hace varios años que se conocen las propiedades de la luz y sus aplicaciones, sin embargo el usar la luz para aplicaciones de telecomunicaciones es algo relativamente reciente que ha evolucionado a una velocidad grande. 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. Es importante entender la naturaleza de la luz así como los fenómenos que esta presenta para poder entender y proponer mejoras a los sistemas existentes.

En 1870, John Tindall demostró que la luz sigue la curvatura de un flujo de agua vertiéndose de un contenedor. Este principio tan simple, fue un motivo de estudio y desarrollo de aplicaciones basados en este fenómeno. John Logie Baird patentó un método de transmitir luz a través de una barra de vidrio para ser utilizada en un rústico televisor en color, pero los materiales de la época hicieron este proyecto inviable.

En 1950, fue un año de cierto éxito en la transmisión de imágenes por medio de fibra óptica, y en particular en el mundo médico, ya que se empezó a utilizar en algunos instrumentos médicos.

En 1966 Charles Kao y George Hockman propusieron la transmisión de información sobre fibra de vidrio, y sugirieron que una menor cantidad de cables era posible.

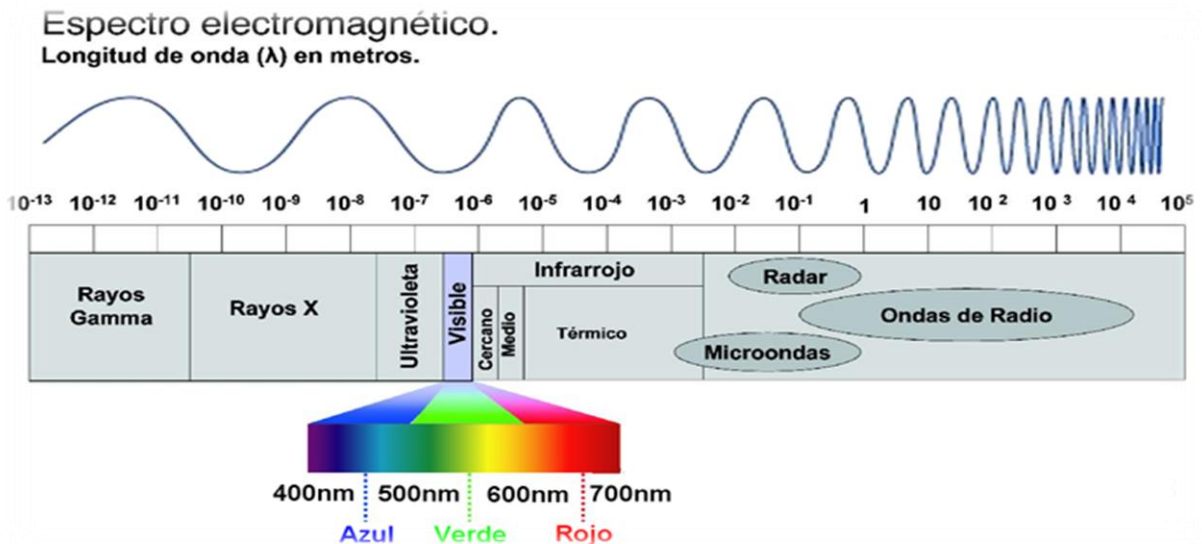
Estas fueron las bases para mejorar las pérdidas de señal óptica que hasta el momento eran significativas y no permitían un buen aprovechamiento de esta tecnología.

Hoy en día, se ha minimizado enormemente estas pérdidas si las comparamos con el proyecto inicial de Kao y Hockman.

Cuando hablamos de la energía emitida por el Sol nos referimos a la luz; más específicamente a ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas se distinguen unas de otras por su frecuencia (ciclos por segundo) o su longitud de onda. Las ondas más largas - de menor frecuencia - son las ondas de radio, cuya longitud de onda puede ser desde más de mil kilómetros hasta unos cuantos metros. Las ondas electromagnéticas de longitudes entre un metro y un milímetro se llaman microondas y tienen frecuencias mayores que las ondas de radio. Siguen después los rayos infrarrojos, que son las ondas electromagnéticas que se encuentran entre microondas y el rojo, que es el primer color, o la frecuencia más baja que el ojo humano puede detectar. Entre 700 y 400 milimicras de longitud de onda se encuentran las ondas electromagnéticas visibles, que es lo que propiamente llamamos luz, y va desde el rojo hasta el violeta. Solamente en este rango de longitudes de onda es sensible el ojo humano; las frecuencias correspondientes para el intervalo visible son de cientos de billones de ciclos por segundo. Las ondas electromagnéticas de frecuencias más altas que las visibles (longitudes de onda más cortas) son: la luz ultravioleta, los rayos X. Todas estas ondas constituyen el espectro electromagnético.

Figura 1: Espectro electromagnético



1.1.1 Fenómenos ópticos

La luz presenta diversos fenómenos asociados a esta, sin embargo los que son de mayor relevancia en las telecomunicaciones ópticas son aquellos que tienen que ver directamente con el comportamiento de la luz sobre un medio. Es decir la luz viajando sobre una fibra óptica presenta ciertos fenómenos que son más acentuados que otros.

Los fenómenos de mayor relevancia son la Polarización, la dispersión y la Difracción.

1.1.2 Polarización

- Polarización es la propiedad de la luz la cual está relacionada con la dirección de sus oscilaciones.
- Como en las ondas de radio, la polarización es la propiedad de la onda de mantenerse de forma predecible sobre el medio de transmisión.

Una onda transversal es aquella en la que la propiedad (vectorial) que vibra lo hace en una dirección perpendicular a la dirección de propagación.

Una onda transversal puede ser polarizada. Esto consiste en que la propiedad que vibra, lo haga de un modo predecible, por ejemplo, si la vibración es siempre paralela a una dirección fija tenemos polarización lineal. Si el vector que describe la vibración rota a una frecuencia dada perpendicular a la dirección de propagación tenemos una onda con polarización circular.

La existencia de fenómenos de polarización de la luz reside en el hecho de que la luz es una onda transversal; lo que oscila en este caso son los campos eléctrico y magnético, que tienen carácter vectorial.

1.1.3 Dispersión

Ya sabes que a la luz que procede del sol la llamamos luz blanca. En realidad la luz blanca es una mezcla de luces de diferentes colores. Cuando observamos el arco iris podemos ver los colores que componen la luz blanca.

Este fenómeno, conocido como dispersión, se produce cuando un rayo de luz compuesta se refracta en algún medio quedando separados sus colores constituyentes. La dispersión es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los medios materiales son más o menos dispersivos y la dispersión afecta a todas las ondas. Cuando la luz blanca, compuesta por ondas de todas las frecuencias dentro de la gama visible, pasa a través de un bloque de vidrio, los diferentes colores son refractados o desviados en distinta medida. Si los lados del bloque no son paralelos, los diferentes colores de la luz se propagan con ángulos distintos, produciendo un espectro.

La dispersión se debe a que la velocidad de una onda depende de su frecuencia. Por ejemplo, las ondas luminosas de diferente longitud de onda tienen velocidades de propagación distintas en el vidrio, por lo que son refractadas en diferente medida.

1.1.4 Difracción

La difracción de la luz, fue descubierta en 1665 por el italiano F. M. Grimaldi.

Éste hizo una pequeñísima perforación en la persiana de su ventana, que daba al Sol. En la trayectoria de la luz que pasó, colocó un pequeño objeto y observó con detenimiento la sombra que proyectaba sobre una pantalla. Encontró que el extremo de la sombra no era nítido sino difuso, y que además se formaban bandas de color en donde se alternaban regiones iluminadas y oscuras. De otras observaciones que hizo, Grimaldi llegó a la conclusión de que la luz "se voltea" alrededor de los bordes de obstáculos opacos iluminados por una fuente muy pequeña de luz.

1.1.5 Fibra óptica

¿Qué es una 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. Una de los beneficios más importantes en la industria es su inmunidad a lo que llamamos EMI (Electro Magnetic Interference), o dicho de otro modo, las interferencias electro magnéticas, y también por el hecho de que no sea conductor de la electricidad. Al ser no conductor, puede ser usado en lugares donde se necesite un aislamiento de la electricidad. La fibra óptica no supone un riesgo para el entorno como puede ocurrir con otros materiales más contaminantes. Otro añadido es el aspecto de la seguridad, ya que es muy complicado poder filtrar las señales de datos para leer la información que contiene.

¿Cómo funcionan?

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

¿De qué están hechas?

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre, con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz.

Debido a sus mínimas pérdidas de señal y a sus óptimas propiedades de ancho de banda, la fibra óptica puede ser usada en distancias más largas si la comparamos con el cable de cobre. Su peso y tamaño reducido las hace ideales en muchos entornos donde el cable de cobre sería impracticable. Usando multiplexores, una sola fibra puede reemplazar cientos de cables de cobre.

1.1.6 Propiedades de la Fibra óptica

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

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
- Dispersión de polarización
- Dispersión cromática
- Efectos no lineales

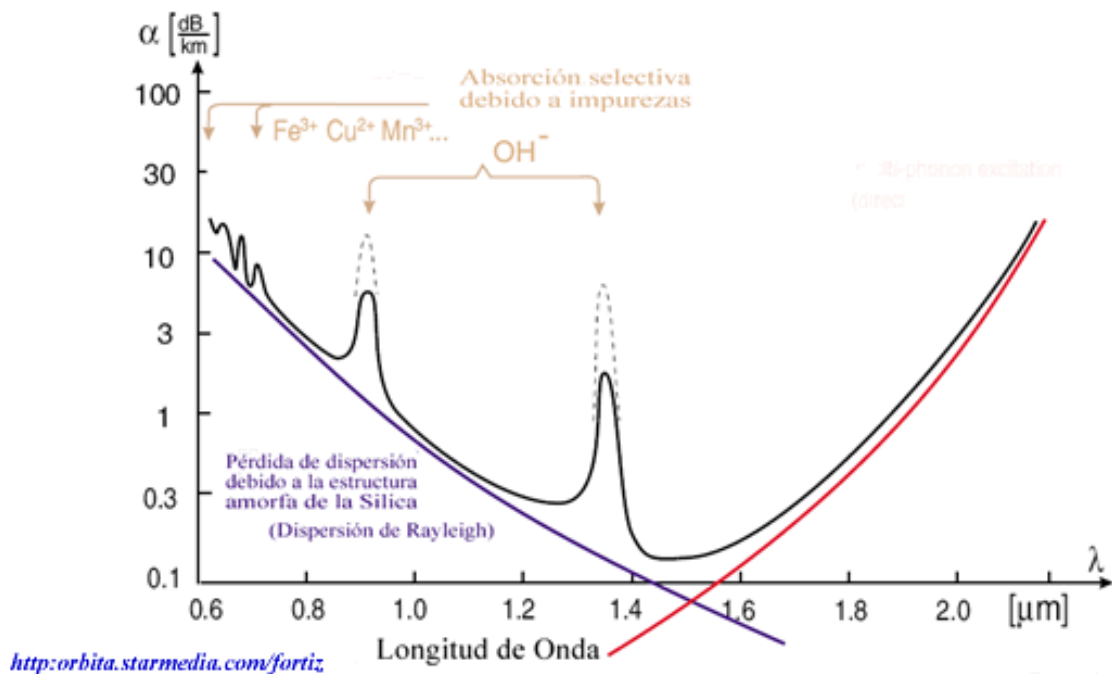
Más adelante se entrará a detalle de cada una de estas propiedades

1.1.7 Pérdidas en la fibra óptica

El gráfico presentado muestra alguna de las propiedades de mayor consideración en una fibra óptica. La atenuación 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.

Otra característica importante es dispersión, esta empezó a ser notable cuando los requerimientos de velocidad de transmisión fueron creciendo.

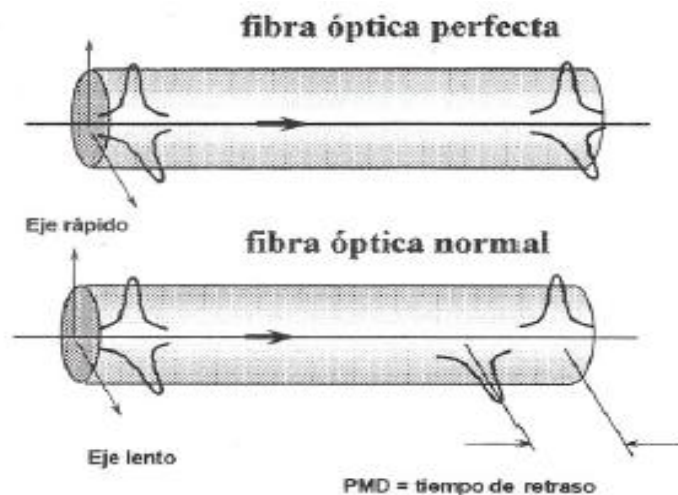
Figura 2: Grafica de Longitud de Onda



1.1.8 Dispersión del modo de Polarización (PMD)

La Dispersión del modo de Polarización o PMD 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 volverse a regenerar, se acumula el efecto de degradación de la PMD de la fibra óptica. El requerimiento de PMD se toma más estricto al incrementarse la velocidad de transmisión.

Figura 3: La PDM degrada la señal óptica



1.1.9 Causas De La PMD

Las principales causas que provocan PMD se pueden ver como intrínsecas y extrínsecas. Dentro de las causas intrínsecas tenemos la geometría de la fibra debido al proceso de fabricación, ya que en este no se alcanza necesariamente una circunferencia perfecta. De igual manera el esfuerzo al que se ve sometida la fibra por el proceso de fabricación del cable óptico, ya que dicho cable óptico llevará en su interior un cierto número de fibras ópticas. Con respecto a las causas extrínsecas, se tiene las deformaciones del núcleo debida al propio tendido de la fibra óptica, es decir, flexiones, torsiones y esfuerzos. Además la variación de temperatura también representa un factor extrínseco a considerar.

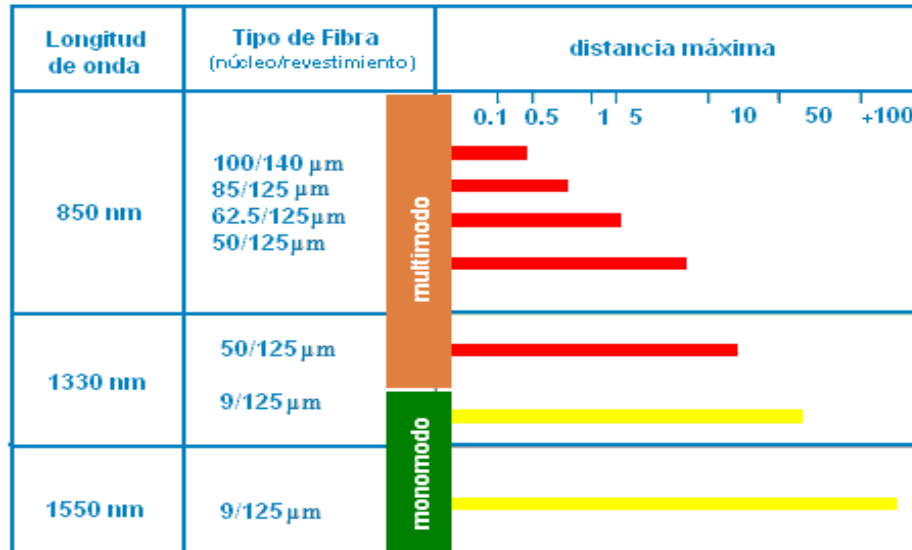
1.1.10 Dispersión cromática

La dispersión cromática limita la transmisión de señales ópticas debido al ensanchamiento del pulso de luz.

- La dispersión cromática es el parámetro principal del cable de fibra óptica para Sistemas de alta capacidad amplificados ópticamente
- Si la dispersión cromática es muy baja (DSF): no soporta DWDM
- Si la dispersión cromática es muy alta (SMF): requiere compensación de dispersión costosa para 10 Gb/s
- Condiciones de dispersión cromática óptimas:
 - Pequeña pero fibra óptica con dispersión no-cero: NZDF
 - Dispersión cromática de trayectoria neta cerca de cero: compensación de dispersión cromática
 - Pendiente de dispersión cromática baja: dispersión cromática óptima a lo largo de un rango de longitudes de onda amplia (para soportar muchos canales o sea longitudes de onda)

1.1.11 Ventanas de operación

Figura 4: Ventanas de operación

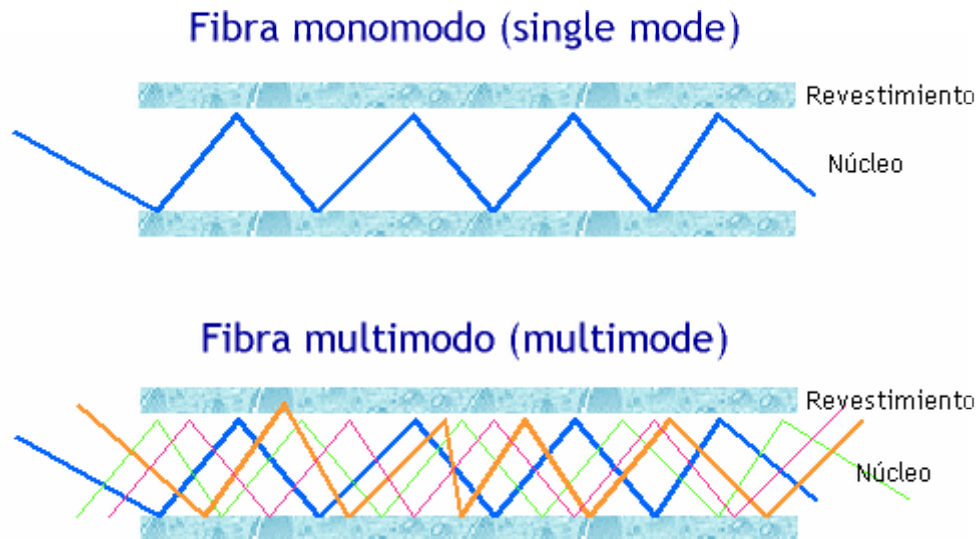


Las fibras ópticas presentan una menor atenuación (pérdida) en ciertas porciones del espectro lumínico, las cuales se denominan ventanas. La primera ventana de operación corresponde a la longitud de onda de 800nm y es comparable con la ventana atmosférica para transmisión óptica a 900nm. Las fibras ópticas hechas para operar en esta ventana son conocidas como la primera generación.

La ventana de 800nm estaba limitada a distancias de transmisión cortas y altas potencias de transmisión, esto dio origen a las ventanas de operación segunda y tercera alrededor de 1300nm y 1500nm respectivamente. La atenuación de la fibra óptica en estas ventanas se vio reducida considerablemente, las fibras fabricadas para dichas ventanas se les conoce como la segunda generación. Debido al desarrollo de Amplificadores ópticos como son los EDF As (Erbium Doped Fiber Amplifier) y su tendencia de operar en la banda de 1330nm a 1565nm, dicha banda de operación se le llamó la cuarta ventana. Una nueva generación de fibra óptica se ha desarrollado, la cual elimina el conocido como "pico de agua" localizado a 1400nm en la curva de atenuación. Esta nueva generación de fibra óptica permite que el espectro de 1200nm a 1600nm sea utilizable.

1.1.12 Tipos de fibra óptica

Figura 5: Diagrama de tipo de fibras ópticas



La FO se puede dividir en dos categorías, la fibra multi-modo y la fibra mono-modo.

La fibra multi-modo fue usada para ser usada con la primera generación de equipamiento, es más barata de fabricar, tiene alta atenuación, su diámetro es de 100um. En la actualidad es mayormente utilizada para distancias cortas (como en los cables de parcheo)

La fibra mono-modo fue diseñada para la segunda generación de equipos, es más cara de fabricar, tiene la capacidad de usar un mayor ancho de banda y su diámetro es de 0.8 a 1.6 μm .

Existen tres tipos de fibra mono-modo: estándar sin desplazamiento de dispersión (Standard Dispersion-Un-Shifted), con desplazamiento de dispersión (Dispersion Shifted) y con desplazamiento de dispersión no cero (Non zero Dispersion Shifted).

