



58
2ej
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACION Y
MANTENIMIENTO DEL CABLE DE GUARDA CON
FIBRA OPTICA (OPGW)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

PATIÑO RODRIGUEZ ADOLFO JAVIER

ASESOR: ING. JESUS GARCIA LIRA.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDC. DE MEX.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

274799



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 PRESENTE

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES
 ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Procedimiento para la instalación y mantenimiento de cable de guarda con fibra óptica (OPGW)".

que presenta EL pasante: PATINO RODRIGUEZ ADOLFO JAVIER con número de cuenta: 9004333-6 para obtener el TITULO de INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 11 de Enero de 1999

- PRESIDENTE ING. MA. SOLEDAD ALVARADO MARTINEZ 11/1/99
- VOCAL ING. JOSE LUIS BUENOSIRO RODRIGUEZ 11/ENE. 1999
- SECRETARIO ING. JESUS GARCIA LIBA 11/ENE/99
- PRIMER SUPLENTE ING. GUILLERMO SANTOS OLME 11/01/99
- SEGUNDO SUPLENTE ING. ROLANDO CORTES MONTE DE OCA 11/01/99

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

Sr. Javier Patiño Mandujano
Sra. Guadalupe Rodríguez Castro

Por haberme dado la oportunidad de ser mejor persona cada día, levantándome cuando más lo necesitaba, por hacerme ver el mundo de otra forma, por quererme por sobre todo y lo más importante por darme la vida y motivarme a conseguir una de mis metas.

GRACIAS

A MIS HERMANOS

NANCY, EDGAR Y CRISTIAN

Por el apoyo que me dieron cuando lo necesite y soportaron mi mal carácter.

GRACIAS

A LOS PROFESORES

ING: JESUS GARCIA LIRA
ING: JOSE LUZ HERNANDEZ CASTILLO
FIS: JESUS CRUZ GUZMAN

Por haberme mostrado el valor del estudio con asesorías extraclases y enseñarme a ir más allá del solo aprender.

GRACIAS

A LA UNIVERSIDAD Y F.E.S.C.

Por haberme dado un lugar para estudiar el cual trate de aprovecharlo al máximo.

GRACIAS

A MI AMIGA ERIKA S. BECERRA BENITES

Por ser mi amiga cuando más lo necesitaba y por todo lo que soportaste por mi culpa.

GRACIAS

**A LA SUBGERENCIA DE COMUNICACIONES
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

Por todo el apoyo que he recibido de ustedes y porque de todos he aprendido algo, pero en especial de:

Ing. Javier Flores Heredia

Por todo el apoyo que me ha dado, creyendo en mi esto ha sido invaluable

Ing. Juan Arturo Osorio Mendoza

Por toda la confianza que ha depositado en mi.

Ing. Ernesto Ayala Cortés

Por todo lo que me ha enseñado, es un valioso tesoro que conservare siempre

Ing. Leticia Hernández Soto

Porque en tí he encontrado a un gran ser humano siempre te estaré agradecido.

Ing. José Leopoldo Mejía Vázquez

Porque todo lo que ha hecho por mi no tiene precio

Sra. Araceli Ramírez Briones

Porque tu apoyo ha sido invaluable.

Todo esto solo me motiva a ser mejor y esforzarme cada día más siendo mejor como ser humano.

GRACIAS

**A MI AMIGA SRA. GUADALUPE ROMERO
LAGUNAS**

Por la ayuda que me has dado, tu sabes todo lo que representas para mí, no tengo palabras para decírtelo, por ahora solo te diré esto: Eres la persona que más me ayudo cuando más solo me sentía, esto es una muestra de todo lo que te agradezco.

GRACIAS

INDICE

1	Introducción	
1.1	Antecedentes Históricos.....	1
1.1.1	Primeras Aplicaciones.....	7
1.2	¿Qué son las fibras ópticas?.....	9
1.2.1	Reflexión y Refracción.....	10
1.2.2	Física de la fibra óptica.....	11
1.3	Conceptos básicos y construcción del cable de guarda (OPGW).....	18
1.3.1	Core y Cladding.....	19
1.3.2	Coating.....	19
1.3.3	Atenuación.....	20
1.3.4	Dispersión.....	21
1.3.5	Apertura Numérica.....	21
1.3.6	Monomodo y Multimodo.....	21
1.3.7	Tipos de fibras.....	21
1.3.8	Construcción del cable de guarda (OPGW).....	24
1.3.9	Comportamiento Mecánico y térmico.....	30
1.3.10	Parte metálica.....	30
1.3.11	Comportamiento eléctrico.....	31
1.4	Utilización del cable de guarda con fibras ópticas (OPGW).....	33
1.4.1	Tecnologías de fabricación.....	33
1.4.2	Método CV-MCVD.....	35
1.4.3	Método PCVD-IVPO.....	35
1.4.4	Tecnologías de fabricación con métodos de doble crisol.....	36
1.4.5	Fibras ópticas para Telecomunicaciones.....	37
1.4.6	Fibras con revestimiento de plástico.....	37
1.4.7	Revestimientos Protectores.....	38
1.4.8	Fibras multimodo con índice en escalón.....	40
1.4.9	Fibras multimodo de índice gradual.....	41
1.4.10	Fibras monomodo.....	42
2	Pruebas	
a)	Corriente de falla.....	44
b)	Vibración debida al viento.....	47
c)	Inmersión y ciclo térmico.....	50
d)	Prueba de galopeo.....	52
e)	Descargas Atmosféricas.....	54
f)	Paso Múltiple por polea.....	56
g)	Cíclica de tensión.....	58
h)	Medición del espesor de capa de aluminio.....	59
i)	De torcido.....	60
3.	Recomendaciones y consideraciones	61
3.1	Especificación.....	64
3.2	Protección de cable.....	98

4.	Equipo necesario para el tendido	
4.1	Equipo de tensado.....	104
4.2	Polea de tendido.....	104
4.3	El estribo o "alacrán".....	106
4.4	Clima de tensión Temporal o "calcetín".....	106
4.5	El come-along (camelon).....	107
4.6	El desatorcedor o pengolin.....	107
4.7	El cable piloto.....	107
4.8	Conexión del cable OPGW con el cable piloto.....	108
4.9	Disposición del equipo de tensión.....	108
4.10	Empacado del cable.....	108
4.11	Tratamiento de los extremos del cable OPGW.....	109
4.12	Tendido del cable OPGW.....	110
4.13	Enclumado e instalación del amortiguador.....	110
4.13.1	Características de la grasa a aplicar.....	111
4.13.2	Aplicación de la grasa.....	112
4.14	Introducción del cable OPGW, por el interior de la torre.....	114
4.15	Instalación de la caja de empalme.....	116
4.16	Recomendaciones.....	116
5.	Procedimiento para el empalme del cable	
5.1	Introducción.....	119
5.2	Recomendación.....	121
5.3	Lista de materiales necesarios.....	123
5.4	Lista de Herramienta y equipo.....	124
5.5	Fijación del cable en la caja de empalme.....	126
5.6	Empalme de las Fibras ópticas.....	145
5.7	Sellado de la caja de empalme.....	154
5.8	Mantenimiento.....	153
6	Detección de fallas	155
6.1	Reflectometro.....	156
6.2	Detección de una falla en una línea de transmisión.....	156
7	Conclusiones.....	182
	Anexo.....	183
	Glosario.....	184
	Bibliografía.....	185

PROLOGO

El propósito de un cable de guarda.

Un cable normalmente tiene dos funciones: conducir fallas de corriente y proteger la línea de descargas atmosféricas. Para conducir las fallas de corriente un cable de tierra normalmente contiene una cierta porción de aluminio o aleaciones de aluminio, si las fuerzas aplicadas al cable de tierra están por encima de un cierto nivel causado por estiramiento máximo y cargas adicionales también es necesaria una porción de acero de uno, siete o hasta 19 alambres de acero galvanizado. Esta parte es responsable de la fuerza de la cuerda. En el torcido del cable se encuentra una o varias capas de cables de aluminio o aleaciones de aluminio. El número y tamaño de estos cables depende de los requerimientos de corto circuito de la línea, si estos requerimientos son bajos entonces el cable de tierra también puede ser sólo de alambres de acero.

Hoy en día muchos países tienen un cierto número de conductores estandarizados. El grosor (calibre) del cable de aluminio (aleación de aluminio) alcanza desde 2 mm o menos hasta casi 4 mm. La elección de un conductor como cable de tierra se hace de acuerdo a los requerimientos de fuerza y conductividad. Normalmente el diámetro de los alambres no es un criterio.

El propósito de Optical Guard Wire (cable de guarda óptico, OPGW) .

El OPGW tiene que cumplir las mismas funciones que el cable de tierra usual. Por esa razón los materiales usados para OPGW son principalmente los mismos que se usan para los conductores. Esto significa que los efectos causados por relampagueos en estos materiales son los mismos. El aluminio (aleaciones) así como acero o ACS se derriten si son afectados por un relámpago.

Descargas atmosféricas.

Generalmente existen dos tipos de descargas atmosféricas:

- Corriente de impulso con alto grado de corriente y de poca duración.
- Corriente de larga duración con baja amplitud y larga duración.

La corriente de impulso sólo ocasiona derretimiento en el cable sobre una gran área pero con poca profundidad (1/10 mm). Este tipo de descargas atmosféricas no es crítico para el OPGW.

Las corrientes de larga duración son principalmente los responsables por efectos de derretimiento en cables de tierra ópticos. Normalmente varios alambres son total o parcialmente dañados. El número de alambres que son cortados por un relámpago depende de diferentes parámetros:

- La transferencia de carga.
- El material y el diámetro del alambre (aluminio o acero).

El número de alambres que son cortados depende del movimiento del rayo. Así que la descarga atmosférica puede derretir una parte más larga de unos cuantos alambres o puede moverse y cortar algunos alambres más. Si el arco permanece en un punto puede quemar y hacer un orificio profundo al conductor. Por el hecho de que una verdadera descarga atmosférica tiene un arco muy largo no se queda en un punto. Inspecciones de perjuicios por descargas atmosféricas naturales han demostrado que el arco se mueve sobre el conductor y deja deterioros en varios lugares. Por esto la carga total es distribuida sobre un área más ancha, lo cual resulta que la descarga atmosférica no quema profundamente al conductor. Así que los perjuicios generalmente se limitan a la capa exterior únicamente.

Efectos en el OPGW

Los deterioros a un OPGW pueden ser distribuidos en dos grandes grupos:

- Cambio de propiedades mecánicas/eléctricas
- Perjuicios a la unidad óptica

Debido a la desconexión de varios cables, el comportamiento de las propiedades mecánicas y eléctricas se deteriora. Esto puede llevar parcialmente a altas temperaturas durante el corto circuito. Así que en este caso, es importante que un OPGW tenga reservas para prevenir daños. En este caso es ventajoso tener una completa construcción de metal, ya que los materiales plásticos se pueden derretir.

Para el comportamiento mecánico no solamente es importante la cantidad de la sección original de cruce que se encuentra intacta, sino también si es posible usarla. Por ejemplo, construcciones de OPGW con una unidad óptica relativamente gruesa y sólo una capa de armadura es crítica en caso de separar o dividir varios cables. Un hecho bien conocido es que una construcción de una sola capa produce movimiento de torsión cuando es expuesta a la tensión. Usualmente este movimiento de torsión es llevado a los extremos en ambos lados de un estiramiento máximo. Si hay un daño como el descrito arriba, el movimiento de torsión también afectará torciéndola. Esto lleva a un estrés extremo en la unidad óptica. Adicionalmente el efecto de puente de los cables vecinos se pierde, lo cual ocasiona que los cables pongan presión adicional en la unidad óptica. El hecho de que una construcción de una sola capa deba de tener su fuerza en forma de cables ACS en la capa externa, ocasiona que estos cables sean directamente afectados. Si no están completamente derretidos, por lo menos el recubrimiento de aluminio es destruido, lo cual, con el tiempo ocasionará corrosión.

Esto significa que aunque la fuerza teórica sea por ejemplo 80% RTS, en realidad el OPGW no puede permanecer sin daño en la unidad óptica.

En caso de una construcción de tubo de alambre torcido (o en cordones) de acero de por lo menos dos capas (coronas) de alambres torcidos o en cordones, la fuerza de torsión queda balanceada. Así que el efecto de una fuerza de torsión extrema en el lugar del daño no es posible. Aun habiendo una cierta torcedura, el tubo de acero no se afectará

por la torsión de los alambres en cordones y protegida por los alambres vecinos. La separación de la fuerza y conductividad del cable en el alma y la capa externa ocasiona que la fuerza sobrante sea relativamente alta. Aun más esto da la posibilidad de reparar el OPGW fácilmente aplicando suficientes varillas preformadas. Esto puede restaurar el contacto eléctrico así como la fuerza mecánica en los cables de aluminio afectados. El hecho de que los alambres de ACS sean colocados en el centro del cable, hace que se mantenga sin deterioro y excluye el riesgo de corrosión posterior.

Parámetros de Prueba.

Para un procedimiento de pruebas contra descargas atmosféricas en OPGW sólo el rayo de larga duración es realmente interesante, por lo que debe ser limitado solo a eso. La transferencia de carga debe ser adaptada a las condiciones regionales. El sólo tomar los niveles de protección dados en IEC-1312-1, no es una manera apropiada porque muchos de los cables standard de guarda no soportan esta carga. Para arreglar estos niveles de OPGW por consiguiente los cables estándares de guarda ser igualados, sino tienen que ser remplazados también. Las resistencias del OPGW a las descargas atmosféricas deben ser comparadas con los cables de tierra existentes.

Si una mejor protección es requerida, también los límites de diámetro y peso del OPGW deben ampliarse. Un aumento de la resistencia de la descarga atmosférica se puede solamente obtener con más material que significaría cables de alambres más gruesos en la parte exterior o una capa adicional.

Los niveles de protección 1 y 2 de IEC 13-2-1 (200C RSP150C). 150C) son muy difíciles para cualquier OPGW o cables de guarda usuales. En cualquier caso los daños son enormes. Para protección de los niveles III-IV (100C) los daños son menores, pero algunos cables severamente dañados son normales. Esto significa que para construcciones muy delgadas, este nivel es aun demasiado alto, como lo es para los cables de tierra convencionales. En algunos casos la carga debe ser reducida a 50C.

Adicionalmente a cada país o aun cada compañía de energía eléctrica debe tomar en consideración su propia experiencia, si no hay problemas con el conocimiento de las descargas atmosféricas, ¿por qué habrían de existir problemas después de haber

cambiado al OPGW?. En la mayoría de los casos el problema de las descargas atmosféricas no es realmente un problema sino un miedo.

Una descarga atmosférica natural tiene un arco muy grande que no está estable en un lugar. Esto debe ser considerado en una prueba de descarga atmosférica. Para verificar esta distancia entre el electrodo y el cable, no debe ser menor a 60 mm para tener resultados reales de prueba. Adicionalmente el electrodo no debe ser dirigido al final para permitir un cierto movimiento hacia los lados.

Evaluación de los resultados de prueba.

Es característico que en las pruebas de descargas atmosféricas el resultado varíe en un amplio rango. Así que para el mismo OPGW en una prueba puede haber 1 o 2 alambres dañados y en la siguiente prueba puede haber 6 o 7. Por esta razón sería conveniente no hacer una prueba, sino de 5 a 10. Para que el número de alambres dañados se pueda obtener un cálculo. Para el OPGW las siguientes preguntas pueden ser importantes:

La transmisión óptica es correcta?

Hay peligro de que el OPGW se pueda romper?

Si la transmisión óptica está correcta, esta parte de la evaluación debe ser considerada, ya que el OPGW ha cumplido su trabajo principal durante y después de la prueba. En un segundo paso los daños eventuales en la unidad óptica pueden ser inspeccionados. Esto nos puede dar una clave en la reparación del OPGW; pero este no es un criterio para pasar la prueba.

La parte mecánica de la prueba está completa, si no hay peligro de que el cable se pueda romper, lo que ocasionaría en realidad daños adicionales del 80% RTS o 90% RTS como se establece en IEC 1396, no es usual por varias razones. Esto significa que las construcciones OPGW con poco o aun sin contenido de acero, son prácticamente prohibidas. Para dichas construcciones, la ruptura de 1 o 2 alambres pueden significar que el requerimiento no se cumple. Para el uso de los cables de tierra convencionales tales construcciones se usan alrededor del mundo y nadie piensa en cambiarlas.

Otra razón para rehusar tal requerimiento, es que no significa nada por lo menos no lo que parece ser. Por ejemplo: si una construcción de una sola capa tiene una fuerza remanente de 80% RTS, eso no significa que realmente puede ser cargado hasta ese nivel. Debido a la fuerza de torsión ya descrita y los efectos de presión la unidad óptica y la estructura del cable serían destruidos.

Una manera más usual de asegurar que el cable no se romperá, es hacer una prueba de tensión real. El criterio para pasar esta prueba debe ser que el OPGW pueda cumplir con el trabajo de tensión permisible. Este valor tiene usualmente un valor excedido entre 40 y 50% RTS. En caso de cargas adicionales, este valor no debe ser excedido. Así que si el OPGW dañado es aun capaz de soportar esta carga, se asegura que no hay riesgo de rompimiento. Adicionalmente puede ser evaluado y probado si el OPGW puede ser reparado por ejemplo por el uso de una varilla preformada.

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

El presente documento muestra la técnica, para instalar el cable de guarda con fibra óptica del tipo OPGW. Este cable esta compuesto generalmente de fibra óptica en el centro y cable de acero recubierto de aluminio (alumoweld) en su sección exterior. Por lo tanto es necesario tomar cuidados durante su tendido. Para evitar daños no solo en sus propiedades mecánicas y eléctricas, sino también en sus propiedades ópticas.

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

La idea de utilizar la luz como medio de comunicación no es nueva. No obstante, la falta de desarrollos de este tipo de comunicaciones se ha debido principalmente al hecho de que el transmisor y el receptor deben encontrarse en posiciones bien visibles entre sí, con todas las limitaciones que esto implica.

Es comprensible que muchos investigadores hayan intentado obviar este inconveniente, buscando la transmisión de la luz a lo largo de trayectorias curvilíneas

La viabilidad práctica de esta posibilidad fue demostrada por John Tyndall en 1870, que demostró la posibilidad de transmitir la luz a lo largo de recorridos curvilíneos, por medio de reflexiones sucesivas. Para ello utilizó un recipiente lleno de agua iluminado por uno de sus extremos. La luz se propaga a lo largo del mismo. Saliendo por un agujero practicado en una de las paredes, el agua salía del recipiente iluminando el recipiente inferior. (figura 1)

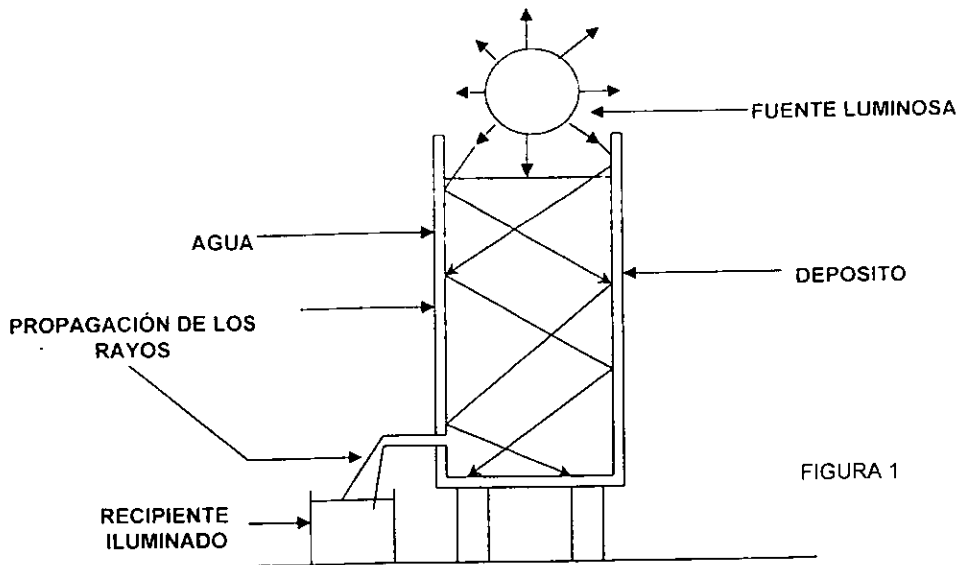


FIGURA 1

Tras la experiencia de Tyndall hacia 1880, Bell construyó un aparato el fotófono (figura 2) que enviaba señales vocales a corta distancia por medio de la luz. El equipo disponía de un sistema de lentes que enfocaba un rayo de luz solar modulándolo y lanzándolo después al espacio libre hacia un receptor. Conceptualmente, era correcto, sin embargo, su aplicación no fue posible tanto por la falta de luz adecuada como de un medio de propagación de bajas pérdidas y la idea se abandonó.

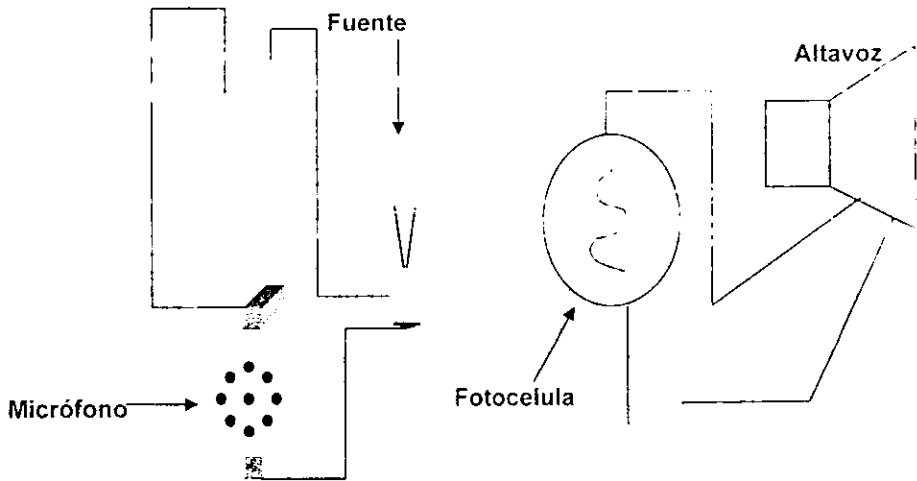


FIGURA 2

Posteriormente Hondros y Derby demostraron con sus estudios en 1910, la posibilidad de propagación de la luz por guías de onda dieléctricas compuestas por material transparente con índice de refracción variados.

Esta acumulación de experiencias permitió al inglés Baird patentar en 1927 un dispositivo compuesto por una serie de varillas de vidrio capaz de transmitir imágenes (aunque un poco confusas) a corta distancia. En estas experiencias está ya incluida la visión de lo que luego sería la fibra óptica.

Sin embargo, los materiales y tecnologías disponibles no permiten a los investigadores de la época llegar a resultados prácticos significativos en la transmisión de la luz guiada a distancias importantes; como había que esperar a la maduración tecnológica de algunos procedimientos, entre los que figuraban las técnicas de purificación e hilado del vidrio.

Las condiciones para el desarrollo decisivo se presentaron en 1953, cuando Kapany puso a punto fibras de vidrio con una vaina o recubrimiento (cladding) adaptada para usos prácticos, introduciendo entonces el término "fibra óptica" que se utiliza en la actualidad. Unos años después Hopkins, Van Heel y el propio Kapany pusieron a punto los primeros endoscopios de fibra óptica (figura 3)

En 1958 apareció un método para la producción de radiaciones electromagnéticas en las longitudes de onda del espectro visible, utilizando los estados energéticos

de los átomos para producir mediante cambios simultáneos de sus niveles radiaciones electromagnéticas controladas

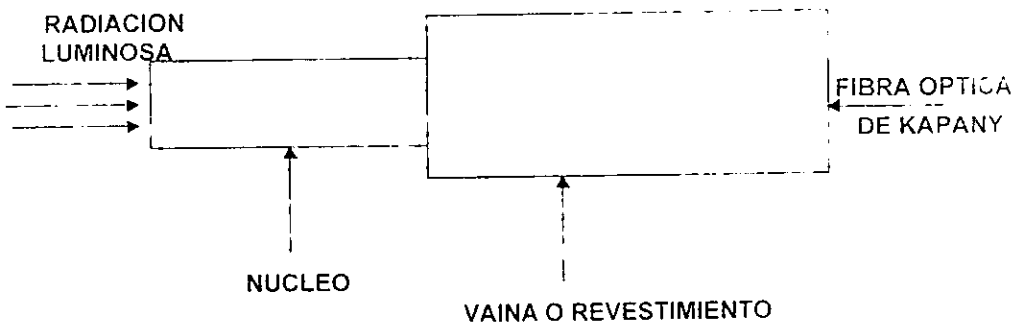
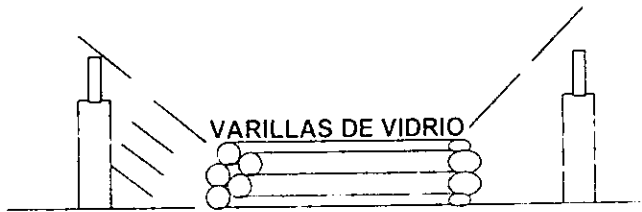


FIGURA 3

El aparato utilizado se llama LASER (ligh Amplification by Stimulated Emission of Radiation); las fuentes luminosas habituales (tungsteno, Lámparas fluorescentes.

etc.) producen un espectro compuesto por una banda ancha de señales con distintas frecuencias y fases, así como diferentes amplitudes y polarizaciones (luz no coherente). El láser se caracteriza por ser un generador de luz monocromática, ondas de la misma frecuencia constituyendo en su fase final un haz de luz coherente. Además las trayectorias de los rayos emergentes del láser resultan paralelas, lo que permite concentrar una alta cantidad de energía en superficies reducidas, como es el caso de las fibras de vidrio.

Como la invención del láser como fuente de luz coherente, volvió a considerarse la idea de utilizar aquella como soporte de comunicaciones y sistema alternativo o sustitutivo de los existentes, formulando al mismo tiempo los primeros conceptos sobre transmisión por guías de vidrio. Resulta particularmente atractiva su utilización para comunicaciones digitales, ya que con una fuente láser disparada a alta velocidad se puede transmitir los unos y los ceros de una comunicación digital hacia un detector.

No obstante hubo que esperar algunos años, hasta 1967 para poder afirmar que la fibra óptica tiene la posibilidad de revolucionar las comunicaciones al sustituir al cable metálico. Fue precisamente en ese año cuando los investigadores ingleses de la Standard Telecommunication Laboratories se enfrentaron a la posibilidad concreta de sustituir los cables de comunicaciones por fibra óptica, identificando también las causas de la elevada atenuación de casi 1000 dB/Km.

Apenas tres años más tarde, se consiguen atenuaciones de solo 20 dB/Km., gracias a los trabajos de los investigadores de la Corning Glass Works. Poco después en 1975, aparecían los primeros proyectos experimentales. En 1976 entran en escena los investigadores japoneses de Fujikura, que consiguen fabricar fibras ópticas con atenuaciones de 47 dB/Km.

Poco después aparecían, los primeros proyectos experimentales instalándose de modo creciente a partir de 1980.

Primeras aplicaciones

Las primeras aplicaciones prácticas de la fibra óptica datan de los años 50; en aquella época, las investigaciones dirigidas primero por Kapany y después por Van Klee y Hopkins, estaban encaminadas a conseguir la transmisión de la luz a través de haces de fibra óptica para obtener la reproducción de imágenes no distorsionadas.

Tras estas experiencias realizadas en el periodo comprendido entre 1954 y 1959, se llegó a fabricar industrialmente los primeros endoscopios de fibra óptica.

No obstante y quizá al escaso desarrollo de la tecnología de semiconductores, la investigación y aplicaciones de la fibra óptica no conocieron progresos importantes hasta los años 70's, en cuyo período los laboratorios de la Corning Glass Works consiguieron fabricar fibras ópticas con una atenuación de 20 dB/Km.

Sólo entonces fue posible pensar de modo concreto en la utilización de la fibra óptica en los sistemas de telecomunicación y sólo dos años después, en 1972 se consiguió fabricar también en Corning fibras con atenuaciones de 4 dB/Km. ; al mismo tiempo los importantes avances de las tecnologías optoelectrónicas permitieron poner a punto las primeras fuentes eficientes de luz de estado sólido (LED y Láser).

Estos esfuerzos conjuntos permitieron realizar sistemas de transmisión de fibra óptica; entre los primeros ejemplos hay que citar el enlace de televisión en los laboratorios de Corning por el Dr. Frank L. Thiel, sobre una distancia de 330 metros.

En 1976 los japoneses lograron fabricar fibras ópticas industriales de muy baja atenuación.

Las investigaciones y experimentación operativa en este campo permitieron alcanzar velocidades de transmisión de 560 Mbps sobre tramos de 6 Km y 1.2 Gbps sobre distancias menores, manteniendo la atenuación total a niveles compatibles con el buen rendimiento del sistema.

En este momento constituye el medio terrestre de comunicaciones de mayores prestaciones y más alta potencialidad.

1.2 ¿Qué son las Fibras ópticas?

Los atomistas y otros filósofos griegos próximos a esta corriente de pensamiento ya habían formulado por los siglos V-VI a. C., ideas y conceptos sobre la naturaleza de la luz. El propio Euclides escribió un tratado de óptica en el que se discutían algunos principios de óptica geométrica.

En el renacimiento se abordaron nuevamente estos temas con mayor fuerza, Kepler estudio los complejos fenómenos asociados con el origen de las imágenes de la óptica geométrica para comprender mejor la luz.

Corresponde a Newton la formulación de una primera teoría, en el sentido moderno sobre la naturaleza de la luz, basada en un modelo corpuscular que supone la existencia de "una fuerza de atracción entre corpúsculos y materia atravesada". En 1850 Foucault mide la velocidad de la luz y demuestra que es variable, dependiendo del medio por el que se propaga: si este es más denso, como es el caso del agua, la velocidad de propagación es menor que en el aire estando en relación inversa del índice de refracción.

Pero estas teorías, como es comprensible solo explicaba parcialmente el mecanismo de propagación de la luz. Con las teorías de Young y Fresnel, se tuvo una explicación más exhaustiva de la propagación rectilínea de la luz.

Posteriormente fueron los estudios de Maxwell los que condujeron a considerar la luz como un fenómeno electromagnético.

Los tecnólogos empezaron a valorar las posibles aplicaciones prácticas de las nuevas teorías. El experimento de John Tyndall sobre la posibilidad de propagación curvilínea de la luz, debe interpretarse como una primera demostración de la viabilidad de guiar la luz a lo largo de recorridos artificiales. La importante aportación sistemática de Max Planck a la teoría sobre la naturaleza de la luz fue decisiva. Por otra parte, Albert Einstein contribuyó a abrir el camino para la comprensión de fenómenos físicos poco claros hasta entonces.

Reflexión y Refracción

El repaso de algunas nociones fundamentales de óptica geométrica permitirá comprender mejor los mecanismos físicos que rigen la propagación de la luz en la fibra óptica. La óptica geométrica estudia el concepto de rayo de luz sometido a las leyes de la reflexión y refracción.

Supongamos que un rayo de luz tras un recorrido de n metros, se encuentra con una superficie de separación entre dos medios transparentes. El rayo proseguirá parcialmente por el otro medio (figura 4) y se reflejará en parte. El punto en el que se produce la separación se llama punto de incidencia y el ángulo formado por el rayo reflejado se le llama ángulo de reflexión.

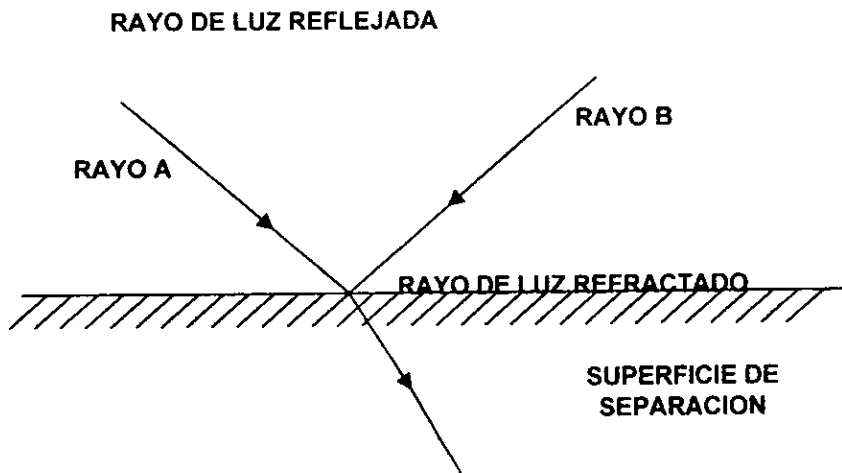
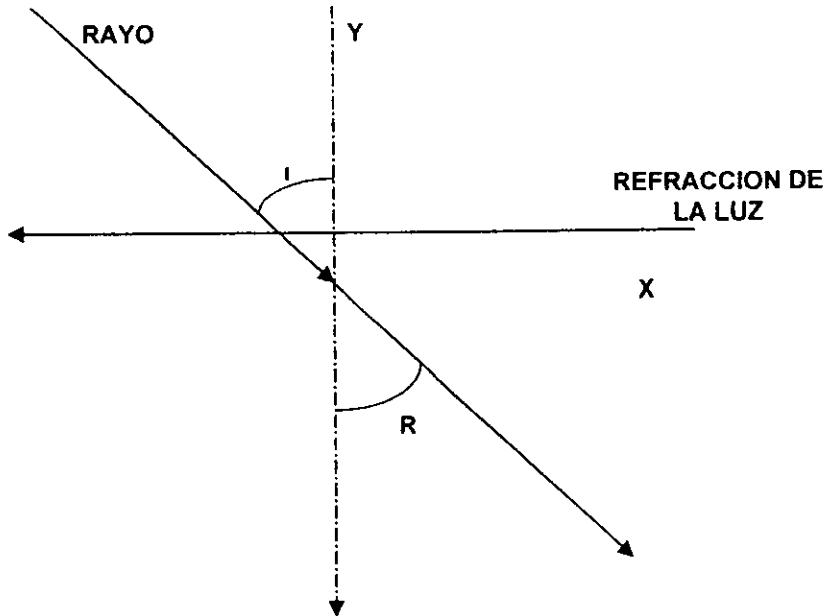


FIGURA 4

Las leyes de la óptica permiten básicamente reconstruir el camino del rayo reflejado y establecen que "el rayo reflejado esta en el plano determinado por el rayo incidente y la normal a la superficie refractante" (figura 5). Por otra parte, "el rayo refractado se encuentra en el plano determinado por el rayo incidente t por la normal a la superficie restringente (es decir, en el mismo plano que el rayo reflejado)". Además, el ángulo de refracción varía con el ángulo de incidencia, de modo que la relación entre los senos de ambos se mantenga constante, es decir:

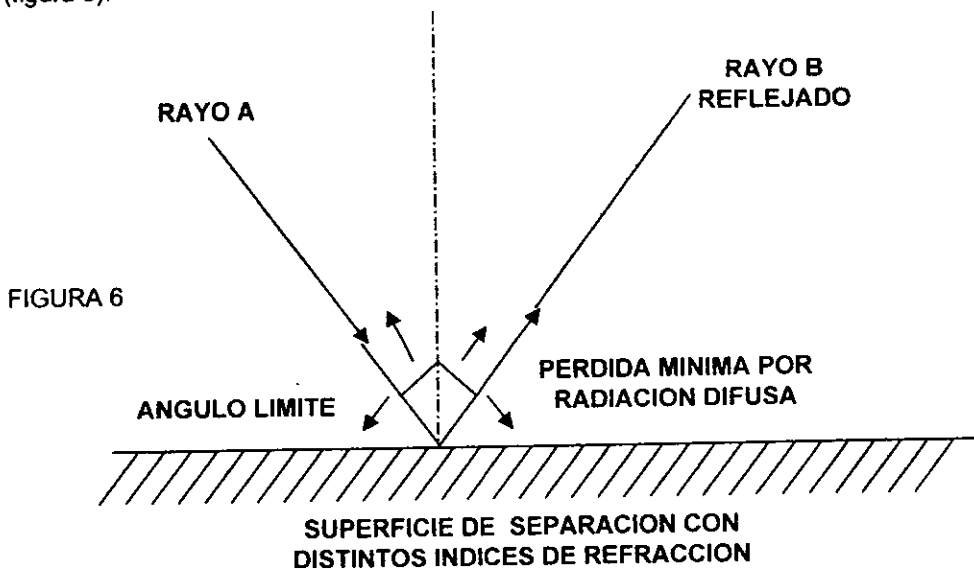
$$\text{Sen } L / \text{Sen } R = N$$



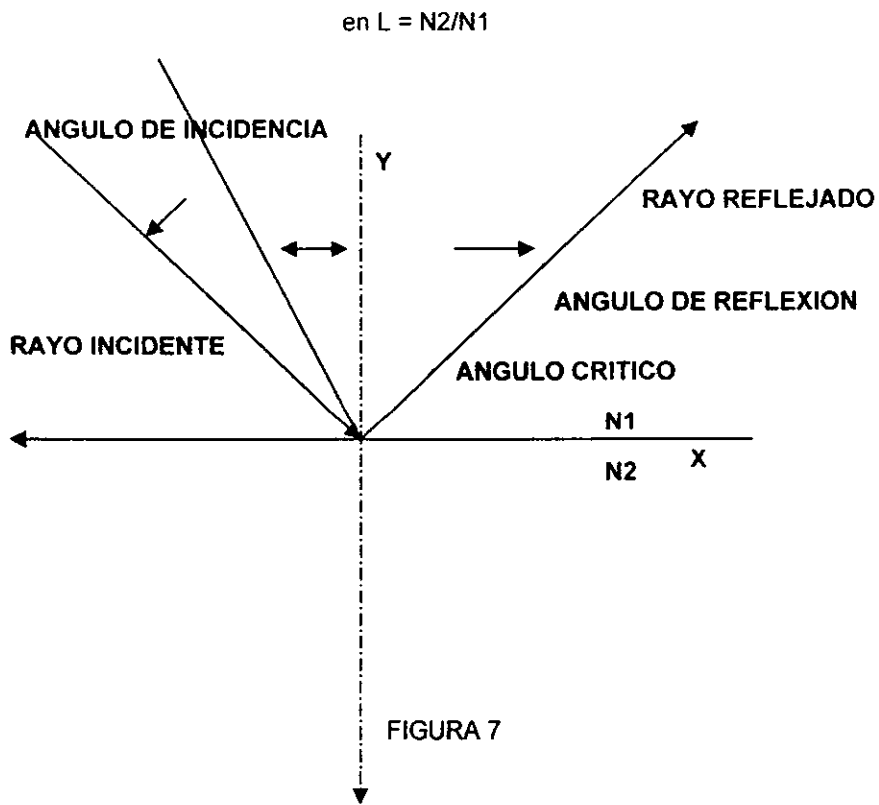
La constante N depende del cuerpo que produce la refracción y se llama índice de refracción.

Teóricamente podría reflejarse un rayo n veces, si se utilizase una superficie perfectamente pulida, o si la presencia de eventuales irregularidades esta muy por debajo de la longitud de onda de la radiación incidente, o bien entre dos medios

con índice de refracción distintas. A partir de este fenómeno estudiado por Snell, se llega al concepto de refracción total, es decir, a la ausencia de rayo refractado (figura 6).



Este fenómeno se produce también en el caso de dos medios con distintos índices de refracción (figura 7), siempre que se cumpla la condición de que el ángulo de incidencia sea mayor que un cierto valor denominado ángulo límite, de forma que se satisfaga la siguiente relación:



Física de la fibra óptica

Una fibra óptica normal aparece a la vista como un tubo fino y flexible de material vídrioso, constituido por dos partes.

La parte superior recibe el nombre de núcleo y la exterior el de recubrimiento; el núcleo y el recubrimiento tienen índices de refracción ligeramente distintos correspondiente a la superficie límite entre ambas partes. Normalmente el índice de refracción del núcleo oscila entre 1.4 y 1.6, mientras que la diferencia N_1-N_2 esta entre 1.1% y algunas unidades porcentual.

La luz se propaga en el interior de la fibra por reflexión total entre el límite del núcleo y el recubrimiento. Sin embargo, en la práctica los rayos luminosos únicamente sufren reflexión total cuando se respetan algunas leyes de la óptica geométrica, desde la que se puede deducir la condición básica para la propagación de la luz dentro de la fibra óptica.

La primera condición se cumple cuando el índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento; la segunda condición se da por la fibra óptica solo se propaga una cierta cantidad de radiación luminosa, en particular sólo los rayos incidentes que entran dentro de un cierto ángulo de aceptación de la fibra.

Sin embargo, existen otros aspectos que regulan la propagación de la luz en la fibra óptica y que hacen necesario tomar en consideración otros factores, que se

especifican mejor en las ecuaciones de Maxwell. De la solución de estas ecuaciones resulta que la energía que se propaga en la fibra está distribuida en un número discreto de configuraciones espacio-temporales, cada una de las cuales representa una solución de las ecuaciones diferenciales de partida. Estas configuraciones reciben el nombre de modos, teniendo a su vez cada modo distintas características de propagación.

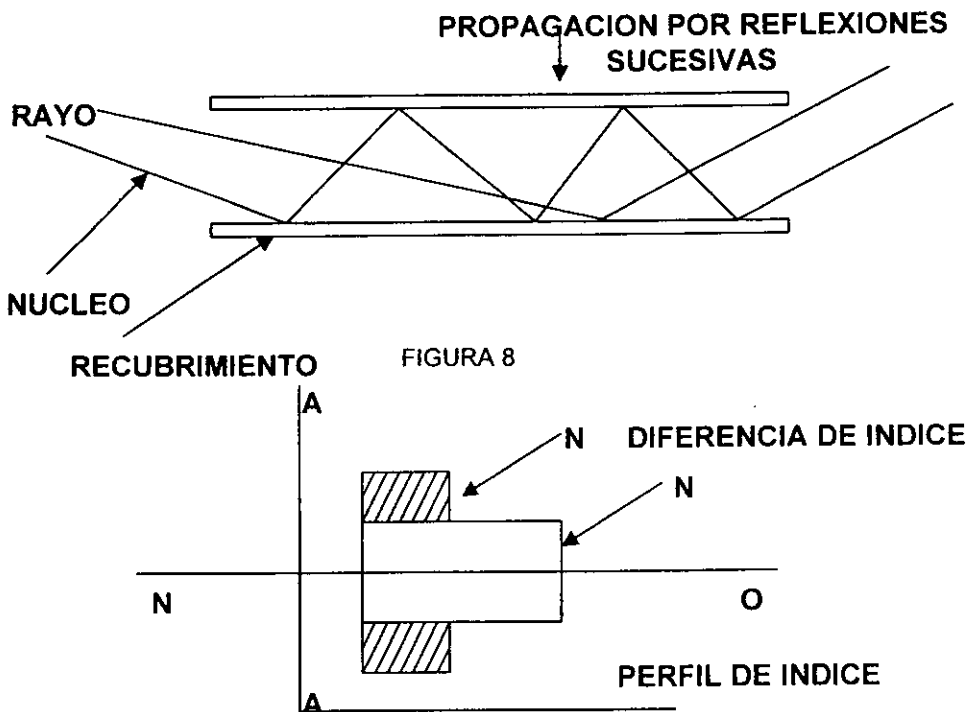
En particular, cada modo tiene su velocidad propia, relacionada con el camino óptico distinto de cada rayo individual. La dispersión modal es precisamente lo que en la práctica limita el ancho de banda de algunos tipos de fibras.

Este fenómeno puede entenderse mejor con un ejemplo. Si se ataca la fibra óptica con un impulso luminoso muy corto, se observa que al llegar dicho impulso en el extremo opuesto la duración T_1 de transmisión no corresponde con la duración T_2 del impulso recibido; esto se debe a que los rayos viajan a velocidades distintas, siendo diferente el número de reflexiones. Así, el rayo más rápido es el que sufre una sola reflexión, siendo el primero en llegar, mientras que el que sufre más reflexiones será el último en llegar. El tiempo de propagación total depende de algunas características físicas de la fibra óptica en particular, de la longitud, del tipo de fibra óptica y del ángulo de entrada del impulso luminoso.

El fenómeno de la dispersión modal se ilustra en la figura 8. Los rayos inyectados en la fibra con una inclinación máxima realizarán un recorrido más largo respecto a

los rayos inyectados paralelamente. Este aspecto se define como la capacidad de la fibra para aceptar la radiación luminosa.

La fibra acepta una parte de la radiación luminosa, que cae dentro de un determinado ángulo o cono de aceptación, descrito por un parámetro llamado apertura numérica. Este parámetro se define de forma que permite establecer también las características de la fuente y para valorar la calidad de la fibra, que será mejor cuanto mayor sea su ángulo de aceptación máxima. No obstante, conviene recordar que una apertura numérica elevada solo puede conseguirse con fibras de diámetro elevado, por el consiguiente aumento de la dispersión modal.



Tal como prevé la teoría ondulatoria de la luz, en los medios materiales las radiaciones de frecuencias distintas se propagan con velocidades distintas, dado que el índice de refracción en un medio transparente depende de la velocidad de la luz, es lógico esperar que en dicho medio una misma fibra presente índices de refracción distintas para diferentes frecuencias luminosas del espectro electromagnético. En efecto, una fibra óptica es tanto más eficiente cuanto más se aproxima la frecuencia de la radiación propagada al índice de refracción; en la práctica esta condición se producirá cuando la frecuencia de la radiación luminosa propagada se acerca a uno de los tres intervalos del espectro de propagación de la fibra óptica, en los que se tiene una menor atenuación. Estos intervalos de frecuencia llamados ventanas, se encuentran entre 800 y 900 nm para la primera ventana, 1050 y 1200 nm para la segunda y 1250 y 1400 para la tercera ventana.

1.3 CONCEPTOS BASICOS Y CONSTRUCCION DEL CABLE DE GUARDA

Conceptos Básicos

La información es codificada en señales eléctricas y luego convertida en señales luminosas. La luz viaja entonces a través de la fibra óptica. En el otro extremo un detector transforma las señales luminosas en eléctricas, las cuales son luego decodificadas en información.

Core y Cladding

La guía de luz de la fibra (el elemento central) es llamada core (núcleo). Mientras Mayor sea el núcleo más luz será emitida dentro de la fibra. Rodeando el núcleo de vidrio sólido y hecho de una diferente composición de vidrio, está el cladding.

El rayo luminoso es guiado a través del núcleo de la fibra por un fenómeno conocido como reflexión interna total, es decir, los índices de refracción del core y cladding y el radio mínimo de curvatura están calculados de tal modo que el rayo siempre se refleje (y no se refracte) contra las paredes del núcleo, no pudiendo abandonar la fibra.

Coating

Las fibras son cubiertas con una funda plástica (coating) que provee protección mecánica al manipuleo. Esta funda puede retirarse por medios mecánicos o físicos con el fin de realizar los empalmes y le da a la fibra un diámetro externo que puede ser de 250, 500 o 900 micrómetros (millonésima parte de un metro).

La mayoría de las fibras usadas en sistemas de CATV tienen un núcleo de 8 micrómetros, un cladding de 125 micrómetros y un coating 250 micrómetros de diámetro.

Longitud de Onda

Define el color de la luz que es emitida por la fuente luminosa. Para sistemas de TV por cable, 1310 y 1550 nanómetros son longitudes de onda típicas. Los rangos de longitudes de onda en los cuales la fibra óptica opera mejor se denominan ventanas.

Atenuación

Se define así a la pérdida de potencia óptica. La atenuación puede ser inherente a la fibra, por absorción (impurezas naturales) o scattering (impurezas que perturban el pasaje de la luz y la dispersan), o puede deberse a fuentes externas tales como micro o macrocurvas. La máxima atenuación garantizada por Comm-Scope para sus fibras es 0.35 db por Km a 1310 nanómetros y 0.25 db por Km a 1550 nanómetros.

Dispersión

Se llama así a la dispersión en fase producida sobre una señal luminosa que viaja a través de una fibra. A causa de este efecto puede ocurrir una degradación en la señal causando distorsiones en el receptor, específicamente distorsión compuesta de segundo orden.

Apertura Numérica

Es la medida de la capacidad de la fibra para aceptar ondas luminosas desde varios ángulos y transmitirlos a través del núcleo. Mientras mayor sea la apertura numérica, más luz podrá llevar.

Monomodo y Multimodo

La luz viaja en la fibra en trayectorias determinadas llamadas modos. La fibra monomodo tiene solamente una trayectoria posible, mientras que la fibra multimodo tiene varias. La fibra monomodo tiene mucha más capacidad de transportar información y por esto es típicamente usada en sistemas de TV por cable. Es imposible distinguir una fibra monomodo de una multimodo a simple vista, no existe diferencia en la apariencia externa sólo en el tamaño del núcleo.

El diámetro de una fibra multimodo puede ser 50, 62.5, 85 o 100 μm mientras que el núcleo de una fibra monomodo tiene aproximadamente 8 μm .

Tipos de fibras

Las fibras ópticas se pueden clasificar atendiendo a los diferentes parámetros ópticos, geométricos o dinámicos que la definen:

- Por la aplicación a que se destinen, precisando entonces el uso de fibras de alta o media calidad.
- Por el perfil del índice de refracción: constante o variable. Entre estos últimos están los de índice gradual, perfil alfa. Doble entalladura, segmentado, etc., atendiendo en cada caso a las características de transmisión que se deseen mejorar.
- Por el número de modos transmitidos: monomodo y multimodo.
- Por los materiales de núcleo revestimiento y composición.

Normalmente habrá que atender a varias de estas características para la elección de la fibra adecuada.

Dependiendo del tipo de aplicación a que se destine la fibra, y siempre en función de su más frecuente uso, en las comunicaciones se puede considerar dos grupos:

1. Fibras de alta calidad para enlaces de telecomunicación.
2. Fibras para enlaces de corta y media distancia.

Los más frecuentes son que las fibras sean de vidrio, o al menos con núcleo de vidrio. También se encuentran de plástico, pero estas presentan atenuaciones de varios cientos de dB/Km y se aplican sobre distancias de pocos metros (medicina, automóviles, instrumentación, etc.).

En resumen para fibras de alta calidad se utiliza la sílice, mientras que para el resto se emplean fibras con núcleo de vidrio policomponente (Tabla 1).

Tabla 1

		Fibras de sílice	Fibras de vidrio Policomponente
Composición	Núcleo	Oxidos de silicio, germanio, boro y fósforo	Oxidos de silicio, sodio, calcio y germanio
	Revestimiento	Oxidos de boro, sílice y fluoruro de silicio	Misma composición que el núcleo
Materiales	Núcleo	Tetracloruros de germanio y silicio y Tricloruros de fósforo y boro	Tetracloruro de silicio y nitratos de calcio y sodio
	Revestimiento	Tetracloruro de silicio, tetrafluoruro de silicio	Misma composición que el núcleo

Dentro de cualquiera de los dos tipos indicados se distinguen las fibras monomodo y multimodo, estas últimas de índice gradual. Por su mayor anchura de banda, las fibras monomodo se aplican en enlace de larga distancia y gran flujo de

información: cables submarinos, enlaces interurbanos a 140 Mbps o velocidades superiores, etc.

Las F.O. multimodo de alta calidad se utilizaron con anterioridad a las monomodo, por cuanto pudiera ser usadas en aplicaciones de enlaces telefónicos, principalmente en las redes urbanas, a velocidades de 34 y 140 Mbps. Para estas aplicaciones eran suficientes fibras con anchuras de banda inferiores a 1000 MHz/km, tecnológicamente viables entonces. Si unimos esto al hecho de que los primeros componentes electroópticos desarrollados trabajan en primera ventana (alrededor de 850 nm), resulta inútil la gran disponibilidad de anchura de banda de las monomodo, pues la máxima distancia de repetición de anchura de banda de las monomodo, pues la máxima distancia de repetición vendría limitada por la atenuación, y esta es similar en las fibras multimodo y monomodo en longitudes de onda en la región de 850 nm.

Construcción del Cable de Guarda (OPGW)

El núcleo óptico del Cable OPGW se compone de los siguientes elementos:

1. Elemento Central Dieléctrico

La función básica de este elemento es permitir la disposición de los tubos que contienen las fibras a su alrededor para configurar el núcleo óptico. Este elemento central es totalmente dieléctrico y fabricado con vetrorresina.

2. Tubos de PBT

El diseño del OPGW esta realizado con protección holgada de la fibra. Los tubos se han realizado en PBT especial. Dependiendo del numero de fibras, se utilizan hasta 6 tubos. Estos tubos son fabricados por extrusión alrededor de las fibras ópticas. En la mayoría de los estándares, cada bufer puede contener hasta 6 fibras ópticas. Sin embargo, dependiendo del numero de fibras requerido, en algunos cables OPGW se diseñan hasta con 12 fibras por tubo.

Cada tubo esta lleno de gel higroscópico que impide la penetración de agua en los tubos.

Una vez los tubos están dispuestos alrededor del soporte central dieléctrico, son cubiertos de gel antihumedad y absorbente de hidrogeno. Este elemento es necesario para evitar que la posible generación de hidrogeno en el núcleo óptico pueda afectar las fibras ópticas durante la vida útil del cable. La generación de hidrogeno es un fenómeno típico que afecta el núcleo óptico cuando este esta cubierto por una estructura metálica sellada. Por eso este problema se previene

utilizando un gel absorbente de hidrogeno. En el diseño de OPGW el núcleo óptico se sella con un tubo de aluminio extruido.

3. Fibras ópticas

Las fibras ópticas son elaboradas a partir de vidrio de cuarzo de alta pureza, con lo cual se evitan problemas de reflexión y refracción que derivaría en atenuaciones mayores a las permisibles en las señales transmitidas.

Por el material utilizado en la fabricación, las fibras ópticas tienen una vida útil estimada de 30 años. Su peso y volumen son considerablemente menores a los conductores eléctricos, lo que se refleja en un manejo más simple.