1.1.13 Fibra óptica multimodo

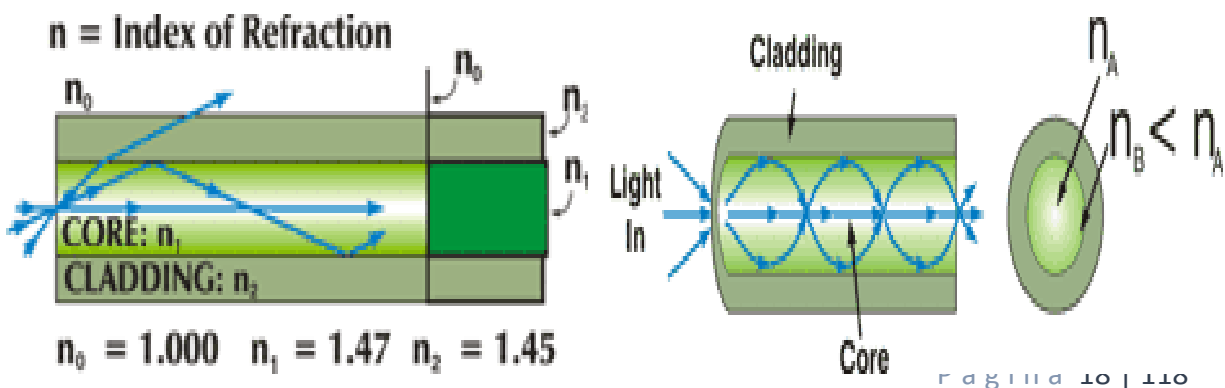
- La fibra multi-modo fue diseñada para ser usada con la primera generación de equipamiento, es más barata de fabricar, tiene alta atenuación, su diámetro es de 100um. En la actualidad es mayormente utilizada para distancias cortas (como en los cables de parcheo).

Este tipo de fibra fue el primero en fabricarse y comercializarse. Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de forma simultánea, ya que este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada. El mayor diámetro del núcleo facilita el acoplamiento de la fibra, pero su principal inconveniente es que tiene un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal. Los diámetros de núcleo y cubierta típico de estas fibras son 50/125 y 62.5/125 mm.

Existen dos tipos de fibra óptica multimodo: de salto de índice y de índice gradual. En el primer caso, existe una discontinuidad de índices de refracción entre el núcleo ($n_1 = \text{cte.}$) y la cubierta o revestimiento de la fibra ($n_2 = \text{cte.}$).

Por el contrario, en el segundo caso la variación del índice es gradual. Esto permite que en las fibras multimodo de índice gradual los rayos de luz viajen a distinta velocidad, de tal modo que aquellos que recorran mayor distancia se propaguen más rápido, reduciéndose la dispersión temporal a la salida de la fibra.

Figura 6: Diagrama de fibra óptica multimodo



1.1.14 Fibra óptica monomodo

- **Permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit, las cuales vienen limitadas principalmente por la dispersión cromática y los efectos no lineales.**

Figura 7: Diagrama de fibra óptica monomodo



Las fibras ópticas monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho menor, lo que permite que se transmita un único modo y se evite la dispersión multimodal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos para estas fibras son de 9/125 μm . Al igual que las fibras multimodo, las primeras fibras monomodo eran de salto de índice, si bien en la actualidad existen diseños bastante más complejos del perfil de índice de refracción que permiten configurar múltiples propiedades de la fibra. Las fibras monomodo también se caracterizan por una menor atenuación que las fibras multimodo, aunque como desventaja resulta más complicado el acoplamiento de la luz y las tolerancias de los conectores y empalmes son más estrictas. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit, las cuales vienen limitadas principalmente por la dispersión cromática y los efectos no lineales.

Como se ha presentado en este conjunto de hechos y acontecimientos que dan origen a un sistema de comunicación, nos planteamos la necesidad de cambiar un enlace de datos y mejoramiento de ancho de banda con base lo antes mencionado, actualmente en las telecomunicaciones ópticas hacen uso de las fibras ópticas y diversos componentes adicionales que permiten comunicaciones más eficaces y dejar atrás lo convencional.

La necesidad primordial que conlleva a desarrollar un seguimiento del proyecto es contribuir con la comunicación que existe entre las subestaciones implicadas en el sistema de red de comunicaciones de CFE que trataremos. Así mismo nos llevara a tener mejores resultados en cuanto el enlace de datos y un mejor ancho de banda que permita una mejor confiabilidad al medio de comunicación entre las subestaciones implicadas.

La fibra óptica juega un papel muy importante en las redes ópticas, por lo que entender mejor cómo se comporta la luz en su interior, provee herramientas al ingeniero que se enfrentará a la solución de los posibles problemas. Saber seleccionar la fibra adecuada es uno de los retos a los que se enfrentan los ingenieros en las redes ópticas, tanto la funcionalidad como el precio serán factores de consideración en la selección de algún tipo de fibra óptica, de igual manera el tipo de cable a utilizar. Se debe estar preparado a los rápidos cambios que se presentan en el área de redes ópticas ya que cada día avanzan las investigaciones que permiten tener mejores fibras y mejores forma de usadas.

1.2 ESTADO DEL ARTE

1.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SUMINISTRO DE CABLE DE GUARDA OPGW, SUS MATERIALES Y ACCESORIOS, MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

Fuente: SERVICIOS ELÉCTRICOS DE TARIJA – SETAR (Bolivia)
Proyecto Adecuación Técnica al Sistema Interconectado Nacional del Sistema Eléctrico de Tarija

Antecedentes

Setar desarrolla un proyecto de construcción de un nuevo sistema de Subtransmisión -distribución en 115 Kv, que consta de la ampliación de 2 subestaciones y la construcción de 6 subestaciones adicionales entre los años 2012 y 2039.

En una primera etapa el proyecto la construcción de la Subestación Tarija y la ampliación de las subestaciones de Villa Abaroa y la Tablada, unidas radialmente por una línea en 115 Kv de 10,75 km de longitud montada sobre postes de hormigón

La línea de transmisión de 115 Kv, está conformada por una terna con conductor IBIS y un cable OPGW (Optical Power Ground Wire). Las bajantes en las subestaciones serán con cable DDR (Ducto - Dieléctrico - anti Roedor), a objeto de proteger el cable de fibra óptica y garantizar la operación del sistema de telecomunicaciones.

Este documento forma parte de las Especificaciones Técnicas del Proyecto de Ampliación del Sistema de Subtransmisión de SETAR –Tarija.

Objeto

El objeto de esta especificación es establecer los requisitos técnicos para el suministro, la instalación, capacitación del personal del Propietario, pruebas y puesta en servicio de cable OPGW (Optical Ground Wire) , WOP (Wire Optical Fiber Cable) y cable óptico subterráneo en las líneas de subtransmisión de 115 KV sobre postes de hormigón del sistema de distribución de Tarija. El cable aéreo debe cumplir la doble función de cable de guarda y cable de comunicación para señales de alta velocidad.

Alcance

Esta especificación especifica en detalle los requerimientos técnicos para:

- Consideraciones de Diseño básico y detallado
- Fabricación
- Pruebas en fabrica
- Suministro, empaque y transporte al sitio
- Montaje
 - Tendido y tesado del cable OPGW/GWWOP/ cable subterráneo
 - Instalación de herrajes de suspensión y retención
 - Instalación de balancines
 - Instalación de puesta a tierra y grapas de fijación del OPGW
 - Instalación de amortiguadores
 - Instalación de balizas de señalización
 - Instalación de cajas de empalme, gabinetes o bastidores, cross conectores y terminales ópticos
 - Limpieza final

Estas especificaciones técnicas tienen por objetivo presentar todas las Instrucciones técnicas principales para la instalación de un enlace óptico que una las subestaciones de Tarija – Villa –La Tablada

1.2.2 PROCEDIMIENTO PARA EL REEMPLAZO DEL HILO DE GUARDA POR CABLE OPTICAL GROUND WIRE (OPGW) EN TORRES DE TRANSMISIÓN CON DOBLE CIRCUITO A 230KV

Fuente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL – Ecuador.

Proyecto de tópico: Reingeniería en los procesos de distribución eléctrica aplicando sistema scada y energías alternativas

Resumen

El procedimiento del tendido de la fibra de vidrio por reemplazo del hilo de guarda, es lo que actualmente se está implementando en el Sistema Nacional de Transmisión S.N.T. debido a que el encargado del Sistema de Transmisión "TRANSELE CTRIC S.A." está modernizando sus subestaciones y sus comunicaciones.

Debido que la comunicación guarda demasiada relación con los nuevos equipos a implementarse en la modernización de las instalaciones de Transelectric S.A. por lo que el tipo de comunicación de los equipos actuales que se encuentran en las subestaciones no son compatibles, la diferencia de tecnología como son los INTELLIGENT ELECTRONIC DEVICE (LED's) son los nuevos equipos en el mercado que reemplazarían los equipos actuales en las subestaciones ya que un LED's equivale según el precio a números de protecciones electromecánicas, obteniendo así ahorro de recursos y costos de inversión .

El proceso que se está implementando en el cambio del hilo de guarda se debería hacer los siguientes procedimientos que se requieren para el buen uso y montaje del cable OPGW en las estructuras/torres energizadas a 230KV. En lo que daremos a conocer la teoría base para tener conocimiento de lo que se va a procederá hacer en el campo, saber las ventajas que nos proporciona el cable OPGW y el tipo de comunicación que se requiere actualmente en las instalaciones. Siempre y cuando teniendo las seguridades adecuadas en el procedimiento del tendido del cable OPGW.

Conclusión

El trabajo que se realizaría para el cambio del hilo de guarda por cable OPGW en torres energizadas de 230 KV, contribuirá cuando se ponga en ejecución a mejorar el sistema de comunicación actual en el Sistema Nacional de Transmisión por medio de la fibra óptica, ya que el sistema actualmente utilizado es por medio de los circuitos de 230 KV que para obtener señales de voz y datos es por medio de Trampas de Ondas que capturan las ondas electromagnéticas que se generan en el interior del cable a distancias muy largas, comunicadas entre subestaciones y que están energizadas los 365 días del año, bajo la premisa que el sistema de calidad en las líneas de transmisión es confiable.

Pero la desventaja en este sistema de comunicación es que donde ocurre una falla ya no habría comunicación y en ese momento se utilizarían los radios que tienen interferencias y canales de otra estación, afectando la comunicación para la ejecución de las maniobras de energización de la línea o bahía afectada por la falla, siendo el encargado de las maniobras el C.O.T. con supervisión del CENACE.

Pero con la fibra óptica ya es otro mundo porque la ventaja que tendríamos en las comunicaciones sería ilimitadas por el gran ancho de banda en que se maneja.

Gracias a la fibra óptica se tendría comunicación entre las Subestaciones - Transelectric - Cenace y gran cantidad de clientes que se obtendrían por el sistema de comunicación que se interlazarían por la fibra óptica.

Por eso que todo este trabajo del tendido de cable OPGW debe ser con cuidado para no tener fallas a futuro.

1.2.3 PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA OPGW PARA LA CONECTIVIDAD DE RED Y DISMINUCIÓN DE COSTOS ENTRE LAS PLANTAS ELÉCTRICAS PAMPA LARGA Y SECTIONALIZNG EN MINERA YACACOCHA

Fuente: *UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CAJAMARCA – PERU*

Resumen

El presente proyecto está enfocado a diseñar un sistema de fibra óptica OPGW con la finalidad de reducir los costos de infraestructura y obtener una conectividad de red de alta velocidad entre las plantas Pampa Larga y Sectionalizing en Minera Yanacocha, en el cual se presenta una aplicación de la metodología TOP DOWN.

En el CAP. I PLAN DE LA INVESTIGACIÓN; se muestra la realidad problemática de la empresa Minera Yanacocha con respecto al objeto de estudio. Formula una situación problema con la finalidad de encontrar solución de la misma, así como determinar los objetivos estratégicos que permitan la solución de lo planteado.

En el CAP. II MARCO TEÓRICO; sitúa el problema en estudio dentro de un conjunto de conocimientos sólidos y confiables que permiten orientar la búsqueda y ofrecen una conceptualización adecuada de los términos que se van a utilizar.

En el CAP. III METODOLOGÍA; El sistema es diseñado con la metodología Top Down.

Durante el diseño del proyecto se utilizan diferentes técnicas y modelos para representar al sistema existente, los nuevos requerimientos y una estructura para el nuevo sistema Una parte se enfoca en entender el flujo de datos, tipos y procesos que acceden o cambian datos.

En el CAP. IV DESARROLLO; Se procede a la aplicación de la metodología existente. En el CAP. V. y CAP. VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES; se trata de mostrar los resultados del estudio, así como las recomendaciones para la continuidad del proyecto.

Conclusión

Por lo expuesto anteriormente, el presupuesto de diseñar redes de fibra óptica OPGW, en tendidos de sistemas de alta tensión nuevos, es económicamente y técnicamente factible en comparación con los sistemas de tendido aéreo tradicional de fibra óptica (postes o ducterías)

El diseño de la topología física del sistema de Fibra Óptica OPGW sirvió para poder elegir el tipo de infraestructura para esta propuesta.

Recomendaciones

En instalaciones nuevas de tendido eléctrico de alta tensión, se recomienda la instalación de un Sistema de Fibra Óptica OPGW, por reducir costos de infraestructura, instalación, capital humano, en comparación con un tendido tradicional aéreo de cable de fibra óptica.

Se recomienda realizar el diseño de un sistema de Fibra Óptica OPGW, en conjunto con los responsables del tendido eléctrico para poder ubicar correctamente las cajas de empalmes y su respectiva reserva del cable de fibra óptica OPGW, en casos que se requiera posteriormente un mantenimiento preventivo o correctivo.

Una parte importante es la documentación de respaldo que se debe dejar una vez terminado el proyecto, esta documentación es a través de planos en AutoCAD para poder determinar el diseño físico que se realizó de la instalación del sistema de fibra óptica

Se recomienda al final del proyecto, realizar las mediciones de los enlaces de fibra óptica del Sistema OPGW con el equipo OTDR (reflectrómetro en el dominio del tiempo) para poder certificar la calidad del enlace, estas mediciones se deben realizar a cada uno de los hilos del cable de fibra óptica OPGW.

Durante los últimos quince años, los sistemas de comunicaciones han experimentado muchos cambios notables y dramáticos. Los sistemas de microondas terrestres han

alcanzado su máxima capacidad, y los sistemas de satélite pueden proporcionar, cuando mucho, sólo un alivio temporal a la gran demanda siempre en aumento.

Es obvio que sean necesarios sistemas de comunicación económicos que puedan transmitir gran cantidad de información y proporcionar un servicio de alta calidad. Este nuevo tipo de sistema de comunicación pudiera ser el de las fibras ópticas OPGW para las líneas de transmisión de 115 Kv que en este seguimiento de proyecto plantearemos para las subestaciones Tuxtla Sur - Real del Bosque de la empresa Comisión Federal de Electricidad y con ello mejorar la confiabilidad del enlace de la red de datos de ambas subestaciones, entre otras cosas conocer la infraestructura del sistema de comunicación y la realización de la instalación de fibra óptica para la supervisión y mantenimiento en cualquiera de las circunstancias de las licitaciones o levantamientos que asigna la empresa.

Las fibras ópticas poseen gran capacidad para transmitir información, sus costos resultan económicos y además, han sido probados experimentalmente demostrando que pueden ofrecer un servicio de alta calidad.

Los sistemas de fibra óptica representan una gran ventaja para las comunicaciones, ya que un cable estándar de 200 fibras es capaz de soportar 6.000.000 de conversaciones, mientras que un cable de cobre de tamaño similar sólo puede llevar 10.000 conversaciones. Debido a que los cables de fibra óptica no son conductores, éstos no se ven afectados por los cambios ambientales ni por corrientes eléctricas, además los mismos ofrecen mayor seguridad que los otros sistemas de comunicación.

En un cable de fibra óptica no se puede intervenir o interceptar información sin que el usuario se entere de esto, en cambio las señales de comunicación vía satélite o radio se pueden intervenir fácilmente para su decodificación, lo que hace que los cables de fibra sean de suma importancia en las grandes empresas, en operaciones militares y en toda la rama de la comunicación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Vale la pena hacer el presente proyecto porque con el invertiremos en un sistema de comunicación con beneficios económicos que proporcione un servicio de alta calidad para el enlace de datos de las subestaciones Tuxtla Sur – Real del Bosque.

Este nuevo sistema aporta un enlace de comunicación con fibra óptica OPGW en líneas de transmisión de 115 Kv que permite mejorar la ampliación de las subestaciones unidas radialmente en líneas de 115 Kv con 6.36 km de fibra monomodo montadas sobre estructuras de torres metálicas y postes de hormigón.

Teniendo en su principal concepto la especificación de requisitos técnicos para el suministro, la instalación, capacitación del personal, pruebas y puesta en servicio de la instalación del cable OPGW para garantizar la operación del sistema de telecomunicaciones.

Este proyecto enfoca primordialmente en el enlace de espectro disperso a 2.4 GHz la cual organiza en 79 canales con un ancho de banda de 1MHz cada uno. Incrementando el ancho de banda de 1 MHz a 100 MHz para las subestaciones. La cual garantizara una mayor confiabilidad al medio de comunicación para la protección de líneas de 115 Kv en las dos subestaciones.

1.4 OBJETIVOS

Verificar la elaboración de proyecto y verificación de la instalación de enlace de fibra óptica OPGW de la Subestación Tuxtla Sur a la Subestación Real del Bosque.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar tipo de fibra y materiales a utilizar
- Elaboración de proyecto
- Seguimiento de proyecto
- Revisar en campo el proyecto
- Seguimiento de licitación del proyecto
- Supervisión de cable OPGW
- Revisión de medición de atenuación de enlace de fibra óptica, que cumpla con lo solicitado de acuerdo al proyecto

CAPITULO II – UNIDAD RECEPTORA

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPO

Este proyecto fue trabajado en la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que es una empresa de clase mundial de servicios eléctricos. El proyecto estuvo a cargo de la oficina de telecomunicaciones del área de Distribución de la Zona Tuxtla, en la supervisión de instalación de fibra óptica que se realizó en la Subestación Tuxtla Sur a la Subestación Real del Bosque de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

El área de Telecomunicaciones de CFE se encarga del sistema de comunicaciones de subestaciones, en este caso, el centro de trabajo en la que labore, está a cargo la Zona de Distribución Sureste que abarca gran parte del centro del estado de Chiapas. La instalación del sistema de comunicación que existe entre la Subestación Tuxtla Sur y la Subestación Real del Bosque es óptima para la supervisión del enlace de comunicación que previamente fueron estudiadas.

Figura 8: Vista Aérea del lugar en Google Maps.

Vista Aérea del Lugar en Google Maps.

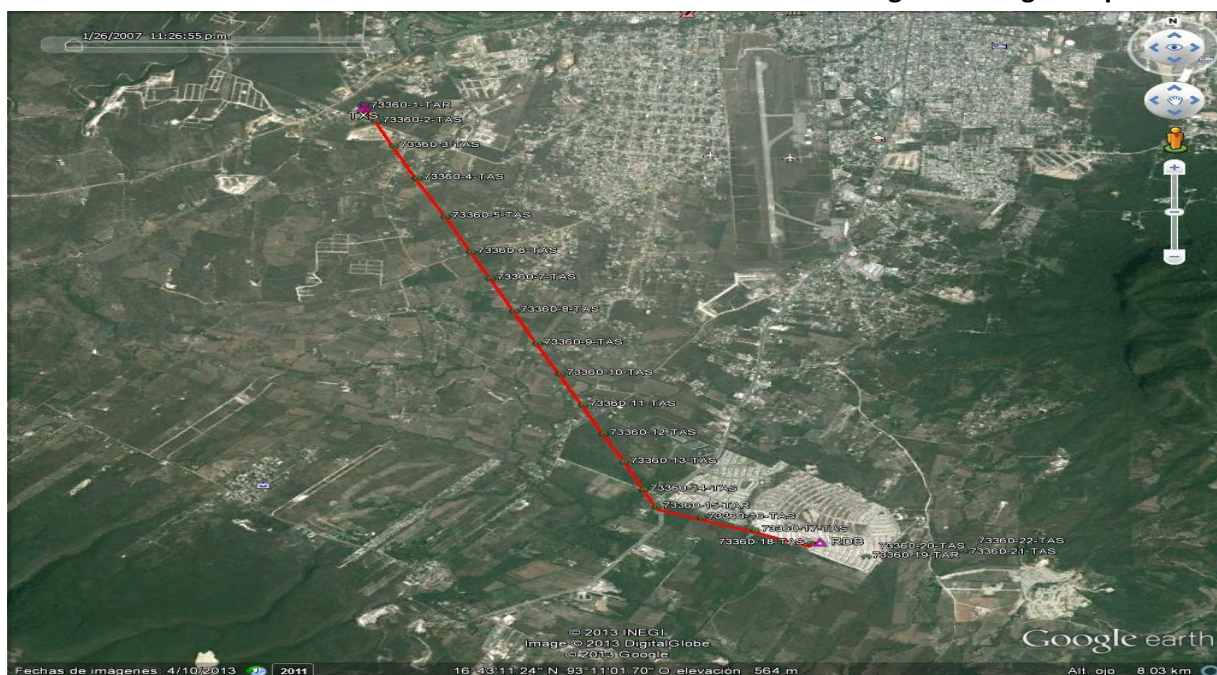


Figura 9: Subestación Tuxtla Sur



Figura 10: Subestación Real del Bosque



2.2 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZÁNDOS

- Aplicar de manera eficiente la capacitación obtenida.
- Mayor confiabilidad al medio de comunicación para la protección de líneas de 115 KV en las dos subestaciones.
- Incremento de ancho de banda para las subestaciones (1 a 100 Mb)
- Confiabilidad del enlace de datos de Subestación Real del bosque
- Realizar un análisis de calidad y hacer conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento del proyecto.