Hay ciertos parámetros que deben de ser considerados dentro de las instalaciones del sistema eléctrico nacional para la utilización de fibra óptica y son los que se muestran en la tabla siguiente:

NO.	CARACTERISTICA	VALORES
1	NUMERO DE FIBRAS OPTICAS	≥ 6
2	PESO O DENSIDAD LINEAL DEL CABLE	$\leq 470 \text{ KG/KM}$
3	CAPASIDAD DE DISIPACION TERMICA	$\geq 65(\text{KA})^{2*}\text{S}$
4	DIAMETRO DEL CABLE	$\leq 14.2 \text{ mm}$
5	CARGA ULTIMA DE RUPTURA	$\geq 70 \text{ KN}$
6	RESISTENCIA	$\geq 1.46 \text{ } \Omega/\text{KM}$
7	MODULO DE ELASTICIDAD	$\geq 95 \text{ GPA}$

Describiendo las unidades de capacidad de disipación térmica:

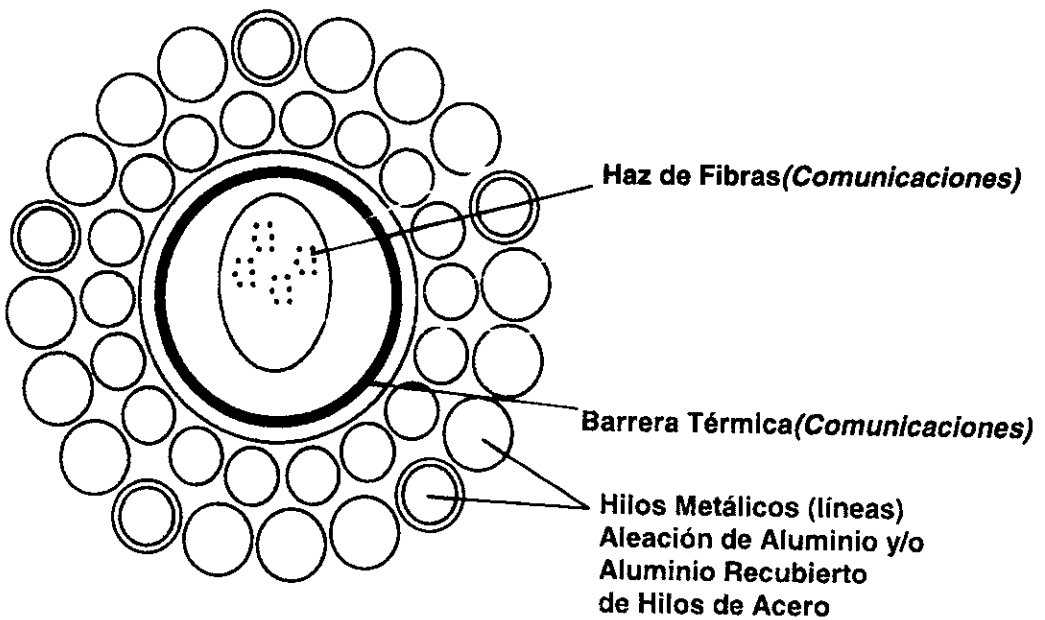
$$\text{Son } (A)^2(\text{segundo}) = J/\text{ohms}$$

Acomodando términos tenemos

$$J/\text{segundo} = (A)^2(\text{ohms}) = \text{WATTS (W) POTENCIA (CALORIFICA)}$$

La estructura con tubos holgados permite una longitud extra de fibra respecto a la longitud del cable, Ello permite un margen de tracción sobre el cable sin que la fibra sufra tracción alguna. La ventaja de esta estructura radica en que en condiciones normales de instalación, la fibra nunca trabaja en tensión y por ello, se le puede garantizar una mayor vida.

Fronteras de atención y responsabilidad “ Cable OPGW ”



Fronteras de atención y responsabilidad " Cable OPGW "



4. Cintas de sujeción

Una primera cinta de poliéster se utiliza para la sujeción de los tubos que contienen las fibras. Sobre esta cinta se aplica una cinta sintética especial para la protección térmica del núcleo óptico a elevadas temperaturas.

Comportamiento mecánico y térmico

1. Comportamiento mecánico.

La fibra no sufre ninguna tracción gracias a la longitud extra de fibra y por ello las características ópticas del cable permanecen invariables.

2. Comportamiento térmico.

La fibra óptica no debe sufrir degradación en el núcleo óptico, así como un incremento despreciable de la atenuación con temperaturas de hasta 200°C.

Parte metálica.

La parte metálica del cable OPGW se compone de dos partes:

1. Tubo de aluminio extruido

El tubo de aluminio extruido se diseña para proporcionar las características eléctricas y mecánicas necesarias para que el cable OPGW se comporte como cable de tierra. El núcleo óptico queda completamente protegido a través del sellado total que ofrece el tubo de aluminio extruido que lo envuelve.

2. Corona de hilos

Puede utilizarse una o dos coronas de hilos. Estos hilos metálicos pueden ser de:

- a. Aleación de aluminio.
- b. Hilos de acero recubiertos por una capa de aluminio.

La elección entre estos tipos de hilos dependerá de las prestaciones eléctricas y mecánicas que quieran darse al cable OPGW. En un mismo cable o en una misma corona puede utilizarse uno o más tipos de hilos simultáneamente. Solamente se necesita realizar un diseño preciso. De esta forma se asegura un comportamiento lo más próximo posible del cable OPGW al cable de tierra.

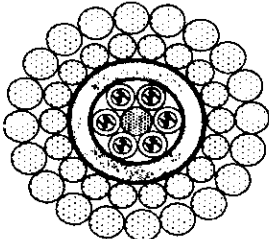
Comportamiento mecánico y eléctrico.

Las prestaciones eléctricas se aseguran por la sección mecánica necesaria y la resistencia asociada a dicha parte metálica. De esta forma, se garantiza un determinado nivel de cortocircuito sin que las fibras resulten dañadas.

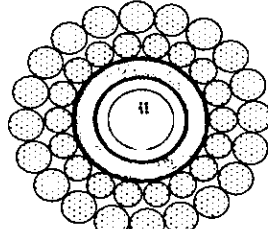
Las prestaciones mecánicas son aportadas básicamente por los hilos de acero recubiertos de aluminio y los hilos de aleación de las coronas.

Diversas Construcciones de OPGW

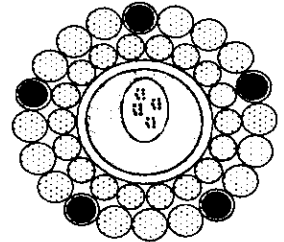
Tubo Plástico:



Stranded tubes

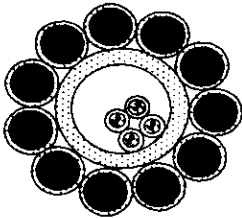


Straight maxi tube

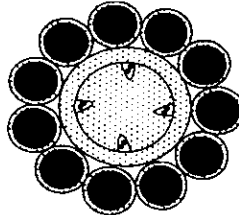


Spiral Space tube

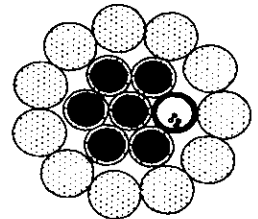
Tubo Metálico:



Plastic tubes in alu pipe



Slotted core, alu pipe



Thin steel tube

1.4 UTILIZACIÓN DEL CABLE DE GUARDA CON FIBRAS OPTICAS (OPGW)

Los cables de fibra óptica que integran las redes para los sistemas de comunicaciones se pueden instalar en forma subterránea, submarina y aérea. Pueden ser autoportados, soportados del cable de guarda de las líneas de transmisión o contenidos en el interior de este mismo cable.

En las líneas de transmisión del sistema eléctrico se puede sustituir uno o los dos cables de guarda que se tienen en servicio por cables de guarda o con los cables de fibra óptica contenidos dentro de los mismos.

Existe también el cable dieléctrico autoportado, es la solución que se ha dado para instalar redes de comunicación urbanas. Es decir, se instala sobre postes de distribución y así se completa el enlace de comunicación con los equipos terminales de las subestaciones, de los centros de control del prestador de servicios y de los propios usuarios.

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN CON MÉTODOS

La fibra óptica está destinada a jugar un importante papel en las telecomunicaciones, tal como confirman las notables inversiones realizadas por los fabricantes para mejorar la tecnología de producción de fibras de alta calidad a bajo costo.

Los esfuerzos de los fabricantes se han orientado básicamente hacia el desarrollo del método CVD (Chemical Vapor Deposition), que inicialmente fue puesto a punto por Corning Glass.

El método se define también como *soot process* (proceso de hollín). Consiste en la introducción de halogenuros en un quemador adecuado, junto con el oxígeno y un gas combustible. En la zona de alta temperatura del quemador, los halogenuros reaccionan y producen óxidos, formándose agregados por reacción. El flujo próximo de partículas se hace pasar por un tubo de silicio en rotación y se deposita parcialmente en la parte interior del mismo, para formar una capa de material poroso. Mediante síntesis posterior se obtiene una capa sólida de vidrio, con un índice de refracción más elevado que el del tubo original. La preforma así obtenida es sometida a estiramiento, obteniendo la fibra óptica.

El método CVD activado por plasma. Esta variante consiste en depositar en el interior de un tubo de vidrio capas de sílice dopada, obtenida con una reacción entre gases ionizantes.

Con una mezcla adecuada de componentes dopantes, es posible obtener fibras ópticas con una elevada calidad de transmisión, el dopaje de preformas de vidrio con flúor presenta varias ventajas. Con el dopaje por óxido de boro se consigue rebajar el índice de refracción de la sílice, con un efecto mucho más marcado y opuesto al logrado mediante el dopaje con óxido de boro.

El índice resultante depende de las condiciones de enfriamiento de la fibra. El procedimiento de dopaje se realiza a bajas presiones en un tubo de vidrio de sílice

calentada a 1100 °C y rodeado de una cavidad de microondas conectada a un generador que funciona a 2.5 Ghz. Moviendo la cavidad alternativamente, se pueden depositar miles de capas vidriosas muy delgadas.

MÉTODO CV MCVD

El método CVD MCVD fue puesto a punto inicialmente en los laboratorios de Bell.

El principio de este método está basado en la formación de óxidos entre 1300 y 1600 °C. Los materiales gaseosos de partida se introducen en un tubo giratorio de sílice. En su recorrido por el tubo atraviesan una zona caliente en movimiento, en la cual se producen las reacciones químicas.

PCVD-IVPO

El proceso PCVD-IVPO introducido por Philips Research, tiene puntos en común con los otros métodos CVD, siendo no obstante el que presenta mayores diferencias con ellos.

Básicamente el método PCVD consiste en la formación de óxidos estimulada por plasma no isotérmico a baja presión.

Se introducen reactivos volátiles en una zona que se desplaza alternativamente. La elección de la presión de trabajo reviste especial importancia. Con esta técnica se obtienen fibras ópticas de alta calidad, utilizadas sobre todo en los sistemas de transmisión de banda ancha.

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN CON MÉTODOS DE DOBLE CRISOL

Las técnicas de crisol doble se diferencian algo de los métodos CVD examinados anteriormente. Aún no siendo comparable en cuanto a calidad con los mejores sistemas CVD, permite obtener buenos resultados en la preparación de fibras de uso general.

Este procedimiento se basa esencialmente en el uso de dos contenedores de fondo cónico, cada uno de ellos con un orificio. Los dos contenedores están dispuestos concéntricamente: el crisol interno contiene el material constructivo del núcleo, mientras que la zona intermedia formada entre el crisol interno y el externo contiene el material del recubrimiento.

El trefilado de la fibra va precedido de una preparación adecuada con vidrios base adecuadamente purificados, prestando especial atención a los metales, como hierro, cobre, níquel y cromo.

Los componentes básicos de las mezclas vídriasas son SiO_2 , Na_2O , B_2O_3 , mezclados en una determinada proporción; a esta mezcla básica se añaden posteriormente sustancias dopantes que mejoran su índice de refracción.

El crisol de preparación está realizado en sílice sintética, y se calienta por radio frecuencia. Las varillas de vidrio así obtenidas alimentan al doble crisol en el que se funden a temperaturas de unos $900\text{ }^\circ\text{C}$.

Las dimensiones de los orificios de trefilado en esta fase pueden variar entre 0.5 y 3 nm.

FIBRAS ÓPTICAS PARA TELECOMUNICACIONES

En la actualidad los fabricantes se orientan, generalmente hacia el desarrollo de tecnologías de fabricación capaces de aumentar la resistencia de la fibra. Este objetivo se hace tanto más importante si se piensa que en los próximos años aumentará frecuentemente la demanda de fibras ópticas para usos en sistemas de telecomunicación de media y larga distancia. Está confirmada la tendencia hacia una reducción general de los costos de fabricación, así como la necesidad de una estandarización en el dimensionado de la fibra óptica y de los componentes optoelectrónicos, sobre todo en la banda de transmisión más utilizada, situada en el infrarrojo próximo (primera ventana: 800 a 900 nm).

Esta región presenta también factores de absorción mínimos, si bien las máximas prestaciones de la fibra se obtienen mediante una adecuada elección de los materiales dopantes; cada mezcla tiene su propia longitud de onda de absorción. en particular cuando se utilizan fibras monomodo en las que la composición del recubrimiento óptico (*cladding*) es también importante a efectos de la potencia óptica transmitida.

FIBRAS CON REVESTIMIENTO DE PLÁSTICO

Las fibras ópticas de sílice-plástico representan una alternativa interesante en el cuadro general de las telecomunicaciones a corta distancia (redes locales), por su

costo muy reducido y por su diámetro relativamente grande (hasta 1 nm). Las fibras ópticas de sílice y plástico sirven también para satisfacer exigencias especiales en la automatización industrial, como son el transporte de señales ON/OFF, señalización luminosa, etc.

La fabricación de este tipo de fibra se inicia con una varilla de sílice purísima, por ejemplo del tipo Spectrosil WF (Thermal Syndicate Ltd) o bien Tetrasil (Quartz & Sílice). Esta última compañía ha puesto a punto un método de producción de sílice que permite obtener un producto especialmente indicado para la fibra óptica.

El procedimiento se inicia con un lingote de sílice, transformado en preformas. Posteriormente se pasa a la fase de estirado para obtener una viscosidad suficiente del material, que garantice una operación correcta de estirado, la cual ha de ser efectuada tomando especiales medidas para evitar microfisuras o degradación de las características ópticas.

Una vez concluida la fase de trefilado y enfriada la fibra, se pasa a la aplicación del recubrimiento plástico.

REVESTIMIENTOS PROTECTORES

La fibra óptica es un componente relativamente robusto y resistente a la tracción. No obstante, pueden surgir durante las operaciones microfisuras que, además de perjudicar la calidad de transmisión, disminuyen la resistencia mecánica, pudiendo llegar a causar en breve tiempo la rotura de la fibra.

Se distinguen generalmente dos tipos de protección de la fibra. Protección suelta y protección adherente. Ambos tipos tienen sus ventajas y sus inconvenientes. Entre las ventajas de la protección suelta, hay que citar la protección de la fibra contra eventuales sollicitaciones extremas, tanto longitudinales como transversales, ya que la fibra queda introducida en un tubo de material plástico con un diámetro entre 5 y 10 veces superior al de la fibra óptica. La fibra se dispone en el interior de la vaina de forma helicoidal, con lo que resulta bastante defendida contra las sollicitaciones mecánicas; además, en la fase de ensamblado de la vaina, al no estar unida con la fibra, no se produce degradación de las prestaciones ópticas. Las anteriores ventajas están compensadas con algunos inconvenientes, como son un importante aumento del diámetro de la fibra, dificultades de manipulación (especialmente cuando se han de realizar uniones), y escasa protección de los extremos con posibles infiltraciones de polvo y humedad.

Con la protección adherente, la fibra óptica es solidaria del revestimiento, resultando en este caso menos protegido contra las sollicitaciones transversales y longitudinales; sin embargo, el diámetro global es reducido y no se presentan dificultades de manipulación en los extremos, estando además la fibra protegida contra la humedad y el polvo.

Las características requeridas para los cables varían, dependiendo de las aplicaciones a que se destinen. Por ejemplo, un cable multifibra para enlaces de vídeo y telefónicos, tendrá características diferentes de un cable de enlace que haya de funcionar en un ambiente industrial. Un cable submarino será distinto de un cable tendido a lo largo de una línea férrea.

Actualmente se pueden identificar los cables ópticos por diferentes categorías, dependiendo del tipo de protección y configuración interna:

- Cables con protección suelta;
- Cables con protección adherente.
- Cables con protección mixta.

Recordemos que los cables de formación mixta están compuestos de fibras ópticas y cables eléctricos. Estos últimos pueden servir para transmitir energía eléctrica y señales por el cable, aprovechando toda la inmunidad de la fibra óptica contra las perturbaciones electromagnéticas.

FIBRAS MULTIMODO CON ÍNDICE EN ESCALÓN

Dependiendo del perfil de su índice de refracción, las fibras multimodo se clasifican en fibras de índice en escalón y fibras de índice gradual. Las fibras de índice en escalón se caracterizan por un índice de refracción constante entre el centro del núcleo y su periferia. Al pasar al recubrimiento, el índice de refracción disminuye básicamente con una variación en escalón.

La propagación de la energía luminosa en la fibra con índice en escalón se produce precisamente por la diferencia de índice de refracción entre núcleo y recubrimiento.

La velocidad de propagación de un rayo luminoso depende del índice de refracción del medio por el que se propaga.

El núcleo de la fibra de gradiente en escalón presenta un índice de refracción constante, por lo que se debería tener una elevada velocidad de propagación. En la práctica no sucede así, porque la energía luminosa reflejada por el revestimiento se propaga a lo largo del núcleo de la fibra en forma de zig zag y los rayos luminosos siguen recorridos, ya que la energía luminosa se propaga repartiéndose entre los distintos rayos y cada rayo sigue un camino distinto.

En cada modo, debido a las distintas características de propagación y en particular a la distinta velocidad de propagación, cuando se transmiten mensajes de alta velocidad, por ejemplo codificados digitalmente, los impulsos sufren un alargamiento tendiendo a superponerse. Este fenómeno se describe en las características de fibra óptica como dispersión modal y se mide en ns/km.

FIBRAS MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL

En las fibras ópticas de perfil de índice gradual o Graded Index, el perfil del índice de refracción varía gradualmente a lo largo del diámetro de la fibra, con un valor máximo en el centro del núcleo y disminuyendo gradualmente hasta adquirir un valor mínimo en el límite entre núcleo y recubrimiento.

En las fibras con índice gradual, la propagación de la energía luminosa no se produce de la forma escrita para las fibras con índice en escalón. Los modos siguen una variación helicoidal y consecuentemente, la diferencia entre los

caminos ópticos individuales será menor que en el caso de las fibras con índice en escalón; de esta forma el fenómeno de la dispersión modal resultará menos acentuado, lo que supone un aumento de la banda de pasa que hace que se elija la fibra de índice gradual para los sistemas de telecomunicación a media y larga distancia con un ancho de banda de unos 2 Ghz. Este tipo de fibras se presta a una amplia utilización en todas las aplicaciones en las que se requiere un gran ancho de banda.

FIBRAS MONOMODO

Las fibras ópticas pueden considerarse también como una guía de onda dieléctrica de geometría cilíndrica. Como ya se ha observado, en el interior de esta estructura los rayos son guiados en un número discreto de modos y configuraciones de campo electromagnético. Este modo de propagación da origen al fenómeno de la dispersión modal, que limita el ancho de banda de las fibras multimodo.

En las fibras monomodo se dan condiciones especiales de propagación, que en la práctica anulan el fenómeno de la dispersión modal.

Al trabajar con longitudes de onda superiores, se puede hacer también que el número de modos se reduzca hasta convertirse en uno solo. En estas condiciones se evita el fenómeno de la dispersión modal al extenderse la banda superior de frecuencias. En general, el índice de refracción del núcleo de las fibras monomodo es constante.

Las dimensiones físicas de las fibras monomodo son muy reducidas. El diámetro del núcleo está entre 3 y 8 micras y las diferencias porcentuales entre los índices de refracción del núcleo y del revestimiento están entre el 3 y el 4 por 100

Sin embargo, a pesar del importante ancho de banda, las fibras monomodo presentan ciertas dificultades de utilización práctica. La causa principal de esto hay que buscarla en sus reducidas dimensiones, que no facilitan la interface con las fuentes fotoemisoras ni los empalmes entre tramos de fibra.

Por otra parte, para aprovechar positivamente las características de la propagación, es preciso mantener limitada la longitud de onda de la fuente dentro de una banda restringida del espectro de propagación, más allá de la cual la atenuación aumenta de forma sensible.

Algunos de estos problemas se evitan alimentando la fibra monomodo con un láser. Las fibras monomodo se prestan para enlaces de comunicaciones de media y larga distancia y enlaces intercontinentales en los que el flujo de datos es tan elevado que justifica una importante inversión también en las interfaces.

CAPITULO II

2. PRUEBAS

a) PRUEBA DE CORRIENTE DE FALLA

A1 Propósito

Determinar los efectos que produce la corriente de falla en la calidad de transmisión (atenuación) en las fibras ópticas dentro del cable de guarda, además verificar que no se presenten daños físicos significativos en los componentes metálicos y no metálicos.

A2 Procedimiento

Someter una muestra de cable de guarda con fibras ópticas a una corriente eléctrica de $65 \text{ (kA)}^2\text{-s}$ durante 30 ciclos (0,5 segundos), repitiendo el impulso 10

veces. La temperatura inicial debe ser de 50°C y el intervalo de aplicación de cada impulso de prueba será aquel que resulte del retorno a la temperatura inicial del cable. La muestra del cable debe ser de una longitud de 10 m o más.

Durante la prueba, el cable debe fijarse en sus extremos y someterse a una tensión mecánica del 2% de la tensión última de ruptura.

Durante, antes y después de que el cable de guarda con fibras ópticas sea sometido a la corriente de falla, la atenuación en las fibras ópticas se mide para detectar si existe un cambio con respecto a su valor inicial. Como la duración de esta prueba es muy corta, existe la posibilidad de no detectar cambio alguno de atenuación, en tal caso se recomienda transmitir por las fibras ópticas un tren de datos de: 135 Mbits/segundo, al hacer la prueba de corriente de falla. La transmisión de datos no debe presentar errores.

La temperatura alcanzada en las fibras ópticas debe ser menor al 80% de la temperatura máxima permisible de las fibras ópticas.

Una vez concluidas las pruebas, el cable de guarda con fibras ópticas se inspecciona en cada uno de sus componentes, los cuales no deben presentar signos de degradación causada por la prueba a la que fue sometido.

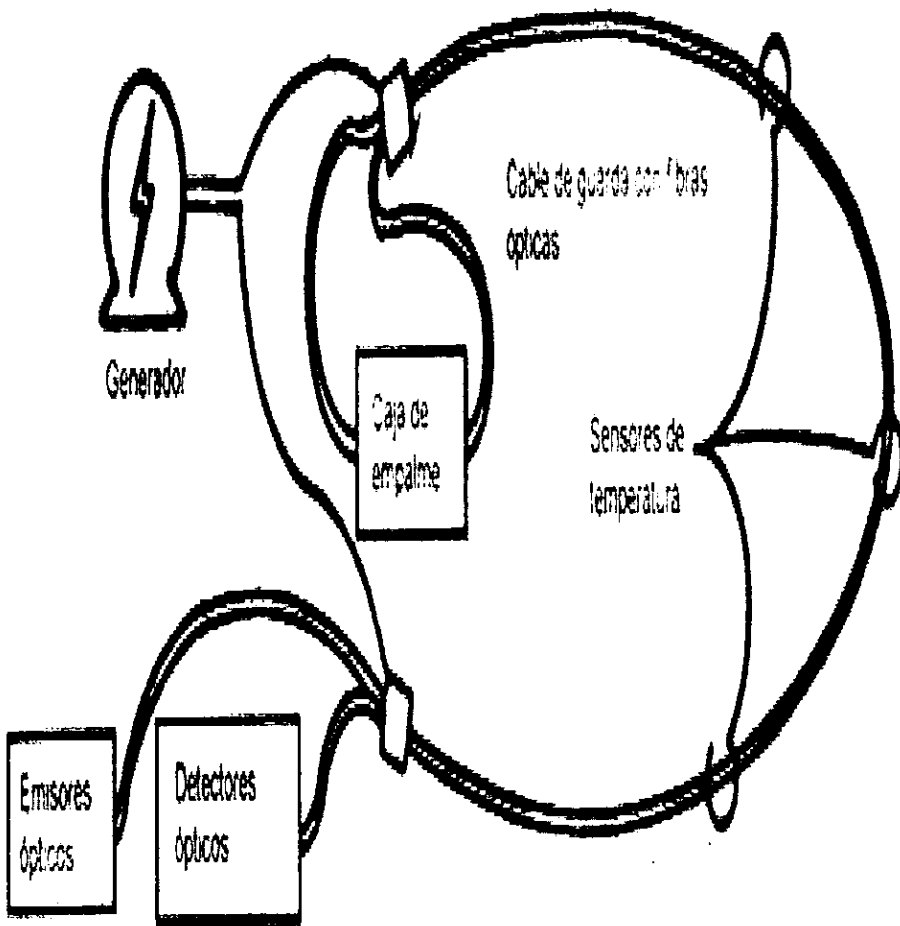


Figura A1

b) PRUEBA DE VIBRACIÓN DEBIDA AL VIENTO

B1 Propósito

Determinar la capacidad del cable de guarda con fibras ópticas para soportar la vibración causada por el viento, sin que ésta ocasione daños a los componentes del cable de guarda y a las fibras ópticas contenidas dentro del cable.

B2 Procedimiento

Una muestra de cable de guarda con fibras ópticas de 42.6 m se sujeta por sus extremos mediante abrazaderas, las cuales deberán de contar con medios para tensionar el cable. A la mitad del claro, el cable de guarda se suspende a una estructura por medio de los accesorios de suspensión correspondientes (véase figura B1). La longitud de prueba de las fibras ópticas debe ser como mínimo 100 m.

La tensión que se deberá aplicar al cable de guarda será del 25% + 1% de su carga última de ruptura nominal y podrá ser medida por medio de un dinamómetro, celda de carga o cualquier otro dispositivo. El cable de guarda deberá ser pretensionado, antes de aplicar la tensión final, aproximadamente entre 1335-2224 N, haciendo una medición óptica inicial al cable bajo esta condición.

El cable se sujetará a un mínimo de 100 millones de ciclos de vibración. La amplitud de la vibración es de 4,7 mm a una frecuencia de 58 Hz.

Deben tomarse lecturas de la atenuación en las fibras ópticas cada 15 minutos hasta que el claro de prueba se estabilice. Después de que el claro de prueba se ha estabilizado, las lecturas de la atenuación deberán de hacerse por lo menos dos veces al día.

Durante el período de prueba no deben de ocurrir alteraciones en las lecturas de atenuación con respecto a las lecturas iniciales. El cable de guarda con fibras ópticas, al inspeccionarse, no debe presentar signos de daños por fatiga en sus componentes.

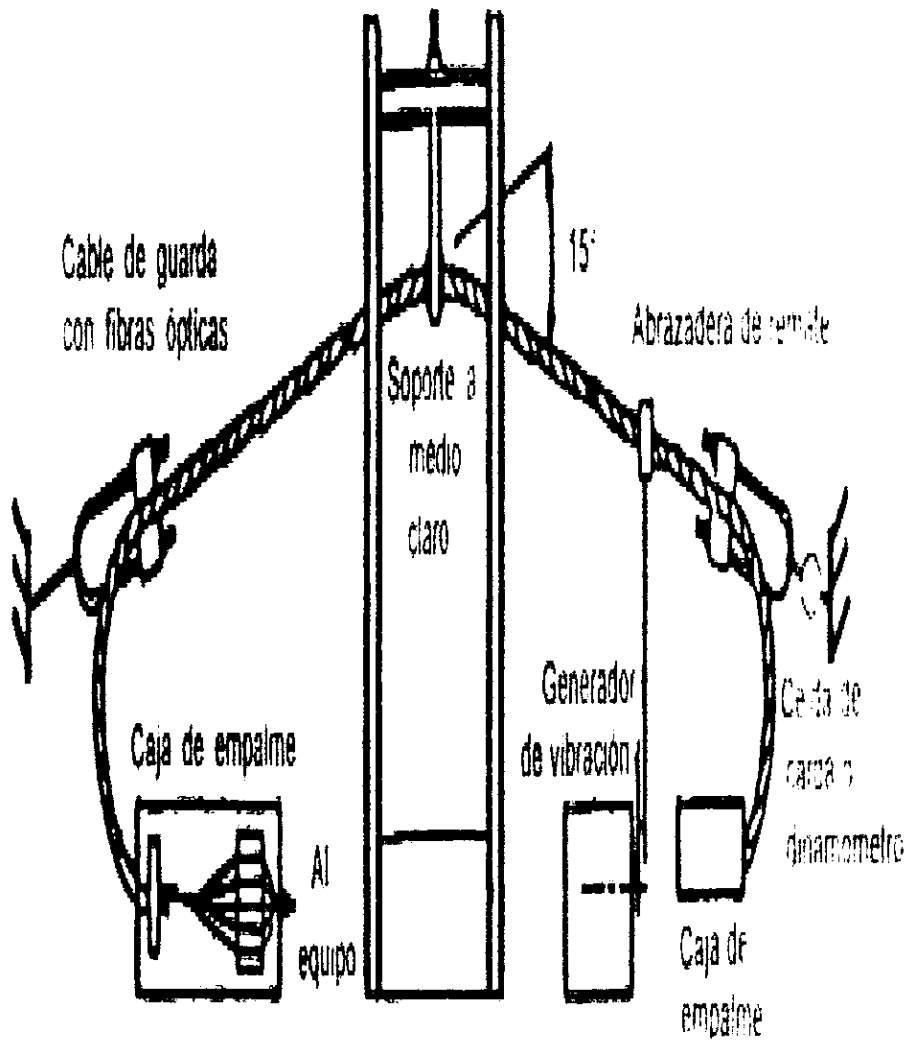


Figura B1

c) PRUEBA DE INMERSIÓN EN AGUA Y CICLADO TÉRMICO

C1 Propósito

Determinar los efectos que causan los fenómenos meteorológicos tales como: lluvia, congelamiento, descongelamiento y calor, al cable de guarda con fibras ópticas.

C2 Procedimiento

Una muestra de 1 m de cable de guarda con fibras ópticas debe sumergirse en agua por lo menos 24 horas a temperatura ambiente.

Cumplido el ciclo anterior, de inmediato se lleva el cable de guarda a una cámara de temperatura ajustada a -40°C permaneciendo así por dos horas, posteriormente la temperatura se eleva a $+85^{\circ}\text{C}$ conservando este valor durante dos horas.

La atenuación de las fibras ópticas se mide para los tres valores de temperatura (ambiente, -40°C y $+85^{\circ}\text{C}$).

Este procedimiento se efectúa por lo menos 5 veces.

Durante este periodo de pruebas la atenuación de las fibras ópticas no debe variar con respecto a su valor inicial.

Al inspeccionar el cable de guarda con fibras ópticas no debe presentar daño en ninguno de sus componentes.

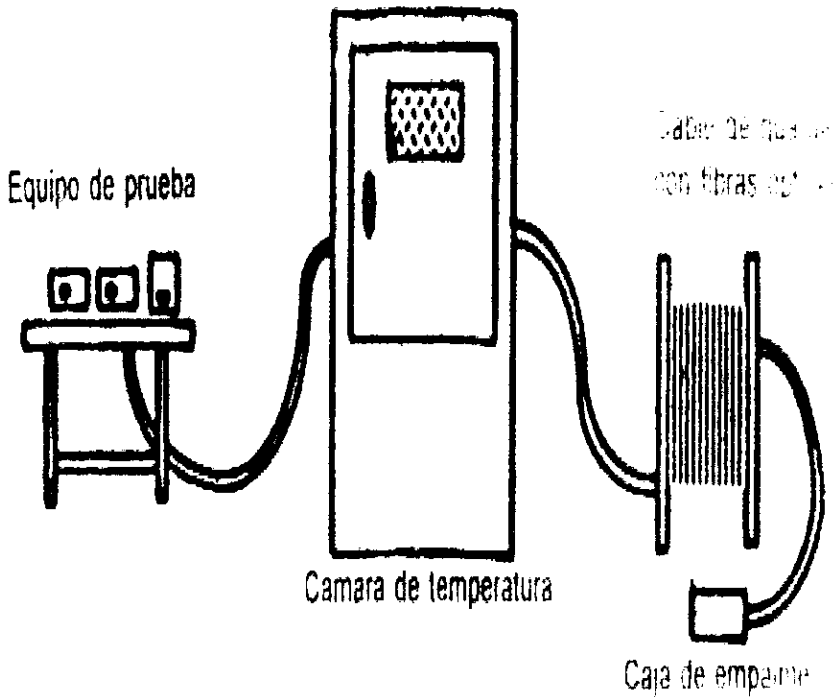


Figura C1

d) PRUEBA DE GALOPEO

D1 Propósito

Comprobar que este tipo de vibración no causa daños mecánicos al cable de guarda, ni alteraciones a los parámetros de las fibras ópticas.

D2 Procedimiento

Una muestra del cable de guarda con fibras ópticas de 45.7 m se sujeta de sus extremos mediante abrazaderas, las cuales deberán de contar con un medio para tensionar el cable. A la mitad del claro, el cable de guarda se suspende a una estructura por medio de los accesorios de suspensión correspondientes (Véase figura D1). La longitud de prueba de las fibras ópticas deberá ser por lo menos de 100 m.

El cable deberá ser tensionado a un mínimo del 2% de la carga última de ruptura nominal del cable y se usará un dinamómetro, celda de carga o cualquier otro dispositivo para medir esta tensión.

El cable de guarda deberá ser sometido a un mínimo de 100 000 ciclos de galopeo a una frecuencia de 1 Hz. La relación de la amplitud vertical pico a pico/la longitud de onda deberá ser mantenida a un valor aproximadamente 1/25, medida en el claro activo.

Durante el desarrollo de la prueba, la atenuación de las fibras ópticas se mide aproximadamente cada 500 ciclos o aproximadamente cada 15 minutos. El cable de guarda no debe presentar signos de deterioro mecánico y la atenuación debe permanecer constante.

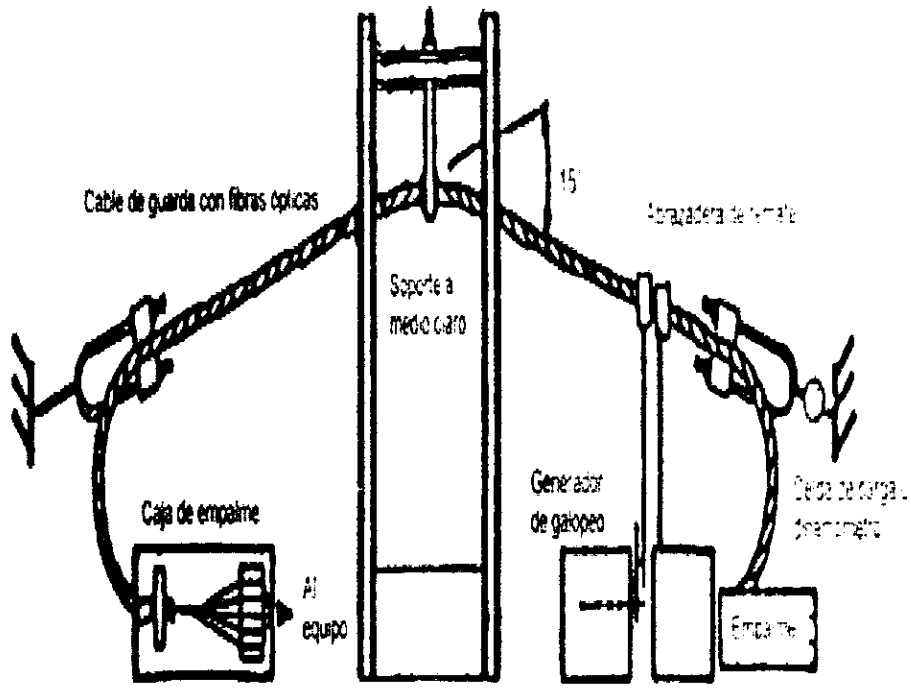


Figura D1

e) PRUEBA DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

E1 Propósito

Determinar los efectos que causan estos fenómenos al cable de guarda con fibras ópticas.