2.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	SEMANA PROGRAMADA DE TRABAJO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Analizar tipo fibra y materiales a utilizar	X	X														
Elaborar proyecto			X	x												
Seguimiento de proyecto					X	X										
Revisar en campo el proyecto							X	X								
Seguimiento de licitación del proyecto									X	X						
Supervisión de instalación de cable OPGW											X	X	X			
Revisión de mediciones de atenuación de enlace de fibra óptica, que cumplan con lo solicitado de acuerdo al proyecto.														X	X	X

- a) Analizar tipo fibra y materiales a utilizar: se analizó la fibra óptica monomodo los materiales y accesorios que se utilizan para la realización de este proyecto y los conceptos básicos para poder llevar a cabo la comunicación que la CFE transmite a sus subestaciones.
- b) Elaborar proyecto: En este punto se tenía elaborado el proyecto, se delinea las limitantes, las ventajas de la instalación y todo lo relacionado con esto.
- c) Seguimiento de proyecto: En este punto se hizo las verificaciones del proyecto y el estudio de las normas junto con el de la empresa. Los requerimientos para una puesta en servicio y las ordenes de trabajo que se realizan para dar seguimiento al proyecto realizado.
- d) Revisar en campo el proyecto: Realizamos el reconocimiento de campo con trabajadores a cargo del área de trabajo de este proyecto, un seguimiento del tendido de cable de fibra óptica que hay entre las subestaciones y las observaciones respectivas de supervisión para ver si estaban en orden técnicamente.
- e) Seguimiento de licitación del proyecto: En este caso la CFE licita los levantamientos y asigna los contratos una vez que se haya verificado el proyecto, que es lo que realmente trabajamos en este proyecto, por normas que tiene la empresa.
- f) Supervisión de instalación de cable OPGW: En este caso se supervisó la instalación del cable OPGW que estuviera correctamente y operando correctamente y se vio el trabajo de empalmes para una fusión de fibras.
- g) Revisión de mediciones de atenuación de enlace de fibra óptica, que cumplan con lo solicitado de acuerdo al proyecto:
Realizamos las debidas investigaciones de acuerdo al proyecto puesta en servicio, y nos apegamos a la normatividad que tiene la CFE para el trabajo y mantenimiento que tiene en los enlaces a las subestaciones implicadas. Cabe señalar que durante la estancia no hubo la necesidad de hacer alguna modificación o implementación al sistema ya la empresa nos requirió para la debida supervisión de la misma.

2.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Esta especificación especifica en detalle los requerimientos técnicos para:

- Consideraciones de Diseño básico y detallado
- Fabricación
- Suministro, empaque y transporte al sitio
- Montaje
 - Tendido y tesado del cable OPGW
 - Instalación de herrajes de suspensión y retención
 - Instalación de balancines
 - Instalación de puesta a tierra y grapas de fijación del OPGW
 - Instalación de amortiguadores
 - Instalación de balizas de señalización
 - Instalación de cajas de empalme, gabinetes o bastidores, cross conectores y terminales ópticos
 - Limpieza final

Estas especificaciones técnicas tienen por objetivo presentar todas las Instrucciones técnicas principales para la instalación de un enlace óptico que una las subestaciones Tuxtla Sur – Real del Bosque. Dentro de las limitaciones encontramos que la Comisión Federal de Electricidad licita que se hagan los levantamientos y asigna los contratos, verifica el proyecto y se adapta a las normas para ver los resultados propuestos.

CAPITULO III – FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 INSTALACIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Conocer los elementos pasivos básicos y la formula de su instalación en sistema de comunicación de enlace de datos de las subestaciones Tuxtla Sur – Real del Bosque.

3.1.1 Empalmes

El empalme de fibra óptica es la técnica que se utiliza para unir permanente dos fibras ópticas en una conexión de bajas perdidas.

Esta conexión se puede realizar usando uno de estos dos modos:

- Empalme por fusión
- Empalme mecánico

3.1.2 Empalme por fusión:

Proporciona la conexión de pérdidas más bajas. Para realizar el empalme de la fibra esta técnica utiliza un dispositivo denominado empalmadora de fusión. La empalmadora de fusión permite alinear con precisión las dos fibras, generando un pequeño arco eléctrico para soldar las dos fibras.

Una buena maquina empalmadora de fusión proporcionara empalmes consistentes, con bajas perdidas, generalmente menores que 0.1 dB para fibras monomodo o multimodo. Sin embargo, tales empalmadoras son bastante caras y voluminosas y pueden ser difíciles de manejar. Para una operación correcta se requiere generalmente que el fabricante imparta un curso de entrenamiento sobre empalmes.

3.1.3 Empalme mecánico:

Es una técnica alternativa de empalmado que no requiere una maquina empalmadora sofisticada. Utiliza un pequeño “mango” de empalme mecánico, aproximadamente de 6 cm de largo y de 1 cm de diámetro que une permanentemente las dos fibras.

Un empalme mecánico es un conector de fibra pequeño que alinea dos fibras desnudas de manera precisa y que las asegura mecánicamente. Para amarrar permanentemente la unión se utilizan cubiertas con resorte (snap), cubiertas adhesivas o ambas. Hay disponibles empalmes mecánicos para fibras monomodo o multimodo, pero con mayores pérdidas por empalme que las del empalme por fusión (generalmente menores que 0.5 dB) son pequeños y fáciles de usar y convenientes para reparaciones rápidas o instalaciones permanentes. Las pérdidas de conexión de los empalmes mecánicos son mayores que las de los empalmes por fusión y están en el rango comprendido entre 0.1 y 0.8 dB.

3.2 CONECTORES

Los conectores ópticos constituyen uno de los elementos más importantes de los sistemas de comunicaciones ópticas.

Se define el conector óptico como aquel dispositivo removible, el cual permite fácil, rápido y manual acoplamiento y desacoplamiento entre fibras, fibra y fuente, y entre fibra y detector. Es diseñado para ser conectado y desconectado muchas veces.

Los conectores por lo general son necesarios para conectar las fibras a las fuentes (en los transmisores ópticos) y a los detectores (en los receptores ópticos). Estos deben asegurar la máxima transferencia de potencia óptica.

Mientras que las técnicas de conexión de conductores de cobre son realmente sencillas y no muy caras; las de fibra requieren de una propuesta diferente, con equipos y herramientas especiales.

Los conductores de cobre son unidos directamente por medio de soldaduras o por el uso de conectores que son enganchados o soldados a los conductores.

La conexión de las fibras ópticas exige un alineamiento preciso de sus núcleos, de modo que la mayor cantidad de luz sea acoplada de una fibra a otra.

a) Conectores de Férula única

Estos están formados por unidades “macho” que se interconectan por medio de una “hebra” común a ambos o adaptador óptico.

Constructivamente constan de una pieza central o cánula, que en lo sucesivo denominaremos férula, que aloja en su interior la fibra óptica desnuda.

Realiza una doble función pues la parte interna de la férula retiene mecánicamente la fibra óptica y la parte exterior de la férula guía a la fibra cuando se inserta el conector en la hebra común de acoplamiento o acoplador óptico.

La parte exterior del conector o cuerpo del mismo es una carcasa metálica que realiza la función de inmovilizar mecánicamente al conector en el acoplador óptico. Los materiales que habitualmente se emplean para construir las férulas de los conectores ópticos son:

Aluminio, acero inoxidable, acero inoxidable niquelado, circonio y materiales cerámicos.

Los materiales que habitualmente se emplean para construir las carcasas de los conectores ópticos son: Acero inoxidable, acero inoxidable niquelado, plástico y polímeros.

Existen en el mercado conectores muy populares como son el FC, SC, ST, D4, DIN, E2000, etc., los cuales presentan diferentes formas, tamaños y mecanismos de interconexión, pero lo que tienen en común es la férula.

Figura 11: Tipos de conectores comerciales



Conector FC



Conector SC



Conector ST

La férula en algunos conectores puede ser pulida para asegurar un acabado suave de la fibra. También sirve para minimizar las pérdidas y reflexiones del conector dependiendo de la forma y el Angulo. La calidad de los conectores también depende del parámetro de reluctancia ($R = 10 \log \frac{P_r}{P_i}$), que expresa la cantidad de luz que regresa a la fuente; en relación a este parámetro se tienen en el mercado diferentes tipos de conectores, tales como: Planos, Physical Contact (PC), Súper PC (SPC), Ultra PC (UPC) y Angled PC (APC)

3.2.1 Plano

La cara de la férula es permanente plana. De todos los conectores ópticos es el que tiene por reflectancia.

3.2.2 Physical Contact (PC)

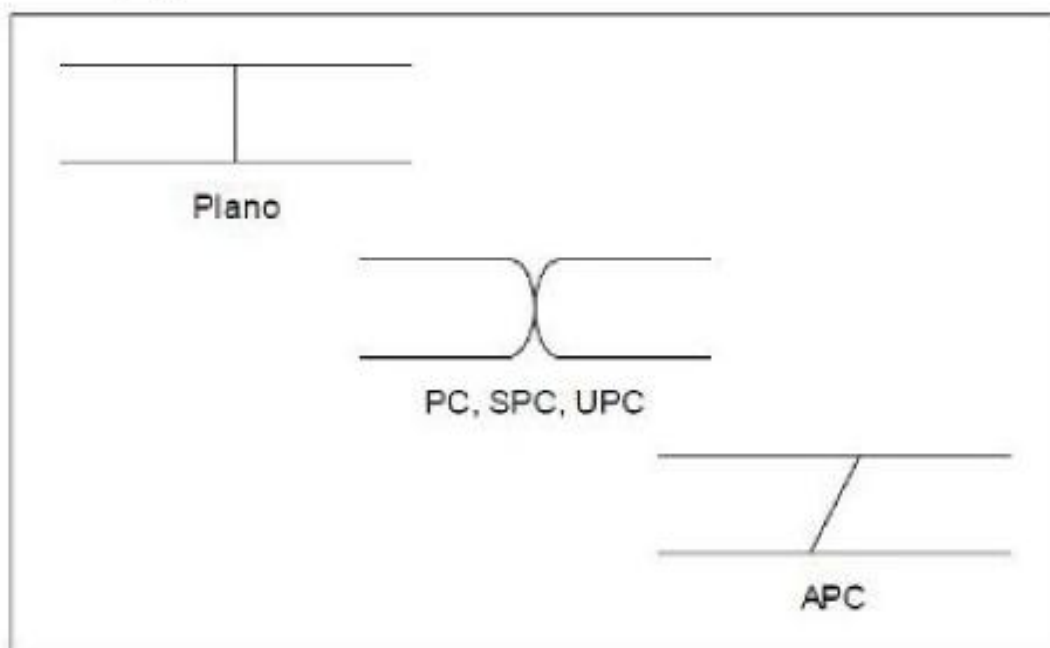
Fue desarrollado para eliminar las pérdidas en el conector causadas por la brecha entre dos finales de fibra. La conexión fue optimizada haciendo una pequeña curvatura al final de la férula en contraste con lo anterior forma plana de la cara de la férula.

Este principio es aplicado a cualquier tipo de conector: FC, SC, ST, etc., y da como resultado valores de pérdida de inserción típicos de 0.3 dB y valores promedios de Reflectancia (llamada también Pérdidas de retorno) de -40 dB en fibras monomodo, dependiendo si es PC, SPC o UPC.

3.2.3 APC (Angled Physical Contact)

Es el tipo de conector que presenta mejores prestaciones ópticas. Presenta caras de férula con ángulos de 8° y 9° que podrían ser planas o convexas. Este método elimina casi toda reflexión al final del conector, y proporciona una reflectancia de -60 dB aproximadamente.

Figura 12: Tipos de pulido de conectores de férula única



b) Conectividad

Debido al Angulo especial usado en los conectores APC, no son compatibles con PC, SPC o UPC. Una conexión entre el conector APC y otro tipo de conector debe ser descartada, ya que resultaría una alta pérdida de inserción y de retorno que la especificada para cada conector.

Los conectores PC, SPC y UPC son todos compatibles, cualquier conexión entre ellos genera una pérdida de inserción típica de 0.3 dB.

Las pérdidas por retorno (Reflectancia) son más difíciles de predecir cuándo se interconectan diferentes tipos de conectores, pero generalmente caen entre las especificaciones de pérdidas por retorno individuales para cada tipo. Por ejemplo, una conexión entre FC/SPC y FC/UPC debe dar una pérdida por inserción de 0.3 dB y una pérdida por retorno de alrededor de -55dB.

Así, los equipos de prueba con conductores UPC son capaces de medir pérdidas en el sistema de conectores PC, SPC y UPC sin deteriorar la performance de tal sistema. Por otro lado, los equipos de prueba con conductores PC no son capaces de medir sistemas con SPC y UPC por la pérdida por retorno en el conector del propio equipo puede ser mucho mayor que las pérdidas por retorno del sistema mismo.

c) Terminación de una fibra óptica

Existen dos técnicas diferentes para terminar una fibra óptica

Ambas son comunes en toda la industria. La técnica del conector instalable “in situ” es el proceso de terminar directamente una fibra óptica con un conector. Son conectores especialmente diseñados que se instalan directamente en la fibra del cable.

La técnica del pigtail utiliza para terminar la fibra, un latiguillo de fibra óptica ensamblado en fábrica o en laboratorio. Ambas técnicas tienen sus ventajas y aplicaciones.

d) Conector instalable en campo (in situ)

La técnica del conector instalable en campo permite la terminación directa de las fibras ópticas utilizando conectores especialmente diseñados para este propósito. El procedimiento de instalación implica el fijado del conector en la fibra óptica del cable con epoxy y luego el pulido del extremo del conector para proporcionar una conexión de bajas pérdidas.

El producto final es un cable con conectores directamente instalados en las fibras ópticas. La ventaja de esta técnica es que no se requieren empalmes para la terminación. Se elimina el coste del empalme y de la bandeja de empalmes. Los conectores son también más baratos que los pigtails, pero su instalación lleva mucho tiempo, incrementando por lo tanto el coste del trabajo. Para una instalación que se usa cable de estructura ajustada con un bajo número de fibras, esta técnica puede resultar atractiva.

La desventaja de esta técnica es que lleva mucho tiempo y que no es popular para la terminación de fibras monomodo. Se requiere el curado del pegamento del conector y un meticuloso pulido de la fibra. Para las fibras multimodo, la calidad resultante de la conexión es generalmente buena. La calidad de la conexión depende considerablemente de la técnica utilizada por el instalador. Debido al tamaño tan pequeño del núcleo de las fibras monomodo (10 micras) es difícil lograr in situ un buen pulido del extremo de la fibra. En su lugar se usan frecuentemente pigtails preparados en fábrica.

Los conectores se pueden instalar tanto en un cable de fibra óptica ajustada como holgada. Sin embargo, se debe tener un cuidado extremo al terminar con conectores un cable de estructura holgada.

Las fábricas ópticas de un cable de estructura holgada no están protegidas por una cubierta y se pueden romper fácilmente si no se manejan con cuidado, se puede introducir un manguito protector en cada fibra de tubo holgado para suministrar soporte y protección adicional.

e) Conector tipo Pigtail

La técnica de terminación con pigtail implica el empalme de un latiguillo ensamblado en fábrica con una fibra óptica. Esto asegura la instalación de calidad del conector, con bajas pérdidas de potencia y bajas pérdidas de retorno en la conexión. Debido al empalme requerido las pérdidas por empalme deberían ser computadas en el dimensionamiento del enlace. Se utilizan frecuentemente una bandeja de empalmes y una caja de empalmes para alojar el empalme y el conector. Los conectores hechos en fábrica proporcionan las pérdidas ópticas más bajas posibles, la mayor seguridad y las menores pérdidas por retorno tanto para fibras monomodo como multimodo.

El pigtail puede tener cualquier longitud, permitiendo la mejor la mejor disposición de la fibra óptica en los armarios del equipamiento. Este es el camino más fácil para terminar un cable de fibra óptica y puede ahorrarnos mucho tiempo en terminaciones de cables con un gran número de fibras. Este método es popular para fibras monomodo y para terminaciones de cables de estructura holgada.

Figura 13: Pigtails



Las desventajas de este método son el alto coste de un pigtail si se compara con un conector instable en campo, la necesidad de hacer un empalme en la fibra y el requerimiento de usar una bandeja de empalmes y un panel de conexión o una caja de empalmes.

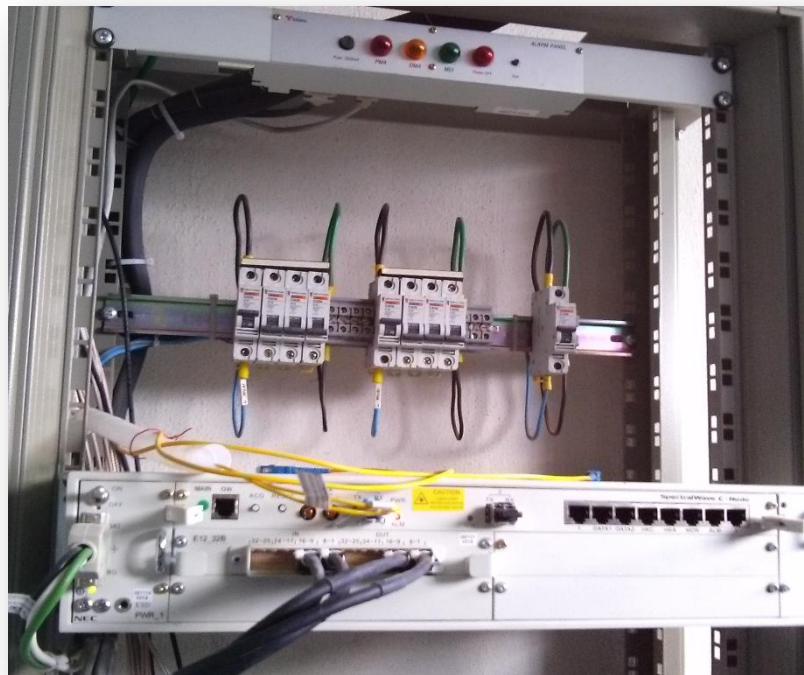
3.3 PANELES DE DISTRIBUCIÓN DE FIBRAS

Un panel de conexión de fibra óptica térmica, el cable de fibra óptica. Permite que el cable sea conectado al equipamiento mediante cordones de conexión de fibra óptica.

Suministra un punto de acceso al equipamiento y a la planta de cable de fibra. Las fibras pueden interconectarse, probarse o intercambiarse rápidamente entre el equipamiento óptico. Los paneles de conexión permiten también un etiquetado fácil de las fibras y proporcionan un punto de demarcación de enlace

El panel de conexión se diseña con dos comportamientos: uno contiene los receptáculos de cabecera o adaptadores y el segundo se usa para la bandeja de empalmes y el almacenamiento del exceso de fibra. Las bandejas de administración de los cordones de conexión son opcionales para algunos paneles de conexión y hacen posible el almacenamiento ordenado de longitudes excesivas de cordones de conexión. Los paneles de conexión se encuentran disponibles en versión de montaje en pared o montaje en rack y se sitúan frecuentemente cerca del equipo terminal (dentro del enlace del cordón de conexión).