E2 Procedimiento

Una muestra de cable de guarda de 1 a 3 m, se somete a la descarga producida por un generador de impulso tipo de corriente el cual genera un arco de corriente de impulso de aproximadamente 30 kA cresta, sobre el cable de guarda bajo prueba, que se encuentra conectado a tierra en uno de sus extremos (véase figura E1).

Se aplican al cable 10 impulsos normalizados tipo rayo, de 1.2/50 μ s con posible obtención de una onda de corriente oscilatoria y donde la medición será el primer valor cresta de la medición de corriente.

La medición de la atenuación se hace antes, durante y después de cada impulso no se debe detectar cambio alguno en la atenuación, para tal caso los equipos de medición deberán estar Libres de interferencia electromagnética radiada por efecto del arco. Se debe transmitir por las fibras ópticas un tren de datos de 135 Mbits/segundo, esta información no debe alterarse por los efectos de la prueba.

Este cable no debe presentar daños a causa de las descargas eléctricas, la atenuación de la señal a través de la fibra óptica no debe variar con respecto a su valor inicial.

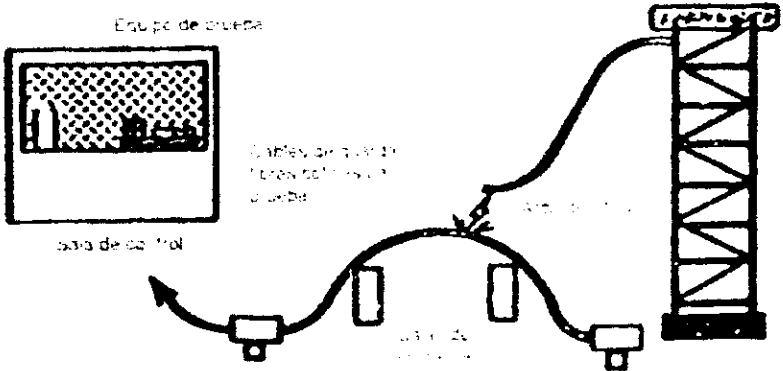


Figura - E1

f) PRUEBA DE PASO MÚLTIPLE POR POLEA

F1 Propósito

Comprobar que el cable de guarda con fibras ópticas permanece inalterable en sus características mecánicas y ópticas, cuando se simula su paso por las poleas de instalación bajo ciertas condiciones de tensión.

F2 Procedimiento

Una muestra de cable de guarda de 21 m se prepara de acuerdo con el arreglo de la figura, 1 se pasa 35 veces en cada dirección a través de una polea de cuando menos 40 veces el diámetro del cable. La polea tiene un recubrimiento protector de neopreno, la tensión aplicada al cable es de 25% de su carga de ruptura nominal, existiendo una deflexión en la polea de paso de $30^\circ \pm 2^\circ$ (véase figura F1).

Al final de esta prueba el cable de guarda se inspecciona en cada una de sus componentes, las cuales no deben presentar daños y la atenuación de las fibras ópticas debe permanecer constante.

Esta misma muestra debe someterse posteriormente a la prueba de inmersión en agua y ciclado térmico, para verificar que las características de protección contra la humedad del compuesto de relleno permanecen intactas.

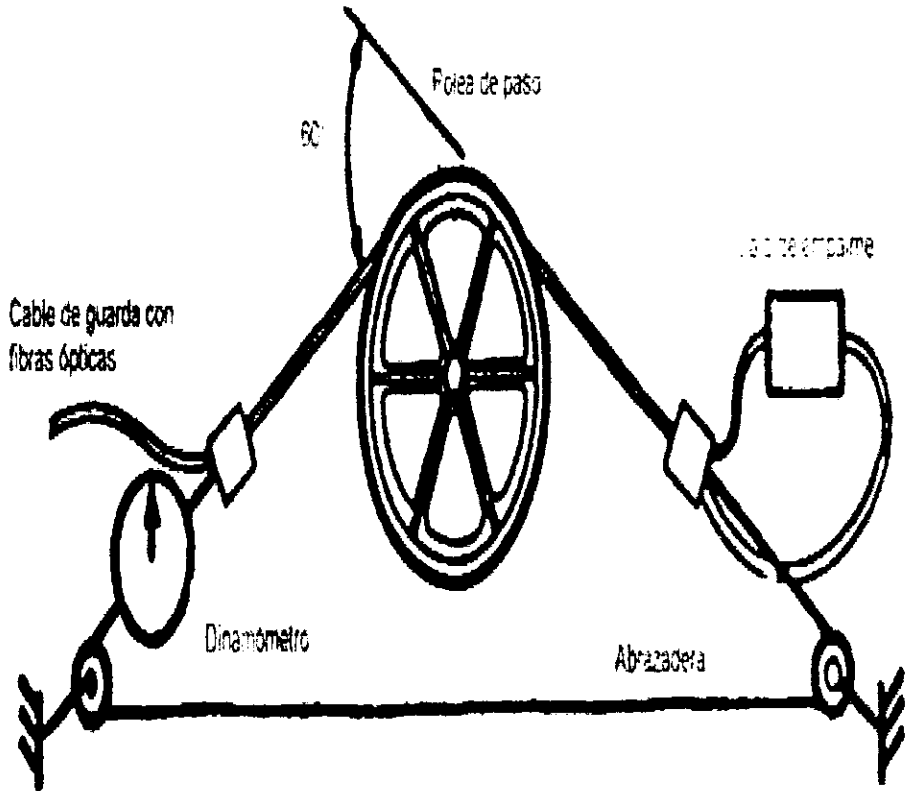


Figura F1

g) PRUEBA CÍCLICA DE TENSIÓN

G1 Propósito

Comprobar que el cable de guarda con fibras ópticas soporta sin alterar sus características, las fuerzas de tensión causadas durante la instalación y en condiciones normales de servicio (ejemplo: carga por efecto de viento y carga por efecto de hielo), el esfuerzo permanente en las fibras ópticas causa problemas de transmisión y acorta su período de vida.

G2 Procedimiento

El cable de guarda con fibras ópticas se somete a diferentes valores de tensión que varían de 0% al 95% del valor de la carga de ruptura nominal, aunque se sabe que el cable de guarda con fibras ópticas bajo condiciones severas de operación se somete a tensiones que varían de 40% a 60% de su carga de ruptura nominal.

La prueba se realiza en 5 ciclos, la variación de la carga de ruptura nominal es de: 0%, 15%, 30%, 60%, 80%, 90% y 95%. Los cuatro primeros ciclos tienen una duración de 5 minutos por cada variación, a excepción de la última (95%) cuya duración es de 30 minutos. El quinto ciclo es similar, a excepción de la última variación (95%) cuya duración es de tres horas.

En cada ciclo de prueba se mide la atenuación de las fibras, este valor corresponde a cada variación de tensión que se aplica al cable de guarda.

Adicionalmente a esta medición se hace la medición del porcentaje de esfuerzo con el cable de guarda contra el porcentaje de esfuerzo en la fibra.

h) MEDICIÓN DEL ESPESOR DE CAPA DE ALUMINIO

El espesor de la capa de aluminio en los alambres de acero, no debe ser menor de 5% de diámetro nominal del alambre.

H1 Procedimiento

Una muestra de cable de guarda con fibras ópticas se destrenza y selecciona el alambre o alambres que contengan la capa de aluminio y se recorta en probetas de tamaño adecuado para verificar en un microscopio con escala micrométrica integrada.

Se puede utilizar también el método magnético para determinar el espesor de la capa de aluminio. Este método consiste en la medición directa del espesor de capas no magnéticas depositadas sobre bases férricas por medio de aparatos que miden la fuerza de atracción entre el imán del propio aparato y la superficie técnica, siendo estos equipos el Microtest, Electrómetro y el Permoscope.

i) PRUEBA DE TORCIDO

11 Propósito

Determinar los efectos que produce el esfuerzo de torcer longitudinalmente una muestra de alambre de acero con recubrimiento de aluminio, hasta llegar a la fractura del acero.

12 Procedimiento

Los alambres deben soportar sin fractura no menos de 20 vueltas durante la prueba de torcido, la cual consiste en torcer longitudinalmente un espécimen de 326 mm de largo (equivalente a 100 veces el diámetro nominal del alambre) hasta llegar a la fractura.

Después de alcanzar la fractura por torcido, ésta no debe mostrar grietas, hoyos o astilladura o imperfecciones en la superficie de magnitud suficiente para indicar defectos inherentes o imperfecciones en el alambre.

La fractura no debe presentar separación del aluminio y el acero.

CAPITULO III

3. RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES

Consideraciones

Por información de investigaciones previas, se considera que una cuadrilla en una jornada de 12 horas puede instalar entre 1.5 y 4 Km de cable. Esta longitud depende directamente de las condiciones topográficas del terreno; es decir, si el terreno de trabajo es plano puede tender hasta una longitud de 4 Km, pero si el terreno es montañoso o de difícil acceso la longitud promedio de avance es de 1.5 Km, la capacidad de trabajo se puede multiplicar de acuerdo al número de cuadrillas que puedan laborar en una línea durante una libranza programada.

Libranzas

En las líneas de transmisión del Sistema Eléctrico Nacional es necesario realizar mantenimientos, principalmente en los enlaces que se interconectan entre áreas de control para de esta forma tener una mejor confiabilidad en su funcionamiento,

así también, en los Hilos de Guarda se necesita el mantenimiento para una eficiente comunicación y operación de los sistemas de dichas líneas de transmisión.

El mantenimiento de una línea de transmisión se le conoce como libranza, es necesario que sea autorizada por los Ingenieros operadores del Centro de Control de Energía conocido como Centro Nacional (CENAL); ya que ellos son las personas que supervisan y monitorean las instalaciones del Sistema Eléctrico Nacional y tienen conocimiento de su estado durante las 24 horas de cada día.

De un análisis preliminar de los requerimientos de libranzas necesarias, para una instalación de 11,800 Km de fibras ópticas en líneas de transmisión, que involucraría 142 líneas, solo en 16 de ellas la factibilidad de libranza es baja en virtud de la energía que transportan y que no puede ser canalizada fácilmente por otras líneas dentro del sistema de potencia. En casos como estos, deberán decidirse rutas alternas que no serían las óptimas, pero que pueden resolver el problema de enlace. Derivado de este análisis, se llegó a la conclusión de que en primera instancia se deben escoger las trayectorias a través de las líneas de 230 KV seguido por las líneas de 115 KV y como última opción las de 400 KV.

Las casetas donde se instalan los equipos deben ser libres de polvo para reducir los riesgos de falla. Es necesario el uso de sistemas de clima artificial para la protección del equipo electrónico.

Referente a la Instalación

El trabajo de instalación puede ser ejecutado mediante cualquiera de las siguientes opciones:

A través de terceros contratados por el prestador de servicios y utilizando personal proporcionado por el SUTERM, para lo cual se requiere la participación de nuestro personal que se encargaría de coordinar y gestionar las libranzas y supervisar que el trabajo se realice de acuerdo con las normas y procedimientos establecidos para trabajos en líneas de transmisión. Deberán participar especialistas del fabricante y del prestador de servicios, que tendrán a su cargo la coordinación general del proyecto.

Para la instalación con recursos propios, es necesario en primera instancia que el personal reciba capacitación sobre el manejo de este tipo de cable. Además que cuente con las herramientas y equipos especiales que se utilizan en este proceso. El prestador de servicios tendrá a su cargo la coordinación general del proyecto auxiliado por especialistas del fabricante del cable y los accesorios.

MANTENIMIENTO

Es recomendable en términos generales hacer una revisión anual a lo largo de toda la trayectoria. En las zonas con medio ambiente agresivo deberá hacerse por lo menos dos veces por año. Deberá tenerse especial cuidado en revisar los puntos donde existe alguna presión sobre los cables debido a herrajes y accesorios, punto de unión, clemas, amortiguadores y cajas de empalme.

Al cable solamente se le efectúa mantenimiento correctivo. Esto es, las reparaciones que eventualmente se requerirán serán por ropturas o daños causados bajo condiciones extraordinarias.

Deberán tenerse secciones de cable y accesorios debidamente localizados a lo largo de la trayectoria para hacer reparaciones rápidas (provisionales) para restablecer el servicio a la brevedad. Los arreglos definitivos se hacen con posterioridad; a su vez deberá contarse con personal especializado permanente para hacer estas funciones en cualquier momento.

3.1 ESPECIFICACION

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta especificación tiene por objeto establecer las características: eléctricas, mecánicas, geométricas, ópticas, ambientales, pruebas requeridas y criterios de aceptación que deben cumplir los cables de guarda con fibras ópticas integradas, destinados a establecer enlace de telecomunicaciones y para ser instalados en las líneas de transmisión y subtransmisión de C.F.E.

NORMAS QUE SE APLICAN

CFE20000-01-1993	Herrajes y accesorios
CFE511B0-36-19994	Amortiguadores de vibración tipo stoockbridge para líneas de transmisión.
CFEA0000-01-1981	Alambres y cables con recubrimiento de aluminio soldado (Aas).
CFEL0000-11-1988	Empaque, embarque, recepción manejo y almacenamiento de bienes adquiridos por CFE.
CFEL0000-27-1988	Evaluación y penalización de fabricación Mexicana contenida en ofertas mixtas.
UITT-G652-1989	Characteristics of single-mode optical fiber cable transmission media characteristics.
UITT-G653-1989	Characteristics of dispersion shifted sinle-mode optical fibre cable transmission media characteristic.
UITT-G654-1989	Characteristics of a 1550mm wave long loss minimised single-mode optical cable transmission media characteristic.
ASTMB230M-1989	Specification for aluminium 1350-H19 wire for electrical purpose (metric).
ASTMB233-1992	Specification for aluminium 1350 drawing stock for electrical purpose.
ASTMB549-1988	Concentric-lay-stranded conductors, aluminnum-clad stell reinforced (ACSR/AW).

ASTMB415-1992	Hard-drawn aluminum-clad steel wire.
ASTMB416-1988	concentric-lay-stranded aluminum-clad steel conductors.
IEEE-1138-1994	Standard construction of composite fiber optic overhead ground wire (opgw) for use of electric utility power lines.
EIA TIA-455-16A-1991	FOTP-16 Salt spray (corrosion) test for fiber optic components.
SAE J405-1989	Chemical composition of SAE wrought stainless steels standard.

Nota: En casos de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en el momento de la licitación, salvo que la Comisión indique otra cosa.

DEFINICIONES

Para los efectos de esta especificación se establecen las siguientes definiciones.

Apertura Numérica.

Es una medida que expresa la capacidad que tiene la fibra óptica para captar la luz. Es igual al seno del ángulo máximo de aceptación de la luz, con respecto al eje longitudinal de la fibra.

Caja de Empalme

Caja hermética a prueba de intemperie que sirve para alojar el empalme de dos o más tramos de cable de fibra óptica. Se monta en las torres o postes de líneas de alta tensión, o bien en una estructura de la subestación cercana a la caseta de control, para enlazar hacia el equipo terminal.

Cable de guarda con Fibras Ópticas (CGFO).

Cable de guarda en cuyo interior se localizan la unidad o unidades de fibra óptica. El cable es diseñado para instalarse sobre las líneas de transmisión con dos propósitos: servir como protección a los transitorios en líneas de transmisión y transmitir señales de telecomunicación.

Cable Óptico de Acometida

Es un cable dieléctico con fibras ópticas que se tiende entre la caja de empalme de la estructura de remate de la subestación al distribuidor óptico, ubicado en la caseta de control.

Diámetro del Campo Modal

Es la fibra óptica unimodo parte de la potencia óptica, es transmitida por el núcleo y otra parte penetra por el revestimiento. La distancia entre los puntos transversales en la cual la intensidad en el campo lejano ha decaído $1/e^2$, de su valor máximo se conoce como diámetro del campo nodal.

Distribuidor Optico

Caja de conexiones que se utiliza para alojar, proteger y organizar la interconexión entre el cable de fibra óptica y el equipo de telecomunicaciones.

Fibra Optica.

La fibra óptica es una guía de ondas de material dieléctrico (vidrio) dopado y utiliza para transmitir señales ópticas principalmente en las ventanas de 850, 1300 y 1550 nm de longitud de onda del espectro electromagnético.

Fibra Multimodo

Fibra óptica en la que se propagan varios modos o trayectorias. Puede ser de perfil de índice de refracción escalonado o gradual. Valores típicos del diámetro del núcleo, son 50 y 62,5 μm .

Fibra Unimodo

En la Fibra óptica solo es posible la propagación de un modo o trayectoria. Se clasifican en fibras de dispersión normal, de dispersión desplazada, de dispersión minimizada y de dispersión plana. Valores típicos del diámetro del núcleo, son de 8 a 10 μm .

Herrajes y Accesorios

Los herrajes son dispositivos que se utilizan para sujetar el cable de guarda con fibras ópticas a las estructuras o postes de las líneas de transmisión o subtransmisión.

Se consideran accesorios, los amortiguadores de vibraciones, abrazaderas, así como los ensambles para fijar los amortiguadores y cajas de empalme.

Longitud de Ondas de Corte (λ_c)

Es aquella (λ_c) en la cual se definen las características de transmisión de las fibras ópticas. Para valores menores de (λ_c) la característica de transmisión es multimodal; para valores mayores de (λ_c) la característica de transmisión es unimodal.

Modo

Uno de los posibles patrones de los campos electromagnéticos que se propagan en una guía de onda.

Unidad Óptica.

Conjunto formado por uno o más grupos de fibras ópticas, recubrimiento primario, gel u otro material absorbente de hidrogeno, elemento central de refuerzo, barrera

térmica, contenidos todos dentro de un tubo concéntricamente hermético sellado extruido de aluminio.

Núcleo, Revestimiento y Recubrimiento Primario.

Núcleo

Parte interna de la fibra óptica de vidrio de alta pureza, por donde se propaga la mayor parte de la luz.

Revestimiento o Dopamiento

Capa que envuelve el núcleo, construida con vidrio de alta pureza, pero con índice de refracción menor que el del núcleo, para reflejar la luz hacia el núcleo. El diámetro exterior es de 125 μm .

Recubrimiento primario

Capa que envuelve al núcleo y al revestimiento, construida generalmente de plástico o acrilato para dar el color de la fibra de acuerdo al ISO/IEC-304, protección mecánica y flexibilidad a la fibra. El diámetro exterior típico es de 250 μm , pero puede tener otros valores, hasta 900 μm .

Dispersión Cromática

Diseminación de un impulso luminoso por unidad de ancho espectral de la fuente, causada en una fibra por las diferentes velocidades de grupo y longitudes de onda que componen el espectro de la fuente.

Coefficiente de Dispersión Cromática.

Dispersión cromática por unidad de ancho espectral de la fuente y unidad de longitud de la fibra. Suele expresarse en ps/(nm.km).

ALCANCE DE SUMINISTRO

El alcance del suministro debe incluir el diseño, fabricación, pruebas, acabados, empaque y embarque de cada uno de los materiales y servicios siguientes:

- a) Cable de guarda con fibras ópticas, según se indique en Características Particulares.
- b) Cable óptico de acometida.
- c) Herrajes, cajas de empalme, distribuidor óptico y accesorios necesarios como se indique en las Características Particulares.
- d) Diagramas esquemáticos e instructivos de instalación y mantenimiento de los cables, herrajes, cajas de empalme y accesorios.

e) Embarque y empaque.

f) Control de calidad (pruebas).

Adicionalmente, el licitante debe ofertar accesorios de montaje y herramientas especiales para la instalación del cable (abrazaderas de paso, de remate, guías, amortiguadores, etc.), capacitación, supervisión y montaje etc., de acuerdo a lo que se solicita en Características Particulares.

CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO

Tensión Nominal del Sistema

El cable de guarda con fibras ópticas se utiliza en líneas de subtransmisión y transmisión hasta de 400kv.

Temperatura Ambiente

El cable debe operar dentro del intervalo de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura ambiente, salvo que se indiquen otros valores en Características Particulares.

CARACTERISTICAS

Generales

El cable de guarda con fibras ópticas integradas en diferentes tipos de diseño o fabricación, debiendo cumplir con las siguientes condiciones de diseño:

La unidad de fibra óptica deberá estar contenida dentro de un tubo concéntrico de aluminio extruido, (que cumpla con 1350 EC - H19 para uso eléctrico).

- La disposición de las fibras dentro del tubo concéntrico puede ser:
 1. Separadas por tubos holgados de plástico, inmersas en gel o material absorbente de hidrogeno.
 2. Distribuidas a discreción inmersa en gel o material absorbente de hidrogeno.
 3. Las fibras ópticas deben estar holgadas para soportar esfuerzos mecánicos por tensión durante la puesta en servicio, así como durante su operación con cambios climáticos.
- El elemento de refuerzo mecánico para las fibras debe ser no metálico y contenido dentro de la unidad de fibra óptica.
- Proteja y sea resistente a la exposición de rayos ultravioleta, así como efectos de degradación del propio tubo contenedor y sus cubiertas externas e internas por diferente naturaleza de los materiales en su conjunto.

Los alambres de acero con recubrimiento de aluminio que se utilizarán en la formación de la corona del cable CGFO debe ser mayor o igual a 2.906 mm de diámetro y estar protegido por la norma ASTM B415. El espesor del recubrimiento de aluminio debe ser mayor o igual al 5% del diámetro nominal del alambre. Si se llegan a utilizar alambres de aleación de aluminio, su diámetro debe ser mayor o igual al alambre A/AS de 2.906 mm.

Dimensiones, Masa y Materiales

El diámetro exterior total del cable de guarda con fibras ópticas se indica en las características particulares.

Los alambres de acero con recubrimiento de aluminio que formen parte del cable de guarda con fibras ópticas, se deben apegar a las normas ASTM B415 y B416. El espesor del recubrimiento de aluminio debe ser mayor o igual al 5% del diámetro del alambre de acero.

La aleación de aluminio debe ser la 1350 EC-H19, según norma ASTM B230.

Capacidad de Disipación térmica

El cable debe dimensionarse para una capacidad de disipación térmica mayor o igual a $65(KA)^2$ s debida a la corriente de falla sin alterar sus características físicas.

$$I^2t = \frac{C \ln(\theta\alpha + 1)}{\alpha R_0}$$

Donde:

- I: Corriente de corto circuito (A)
- α : Coeficiente térmico de resistencia ($1/^\circ\text{C}$)
- R_0 : Resistencia eléctrica en condiciones iniciales (Ω/cm)
- t: Tiempo de duración (segundos)
- C: Capacidad calorífica ($\text{J}/\text{cm}^\circ\text{C}$)
- θ : Elevación de temperatura ($^\circ\text{C}$)

Las fibras ópticas deben soportar momentáneamente temperaturas superiores en un 20% a las temperaturas que se produzcan en el cable con la aplicación de los $65 (\text{KA})^2\text{s}$.

Características Electromecánicas

Las características electromecánicas se definen en la tabla 1.

TABLA1- Características electromecánicas del cable de guarda con fibras ópticas.

Características	Valores a cumplir
Número de fibras	36 (*)
Diámetro del cable	≤ 15 mm (*)
Carga última de ruptura	≥ 60 kN.
Densidad lineal	≤ 0.60 Kg./m (*)
Resistencia (CD) a 20°C/unidad de longitud	$\leq 1,46$ Ω /Km.
Energía total disipable	≥ 65 (KA) ² s.
Módulo de elasticidad	$95.12 < y < 155$ Gpa
Coefficiente de dilatación lineal	$\leq 17,2 \times 10^{-6}$ / °C.
Espesor capa de aluminio	$\geq 5\%$ diámetro nominal del alambre
Aleación de aluminio	1350 ECH19 según norma ASTM B230
Paso de trenzado	Entre 10 y 16 veces el diámetro del cable
Sentido del trenzado	izquierdo
Resistencia a la corrosión	Capitulo de pruebas

(*) Para líneas en proyecto, estos valores se definirán en las Características Particulares.

Características de las fibras

Las fibras ópticas deben cumplir con los valores dados en la tabla 2.

TABLA 2. Características de las fibras ópticas.

Fibra unimodo de dispersión normal (Recomendación UIT-T-G.652)	
Diámetro de campo modal a 1310 nm	9 - 10 $\mu\text{m} \pm 10\%$
Diámetro de revestimiento	125 $\mu\text{m} \pm 2\%$.
Error de concetricidad del campo modal a 1310 nm.	$\leq 1 \mu\text{m}$.
No circularidad del revestimiento	$\leq 2\%$
Longitud de onda de corte	
Fibra con recubrimiento primario	1100 nm $< \lambda_c < 1280$ nm
Fibra cableada	$< \lambda_c < 1250$ nm.
Operación de curvatura a 1550 nm (100 vueltas de fibra enrollada holgadamente en un radio de curvatura de 37,5 mm)	$< 1,0$ dB.
Coeficiente de atenuación	
1310 nm.	$< 1,0$ dB/km.
1550 nm.	$< 0,5$ dB/km.
Coeficiente de dispersión cromática.	Cuando se requiera, este valor se definirá en Características particulares tomando en consideración en lo establecido en la norma ITU-T G.652

TABLA 2a. Características de las fibras ópticas.

Fibra unimodo de dispersión corrida (Recomendación ITU-T G.653)	
Diámetro de campo modal a 1550 nm.	$7 - 8.3 \mu\text{m} \pm 10\%$
Diámetro del revestimiento	$125 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del campo modal a 1550 nm.	$\leq 1 \mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	$\leq 2\%$
Longitud de onda de corte.	$\lambda_{cc} < 1270 \text{ nm}$
Atenuación adicional de curvatura a 1550 nm. (100 vueltas de fibra enrollada holgadamente en un radio de curvatura de 37,5 mm)	$< 0.5 \text{ dB.}$
Coefficiente de atenuación 1300 nm	$< 1,0 \text{ dB/km.}$
Coefficiente de atenuación 1500 nm	$< 0,5 \text{ dB/km.}$
Coefficiente de dispersión cromática (máximo) 1525-1575 nm	$3.5 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{m})$

TABLA 2b. Características de las fibras ópticas.

Fibra unimodo de pérdida minimizada (Recomendaciones UIT-T-G.654)	
Diámetro de campo modal a 1550 nm	10,5 $\mu\text{m} \pm 10\%$
Diámetro de revestimiento	125 $\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$.
Error de concetricidad del campo modal a 1550 nm.	$\leq 1 \mu\text{m}$.
No circularidad del revestimiento	$\leq 2\%$
Longitud de onda de corte	
Fibra con recubrimiento primario	1350 nm < λ_c < 1600 nm
Fibra cableada	λ_c < 1530 nm.
Operación de curvatura a 1550 nm	
Coefficiente de atenuación	< 0.22 dB/Km.
Coefficiente de dispersión cromática a 1550 nm	20 ps/(nm ² km).

NOTA: La temperatura máxima momentánea que resiste la fibra debe ser proporcionada por el fabricante y ser compatible con la energía total disipable.

- (1) Valores menores dependen del proceso de fabricación, composición de a la fibra y diseño.
- (2) Valores recomendados (aun no especificados)
- (3) Coeficientes de atenuación preliminares, aun no especificados por el CCITT.

En 1310 nm 0,4 dB/km

En 1550 nm 0,25 dB/km

Color de las fibras ópticas

Deben utilizarse los colores recomendados por la norma IEC-304.

Cable Optico de Acometida

Debe ser un cable completamente dieléctrico, (CDFO) incluyendo el elemento de tensión, debe garantizarse su integridad y funcionamiento durante su vida útil aun en el caso de permanecer cubierto por agua. Debe contener el mismo número, tipo, dimensiones y características de las fibras del CGFO, con el cual se interconecta.

Herrajes, Distribuidor Optico y Cajas de Empalme con Accesorios.

El lote de herrajes debe tener características compatibles con el cable de guarda que se suministre principalmente en cuanto a dimensiones de este y materiales, evitando la presencia de pares galvánicos.

Junto con el suministro de materiales, deben entregarse diagramas y dibujos de los arreglos de los herrajes a utilizar, incluyendo dimensiones y materiales de los cuales estén fabricados.

Tomando en consideración las funciones por cubrir, se requiere el suministro de los siguientes tipos:

- Juego de herrajes de tensión para estructura o poste que lleve empalme óptico.
- Juego de herrajes de tensión para estructura o poste que no lleve empalme óptico.

NOTA: En ambos casos deben incluirse los elementos de tensión y los accesorios correspondientes.

- Juego de herrajes de tensión para estructura de remate formado por clima de tensión y accesorios.
- Juego de herrajes de suspensión (tipo colgado) y accesorios.
- Juego de herrajes de guía y fijación para bajada a caja de empalme óptico sobre estructura de acero o poste.
- Juego de herrajes para la formación de espiras que rodean a la caja de empalme, en estructura de acero.
- Juego de herrajes de guía y fijación para la caja de empalme óptico sobre en poste.
- Juego de herrajes de guía y fijación para la caja de empalme óptico sobre estructura de acero.

- Juego de herrajes para la formación de espiras alrededor de la caja de empalme.
- Amortiguador de vibración con sus accesorios para fijación, especificación CFE511B0-36.
- Caja de empalme óptico de tres vías CGFO/CCGFO, con accesorios para fijarse en estructura de acero.
- Caja de empalme óptico de tres vías CGFO/CGFO, con accesorios para fijarse en poste.
- Caja de empalme óptico de tres vías CGFO/CDFO, con accesorios para fijarse en la estructura de la subestación.
- Caja de empalme óptico de tres vías CGFO/CDFO/CGFO, con accesorios para fijarse a la estructura de la subestación.

Todos los herrajes mencionados deben estar hechos con materiales resistentes a los efectos de la corrosión. Las cajas de empalme deben ser herméticas, y de aluminio o aleación de aluminio.

Vida Útil del Cable

El proveedor garantiza que la vida útil del cable debe ser como mínimo de 30 años, a partir de la fecha de entrega a C.F.E.

EMPAQUE Y EMBARQUE

El cable debe ser empacado y embarcado de acuerdo a lo indicado en la especificación CFE L0000-11, y conforme a lo siguiente:

El cable se debe empacar bobinado en carretes, cuyo diámetro del tambor debe tener como mínimo 40 veces el diámetro exterior del cable que contenga. El diámetro máximo de brida debe ser de 2.30 m y el ancho total de los carretes incluyendo herrajes, no debe exceder 1.25 m.

El cable en los carretes debe protegerse con un emparrillado de madera sujeto con clavos, de las dimensiones necesarias para que soporte el transporte y manejo. Dichas tablas se deben colocar con una separación entre ellas no mayor a 1.25 veces su espesor.

El contenido del cable en los carretes, por lo menos debe ocupar $3/4$ partes y nunca llenarse en su totalidad; debe dejarse un espacio libre de aproximadamente 10 cm, entre el cable y el emparrillado protector.

Los extremos (interior y exterior) del cable, deben estar sujetos en la forma que sea necesaria, para evitar que el cable se afloje durante el transporte, así mismo, deben ser de fácil acceso para efectuar las pruebas especificadas.

En el carrete debe marcarse una flecha en el lugar donde queda el extremo.

Los carretes deben marcarse claramente indicando lo siguiente:

- a) Sentido en el que debe rodarse el carrete para evitar que se afloje el cable.
- b) Nombre del fabricante.
- c) Masa neta del cable (kg).
- d) Masa bruta del carrete (kg).
- e) Lugar de fabricación.
- f) Fecha de fabricación.
- g) Número de pedido.
- h) Número de fibras y tipo.
- i) Radio mínimo de curvatura (mm)
- j) Atenuación (dB/km) y atenuación total del carrete medida en fábrica en dB.
- k) Longitud del cable (m).

En las características particulares se indicará la longitud para cada carrete.

El agujero central en el carrete, debe permitir como mínimo el paso libre de una flecha de 8 cm de diámetro.

Se debe engrapar en un costado del carrete una tarjeta impermeabilizada, conteniendo una copia del reporte de las pruebas de rutina de fábrica.

El cable debe ser sellado en ambos extremos terminales.

CONTROL DE CALIDAD

Pruebas de Prototipo al Cable de Guarda

Las pruebas de prototipo son las siguientes:

Características

- a) Corriente de falla

- b) Carga última de ruptura del cable

- c) Vibración debida al viento
- d) Inmersión en agua y ciclado térmico
- e) Galopeo
- f) Descargas atmosféricas
- g) Paso múltiple por polea
- h) Cíclica de tensado
- i) Resistencia a la corrosión del cable Sé. indica en características particulares EIA TIA-455-16A

Deben hacerse mediciones de atenuación y tasa de errores de bit antes, durante y después de cada prueba.

Pruebas de Rutina al Cable de Guarda

El cable de guarda con fibras ópticas se debe ajustar a las siguientes pruebas de rutina.

El número de muestras será seleccionado de acuerdo a la norma NMX-12.

	Características	Método de Prueba
a)	Dimensionales (unidad óptica, espaciadoras, elementos De esfuerzo, alambre, cable.	Se indica en las características particulares
b)	Espesor de recubrimiento del alambre (A-AS)	Se indica en las características particulares
c)	Espesor de revestimiento de la fibra	Se indica en las características particulares
d)	Paso de trenzado	Se indica en las características particulares
e)	Carga última de ruptura del cable	Se indica en las características particulares
f)	Torcido	Se indica en las características particulares
g)	Prueba de atenuación	Se indica en las características particulares

h)	Dispersión cromática	Se indica en las características particulares
i)	Longitud de onda de corte	Se indica en las características particulares
j)	Secuencia de colores	Se indica en las características particulares
k)	Características de los elementos que	Se indica en las características conforma el cable particulares
l)	Conductividad del cable	Se indica en las características particulares
m)	Longitud del cable en cada carrete y empaque	Se indica en las características particulares

A cada carrete se debe hacer la prueba de atenuación, este valor debe ser menor o igual a la atenuación nominal.

Pruebas de Rutina a Herrajes y Accesorios

	Características	Método de Prueba
a)	Verificación de cantidades	Por conteo
b)	Empaque	CFE L0000-11
c)	Identificación	Visual
d)	Dimensiones	-
e)	Resistencia mecánica	CFE 20000-01

Criterio de Rechazo de las Pruebas

Cualquier falla en las pruebas de prototipo o críticas de rutina es motivo de rechazo, por no cumplir con lo establecido en esta especificación.

Son críticas de rutina los incisos a, b, e, f, g, i y m, del punto 8.2. Todas las de prototipo son pruebas críticas.

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

Las características particulares que la Comisión proporciona al solicitar la cotización de los cables de fibras ópticas, son complemento de la presente especificación y son las contenidas en la forma CPE 337 anexa.

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

El área usuaria deberá proporcionar los siguientes datos al hacer la requisición del cable opgw:

- a) Localización geográfica de la estación A (latitud y longitud).
- b) Localización geográfica de la estación B (latitud y longitud).
- c) Longitud total de la trayectoria del enlace.
- d) Longitud total de cable opgw requerida (debe incluir las pérdidas por instalación y desperdicios).
- e) Distancias entre torres de toda la trayectoria de línea.
- f) Temperatura máxima, mínima y promedio anual.
- g) Velocidad máxima y promedio anual de los vientos dominantes.
- h) Humedad relativa promedio anual
- i) Tipo de contaminación existente a lo largo de la trayectoria de línea
- j) Indicar si es zona industrial o marina (35 kms máximo alejado de la costa)
- k) Tipo de clima y condiciones climáticas.
- l) No. de fibras requeridas (12, 24, 36)
- m) Cantidad de herrajes de suspensión y tipo de estructura (torre o poste)
(debe incluir preformados)

- n) Cantidad de herrajes de tensión y tipo de estructura (torre o poste) (debe incluir preformados)
- o) Cantidad de cajas de empalme de 3 vías de OPGW a OPGW.
- p) Cantidad de cajas de empalme de 3 vías opgw – acometida.
- q) Cantidad de herrajes de sujeción cable opgw a torre o poste.
- r) Cantidad de herrajes de sujeción cable de acometida a torre o poste.
- s) Cantidad de metros de cable óptico de acometida.
- t) Densidad lineal máxima del cable OPGW.
- u) Diámetro máximo del cable OPGW.
- v) Cantidad de amortiguadores para el cable OPGW.
- x) Cantidad de kits de aterrizaje para cable OPGW
- y) Cantidad en kgs de grasa a base de aceite mineral para protección del cable opgw para protección en ambientes marinos.