Figura 14: Panel de distribución



Si se montan en un rack se debería considerar la colocación vertical. Se debería dejar el suficiente espacio por encima y por debajo del panel para que los cables de fibra óptica entren a la caja. Puede que el montaje del equipamiento en esta área no sea posible debido a los cables. A la hora de terminar el cable en los puntos de conexión debería tenerse siempre en cuenta el mínimo radio de curvatura del cable.

El panel de cabecera o frontal del panel de conexión contiene el adaptador (también conocido como receptáculo). El adaptador permite el conector del cable aparearse con el conector apropiado del cordón de conexión

Proporciona una conexión de bajas pérdidas después de muchas conexiones.

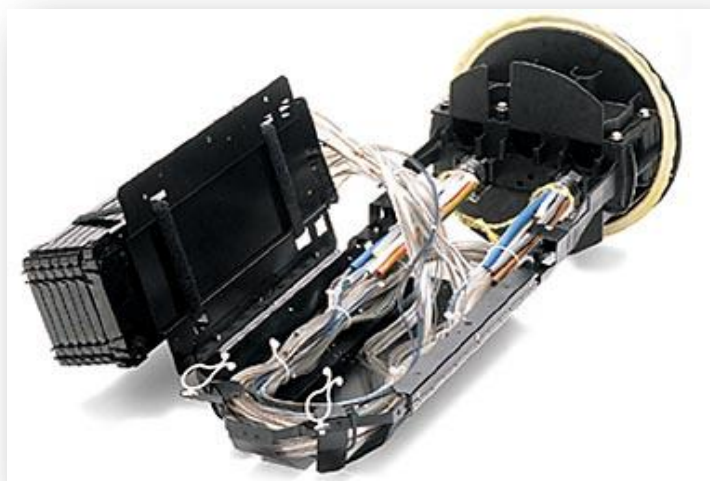
El cable de fibra óptica en un panel de conexión se puede acabar mediante las técnicas de terminación de fibras con pigtails o con conectores instalables. La técnica de terminación con pigtail requiere hacer un empalme y usar una bandeja de empalmes. Sin embargo, esta técnica proporciona mejor conexión y generalmente es más rápida de completar.

La técnica del conector instalable lleva más tiempo pero no requiere empalme ni bandeja, por lo que reduce el coste del material. Esta técnica es de uso frecuente en cables con protección ajustada. Antes de hacer cualquier conexión de un cable de fibra asegúrese de que todos los conectores y receptáculos están limpios. Las conexiones deberán ajustadas únicamente con los dedos. Durante la conexión nunca debe rotarse la fibra.

3.4 CAJA DE EMPALMES

Las cajas de empalme se utilizan para proteger del entorno tanto el cable de fibra óptica peleado como los empalmes. Hay cajas para montajes interiores y exteriores. La del tipo exterior debería ser a prueba de intemperie y con sellado impermeable. En la imagen se muestra una caja de empalme.

Figura 15: Caja de empalmes



El cable de fibra óptica se mantiene sujeto mediante abrazaderas y el miembro de refuerzo se amarra fuertemente al soporte de la caja. Los miembros de refuerzo metálicos se llevan a tierra.

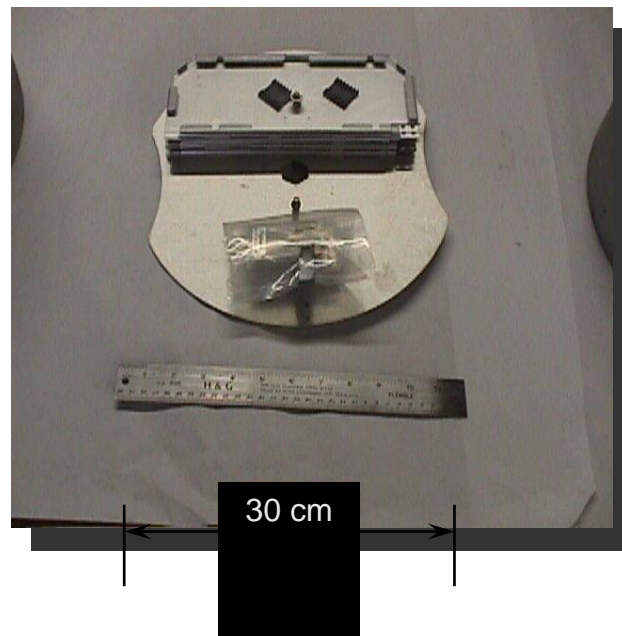
La envoltura de la fibra óptica se detiene en las abrazaderas de la caja de empalmes. Los tubos de la fibra óptica, las fibras individuales con protección gruesa o los pigtailes se fijan por medio de las palomillas y continúan hasta las bandejas de empalme. Las fibras ópticas individuales no deberían estar expuestas. Hoy en día los empalmes están contenidos en a bandejas de empalme.

a) Bandejas de empalme

Las bandejas de empalme se usan para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión. Hay bandejas disponibles para muchos tipos de empalmes, incluyendo varios empalmes mecánicos con marca registrada, empalmes por fusión desnudos, empalmes por fusión con funda termocontraíble, etc. La bandeja de empalme debería adaptarse al tipo de empalme realizado.

Por ejemplo, una bandeja de empalme diseñada para alojar un empalme mecánico no debería albergar un empalme por fusión desnudo.

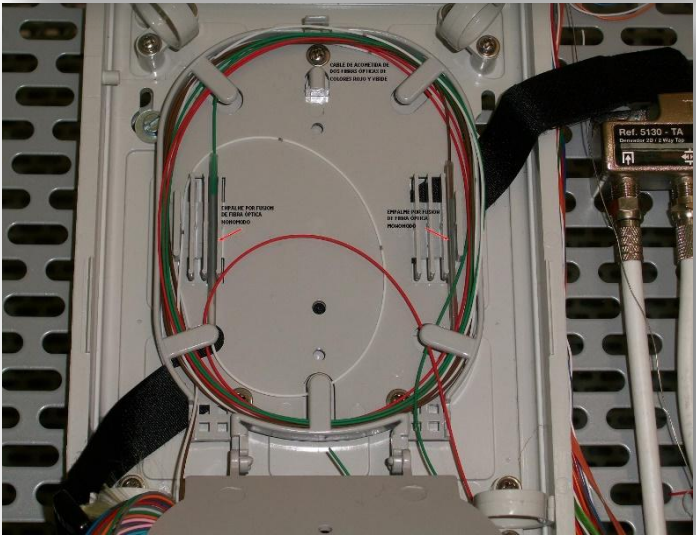
Figura 16: Charola de Empalme



Las bandejas de empalme pueden ser sensibles a la longitud de onda óptica. Una bandeja de empalme diseñada para 810 nm puede causar una atenuación adicional a una longitud de onda 1550 nm. Debería especificarse siempre la longitud de onda óptica de operación a la hora de comprar las bandejas.

Las bandejas de empalme normalmente dan cabida hasta doce empalmes y un gran número de ellos se usan juntos para empalmar un cable largo de fibra. Todas las fibras de la bandeja terminan en el tubo de protección del cable. Si es necesario desviar algunas fibras a una bandeja diferente deberían usarse divisores de tubos adecuados. No deberían exponerse las fibras sin protección fuera de la bandeja de empalmes. Cuando se monte el empalme en la bandeja se deberá trabajar con cuidado. El radio de curvatura de las fibras individuales se deberá mantener tan grande como fuera posible (mayor que el mismo radio de curvatura del cable). Las imágenes, muestran la vista interior de una caja de empalme.

Figura 17: Interior de una caja de empalme



3.5 TERMINACIÓN DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Un cable de fibra óptica se puede ser terminado en diferentes configuraciones.

a) Terminación sin caja

La terminación de un cable de fibra óptica sin una caja es el tipo de terminación más simple y menos costosa. Se utiliza principalmente para la terminación de cables de estructura ajustada en interiores con un bajo número de fibra (normalmente menor que seis). Este tipo de cable es ligero y flexible y se puede extender directamente hasta el equipo óptico terminal. Cada fibra del cable se termina directamente con un conector instalable en campo.

El extremo de cable de fibra óptica se prepara pelando aproximadamente un metro de la cubierta o protección del cable y de otras capas protectoras, para exponer las fibras individuales con protección para proporcionar soporte y protección adicional.

Entonces se termina las fibras usando la técnica de conector instalable. Finalmente se añade al extremo del cable un manguito de protector de bifurcación para descargar de tensión a las fibras.

Se puede utilizar la técnica de terminación del cable para cables de estructura holgada de bajo número de fibras. Sin embargo, deberían usarse los kits apropiados de terminación en abanico (disponibles por la mayoría de proveedores de fibra). Las fibras del cable de estructura holgada están desnudas, con poco soporte y se pueden dañar o romper fácilmente. El kit en abanico incluye manguitos que se pueden poner a las fibras individualmente para proporcionar protección y soporte.

También incluye una unidad de bifurcación que proporciona una terminación adecuada del cable y del tubo holgado. Para la terminación del tubo holgado, y cuando sea posible, deberá utilizarse la bandeja y caja de empalmes, especialmente para los pesados cables exteriores.

La aplicación de esta técnica incluye los enlaces de video o redes RAL con bajo número de fibras.

b) Terminación en una caja de empalmes

La terminación en una caja de empalmes permite la terminación de cables de estructura holgada o ajustada usando la técnica de terminación con pigtail. Se puede usar para cables de interiores con un número elevado de fibras. Los pigtail hechos en fábrica tienen cubiertas protectoras que les permite recorrer las cabinas o armarios (racks) y conectarse al equipamiento óptico. La terminación en una caja de empalmes supone una técnica de terminación efectiva del cable, que utiliza menos componentes que la terminación en paneles de conexión (no se requieren cordones de conexión) y elimina pérdidas por conexión. Sin embargo no es tan versátil con la terminación en un panel de conexiones.

c) Terminación en paneles de conexiones

La terminación del cable en un panel de conexiones es las configuraciones más versátil. Proporciona una conexión e identificación rápida y fácil de la fibra y permite la conexión con un cordón de conexión o la conexión cruzada entre el equipamiento y otros cables de fibras.

El cable de fibra óptica se puede terminar usando la técnica del pigtail o la del conector instalable. Las fibras ópticas se empalman a los pigtails, que a su vez se conectan a los adaptadores de la cabecera del panel de conexiones. Un cable de fibra óptica puede tener estructura holgada o ajustada con fibras monomodo o multimodo.

Para los conectores instalables en campo, las fibras ópticas del cable se terminan “in situ” y luego se conectan a los adaptadores del frontal del panel de conexiones. No se requieren empalmes. Estas técnicas funcionan mejor con una fibra multimodo de protección ajustada.

La instalación precisa en campo de conectores para una fibra monomodo puede no ser factible. Se puede utilizar también un cable de estructura holgada en esta configuración; sin embargo, deberían protegerse las fibras desnudas con maguitos de fibra deslizantes y deberían disponerse en abanico en una bandeja de empalmes.

En la siguiente tabla se da una guía del tipo de cubierta o protección de fibra óptica que se puede utilizar para varias aplicaciones.

Figura 18: Guía del tipo de cubierta o protección de fibra óptica

	Bandejas de empalmes	Caja o panel de conexiones	Cabina Rack o conducto	Interiores	Exteriores
Fibra desnuda	X				
Fibra con protección primaria o con manguito	X	X			
Cordón de conexión o pigtail		X	X		
Cable ignífugo			X	X	
Cable de exteriores					X

3.6 EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE CABLES PARA UNA RED ÓPTICA

Estamos viviendo un creciente interés de las empresas de Telecomunicaciones en utilizar el cable óptico en las redes de abonado. Este factor advierte las inherentes ventajas de las fibras en los sistemas ópticos en relación al medio físico basado en partes metálicos, principalmente cuando diseñado una digitalización de la transmisión y el fortalecimiento de nuevos servicios de banda ancha.

La utilización de fibras ópticas en las redes de abonado, denominados internamente FITL (Fiber In The Loop), está motivando sustancialmente que los proveedores de los diversos componentes, pasivos y activos, de este sistema, por la simple razón de consistir en una tendencia inequívoca en un gran mercado potencial.

Internacionalmente, la utilización de la fibra óptica en la red de abonado ya se remonta a algunos años, con diversos experimentos de campo realizados y con aplicaciones efectivamente consolidadas en la operación. Los puntos clave que van orientando estos desenvolvimientos y aplicaciones, en busca de un costo competitivo con las tecnologías existentes, basadas en los pares metálicos, ven con una confiabilidad y habilidad de atender futuros servicios de banda ancha.

Entretanto, lo que se puede observar es una diversidad de soluciones adoptadas, con características y tecnologías particulares, motivadas por la situación vigente (topología de redes, mercado, regulación, economía, etc.) no existiendo a un consenso entre operadoras y entre países sobre una mejor arquitectura y componentes para estas redes de acceso.

3.6.1 Los cables ópticos

En una red de abonado, es necesaria la utilización de cable de lata potencialidad (elevado número de fibras ópticas), que pueden variar por el tipo de topología adoptada.

Así mismo, como los demás enlaces ópticos, o cables ópticos de ROA desempeñan un papel fundamental, u por lo tanto, el tipo a ser adoptado debe ser por un criterio bien estudiado, llevando en consideración las diversas exigencias, necesidades y características de la misma.

Del punto de vista de las operadoras, los cables ópticos deben presentar básicamente:

- Confiabilidad.
- Buen desempeño.
- Reducidas dimensiones.
- Peso reducido.
- Atendiendo a futuros requisitos.

Del punto de vista del instalador, los cables ópticos deben presentar también:

- Facilidades para la identificación de las fibras ópticas.
- Facilidades para el manejo de las fibras ópticas.
- Facilidad/mayor velocidad de regeneración.
- Facilidades de instalación.

4.1 NORMAS

Los cables, sus accesorios, herrajes y las herramientas deberán ser diseñados y probados de acuerdo con la última revisión de las normas que se indican a continuación. Los fabricantes de todos los elementos y los suministradores de las materias primas deben poseer certificación vigente para la producción de los mismos según las normas ISO serie 9000.

ASTM:

- A90 Weight of coating on zinc-coated (galvanized) iron or steel articles.
- A153 Zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware.
- A239 Test for locating the thinnest spot in zinc (galvanized) coating on iron or steel articles by the Preece test (copper sulfate dip). Standard Practice for Locating the Thinnest Spot in a Zinc (Galvanized) Coating on Iron or Steel Articles.
- A47 – Malleable Iron Casting
- A48 – Gray iron Casting
- A123 – Zinc (hot galvanized) coating on products fabricated from rolled, pressed and forged steel shapes, plates, bars and strips.
- A143 – Recommended practice for safeguarding against embrittlement of hot – dip galvanized structural steel products and procedure for detecting brittleness.
- A148 – High Strength steel casting for structural purposes.
- A164 – Electrodeposited coating of zinc on steel.
- A283 – Low and intermediate tensile strength carbon steel plates of structural quality.
- A307 – Low carbon steel externally and internally threaded standard fasteners.

- A325 – High – strength bolts for structural steel joints including suitable nuts and plain Hardened Washers.
- A354 – Quenched and tempered alloy steel bolts and studs with suitable nuts.
- A370 – Mechanical testing of steel products.
- A385 – Providing high quality zinc coating (hot – dip) on assembled products.
- A438 – Method of transverse testing of gray iron.
- A449 - Quenched and tempered steel bolts and studs.
- A475 - Zinc coated steel wire strand.
- A536 – Ductile iron castings.
- A563 – Specification for carbon and alloy steel nuts.
- A668 – Steel forging, carbon and alloy, for general industry use.
- B398 Standard Specification for Aluminum Alloy 6201-T81 Wire for electrical purpose
- B415 Standard Specification for Hard-Drawn Aluminum-Clad Steel Wire.
- B483 Aluminum and Aluminum Alloy Tubes for General Purpose Applications.
- B6 – Zinc metal (slab zinc).
- B26 – Aluminum alloy sand castings.
- B85 – Aluminum alloy die castings.
- B193 – Resistivity of electrical conductor materials.
- B210 - Aluminum alloy drawn seamless tubes.
- B211 - Aluminum alloy bars rods and wires.
- B221- Aluminum alloy extruded bars, rods, shapes and tubes.
- B233 – Aluminum rolled rods for electrical purposes.
- B398 – Aluminum alloy 6201 – T81 wire for electrical purposes.
- E138 Standard method for wet magnetic particle inspection
- E155 Reference radiographs for inspection of aluminum and magnesium

CEI:

- 7-9 Morsetteria per linee elettriche aeree per trasporto di energia con conduttori nudi.

ICONTEC:

- NTC-2076 Galvanizado por inmersión en caliente para herrajes y perfiles estructurales de hierro y acero.
- NTC ISO 2859-1 Procedimiento de muestreo para inspección por atributos, con planes de muestreo por el Nivel Aceptable de Calidad (AQL).

IEC:

- 60793-1-1: Optical fibers. Part 1: Generic Specification - Section 1: General.
- 60793-1-2: Optical fibers. Part 1: Generic Specification - Section 2: Measuring methods for dimensions.
- 60793-1-3: Optical fibers. Part 1: Generic Specification - Section 3: Measuring methods for mechanical properties.
- 60793-1-4: Optical fibers. Part 1: Generic Specification - Section 4: Measuring methods for transmission and optical characteristics.
- 60793-1-5: Optical fibers. Part 1: Generic Specification - Section 5: Measuring methods for environmental characteristics.
- 60794-1: Optical fibers cables. Part 1: Generic Specification.
- 60794-2: Optical fibers cables. Part 2: Product Specification.
- 60794-3: Optical fibers cables. Part 3: Telecommunications cables.
- 1089: Round wire concentric lay overhead electrical standard cables.
- 1232: Aluminum-clad steel wire for electrical purposes.
- 1395: Creep test procedures for stranded cables.

IEEE:

- STD 1138-1994: Standard Construction of Composite Fiber Optic Overhead Ground Wire (OPGW) for Use on Electric Utility Power Lines.
Paper No. 31TP65-156: Standardization of cable vibration measurements

ITU-T:

- G.652 (1993): Características de un cable de fibra óptica monomodo.
- G.650 (1993): Definición y métodos de prueba para los parámetros relevantes de fibras mono-modo.
- **ISO**
9001 Quality system – Model for quality assurance in design/development, production installation and serving.

Cuando se presente un conflicto entre lo estipulado en estas especificaciones y lo estipulado en las normas indicadas, prevalece lo estipulado en las especificaciones.

4.2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS MATERIALES A SER SUMINISTRADOS

4.2.1 CARACTERISTICAS DEL CABLE GUARDIA OPGW

El Cable de Guardia Fibra Óptica, Centra Core OPGW CC-29/29/465, con las características siguientes:

<u>CÓDIGO</u>	<u>OPGW</u>
Tamaño KCM	CC-29/29/465
Numero de hebras	
Aluminio	
Acero	0
Diámetro Total mm	11.80
Área Total mm ²	80,52
Peso Kg/m	0,354
Tensión de Rotura Kg	4878
Coeficiente de dilatación térmica 1/°C *10 ⁻⁶	18,9
Módulos Elásticos	
○ Final kg/mm ²	-----
○ Inicial kg/mm ²	-----
Carga con viento 100 km/h	
○ Fuerza horizontal kg/m	0,563
○ Resultante kg/m	0,665

4.2.2 CONDICIONES BASICAS PARA EL REGULADO DE CONDUCTORES

Las condiciones de flechado para el Cable de Guardia son las siguientes:

CABLE DE GUARDA OPGW

- Tensión a viento máximo 100km/hr 40% Tensión de rotura
- Tensión inicial a -10°C, sin viento 20% Tensión de rotura
- Tensión final a 20°C, sin viento 14% Tensión de rotura

Para un vano de 90 m se tiene las siguientes tensiones y flechas:

Vano = 90 m

Descripción	Cable OPGW	
	Inicial	Final
Viento max 100 kph	1047	835
NESC Ligera 96 kph	1117	893
Viento moderado 75 kph	895	678
Sin viento a 18°C	889	655
Temperatura -10°C	1188	930
Temperatura 55°C	533	386
Temperatura 60°C	493	361
Temperatura 75°C	394	302

Vano = 90 m

Descripción	Cable OPGW	
	Inicial	Final
Viento max 100 kph	0.70	0.70
NESC Ligera 96 kph	0.63	0.63
Viento moderado 75 kph	0.56	0.56
Sin viento a 18°C	0.44	0.44
Temperatura -10°C	0.33	0.33
Temperatura 55°C	0.73	0.73
Temperatura 60°C	0.79	0.79
Temperatura 75°C	0.98	0.98

<ul style="list-style-type: none"> • Características ruta del proyecto 	<p>La ruta atraviesa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zona Central Urbana de la ciudad de Tarija - Zona Sub-urbana de la ciudad de Tarija <p>Mayormente existen materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sedimentarios (arcillas, limos y arenas)
<ul style="list-style-type: none"> • Rango de temperatura ambiente 	-10° C a 35° C
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de viento máxima 	100km/hr
<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de la zona 	Baja – Media
<ul style="list-style-type: none"> • Elevación sobre el nivel de mar 	1.980 msnm.
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel Isocerámico 	40 días con tormenta al año (4 rayos/km ² *año)

4.2.3 NÚCLEO ÓPTICO DEL CABLE

Esta sección especifica los datos requeridos para la fabricación de cable de Fibra Óptica OPGW de 24 fibras, 11.80 mm de diámetro, CC-29/29/465 y cable para aterramiento 5/16" (7.94 mm.) de diámetro, 7 hebras, grado común, galvanizado Clase B, a ser utilizado en líneas trifásicas de 115 KV, 50 Hz, circuito simple.

El núcleo óptico debe construirse utilizando uno o más tubos holgados para albergar las 24 fibras ópticas. El o los tubos holgados siempre deberán estar por debajo de la capa conductora superior del cable por razones de protección mecánica y eléctrica de las fibras

Ópticas en dicho/s tubo/s albergadas. El o los tubos deben ser fabricados en material resistente a altas temperaturas con un relleno de compuesto gel higroscópico que impida la penetración de agua.

El o los tubos deben proporcionar protección holgada a las fibras y ser fabricados por extrusión alrededor de estas, garantizando que bajo ninguna circunstancia en condiciones normales, la fibra trabajará bajo tensión debido a la longitud extra de fibra respecto a la longitud del cable.

El o los tubos donde se albergan las fibras ópticas deberán estar protegidos a la vez como refuerzo para protección mecánica tanto como para protección eléctrica y colaborará con la disipación térmica.

El código de colores deberá ser de fácil reconocimiento y cumplir con normas establecidas.

La coloración aplicada a las fibras debe ser de tonalidades diferentes y de fácil reconocimiento, según norma.

4.2.4 APLICACIÓN

Esta especificación aplica a los cables compuestos tierra / ópticos que se instalaran en las líneas de 115 Kv, donde la carga de rotura del hilo de tierra es ≥ 4800 kg; y, a aplicar en zonas donde el nivel ceráuneo es menor a los 100 días con tormentas año. Las mayores exigencias eléctricas a las que estará sometido el cable vienen por las descargas atmosféricas antes que de las corrientes de cortocircuito del sistema de potencia.

4.3 CARACTERISTICAS TECNICAS, MECANICAS, CONSTRUCTIVAS AMBIENTALES

a) CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y AMBIENTALES

El diseño constructivo admitido es con núcleo óptico central y tubo de aluminio, tecnología de tubo holgado.

4.3.1 CABLE CON NÚCLEO ÓPTICO CENTRAL Y TUBO DE ALUMINIO

El cable compuesto tierra / óptico está formado por un núcleo óptico central consistente en un tubo central de acero inoxidable o en cintas de fajadura, en cuyo interior se alojan las fibras ópticas de forma holgada, bien directamente agrupadas en mazos envueltos por una cinta o en tubos de protección de material plástico; en ambos casos el espacio de alojamiento de las fibras está relleno de un componente antihumedad. Éste núcleo óptico se encuentra a su vez dentro de un tubo estanco de aluminio.

Sobre el tubo de aluminio se cablea, una capa de hilos de acero recubierto de aluminio.

4.3.2 CÓDIGO DE COLORES PARA LOS CABLES DE 24 FIBRAS ÓPTICAS:

- **Número de tubos o cintas:** 4
- **Número de fibras por tubo o cinta:** 6
- **Colores de los tubos o cintas:** azul, blanco, rojo y verde
- **CABLE 18+6** (18 fibras G.652 y 6 fibras G.655)
- **TUBOS O CINTAS:** Azul, blanco y rojo
- **18 fibras G.652:** Amarillo, azul, blanco, gris, marrón, naranja.
- **TUBO O CINTA:** Verde
- **6 fibras G.655:** Negro, turquesa, verde, rojo, rosa y violeta

4.3.3 CONDICIONES AMBIENTALES

Los cables compuestos han de cumplir los requisitos exigidos bajo las condiciones ambientales:

- **Humedad relativa:**
 - **Mínima:** 65% hasta 55°C
 - **Máxima:** 93% hasta 40° C
- **Temperatura:**
 - **Funcionamiento:** $-30^{\circ}\text{C} \leq t \leq 70^{\circ}\text{C}$
 - **Picos de temperatura de corta duración:** $\leq 180^{\circ}\text{C}$
- **Instalación:** Intemperie

b) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

4.3.4 CABLE METÁLICO

- Diámetro nominal: 11 – 12 mm
- Sección de la parte metálica: 70 - 90 mm²
- Peso: 0,30 – 0,45 kg/m
- Carga rotura nominal \geq 4.800 Kg
- Radio curvatura mínimo \geq 600 mm

4.3.5 HILOS METÁLICOS

Los hilos (9 o 10 en una sola capa) deben ser de acero recubierto de aluminio.

- Material: Acero recubierto de aluminio por compresión S/UNE 21060

4.3.6 TUBO DE PROTECCIÓN DEL NÚCLEO ÓPTICO (CUANDO PROCEDA)

- Material: Aluminio
- Construcción: Estanco
- Espesor \geq 1 mm
- Relleno antihumedad: SI

4.3.7 TUBOS DE ACERO (CUANDO PROCEDA)

- Material: Acero inoxidable
- Construcción: Soldado

4.3.8 CABLE METÁLICO

- Resistencia por unidad de longitud en c.c. a 20° C $\leq 0,6$ ohmios/km
- Condiciones de cortocircuito y al rayo sin alteraciones de las características de transmisión de las fibras ópticas.
- Corriente de falla (kA) ≤ 12
- Tiempo (segundos) = 0,3
- $I^2 t$ (kA)² segundos ≥ 43.2

4.3.9 CABLE ÓPTICO

- Máxima temperatura soportable por las fibras y sus recubrimientos: 140° C.

c) CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

Los cables podrán incorporar fibras que cumplan la recomendación G.652 del ITU-T y la recomendación G. 655 del ITU-T según lo solicitado.

Las fibras G.652 estarán optimizadas para su uso en una longitud de onda de 1310 nm, pudiendo utilizarse también a 1550 nm.

En cualquier caso, el suministrador describirá las propiedades físicas y químicas del recubrimiento primario de las fibras ópticas y la mejor forma de eliminarlo sin dañar sus características.

4.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ÓPTICAS

a) Fibra monomodo (G.652)

- Longitud de onda de corte: 1100 – 1280 nm
- Prof. Test: $\geq 1\%$

b) Fibra monomodo (G.655)

- Prof. Test: $\geq 1\%$

4.5 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN

a) Fibra monomodo (G.652)

- El valor del PMD de las fibras será: $\leq 0,2 \text{ ps}\sqrt{\text{km}}$
- El valor del PMD de las fibras en cable instalado será: $\leq 0,5 \text{ ps}\sqrt{\text{km}}$
- Atenuación para 1310 nm: $\leq 0,39 \text{ dB/km}$
- Atenuación para 1550 nm: $\leq 0,28 \text{ dB/km}$
- Dispersión total para 1310 nm: $\leq 3,5 \text{ ps/km.nm}$
- Dispersión total para 1550 nm: $\leq 20 \text{ ps/km.nm}$

b) Fibra monomodo (G.655)

- El valor del PMD de las fibras: $\leq 0,2 \text{ ps}\sqrt{\text{km}}$
- El valor del PMD de las fibras en cable instalado será $\leq 0,5 \text{ ps}\sqrt{\text{km}}$
- Atenuación para $\lambda = 1550 \text{ nm} \leq 0,25 \text{ dB/km}$
- Atenuación para $\lambda = 1625 \text{ nm} \leq 0,27 \text{ dB/km}$
- Dispersión total para $\lambda = 1550 \text{ nm} \leq 8 \text{ ps/km.nm}$

4.6 PRUEBAS

4.7 ENSAYOS DE TIPO DE LA FIBRA ÓPTICA OPGW

- a) Curvatura de la fibra - Referencia: norma EIA -455-62.
- b) Ciclos térmicos - Referencia: norma EIA -455-3

ENSAYOS DEL CABLE OPGW COMPLETO

Las condiciones ambientales para la realización de ensayos deberán ser las siguientes:

- 1.- Los equipamientos de medición óptica deben estar acondicionados en ambientes cuya temperatura no varíe más de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante la ejecución de ensayos.
- 2.- A menos que se determine de otra forma, los ensayos se realizarán a temperatura ambiental.
- 3.- La variación de temperatura ambiental no debe provocar variaciones de atenuación en los empalmes ópticos.
- 4.- Las mediciones de atenuación óptica deberán ser realizadas con una fuente de señal óptica, longitud de onda nominal de 1550 nm y dos medidores de potencia óptica. La señal óptica deberá ser dividida en dos: una salida será conectada a un medidor de potencia y la otra a una de las extremidades de la fibra. El segundo medidor de potencia deberá ser conectada al retorno de la fibra de tal modo que la señal recorra todas las fibras de ensayo.

4.8 ENSAYOS DE CORRIENTE DE CORTO –CIRCUITO

El objetivo de este ensayo es de valorar los desempeños ópticos y mecánicos del cable OPGW cuando sea sometido a corto-circuito y el consecuente aumento de temperatura. Las definiciones presentadas a continuación se aplican solo a procedimientos de este ensayo.

Campo de ensayo. Se refiere a cualquier parte del cable, ferretería, dispositivo de medición u otros equipamientos asociados y que estén sujetos a corrientes de corto-circuito, aumento de temperatura o presiones mecánicas, causadas directa o indirectamente por el paso de corriente.

Campo de corriente. Se refiere a cualquier parte del cable, ferretería, dispositivo de medición u otros equipamientos asociados por el cual circule la corriente de corto circuito.

Fibra de ensayo. Son aquellas fibras ópticas unidas por fusión óptica para formar una longitud continua. La fuente de luz deberá ser conectada a una de las extremidades de esta longitud, cuando el medidor óptico es conectado en el otro extremo.

Longitud de ensayo es la longitud de las fibras que se soldaron y que se encuentran dentro del campo de corriente. Por ejemplo: Si la longitud de la fibra es de 6 metros y el campo de corriente es de 40 m entonces $6 \times 40 = 240\text{m}$ será la longitud del ensayo.

MONTAJE DE LA PRUEBA Y/O ENSAYO

- a) El ensayo de corriente de corte-circuito deben realizarse en una muestra de cable OPGW de longitud suficiente que permita asegurara 10 m de campo de corriente. El cable se debe utilizar en los extremos las grampas de tensión que son parte del suministro, el cable deberá ser tensionado por lo menos a 5% de la tensión de ruptura y todas las fibras deberán estar soldadas entre sí.
- b) Las soldaduras deberán estar dispuestas de tal forma que no esté dentro del campo de ensayo ni estén sujetas a vibraciones, tracciones repentinas o cambio de temperaturas provocada por los pulsos de corriente de corto-circuito.
- c) Debido a las tracciones significativas dentro el cable OPGW resultante del paso de corriente de corto-circuito, cada extremo del cable debe ser monitoreado. Dispositivos de sujeción deben ser conectados para evitar movimientos en las fibras ópticas.
- d) Las fibras deben ser alejados del campo de corriente en por lo menos 5 metros.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS

Una fuente óptica en 1550 nm. Debe ser conectada a un extremo de fibra óptica por medio de un acoplador óptico. El acoplador debe dividir la señal óptica en dos vías: una debe ser conectada al medidor de potencia óptica y en el otro extremo a la siguiente fibra por medio de fusión.

- El segundo medidor de potencia óptica debe ser conectado al extremo de la fibra óptica de retorno, de tal modo que la señal óptica recorra las fibras dentro el campo de ensayo, y sea leído en el segundo medidor.

- Los medidores de potencia o cualquier otro utilizado en el ensayo deben tener una fuente de alimentación del generador de corriente de corto circuito independiente.

La salida de medidor del señal óptico debe ser monitoreada continuamente desde una hora antes del inicio del ensayos hasta dos horas después de la aplicación del último pulso de corriente, debiendo ser capaz de captar variaciones de atenuación en intervalos de tiempo del orden de 0.1s.

- El ensayo debe ser realizado considerando una temperatura inicial para el cable OPGW de 50 °C (+ 5°C). En caso de no ser posible, el cable debe ser calentado por el paso continuo de corriente hasta que la temperatura llegue a ese valor.
- Se debe aplicar 10 pulsos de corriente de 50/60Hz, la duración de cada pulso está fijada por norma para simular descargas de corta duración, cada pulso debe tener asimetría plena. El valor de la amplitud de cada pulso será la que corresponda a los niveles de descarga esperados en la zona del proyecto. Después de cada pulso el cable OPGW debería volver a la temperatura entre 50 a 55°C.
- La atenuación óptica de las fibras ópticas deben ser continuamente monitoreadas, a partir por lo menos dos minutos antes y cinco minutos después de cada pulso de corriente.

La temperatura del cable OPGW debe ser medida por medio de termómetros de respuesta rápida, aislados apropiadamente y colocados en cada grupo de hebras metálicas, en el tubo metálico.

- El cable OPGW debe ser minuciosamente inspeccionado contra deformaciones y/o daños después del último pulso de corriente de ensayo, en particular los extremos y el medio.

4.9 ACEPTACIÓN Y RECHAZO

- El cable OPGW después del ensayo no debe presentar distorsión alguna en los elementos constructivos incluyendo las fibras ópticas, tubo metálico, elemento ranurado y demás componentes. Distorsiones de cualquier naturaleza que puedan ser distribuidas al ensayo, excepto aquellos procedimientos para realizar los ensayos, serán consideradas con motivo de rechazo.
- Será considerado motivo de rechazo cualquier registro de distorsión óptica medida, superior a 0.25 dB/Km así esta sea temporal.
- El entrapado (birdiaging) o quiebra de cualquier hebra del conductor metálico será también considerado motivo de rechazo.
- Ninguna de las temperaturas medidas, debe exceder la temperatura máxima indicada por el oferente en su propuesta.

4.10 ENSAYO DE VIBRACIONES EÓLICAS

El objetivo del ensayo es de evaluar el desempeño y la fatiga del cable OPGW, así como evaluar las características de las fibras ópticas cuando existen vibraciones eólicas típicas.

MONTAJE DE LA PRUEBA Y/O ENSAYO

- Los apoyos en los extremo mantendrán la tensión mecánica del cable. La muestra sometida al ensayo comprende la longitud del cable que está entre los dos apoyos intermedios, para lo cual se utilizará las grampas de tensión que deben ser provistas en esta licitación.
- Entre los soportes intermediarios, debe existir una longitud del cable OPGW de modo que permitirá el acceso a las fibras ópticas.
- La muestra del ensayo debe ser sujeta en sus extremos, antes de la tracción, de modo que impida el movimiento de fibras ópticas en relación al cable.
- Un dinamómetro, instalado entre los soportes intermedios y los extremos debe ser utilizado para realizar las mediciones de tensión mecánica en el cable. Deben existir medios para que se pueda mantener la tensión constante en función de posibles fluctuaciones de temperatura durante el ensayo.
- El vano activo mínimo, donde se debe encontrar el excitador, debe ser de 20 m. Una grampa de suspensión (parte integrante de este suministro), debe estar localizado aproximadamente a 2/3 de la distancia entre las dos grampas de anclaje o tensión.
- Esta grampa de suspensión debe estar soportado a una altura tal que el ángulo estático del cable en relación a la horizontal sea 1.5° ($-0.5 + 0.5^\circ$) en el vano activo.

Un vibrador electrónicamente controlado debe ser utilizado para excitar el cable en el plano vertical. La armadura del vibrador deberá ser fijada firmemente al cable, de modo que este perpendicularmente al cable en el plano vertical. El vibrador debe ser posicionado en el vano activo, de modo que permita un mínimo de 6 semiondas de vibración entre la grampa de suspensión y el vibrador.

Deberán existir medios para poder medir y monitorear la amplitud de vibración en el periodo de una semionda libre (central) y una semionda en los extremos.

Todas las fibras deben ser soldadas utilizando técnicas de fusión, las soldaduras deben ser hechas y dispuesta de tal modo que no queden expuestas a movimientos, tracción repentina provocada por simulación de vibraciones eólicas típicas o por manoseo, las mediciones de atenuación óptica debe ser realizadas utilizando una fuente óptica, en 1550 nm. Y dos medidores de potencia óptica, ambos medidores deberán estar conectados a un registrador gráfico.

Antes del delineamiento final, se realizará una medición óptica inicial, con el vano tensionado entre 135 kgf y 230 Kgf La diferencia entre dos valores obtenidos en los medidores de potencia en relación a la medición óptica inicial, se constituirán en el nivel de referencia.

El cable deberá ser tensionado con el valor inicial a 25% (- 1; + 5%) de la tensión nominal de ruptura.

Debido a tracciones significativas dentro del cable OPGW resultante de simulaciones de vibración eólica, las posiciones de los grupos fibras ópticas deberán mantenerse invariables con relación a otros elementos que conforman el cable, con el uso de un aditivo químicamente adecuado o algún tipo de trabamiento mecánico.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS

El cable OPGW deberá ser sometido aproximadamente a 100 millones de ciclos de vibraciones, la frecuencia de ensayo deberá ser igual a 830 dividido entre el diámetro del cable (en mm), lo que corresponde a la frecuencia de resonancia que soportará el cable y que puede ser producido por un viento de 4.5 m/s. La amplitud pico a pico deberá ser mantenido en un nivel igual $1/3$ de diámetro de cable.

En el accionador y/o excitador la amplitud y frecuencia deben ser medidas continuamente hasta que el sistema se estabilice. A partir de la estabilización se puede realizar apenas dos mediciones diarias (una al inicio del día y otra al final del mismo). Se debe ajustar la carga de tracción siempre que su valor sufra una variación de 5%.

Los medidores de potencia óptica deben ser continuamente monitoreados a través del registrador gráfico, comenzando mínimamente una hora antes del ensayo y terminando por lo menos dos horas después del ensayo.

Durante el ensayo, cualquier variación de la señal óptica en relación al nivel de referencia, indicará variación de atenuación óptica.

ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Será motivo de rechazo cualquier daño significativo causado en cualquier componente del cable OPGW o su ferretería, así como el crecimiento de la atenuación óptica medida, permanente o temporal, y superior a 0.25 dB/Km.

4.11 ENSAYO DE EMPUJE EN LA POLEA

El objetivo de este ensayo es analizar el desempeño mecánico y óptico de cable OPWG cuando es sometido a tracción en periodos de paso por una polea.

MONTAJE DE LA PRUEBA Y/O ENSAYO

El montaje deberá ser utilizando una muestra de cable de aproximadamente 21 metros.

Las grampas de tensión deberán ser colocadas a 3 m de los extremos de tal forma de tener una longitud de ensayo de 15 metros.

Todas las fibras ópticas deberán ser unidas por función, las mediciones de atenuación óptica deberán ser realizadas utilizando una fuente óptica en 1550 nm, y 2 medidores de potencia óptica. La instalación de estos equipos será según detalle descritos líneas arriba.

El cable deberá ser estirado utilizando una polea con diámetro igual a 40 veces el diámetro externo del cable. El proceso de estiramiento deberá tener una tensión igual a 25% de tensión nominal de ruptura del cable OPWG y deberá formar un ángulo mínimo de 30° ($- 2^{\circ}, +2^{\circ}$) con la dirección proyectada del estiramiento del cable y la polea. Un dinamómetro y una yunta giratoria deberán ser instalados entre el cable de conexión y el otro extremo del cable.

La diferencia entre dos valores obtenidos en los medidores de potencia con un pretensionamiento entre 135 y 245 kg F se constituirán en el nivel de referencia.

Las soldaduras no deben estar expuestas a las vibraciones, tracciones repentinas provocadas durante el ensayo y/o por manipulación.

Debido a tensiones dinámicas dentro del cable, las posiciones de los grupos fibras ópticas deberán mantenerse invariables con relación a otros elementos que conforman el cable, con el uso de un aditivo químicamente adecuado o algún tipo de trabamiento mecánico.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

Una sección de cable OPGW de mínimo 2 m de longitud deberá ser sometido al estiramiento con polea unas 70 veces, 35 en un sentido y 35 en el sentido opuesto.

Antes del inicio del primer estiramiento se deberá marcar el inicio, el medio y los extremos del cable a utilizar se deberá leer el valor del dinamómetro al principio de cada 10 ciclos.

Ajustar la carga de tracción siempre que el valor sufra una variación de 5%.

Después de completado el ensayo, deberá ser medido el paso de entorchamiento, después deberán ser retirados las hebras del cable para medir el diámetro del tubo central en los puntos previamente marcados y cada 1/3 entre los mismos.

Durante los ensayos de cualquier variación de la señal óptica en relación al nivel de referencia indicará variación en la atenuación óptica.

ACEPTACIÓN O RECHAZO.

Será considerado un motivo de rechazo cualquier daño significativo causado en el cable OPGW, deformación en tubos metálicos superior de 10% de diámetro externo en cualquier punto, así como el crecimiento de la atenuación óptica superior 0.25 dB/Km.

4.12 EN ENSAYO DE TORSIÓN

El objetivo de este ensayo es de determinar el comportamiento óptico y mecánico de cable OPGW cuando es sometido a esfuerzos de torsión que pueden existir durante la instalación de cable.

MONTAJE Y ENSAYO

Una muestra de cable OPGW de longitud suficiente para este ensayo deberá ser fijada en uno de sus extremos donde las fibras deben estar unidas por fusión a los equipos de medición de atenuación óptica. El otro extremo debe estar libre para poder realizar la torsión. La distancia entre fijaciones debe ser de 10 m.

Los dispositivos de la fijación de muestra de cable OPGW no deberán de permitir desplazamiento de las fibras ópticas con relaciones al cable.

Torsionar la muestra del cable OPGW con una fuerza igual a 20% (-1%,+1%) de carga de ruptura de cables sin permitir la rotación de los extremos.

Procedimientos de ensayos.

Registrar los valores de señales ópticas para tener referencias.

Aplicar 2 ciclos de torsión en la muestra de cable OPGW con un ángulo de torsión igual a 900° y velocidades entre 360°/minuto y 720°/minuto. El ciclo de torsiones deberá ser aplicado inicialmente en sentido del entorchamiento externo, hasta llegar al ángulo de torsión, para luego retornar a la posición inicial, repitiendo el mismo procedimiento pero en sentido inverso

Reducir la carga de tradición en la muestra de cable OPGW hasta 2% de la carga de ruptura del cable y realizar todo el procedimiento descrito líneas arriba nuevamente.

Monitorear la señal óptica durante todos los ensayos, cualquier variación de señales ópticas en relación a la referencia, indicará la variación de atenuación óptica.

ACEPTACIÓN O RECHAZO

Será considerado como motivo de rechazo la existencia de daños estructurales en cualquier elemento constructivo del cable OPGW, así como valores superiores a 0.25 dB/Km de atenuación en la señal óptica.

4.13 ENSAYOS DE RADIO MÍNIMO DE CURVATURA

El objetivo de estos ensayos es evaluar el desempeño óptico del cable OPGW sobre condiciones de curvatura.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Una muestra del cable OPGW de longitud suficiente para ejecución del ensayo debe ser dos (2) veces envuelto en una superficie circular igual a 15 veces el diámetro externo del cable OPGW.

La atenuación óptica debe ser medida antes de realizar este ensayo. Concluida el ensayo, la atenuación óptica debe ser medida nuevamente a comparada el valor inicial.

ACEPTACIÓN O RECHAZO

Se considera como motivo de rechazo cualquier variación de atenuación óptica mayor que 0.1 dB, así como cualquier daño físico a la estructura del cable.

4.14 ENSAYO DE COMPRESIÓN

El objetivo de este ensayo es de determinar la carga transversal máxima de compresión que soporta el cable OPGW.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS

Una muestra del cable OPGW debe ser sometida al ensayo de compresión con carga aplicada en una superficie de 100mm del cable, a una velocidad de 5mm/min. Se debe verificar la carga máxima que no provoque variaciones de potencia óptica superior 0.1 dB.

ACEPTACIÓN O RECHAZO

Será considerado con motivo de rechazo valores de carga encontrados inferiores a 10.000 N.

4.15 ENSAYO DE RASPADURA (CREEP)

El objetivo de este ensayo es verificar el comportamiento de cable OPGW respecto de posibles raspaduras.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

Este ensayo se efectúa sobre una muestra de 10 metros de OPGW.

Se utilizará dispositivos de fijación adecuados. En un trozo de EDS que será instalado en el cable OPGW, considerando una duración mínima de 1000h.

La deformación cable OPGW x Tiempo deberá ser medido y registrado en intervalos de tiempo convenientes.

Los gráficos obtenidos deberán ser comparados con los gráficos proporcionados por el fabricante.

4.16 ENSAYOS DE TENSIÓN POR DEFORMACIÓN

El objetivo de ensayo y verificar el gráfico de tensión x deformación del cable OPGW, así como las características de las fibras en condiciones de esfuerzos de tensión.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS

Los ensayos de tensión por deformación deberá ser realizado en conformidad al “Method of stress strain testing of aluminum conductor y ACSR” elaborados por “Technical Committee on Electrical Conductor of the Aluminum Association”

- Los ensayos de tensión por deformación deberán ser ejecutados en una muestra de 10 metros cable OPGW.
- La muestra de cable OPGW deberá tener una longitud fuera de las terminaciones de tal forma que las fibras puedan ser conectadas a equipos de medición óptica.
- La muestra deberá ser engrampada en ambas extremidades antes de sufrir deformaciones, de tal modo de que las extremidades de fibras ópticas no puedan tener movimiento en relación a los otros componentes de cable.
- El valor de atenuación medida con carga inicial y/o pre-carga se constituirá en valor de referencia.
- El montaje de los instrumentos de medición óptico para este ensayo, deberá ser similar al utilizado en el ensayo de corto circuitos
- La atenuación óptica deberá ser medida para cada valor de tensión aplicado, inmediatamente antes de retorno a carga inicial y después del retorno a carga inicial.
- Desconectar los equipos de medición y tensionar el cable hasta la tensión de rotura y anotar la misma. Durante el ensayo cualquier variaciones en las señales ópticas en relaciones a la referencia, indicará variaciones de atenuación en las fibras.

ACEPTACIÓN O RECHAZO

Será considerado como motivo de rechazo, cualquier daño observado en las hebras metálicas entorchados en el cable, después de la inspección visual, así como el incremento de la atenuación en la señal óptica que sea superior a 0.25 dB/Km para una tensión hasta 40% de carga de ruptura de cable.

4.17 ENSAYOS DE TENSIÓN Y DEFORMACIÓN MARGINAL

El objetivo de este ensayo es determinar el alargamiento de fibras ópticas cuando el cable OPGW es tensionado con la máxima tensión.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

Se efectuará sobre una muestra de 10 metros de cable OPGW.

- Los extremos de la muestra deben permitir colocar equipos de medición en las fibras.
- La sujeción de la muestra no debe permitir movimiento alguno de las fibras respecto de los otros componentes de cable.
- Las alteraciones en la longitud de las fibras deben ser medidas utilizando una fuente de luz láser y un receptor óptico. El retardo en la propagación de la señal causada por la alteración de la longitud en las fibras deberá ser medido utilizando un generador de pulsos y un osciloscopio digital, o por el desfase de una señal modulada.
- La variación en las longitudes de las fibras en el total del cable OPGW podrá ser medido utilizándose el método “strain-gages” fijados a la superficie externa del cables.
- Este ensayo deberá ser realizado con una tensión mecánica creciente hasta alcanzar el 80% de la tensión de ruptura.

- El margen de deformación será obtenida a partir del inicio de estiramiento de las fibras ópticas.

4.18 ENSAYOS DE RUTINAS DE LA FIBRA OPTICA OPGW

Los procedimientos de control de calidad, deberán incluir como mínimo los siguientes ensayos y verificaciones, dependiendo del tipo de material utilizando en su aplicación.

Composición química de las partes metálicas – aluminio y acero si existe, que el fabricante debe presentar para el (los) lote(s) que correspondan los cables suministrados.

- Fabricaciones de las hebras
- Trefilaciones
- Revestimientos de aluminio, incluido la composición química del aluminio y espesura de los hilos de acero/aluminio y uniformidad del revestimiento.
- Revestimiento de zinc incluido la composición química del zinc, peso, adherencia y uniformidad del revestimiento.
- Características físicas y mecánicas de las hebras metálicas del cable incluido diámetro, sección transversal y masa.
- Entorchamiento de las hebras metálicas, incluido el sentido, paso, distancia entre soldaduras, defectos de las hebras, etc.
- Procesos de soldadura de las hebras de aluminio.
- Bobinas, incluido calidad y tratamiento a la madera, dimensiones del montaje, protección interna, placa de identificación, pinturas, etc.
- Características ópticas y dimensiones de las fibras ópticas.
- Resistencia mecánica de las fibras ópticas (Proof - Test).
- Características físicas y mecánicas del tubo metálico, Corrientes parasitas en los tubos metálicos de aluminios

4.19 ENSAYO DE RECEPCIÓN DE LA FIBRA OPTICA OPGW

El contratista debe realizar los ensayos siguiendo los procedimientos descritos en las respectivas normas de referencia definidos para cada caso, de manera de cumplir con lo especificado.

Este ensayo debe realizarse en fábrica en presencia de un inspector y considerando un criterio de muestreo a ser definido.

FIBRAS ÓPTICAS

Deben ser presentados los certificados de ensayo de:

- Resistencia mecánica (Proof-test) referencia: Norma EIA-455-31B
- Inspección visual.
- Característica de las dimensiones
- Atenuación óptica, referencia: Norma UT-G652D y UT- G655
- Uniformidad de atenuación, referencia: UT-G652D y UT- G655
- Dispersión cromática, referencia: Norma UT-G652D y UT- G655\
- Diámetro del campo modal, referencia: Norma UT-G652D y UT- G655
- Largura de onda de corte, referencia: Norma UT-G652D y UT- G655

4.20 CABLE OPGW COMPLETO

INSPECCIÓN VISUAL

Debe realizarse una inspección visual en todas las bobinas para verificación de acabado de cables en las bobinas, placas de identificación, etc.

VERIFICACIÓN DIMENSIONAL

Los ensayos para la verificación dimensional deben efectuarse según normas internacionales. Una longitud adecuada de cable acabado será retirado del extremo de la bobina lista a exportar y se tomará medida del diámetro externo del cable, el número de hebras metálicas entorchadas, el espesor y el diámetro del tubo metálico, o del elemento ranurado y verificación de los materiales que forman el cable.

El área total de sección transversal de las hebras del cable terminado, no debe ser inferior al 98% de su valor nominal. La medición de la longitud del paso de entorchamiento de las hebras metálicas, debe ser realizada en una en una longitud rectilínea del cable, de preferencia con tensión mecánica.

El siguiente procedimiento podrá ser utilizado para esta medición.

- Utilizar un pedazo de papel de longitud superior a 3 veces la máxima longitud del paso de entorchamiento especificado para el cable de ensayo.
- Enrollar el papel sobre el cable y marcar con lápiz las huellas a lo largo del papel, a fin de obtener las marcas de entorchamiento.
- La longitud del paso de entorchamiento es determinado midiendo las marcas del mismo para N hilos entorchados del cable ($N-n^0$ - de hilos de corona).
- Repetir las medidas 3 veces y tomar la media entre los resultados a fin de determinar la longitud de paso.

ATENUACIÓN ÓPTICA

Este ensayo debe ser realizado en todas las fibras ópticas en base a normas internacionales, tomando en cuenta que las mediciones deben realizarse con una longitud de onda de 1550 mm.

UNIFORMIDAD DE ATENUACIÓN ÓPTICA

Este ensayo debe ser realizado en todas las fibras ópticas en base a normas internacionales, tomando en cuenta que las mediciones deben realizarse con una longitud de onda de 1550 mm.

TENSIÓN DE RUPTURA DEL CABLE OPGW-ENSAYO

Ensayo de tensión de ruptura del cable OPGW terminado, deberá ser realizado en conformidad a normas internacionales.

La tensión de ruptura de cable OPGW, no deberá ser inferior al valor nominal especificado por el fabricante en su propuesta, siempre que la ruptura se verifique a más de 25 mm de las terminales de fijación. En caso que la ruptura se diera a una distancia menor y/o igual a 25mm, entonces la tensión de ruptura no deberá ser inferior al 95% de valor nominal especificados por fabricantes.

4.21 GRAMPAS DE RETENSIÓN, ANCLAJE O AMARRE DE TENSIÓN

El Conjunto retención o de amarre de tensión para cable OPGW, debe contar con todos los accesorios de sujeción al cable OPGW, más los eslabones de sujeción a la torre, como ser un grillete recto y su chicotillo de tierra.

Las Grampas de retención, anclaje o amarre de tensión, pueden ser de tipo atornillado o de tipo armado (conjunto compuesto de armaduras preformadas, perno U, cápsula y cuñas) las mismas deberán soportar, un mínimo de 95% de carga nominal de ruptura del cable OPGW y debe ser fabricado de un material apropiado para el contacto con el cable OPGW, apropiadas para fijar en poste de Hormigón.

Las Grampas de anclaje o amarre de tensión, deben tener una carga de deslizamiento por lo menos 90% de la carga nominal de ruptura del cable OPGW. Todas las grampas deben ser diseñadas de tal forma que no provoque daños o deformaciones al cable OPGW garantizando un buen desempeño óptico y una buena rigidez mecánica.

La presión sobre el cable OPGW debe ser de tipo circunferencial sin crear puntos de concentración de esfuerzos. Después de la instalación de la grampa de anclaje o tensión, el cable OPGW no debe presentar alteraciones en sus características mecánicas y ópticas, en especial relacionadas con la penetración de la humedad.

La grampa de tensión debe estar proyectada especialmente para garantizar un elevado agarre al cable OPGW, sin riesgos de compresión de las fibras ópticas y para las condiciones de vibraciones más severas y esfuerzos dinámicos.

4.22 GRAMPAS DE SUSPENSIÓN

El Conjunto de suspensión para cable OPGW, debe contar con todos los accesorios de sujeción al cable OPGW, más los eslabones de sujeción al poste de hormigón, como ser un grillete, horquilla con ojal y su chichotillo de tierra.

Las grampas de suspensión podrán ser de tipo armado o convencional y deberá ser fabricado de material apropiado para el contacto con el cable OPGW. Debe estar compuesto por varillas preformadas de protección y de suspensión y de un manguito de neopreno. La grampa debe poseer un terminal para puesta a tierra.

Los campos de suspensión deben tener una carga de deslizamiento de 25% de la carga de rotura del cable OPGW con los pernos de la grampa apretados con el torque recomendado por el ofertante. La carga nominal de ruptura vertical de la grampa de suspensión deben ser por lo menos 60% de carga nominal de ruptura del cable OPGW.

Después de la instalación de la grampa de suspensión, el cable OPGW no debe presentar alteración en su característica mecánica y ópticas, especialmente las relacionadas con la penetración de la humedad.

La grampa de suspensión debe estar diseñada para la sustentación del cable OPGW en los postes con ángulo de línea de hasta 30°.

4.23 GRAMPA DE SUSPENSIÓN CONVENCIONAL

El cuerpo y/o base debe tener una forma adecuada, evitando ángulos agudos o pequeños radios de curvatura a la salida de la grampa. Para no dañar el cable OPGW el cuerpo y/o base debe tener un tamaño adecuado, con un plano longitudinal suficientemente grande de modo de evitar concentración de esfuerzos de fricción, para ello el cuerpo se debe diseñar con disminución gradual a medida que se aproxime a los bordes. Así podrá existir una presión circunferencialmente uniforme del cable OPGW. La base debe ser lo más posiblemente lisa por su parte interna. El cuerpo y/o base de la grampa de suspensión debe ser probado con dispositivos anti rotacionales cuando se realice el montaje.

El ángulo del cable OPGW respecto de la grampa de suspensión debe ser como máximo 17° en cada lado de la grampa.

4.24 GRAMPA DE SUSPENSIÓN ARMADA

Los materiales a utilizarse deberán ser resistentes al campo eléctrico e intemperie. Debe soportar la máxima temperatura del cable OPGW en condición de corto-circuito (especificada por el oferente), como también en condiciones de operación continua a una temperatura de 50°C, sin presentar daños que puedan comprometer al cable. El oferente debe enviar estos datos solicitados, los resultados de ensayos de laboratorio o las experiencias de campo de estas exigencias.

4.25 AMORTIGUADORES DE IMPACTO

Los amortiguadores de impacto deben ser hechos de material plástico apropiados para el ambiente en el cual se desarrollará el proyecto, y no deben causar desgaste u otros daños al cable OPGW durante la instalación y posterior operación.

Su aplicación debe ser el atenuar las vibraciones en el cable OPGW. Debe estar diseñado para la protección, tomando en cuenta factores como la temperatura, tracción, exposición al flujo de vientos, exposición a inclemencias del tiempo y un histórico de vibraciones similares.

El material plástico debe ser resistente a los rayos ultravioletas, salinidad y en todas las condiciones climáticas deberá mantener sus características intactas durante una vida útil de por lo menos 50 años. Debe tener bajo peso específico (material polimérico) y PVC de alto impacto. El oferente debe enviar los resultados de ensayo o experiencias de campo, que comprueben los requisitos que se solicita en este ítem.

MATERIAL DE ATERRAMIENTO

Los materiales de aterramiento ofertados, debe tener en cuenta las exigencias de los anteriores ítems. El Conjunto de Malla de Puesta a Tierra está destinado a la conexión de puesta a tierra de los cables de guardia a la estructura o, punto de puesta a tierra del poste de hormigón. El cable OPGW deberá ser directamente aterrado en todas las estructuras. Este material debe acompañar a los conjuntos de retención o amarre de tensión.

4.26 CONJUNTO DE SOPORTE DE BAJADA

El conjunto de soporte de bajada del cable OPGW en las estructuras debe tener un número mínimo de 10 grapas de bajada con un elemento abrasador o guía para dos cables, adecuado para sujetarse a las estructuras de la línea.

4.27 CRUCETA DE RESERVA

Las crucetas de reserva deberán ser capaces de contener al menos 50 metros de cable OPGW, debe contar con los elementos apropiados de sujeción a la torre.

4.28 CAJAS DE EMPALME

Las cajas de empalme que serán utilizadas, deberán garantizar la continuidad de los circuitos ópticos, dando la protección adecuada a las soldaduras en los hilos de fibra óptica, evitando que las mismas sean sometidas a cualquier esfuerzo mecánico que provoque cualquier alteración, o atenuación en las fibras ópticas. Las cajas de empalme deben tener sus accesorios de sujeción a las torres adecuadas.

El nivel de IP debe ser el apropiado para la zona del proyecto donde se instalarán las cajas.

El acceso (orificios) para los cables debe ser realizado por la parte inferior de las cajas de modo que impidan la entrada de humedad. Todas las partes metálicas de los materiales que se utilizarán para sujetar el cable a la caja de empalmes deben ser galvanizados según las normas ASTM A -23, A -143 y A -155.

Después de la galvanización ninguna soldadura deberá ser hecha y/o aplicada en las partes galvanizadas. Las cajas de soldadura deben contener mínimamente 4 orificios para el acceso de los cables OPGW.

El oferente, deberá presentar información técnica detallada sobre la forma de instalación de las cajas de empalmes que ofrece, incluyendo material utilizado, geometría, dimensión, peso, componentes, pinturas, detalles de las piezas que tiene para la sujeción de los cables OPGW y DDR

4.29 DISTRIBUIDORES ÓPTICOS (ODF)

El oferente deberá proveer los distribuidores ópticos como conjunto completo (caja para rack de 19 “, distribuidores para esquematizar las fibras y puertos para pigtail´s) de tal manera que permita la conexión de las fibras ópticas del cable DDR con los respectivos cordones mono fibras para la conexión con el equipamientos técnico.

El oferente deberá proveer los distribuidores ópticos de (24 veinticuatro) puertos FC/PC con una atenuación menor o igual a 0.1 dB. El oferente, deberá presentar información técnica detallada sobre los distribuidores ópticos (ODF) que ofrece, incluyendo material utilizado, geometría, dimensión, peso, componentes, pinturas, detalles de las piezas que tiene para la sujeción de los patchcord´s.

Los distribuidores ópticos ODF deberán ser de medidas estándar (19 pulgadas) de tal forma que puedan ser montadas en gabinetes exclusivos para las comunicaciones por fibra.

Los ODF´s deben ser de acero laminado en frio y tener un acabado de pintura electrostática

4.30 OTROS ACCESORIOS

Toda la ferretería relacionada con las cajas de empalmes, ODF's son parte principal de esta licitación. En adición a estos materiales denominados principales, también deberán ser considerados como parte integrante de esta licitación todos los accesorios asociados a los mismos, y que se detallan a continuación.

- Accesorios para cajas de empalmes y cajas distribuidoras ODF's
- Ferretería de fijación a las estructuras de la torre y los pórticos de las cajas de empalmes.
- Ferretería de fijación a las bandejas, rack's y otros de las cajas de derivación ODF's.
- Gabinete de piso para 41U con rack pivotante de 19" para climas tropicales, que cumpla con la norma EIA 310-D

El oferente deberá presentar informaciones técnicas detalladas sobre los accesorios ofrecidos incluyendo dibujos con indicación de dimensiones, peso y descripción de materias utilizadas en la fabricación.

4.31 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Las herramientas y accesorios utilizados para la limpieza de los hilos de fibras óptica y protección de la soldadura óptica, así como el equipo de soldadura y verificación (OTDR) necesarios para realizar servicios de mantenimiento al enlace y/o las soldaduras ópticas, deberán ser considerados como parte integrante de esta licitación. El oferente deberá presentar información técnica detallada sobre los equipos, herramientas y accesorios ofrecidos.

Figura 19: OTDR de mano, multimodo, monomodo o ambos. Ligero, compacto, para medición de longitudes y daños en el cable de fibra óptica.



4.32 EQUIPO DE EMPALME

El equipo de empalme por fusión debe ser con sistema de alineamiento PAS. Alineación de fibras por núcleo. Apto para fibras MM, SM, DS, NZDS. Modos de empalme automáticos y configurables por el usuario (muy versátiles). Debe tener un horno incorporado para el termo contracción de protectores.

Debe contar en su conjunto con una cortadora de precisión, la cual corta la fibra con un solo paso de las siguientes características:

- Apta para recubrimientos de 250 μm y 900 μm .
- Un kit de herramientas compuesto por: Abridora de vaina, cortadora de tubo buffer, tijera para cortar Kevlar, peladora de acrilato y peladora de recubrimiento de 900 μm . Todos ellos deben estar en un maletín de tal forma que sea fácil su transporte.

Figura 20: fotografía de kit empalmadora Greenlee



Los empalmes por fusión

A grandes rasgos, el empalme por fusión consiste en unir las dos fibras fundiendo el material de sus puntas mediante la aplicación de una fuente calorífica, que suele estar compuesta por dos electrodos entre los cuales se produce un arco eléctrico cuando se les aplica una fuente de alta tensión de 4000 a 5000 voltios con corriente controlada. La potencia calorífica del arco eléctrico dependerá de la corriente que en cada momento suministre la fuente de alta tensión.

Figura 21: Empalmadora de fusión FSM-50s

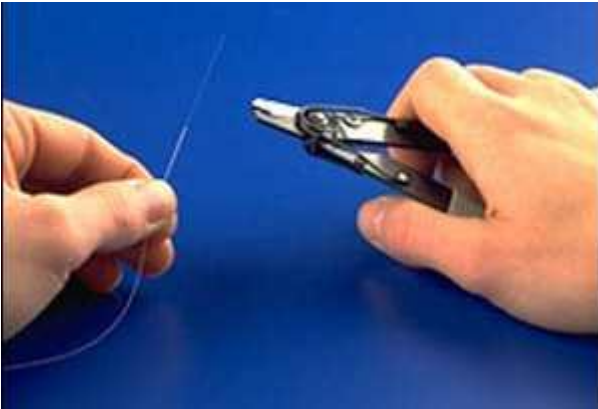


El FSM-50S fusionadora establece el estándar para Fusionadoras alineación central.

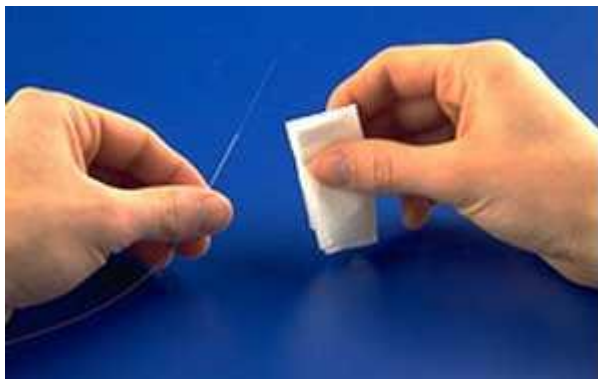
La FSM-50S es el empalmador de campo más rápido disponible, y completa un empalme de calor de tubos en un total de 44 segundos. Las características especiales incluyen su pequeño tamaño y peso, el más pequeño de la industria y la legendaria robustez Fujikura es conocido. Los FSM-50S también incluye funciones fáciles de usar, tales como ajustes del arco libre de

calibración, identificación automática del tipo de fibra y la reducción de pasos operativos. Los FSM-50S también ofrece una mayor flexibilidad para las distintas tareas de empalme con frontal seleccionable por el usuario y la parte posterior del monitor de posicionamiento.

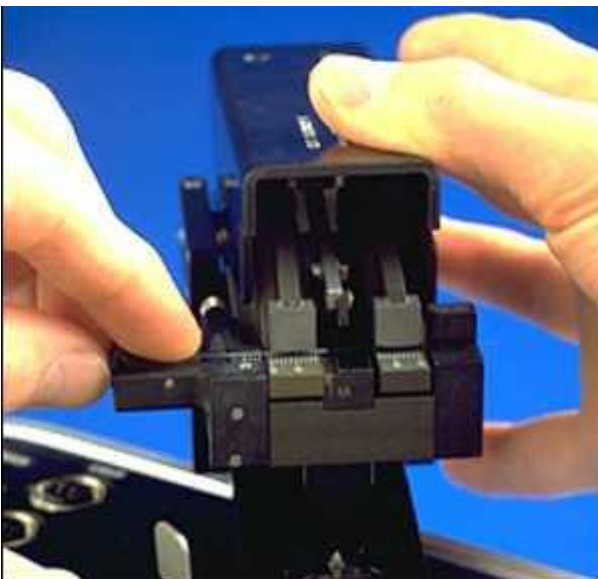
PROCEDIMIENTO DEL EMPALME



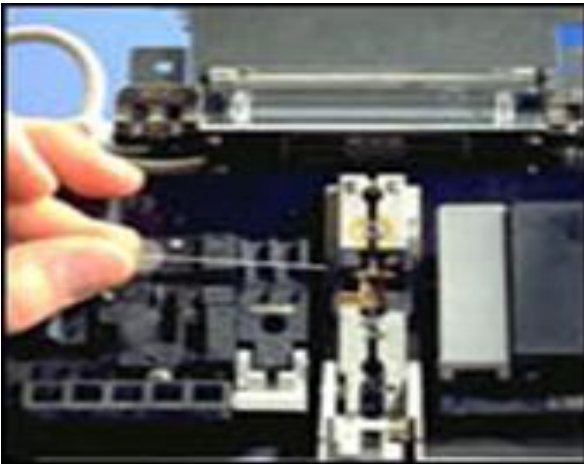
Con una pinza especial (125m) se pela (strip) unos 5cm de coating (color)



Se limpia (clean) la fibra con un papel suave embebido en alcohol izó propílico También se puede utilizar alcohol.



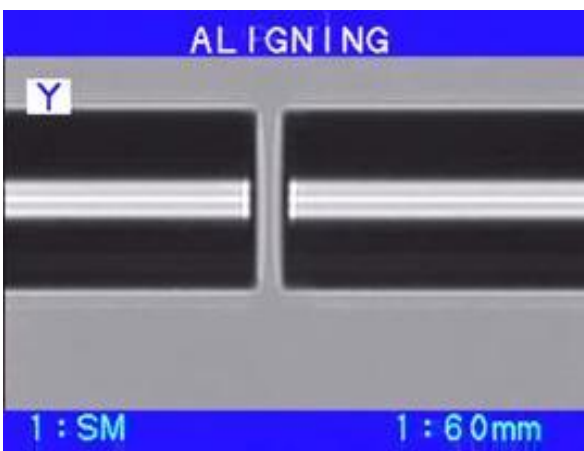
Se corta (cleave) la fibra a unos 8 a 16mm. con un cutter o cleaver, con hoja de diamante, apoyando la fibra dentro del canal, haciendo coincidir el fin del coating con la división correspondiente a la medida. Una vez cortada, la fibra no se vuelve a limpiar ni tocar.



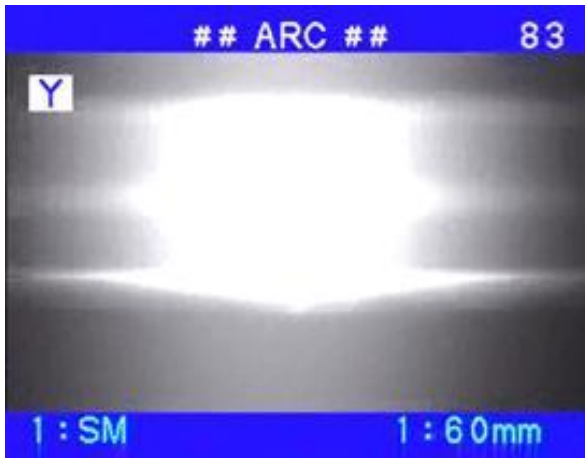
Cuidando que la fibra no contacte con nada, se introduce en la zapata de la empalmadora, sobre las marcas indicadas. Repetir el procedimiento con la otra fibra.



En el display se verán las dos puntas, pudiéndose observar si el ángulo es perfectamente recto, sino fuera así la máquina no nos permitiría empalmar.

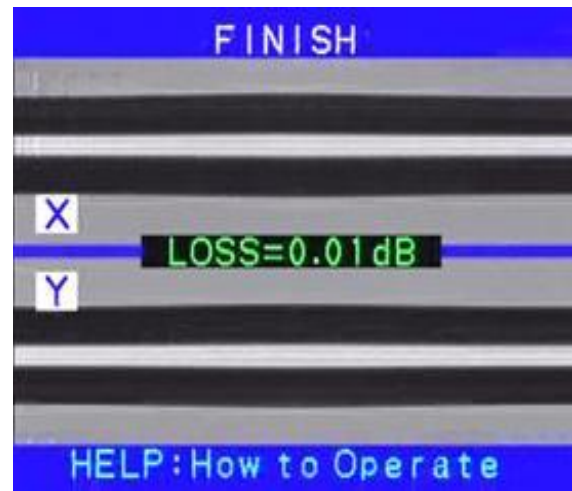
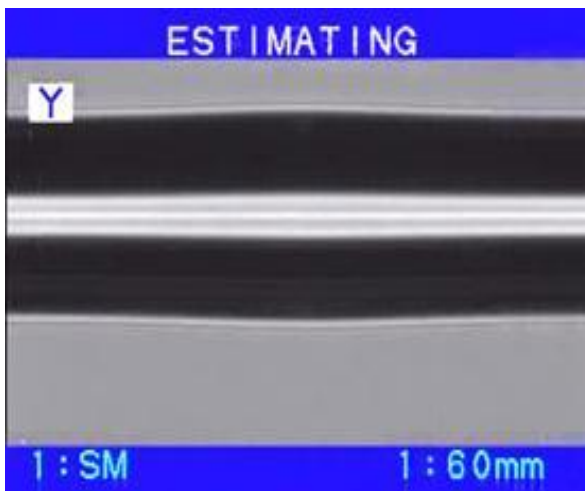


Presionando el botón de empalme, estando la empalmadora ajustada en automático, la misma procederá a alinear en los ejes x e y, y a acercar las puntas a la distancia adecuada.



Una vez cumplido esto, a través de un arco eléctrico dado entre dos electrodos, aplicará una corriente de prefusión durante el tiempo de prefusión, y luego una corriente de fusión durante el tiempo de fusión.

Luego hará una estimación (muy aproximada) del valor de atenuación resultante.



4.33 INSTALACION

La instalación del cable OPGW, deberá compatibilizarse con los requerimientos establecidos para la instalación del conductor, cumpliendo necesariamente lo establecido con estas especificaciones expresas para el cable OPGW.

4.34 TRASLADO Y ANCLADO DE MÁQUINAS Y GATOS

La máquina de tensión será colocada en un terraplén preparado para este fin después de la última estructura de instalación. Por su parte, debe procurarse instalar la devanadora en un área nivelada y sin deflexiones horizontales.

El carrete se coloca en la parte posterior, a 10 o 15 m de la devanadora, en un desenrollador que garantice un soporte firme y un giro uniforme, sin cabeceos o jalones bruscos.

Es importante que tanto la máquina de tensión como la de frenado queden alineadas con la línea de tendido –para disminuir los esfuerzos sobre el cable– y a una distancia mínima que sea equivalente a dos veces la altura de la estructura de remate que se usará para el tendido.

El anclaje de las máquinas debe garantizar que la trayectoria del cable, desde la base desenrolladora hasta su entrada a las poleas de tensión, no sufra cambios de ángulo mayores a 15° sobre la línea del cable.

Las poleas de la devanadora deben estar recubiertas con neopreno. El equipo debe ser capaz de mantener la tensión requerida sin generar variaciones ante las diferentes velocidades de tracción, y deben contar con sistemas de frenado positivo para mantener la tensión cuando se detiene el jalado.

El diámetro mínimo de las poleas de la devanadora no debe ser inferior a 910 mm.

4.35 TRASLADO DEL CARRETE DE CORDINA O DE PILOTILLO AL PIE DE TORRE

Cuando se instala el OPGW previamente debe instalarse en el cabestrante un carrete vacío para recibir la guía durante el tendido del cable.

Los carretes de la guía para tendido pueden llevarse a pie de obra al mismo tiempo que las máquinas, en caso de que se vayan a instalar el mismo día; de lo contrario, pueden trasladarse y fijarse cuando se realice el tendido.

4.36 PREPARACIÓN DE MÁQUINAS Y CARRETES PARA TENDIDO

Los carretes de OPGW no están diseñados para soportar las fuerzas de frenado que hay durante el tendido; por ello, por ningún motivo podrá aplicarse tensión al cable desde su carrete.

Los carretes deben ser colocados sobre el desenrollador y deben enrollarse por lo menos seis vueltas de la guía en la devanadora. El enrollado debe hacerse de la línea exterior a la interior, y las vueltas tienen que iniciar y terminar en la parte superior de la máquina, a fin de reducir la tensión de salida del cable.

Las poleas de la máquina devanadora deben tener un diámetro mínimo de 910 mm; lo mismo aplica para las poleas de la máquina de tensión si el OPGW va a pasar por ellas, No siendo ésta una práctica común.

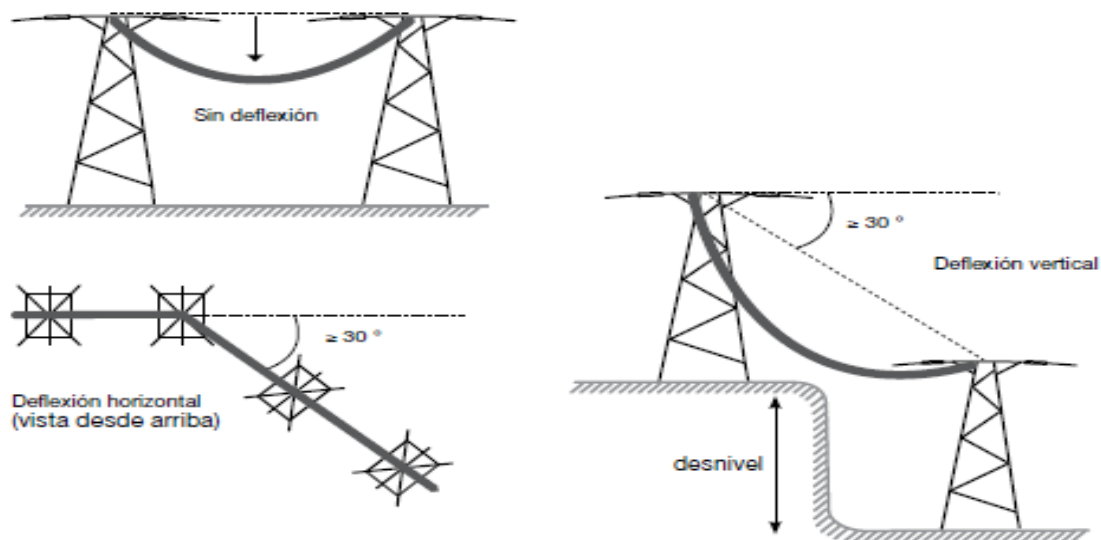
Es necesario tener por lo menos tres radios de comunicación; uno en cada máquina y otro que acompañe a la punta de la guía.

4.37 COLOCACIÓN DE LAS POLEAS SOBRE ESTRUCTURAS

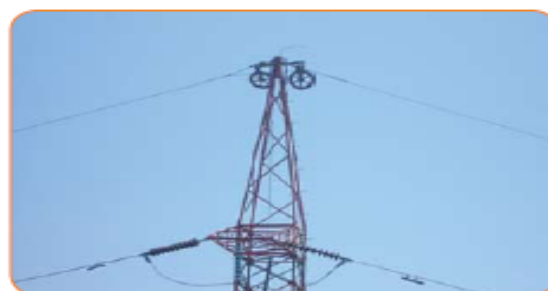
Es muy importante usar poleas adecuadas sobre las estructuras para instalar correctamente el OPGW, ya que de ellas dependerá el aumento o reducción de la tensión sobre el cable. Para fijarlas a la estructura, deben utilizarse mallas de acero galvanizado junto al punto de fijación para herrajes de remate o suspensión en la forma usual.

Las poleas utilizadas en la instalación de OPGW deben tener por lo menos 600 mm de diámetro, medido sobre la base del canal (como se indica en la fotografía de la polea) y deben ser del tipo reentrable, acanaladas en su perímetro y con una protección de neopreno. El tamaño mínimo comercial es de 24". El recubrimiento de neopreno debe encontrarse en buenas condiciones y estar adherido a la polea, con una superficie lisa. Si hay rebabas o imperfecciones en el neopreno, deberán lijarse. El número de poleas necesarias para instalar el cable se determina con base en la disposición de las estructuras en la línea. Como regla general, se requiere una polea por cada estructura, pero en estructuras con deflexiones de más de 30° (horizontales o verticales) se requieren arreglos de dos poleas para evitar daños al cable por deflexiones.

Figura 22: Diagrama de colocación de poleas en estructuras



Deflexión mayor a 30%, vertical y horizontal.



Arreglo de doble polea.

4.38 INSTALACIÓN DE LA GUÍA

Cuando la maniobra es en una línea nueva, una vez instaladas las poleas se utiliza una cuerda de nylon de media pulgada para guiar el alambrado de la guía definitiva, ya sea de coordina o de pilotillo.

Esta instalación es realizada generalmente a mano por personal que jala la cuerda a lo largo de la línea para colocarla en las poleas.

La velocidad de instalación recomendada para la guía es: en caso de ser pilotillo, de 60 m/min; en caso de ser coordina, de 40 m/min. Asimismo, al instalar la guía es recomendable iniciar con una velocidad de 10 m/min –a fin de monitorear los comportamientos de las poleas y guías– y aumentarla conforme avanza el tendido.

Cuando la línea no es nueva, existe la posibilidad de usar el cable de guarda anterior como guía.

En este caso, antes de la maniobra de tendido deberá efectuarse una inspección visual del cable existente, para asegurarse de que está en condiciones adecuadas y que no hay amarres o cocas que puedan provocar que se atore o se deslice fuera de las poleas durante el tendido de la línea.

Si existen dudas sobre si puede soportar las tensiones de tracción, debe ser reemplazado con una línea de tracción nueva. Asimismo, previamente a la instalación, se debe liberar el cable de guarda de accesorios como boyas o indicadores visuales que pueda tener colocados, esto con el fin de efectuar un jalado continuo durante la instalación.

COLOCACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE TRACCIÓN

Al preparar la punta del cable que habrá de jalarsse, desentorche unos 3 m de la capa de alambres externa corte una sección del tubo de aluminio que sea de mayor longitud que el calcetín utilizado para jalar el cable, usualmente 2 m es suficiente. El corte del tubo debe realizarse de tal forma que no aplaste el núcleo óptico, por ejemplo, con segueta y arco.

Después, coloque nuevamente el tramo de tubo de aluminio cortado en el centro del cable y vuelva a entorchar los alambres sobre el tramo de tubo suelto. En el extremo del cable preparado de esta manera, se coloca un calcetín para tracción, al que se une un alacrán o balancín de protección, que, combinado con un destorcedor, debe evitar efectos de torsión en el cable. Para un óptimo funcionamiento, debe instalarse el alacrán completo con un contrapeso total de 25 a 30 kg. El dispositivo anti-torsión aísla al cable de la torsión provocada por la guía; se puede utilizar más de uno, siempre y cuando se coloquen entre la guía y el cable.

También se debe asegurar el dispositivo anti-torsión al extremo del OPGW con una mordaza apropiada para el diámetro del cable.

Todos los dispositivos y herramientas auxiliares para la tracción deben ser adecuados para el diámetro del cable, tienen que estar en perfecto estado, bajo un estricto control de mantenimiento, y deben ser lubricados antes y después de la instalación para asegurar su funcionalidad. Si alguno de ellos falla, puede ser fatal para la instalación y para las personas que la realizan (esto aplica también para las poleas).

Bajo ninguna circunstancia se permite usar mordazas planas tipo sapo o rana, que, con la tensión utilizada durante las maniobras de instalación, deforman la estructura del cable y afectan la integridad de las fibras ópticas.

4.39 PREPARACIÓN PARA EL TENDIDO DEL CABLE

En esta etapa y las subsecuentes es necesario que las personas que se encuentren en cada una de las estructuras y que vigilen el paso del cable por las poleas cuenten con radios de comunicación para reportar oportunamente cualquier problema que se presente en el tendido.

4.40 TENDIDO DEL CABLE

Una vez que se ha unido el cable a la guía (coordina o pilotillo), ésta se comienza a recuperar elevando el cable hasta una altura similar a la flecha de tendido del hilo guarda (10 a 15 m abajo de la línea de topógrafo). En esta maniobra inicial, la devanadora debe estar frenada y la máquina de tensión debe correr a una velocidad aproximada de 10 m/min. Una vez que se logra la altura deseada, se verifica que las poleas instaladas en las torres funcionen correctamente (cada trabajador en lo alto de las estructuras debe reportarlo por radio).

Una vez verificado que las poleas trabajan adecuadamente y que la guía está a la altura conveniente, se inicia el tendido del cable, soltando el freno lentamente y accionando la traccionadora, vigilando en el dinamómetro que la tensión no sobrepase los 11,800 N (1,200 kgf). Al inicio, la velocidad de instalación debe ser de 5 ó 6 m/min y debe aumentarse poco a poco hasta llegar a 40 m/min aproximadamente. Puede llegar a la máxima velocidad que permita la máquina de tracción, siempre y cuando se mantenga la tensión constante, sin jalones.

En toda la operación debe mantenerse controlada la tensión del cable y la flecha del tendido, a fin de evitar daños al cable causados por la aplicación de esfuerzos superiores a los establecidos, así como para mantener la línea alejada del suelo y de otros obstáculos que puedan dañar el cable.

Es necesario reducir la velocidad del jalado cada vez que la punta del cable pase por una polea y mientras pasan por ella el alacrán, los destorcedores y el pangolín. Asimismo, los linieros en cada estructura deberán estar preparados para, en caso necesario, guiar y alinear al alacrán para que pase libremente por la polea sin atorarse. Esta maniobra tiene que coordinarse por radio.

Para concluir el tendido, cuando la punta del cable pasa la última polea debe mantenerse una baja velocidad hasta que haya atravesado una longitud de cable equivalente a la altura de la estructura más 20 m. En este momento, se coloca en cero el freno hidráulico de la devanadora y se aplica el freno mecánico como precaución. Entre tanto, se mantiene la máquina de tensión trabajando en forma estática.

Los puntos listados a continuación resumen los parámetros críticos para evitar daños al OPGW durante la instalación:

- Diámetro mínimo de las poleas de la devanadora: 910 mm.
- Diámetro mínimo de poleas intermedias: 600 mm.
- Radio mínimo de curvatura permanente sin tensión en el cable: 20 veces el diámetro del cable.
- Máxima tensión de tendido: 1,200 kgf.
- Relación mínima entre la distancia de la máquina devanadora a la estructura y la altura de la estructura: 2:1.

4.41 REMATES Y FLECHADO DEL OPGW

El OPGW necesita herrajes de fijación especiales, incluyendo anclajes, grapas de suspensión y conectores de aterrizamiento. El herraje de remate está diseñado para proveer el refuerzo necesario en los puntos de retención y evitar que el tubo de aluminio se deforme, lo cual podría dañar las fibras ópticas.

Una vez que se ha pasado el cable por todas las estructuras designadas y las máquinas están estables y sin movimiento, se colocan remates y se flecha el cable siguiendo esta secuencia:

I. Se debe tener disponible el estudio de flechas y tensiones. Posteriormente se determina si existen deflexiones mayores a 30° , que ameritan instalar remates de tensión en la zona intermedia del tramo. También debe ubicarse el claro máximo entre las estructuras intermedias.

II. Se coloca un remate provisional en la primera torre, junto a la devanadora (puede ser también el definitivo).

III. Se flecha el cable, cuidando en todo momento que la tensión en él no rebase los 12,000 N (1,220 kgf). Esta maniobra debe coordinarse con la ayuda de los radios de topógrafo, los cuales deben ubicarse en el claro de mayor amplitud del tendido.

IV. Una vez alcanzada la flecha requerida, se coloca el remate definitivo en la última estructura, junto a la máquina de tensión, así como en la primera torre junto a la devanadora si se usó uno provisional.

V. Se libera el remate provisional y se sueltan las puntas del cable en las dos máquinas; en ambas puntas se deja una longitud equivalente a la altura de la estructura más 20 m adicionales para las maniobras de empalme.

VI. Debe tenerse especial cuidado al pasar la puntas del OPGW al interior de la estructura, pues si sufren algún maltrato, se echará a perder todo el trabajo de tendido, incluso el cable. Es necesario evitar que el cable sufra esfuerzos por doblez, por formación de cocas, por pasar sobre poleas de un diámetro menor a 600 mm y por manejarlo con curvas cerradas respecto a la trayectoria desde el remate hasta la base de la estructura (radio de curvatura menor a 500 mm). Asimismo, debe impedirse que el cable sufra machucones y golpes (como ocurre cuando se suelta la punta arriba). Las grapas, al igual que todos los herrajes y accesorios para fijar el cable a la estructura, deben corresponder al diámetro del cable.

4.42 TENSOR PROVISIONAL

Cuando sea necesario, se instala un tensor temporal en el OPGW, el cual debe ser diseñado para retener el cable sin dañarlo, deformarlo ni aplastar el tubo de aluminio.

Después del tendido, se sujeta el cable a las estructuras de remate. Como primer paso, se coloca el remate o tensor provisional para quitar la polea; éste puede ser un preformado, un come along de tornillos o un tensor de pinza con protección de neopreno en la mordaza. En cualquiera de los casos, el diámetro del remate debe ser adecuado al diámetro del cable. En el caso del come-along con tornillos, se recomienda que éstos sean apretados con un torquímetro, ya que son totalmente de acero y no tienen la cabeza de aluminio, que se degüella al llegar al torque límite.

4.43 FLECHADO DEL CABLE

Esta operación debe efectuarse con tensión controlada. Para tal fin, puede usarse el dinamómetro de la máquina de tensión o, si se usa montacargas, integrando un dinamómetro portátil (adecuado para medir la tensión de instalación del cable), que se sujeta a la punta del brazo de la estructura con una gasa de acero.

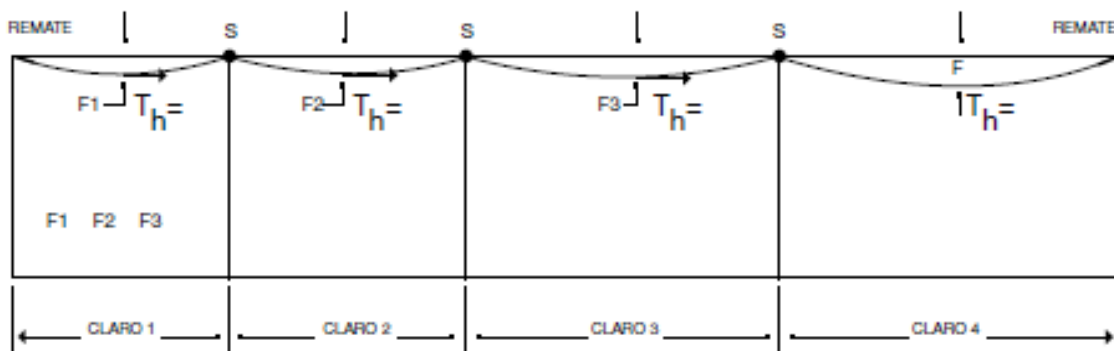
Una vez instalados el dinamómetro y el dispositivo de tracción, se coloca el tensor provisional del dispositivo de tracción en el cable a una distancia adecuada para permitir la tracción de éste hasta el punto deseado.

Al realizar la tracción, debe tenerse cuidado de no sobrepasar la tensión máxima de instalación permitida, que es de 1,200 kgf y de no elevar la catenaria del OPGW por arriba del nivel previsto por el usuario de la línea (de acuerdo con el estudio de flechas y tensiones).

La magnitud de la flecha cambia de acuerdo con el vano, como se muestra en la figura, por lo que es recomendable comprobar que la flecha sea aplicada utilizando equipo topográfico adecuado, colocado en el vano más largo (o el más crítico) y mantener la distancia entre el cable y las líneas conductoras dentro de los límites acordados con la compañía de energía eléctrica.

Una vez establecida la flecha, el OPGW estará expuesto a una tensión mecánica considerable y puede ser susceptible a vibraciones hasta que sea firmemente asegurado a las torres y se hayan colocado los amortiguadores de vibraciones necesarios.

Figura 23: Flechado del cable en el tendido, de acuerdo a los claros



4.44 COLOCACIÓN DE LOS REMATES DEFINITIVOS

Una vez que se han aplicado los parámetros recomendados por el estudio de flechas y tensiones se libera la tensión de las máquinas, se quita la última polea y se colocan los remates definitivos, de acuerdo con el instructivo de PLP.

El anclaje se inicia en la primera torre para facilitar la distribución de los soportes de suspensión a lo largo del cable.

Asimismo, debe vigilarse que los esfuerzos previsibles sobre los materiales de los elementos de soporte no rebasen los límites de seguridad para su funcionamiento durante la vida de la instalación; también deben aplicarse las protecciones provistas con los herrajes. Esto es particularmente importante en caso de que la estructura deba ser modificada para permitir que se sujeten los remates en ella.

Los herrajes recomendados para la sujeción del OPGW a las estructuras de la línea son de marca PLP. En la tabla que se presenta a continuación, se indican los modelos para cada cable:

Designación	Diámetro del cable (mm)	Remate de tensión preformado	Remate de tensión a tornillo
UNITUBO	12.8-13.0	2890003C4E2 S2GA	1BDE1300+ 1S1E1GA
Tubos holgados 36 fibras	14.6 -15.2	2890004C4E2 S2GA	1BDE1480+ 1S1E1GA
Tubos holgados 48-72 fibras	16.0-16.2	2890005C4E2 S2GA	1BDE1620+ 1S1E1GA

Los herrajes de remate también son utilizados en estructuras donde los ángulos son demasiado grandes para usar herrajes de suspensión, con ángulos en la línea del cable mayores a 30°. Los herrajes de suspensión son normalmente utilizados en las torres restantes. Para evitar daños potenciales causados por movimientos del OPGW, no se permite que éste quede apoyado en las poleas por más de 48 horas después de haber establecido la flecha.

4.45 TENDIDO

El equipo, accesorios y métodos empleados para el tendido serán tales que el cable OPGW no sea dañado.

El cable OPGW debe ser instalado de acuerdo con los cuadros, planos y las tablas de tendido correspondientes, detallados en la sección correspondiente a las especificaciones constructivas de la línea. Todos los elementos que se usen para el tendido tendrán acabados que impidan cualquier daño a los cables. El tendido del cable OPGW se hará ejerciendo un control cuidadoso y utilizando equipos mecánicos provistos de cabrestantes dentados.

Estos equipos deben tener doble tambor con un diámetro igual o mayor a 30 veces el diámetro del cable OPGW. La superficie de contacto del tambor debe ser acanalada para acomodar el cable de tendido o el cable OPGW. Las acanaladuras deben ser revestidas con material plástico resistente. El tambor debe tener espacio para acomodar al menos tres vueltas y media de cable OPGW.

CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En lo expuesto anteriormente concluimos que con el nuevo sistema de comunicación para el enlace de datos con fibra óptica OPGW para tráfico de información es mucho más eficaz y seguro, que hoy en día está creciendo a pasos agigantados.

Este proyecto sin duda alguna deja un conocimiento esencial para la instalación, supervisión y puesta en servicio de un sistema de comunicación, y abarca en esencia un resumen de cómo es que se realiza las maniobras para llevarlas a cabo.

Esta nueva tecnología aplicada es de gran ayuda para la Comisión Federal de Electricidad que es una empresa de Clase Mundial y debido a sus demandas de mejorar el servicio es que se apoya en el seguimiento de este proyecto para tener un personal capacitado para la supervisión y mantenimiento del enlace de comunicación.

Además de mi aprendizaje durante todo el tiempo que estuve realizando mi residencia profesional fue posible entender gran parte del movimiento laboral que tiene la CFE, y los logros que han tenido con tal de no suspender el servicio eléctrico y satisfacer las necesidades de todo el país.

También es importante mencionar que hay que prevenir cualquier evento que pueda causar daño a los equipos y que la responsabilidad que tiene esta empresa a nivel nacional es importante.

5.1 AGRADECIMIENTO A LA EMPRESA

Agradezco a Comisión Federal de Electricidad por brindarme la oportunidad de realizar mi residencia profesional en esta empresa, agradezco también a mi asesor externo el Ing. Isaac García López por todo el apoyo brindado durante este periodo y enseñarme todo lo relacionado a mi proyecto e involucrarme en todo lo relacionado, estoy muy complacido también del apoyo de mis compañeros técnicos trabajadores de CFE del área de control de distribución zona Tuxtla por mostrarme el ámbito laboral y social que se vive dentro de la empresa.

Agradezco a mi asesor interno Ing. Vicente León Orozco por todo el asesoramiento durante mi estancia en CFE y en la elaboración de mi reporte final así como también en las dudas que tenía sobre cuestiones de mi proyecto.

Muchas gracias también al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todo lo que me enseñó a lo largo de mi carrera y hacer de mi un futuro ingeniero que pretende poner en alto esta institución en cualquier empresa, instituto del estado o país en el que me encuentre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Cursos de redes ópticas (**CFE-R01**)

[2] <http://cybertesis.upnorte.edu.pe/handle/upnorte/95>

[3] http://www.chinacheerwe.com/Fiber-Products/Optical-Fiber-Connection-Components/Fanout_Pigtails_Optical_Fiber_Bundle_Pigtails_27.html

[4] Keiser BARD, "Optical Fiber Communications". Ed. McGraw-Hill, 2000.

[5] Rubio Martínez, Baltasar. "Introducción a la Ingeniería de La Fibra Óptica". Ed. Mcgraw-hill, 2004.

[6] Chomycz Bob, "Instalaciones de Fibra Óptica". Ed. McGraw-Hill, 1995.EMPALMES

[7] Alcoa Fujikura Ltd. División Telecomunicaciones (OPT-GW)

ANEXOS

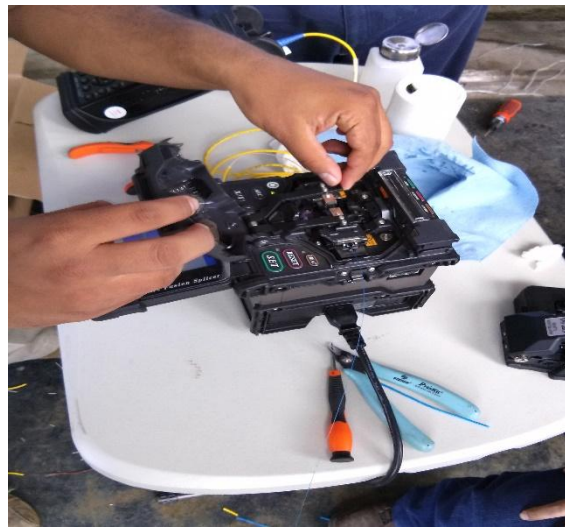
Subestación Tuxtla Uno

(Av. 5ta Norte, colonia Centro, Tuxtla Gtz.) Oficina de Telecomunicaciones

Cable de fibra óptica OPGW



Medición de Cable de fibra óptica OPGW y Capacitación de empalmes de fibra.





Cableado Estructurado de Redes de Comunicación



Videoconferencia en oficina de control y comunicaciones



Capacitación de Transito Vial para Trabajadores del sector público.



ORGANIGRAMA DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW EN LÍNEAS DE 115 KV

DEFLEXIÓN	LOCALIZACIÓN (m)	TIPO DE ESTRUCTURA	CABLE DE F.O. OPGW								OBSERVACIONES	
			HERRAJE DE TENSION SENCILLO (PZA)	HERRAJE DE TENSION DOBLE (PZA)	HERRAJE DE SUSPENSION (PZA)	HERRAJES DE GUIA Y FIJACION (PZA)	ALMACENADOR DE CABLE DE F.O. (PZA)	CAJA DE EMPALME DE 2 VIAS INTERMEDIA (PZA)	CAJA DE EMPALME DE 2 VIAS DE CONVERSION (PZA)	CAJA DE EMPALME DE 3 VIAS DE CONVERSION (PZA)		AMORTIGUADOR DE VIBRACION (PZA)
	0.00	BH	1			15	1		1		1	<p style="text-align: center;">COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD DISTRIBUCIÓN</p> <p style="text-align: center;">DIVISIÓN SURESTE</p> <hr/> <p style="text-align: center;">RESUMEN DE ESTRUCTURAS</p> <p style="text-align: center;"> TAR 2 TAS 15 PT 2 BAHIA 2 ----- TOTAL= 21 </p> <p>TAR: TORRE AUTOSOPORTADA DE REMATE TAS: TORRE AUTOSOPORTADA DE SUSPENSION PT: POSTE TRONCOCONICO</p> <p>ZONA: TUXTLA</p> <p>PROYECTO: TENDIDO DE CABLE DE FIBRA OPTICA OPGW SE. TXS - SE. RDB</p> <p>TITULO: FORMATO DE DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS SE. TXS - SE. RDB</p> <p style="text-align: center;">LST 73R20</p> <p>No. DE OBRA:</p>
	61.59	TAR		1							2	
	273.15	TAS			1						2	
	581.08	TAS			1						2	
	980.25	TAS			1						2	
	1,463.44	TAS		1							2	
	1,896.99	TAS			1						2	
	2,237.21	TAS			1						2	
	2,641.30	TAS		1		15	1	1			2	
	3,055.73	TAS			1						2	
	3,450.53	TAS		1							2	
	3,834.51	TAS		1							2	
	4,201.10	TAS			1						2	
	4,557.17	TAS			1						2	
	4,907.53	TAS			1						2	
	5,130.06	TAR		1							2	
	5,470.04	TAS			1						2	
	5,880.40	TAS			1						2	
	6,305.31	PT		1							2	
	6,355.90	PT		1							2	
	6,393.45	BH	1			15	1		1		1	
TOTAL			2	9	10	45	3	1	2	0	40	