INFORMACIÓN REQUERIDA

Con la Oferta

Las ofertas deben acompañarse con la siguiente documentación:

- a) Todos los cuestionarios debida y totalmente contestados.
- b) Dibujos con dimensiones y características generales del cable, cajas de empalme, distribuidores ópticos, herrajes y accesorios.

- c) Catálogos descriptivos técnicos del cable, cajas de empalme, distribuidores ópticos, herrajes y los accesorios.
- d) Copia de los certificados de las pruebas de prototipo.
- e) Referencias de cuando menos un año de operación de sus cables y accesorios en alguna instalación de alta tensión, mencionando: lugar, tiempo de operación, tensión, aplicación, tipos de servicio y estadísticas de comportamiento y fallas, avaladas por el usuario. Así mismo capacidad de producción y kilometraje suministrado en los últimos 2 años.

Después de la Colocación del contrato.

El proveedor se obliga a entregar a la Comisión la siguiente documentación, en la cantidad y tiempo indicado en la tabla 3.

Tabla 3 - Información requerida después de la colocación de la orden

Información requerida	Cantidad	Tiempo de entrega
Dibujos de dimensiones generales de	Un reproducible y 2	4 semanas después de
Cables y accesorios para revisión y aprobación de Comisión	heliográficas (por cada tipo)	Entregado el pedido
Dibujos de dimensiones generales	Dos reproducibles y 2	12 semanas después de
De cables y accesorios aprobados por Comisión (definitivos)	heliográficas (por cada tipo)	entregado el pedido
Informe de pruebas de rutina	3 juegos	1 semana después de efectuar la prueba
Instructivo de montaje, operación y	5 piezas	4 semanas de efectuar él
Mantenimiento en forma de libro		embarque

PROGRAMA DE ENTREGA DEL CABLE

El proveedor debe entregar el cable en 180 días calendario a partir de la fecha de entrega del pedido, en el almacén estipulado en las características particulares.

BASES DE EVALUACIÓN Y PENALIZACIONES

Bases de Evaluación

Las bases de evaluación que en este capítulo se mencionan, tienen como propósito proporcionar una guía general en la preparación y evaluación de las ofertas y no deben considerarse de ninguna manera como las únicas, por lo que la Comisión se reserva el derecho de usar otros conceptos y factores que a su juicio considere necesarios para la evaluación de las mismas.

Suministro a considerar

Para que la oferta sea tomada en cuenta, el alcance del suministro y la información de la misma deben estar completos y ser consistentes en todos sus aspectos, con lo indicado en esta especificación.

Tiempos de entrega de los materiales

Las ofertas cuyos tiempos de entrega del material excedan a los requeridos por la Comisión automáticamente quedan descalificadas.

No se dan créditos por tiempos de entrega menores a los requeridos por la Comisión, quedando a juicio de ésta aceptarlos o no.

Tiempos de entrega de la información

En el caso de que en la oferta se exceda por más de 30 días los plazos de entrega indicados en esta especificación, queda a juicio de la Comisión descalificar dicha oferta.

Fletes

Se deben considerar los costos por fletes y maniobras hasta el sitio de la obra, conforme a las tarifas vigentes en el momento de la evaluación.

Supervisión y montaje

Se deben considerar los costos asociados con la supervisión y montaje de los materiales en los casos en que la Comisión requiera de estos servicios por parte del fabricante.

Experiencia

En la evaluación de las ofertas se debe considerar la experiencia del fabricante en la manufactura de cables comparable al que se le está solicitando conforme a esta especificación. A criterio del área técnica de la Comisión pueden descalificarse las

ofertas que no demuestren que el licitante ya tiene en servicio satisfactorio cables similares a los solicitados.

Fabricación mexicana

En la evaluación de las ofertas se toma en cuenta la fabricación mexicana según lo establecido en la especificación CFE L0000-27.

No aceptación de penas

Si el licitante no acepta la aplicación de alguna de las penas indicadas en esta especificación, su oferta será descalificada.

Penalizaciones

En el caso de que cualquiera de los equipos o parte de ellos no cumpla con las garantías o el proveedor no cumpla con cualquiera de los compromisos contraídos con el suministro de la orden, se debe aplicar las penas que correspondan, de acuerdo con las bases que a continuación se estipulan, tomando en cuenta que la aplicación de las mismas no limita de ninguna manera el derecho de la Comisión, de rechazar todos o cualquiera de los materiales o parte de ellos, si así lo considera conveniente. No se debe dar ningún crédito en efectivo al proveedor por cualquier mejora lograda sobre los valores garantizados y que se debe aplicar en todo lo concerniente a este respecto la especificación CFE L0000-27.

Entrega de dibujos, instructivos y datos técnicos

El proveedor debe pagar a la Comisión una cantidad equivalente al 0.5% del valor de la partida respectiva por cada semana de atraso en la entrega total de los dibujos, instructivos y datos técnicos con respecto al programa establecido en la orden. En caso de que los retrasos excedan en más de 30 días a los tiempos requeridos, queda a juicio de Comisión la cancelación de la orden.

Entrega de los materiales

El proveedor debe pagar a la Comisión por cada semana de atraso en la entrega del material con respecto al programa indicado en la orden, una cantidad equivalente al 1% del valor del equipo que sufra retraso.

Reducción en fabricación mexicana

En caso de que durante la verificación del equipo se encuentre que el grado de fabricación mexicana es menor al que se indicó en la oferta, se debe aplicar una pena de acuerdo a la especificación CFE L0000-27.

Atraso en la operación comercial

En el caso de centrales generadoras, cuando la fecha de operación comercial sea retrasada por causas atribuibles al proveedor, esto se debe considerar como un

atraso en la entrega del equipo, por lo cual se aplica una pena igual a la indicada anteriormente.

Total de penas

Las penalizaciones en total por los conceptos señalados anteriormente, pueden llegar hasta el 20% del precio total de la orden.

Esta sanción se estipula por el simple retraso en el cumplimiento de las obligaciones del proveedor y su monto se descontará administrativamente de las facturas que formule.

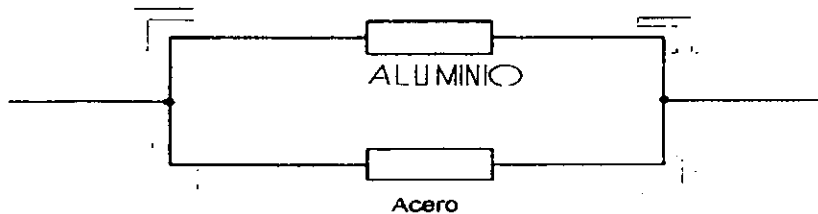
Penalizaciones por incumplimiento en características

Si durante las pruebas de los cables en fábrica, en el campo o durante su operación comercial, se determina que una parte o partes del cable no cumple con las características especificadas, el proveedor se obliga a reponer la parte o partes dañadas que no cumplan con los valores garantizados en la oferta y en caso de no lograrlo el proveedor se obliga a reponer los cables en el sitio de la instalación, sin costo para Comisión y se le aplicará las penas indicadas anteriormente.

3.2 PROTECCION DEL CABLE

a) Protección de las fibras y del maxitubo contra la temperatura:

Las dos capas de la armadura conforman una conexión paralela de las resistencias eléctricas del aluminio y del acero.



Como el aluminio tiene una resistencia eléctrica considerablemente baja que el acero, la corriente eléctrica inducida en la estructura del cable en caso de cortos circuitos o de rayos es mucho más alta en la capa de aluminio que la de acero.

El aumento de temperatura en las capas de las coronas es directamente proporcional al producto del cuadrado de la corriente y el tiempo ($I^2 \times t$). Por eso las coronas están expuestas a una temperatura mucho más alta que los de acero y desvían esta temperatura longitudinalmente y no radialmente.

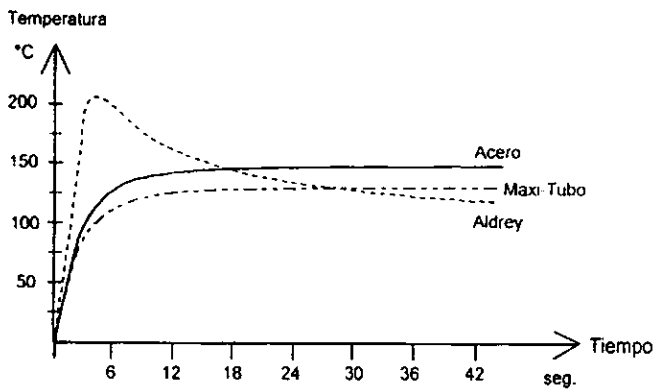
Como la capa de los alambres de acero conduce una corriente mas baja, las temperaturas a las que el alambre de acero es expuesto son también considerablemente mas bajas.

De esta manera, aplicando una capa doble de armadura consiste de acero y el aluminio, la corriente de calor puede ser convenientemente controlada dentro de la estructura del cable.

Así, el maxitubo en el centro del cable está bien protegido contra altas temperaturas ya que estas ocurren en la capa exterior de la estructura especifica del cable.

El siguiente diagrama muestra los grados de temperatura en diferentes capas dentro de la estructura del cable para las siguientes condiciones equivalentes:

La temperatura de cada una de las partes consistentes puede ser observada en el diagrama anterior como una función de tiempo:



Una sola armadura sencilla no daría suficiente protección al maxitubo porque la carga de calor la destruiría.

Por eso es técnicamente indispensable el uso de un tubo de metal en caso de una sola armadura sencilla.

Sin embargo, la desventaja de un tubo de metal es que en caso de altas temperaturas, estas son conducidas a la parte interna del cable exponiendo las fibras de una manera crítica a las mismas.

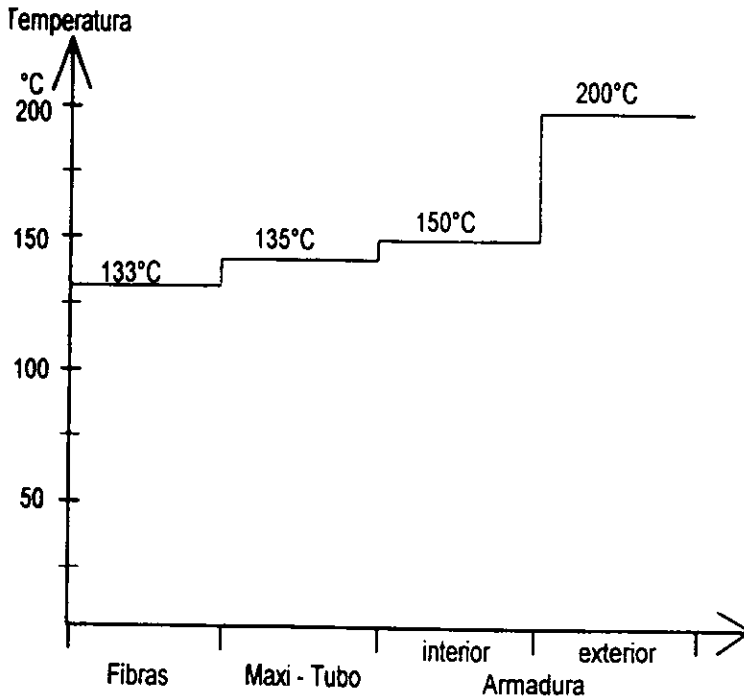
Así, las fibras tienen que ser resistentes contra elevadas temperaturas.

Los efectos negativos en las fibras prolongadas a exposiciones de altas temperaturas y los daños en la seguridad de su funcionamiento de transmisión no deben ser menospreciados.

Una armadura sencilla no permite controlar las fluctuaciones térmicas en la estructura del cable, por eso las altas temperaturas en la unidad de la fibra no puede ser llevado a cabo en armaduras dobles aprovechando los diferentes niveles de conducción.

TIEMPO	CORRIENTE
(seg)	(kA)
1	8.7
0.5	12.3
0.2	19.4

(corte transversal total de la armadura = 104 mm²)



(Temperatura promedio del ambiente 30°C)

b) Armadura trenzada antihelicoidalmente

La torsión en el cable es prevenida.

Neutraliza la fricción entre las capas: así, el maxitubo está siempre en posición neutral.

En cables con una sola armadura, la fricción se produce entre esta y el tubo de metal, existiendo como consecuencia el peligro de que se corroan las partes desgastadas.

Por la misma razón, el cable tiende poco a vibrar, lo que hace innecesaria la instalación de amortiguadores.

En caso de condiciones extremas de corrosión, los alambres de acero en nuestro cable pueden ser reemplazados por alambres revestidos de aluminio.

CAPITULO IV

EQUIPO NECESARIO PARA EL TENDIDO.

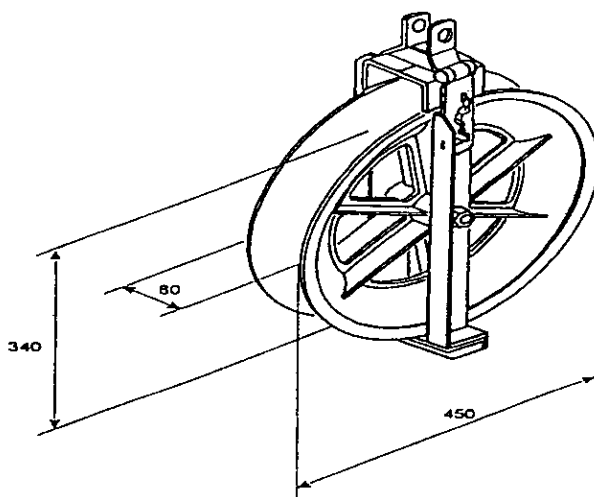
4.1. EQUIPO DE TENSANDO.

Es recomendable usar el equipo de tensando tipo doble capstan o tipo shoe-chain wheel, los cuales están libres de la ondulación producto de la tensión durante el tendido, y evita que el cable se tuerza. El mínimo diámetro del tambor del equipo deberá ser de 1.2 más.

En claros de hasta 1500 metros. Se puede utilizar el mismo carrete en donde viene embobinado el cable como equipo de tensando, instalándolo en un portacarrete y frenándolo mediante palancas, para evitar que se desboque.

4.2. POLEA DE TENDIDO.

Es recomendable utilizar la polea especial para el tendido de cable OPGW, sin exceso de torcedura, esta polea ha sido diseñada con un surco angosto adicional



Stringing pulley for overhead conductors with large diameter.
 The pulley is fixed to socket eye of high tension insulator string.
 Sheave of aluminium alloy and frame, that can be opened from the side,
 of galvanized steel. Shielded ball bearings.

- Breaking load 95.6 kN
- Weight 16 kg

para el cable OPGW y el cable piloto (fig. No 1). El calcetín, el destorcedor y el afacrán pueden pasar por la parte ancha de la polea. Al igual que en una polea convencional.

También se puede utilizar una polea convencional para el tendido, siempre y cuando esta tenga un diámetro mínimo de 450 mm, y protegida con hule de neopreno para evitar que se dañe el cable.

Es bien sabido que la cantidad que el conductor se tuerza durante el proceso de tensando desde el carrete a la torre, esta sujeto al trabajo y diseño de la polea de tendido, así como de su disposición en la torre.

Cuando el ángulo de reflexión es menor de 60° se deberá utilizar el arreglo de doble polea.

4.3. EL ESTRIBO O "ALACRAN"

Es un dispositivo que cuenta con dos contrapesos de 11 Kg aproximadamente cada uno, y va colocado entre el cable piloto y el OPGW, para evitar la torsión durante los trabajos de tendido.

Los contrapesos están colocados de tal manera que cuando pasan por la polea estos se abaten facilitando el paso, además están colocados a cierta distancia uno del otro para que pase uno a la vez por la polea.

4.4. CLEMA DE TENSION TEMPORAL O "CALCETIN".

El calcetín o clema temporal se coloca en el extremo del cable OPGW y tiene la suficiente fuerza de "agarre" para tirar del cable durante los trabajos del tendido, también se pueden utilizar clemas temporales del tipo a compresión siempre y cuando tengan el suficiente apriete y longitud. Para evitar que el tubo de aluminio

que protege a la fibra se deforme por el "agarre" del calcetín o la clema a compresión, pero al mismo tiempo estos tengan el suficiente apriete, es necesario reemplazar la unidad de fibra óptica por un alambre de aluminio sólido, con un diámetro igual al del tubo protector, a lo largo de la longitud del calcetín o de la clema temporal a compresión, con esto se evita también que la fibra óptica se exponga a esfuerzos longitudinales.

4.5. EL COME-ALONG (CAMELON)

La clema camelon del tipo cuña puede ser usada en el OPGW pero la cuña debe ser a la medida y diámetro del OPGW para evitar que el tubo de aluminio se deforme. Siempre que se instale un camelon en el OPGW se debe instalar un tubo de plástico o hule para proteger la superficie del OPGW.

4.6. EL DESTORCEDOR O PENGOLIN.-

El destorcedor o pengolín es un dispositivo que como su nombre lo indica, destuerce las vueltas que el cable piloto pueda tener y evita que el cable OPGW se fuerza. Este dispositivo se instala entre el alacrán y el cable piloto

4.7. EL CABLE PILOTO O MENSAJERO.

El cable piloto puede ser de polipropileno, polidacron, etc., pero se debe seleccionar un diámetro de tal manera que su peso sea equivalente al del OPGW, para evitar desbalances de esfuerzos, durante el tendido.

4.8. CONEXION DEL CABLE OPGW CON EL CABLE PILOTO.

La conexión de cable OPGW con el cable piloto debe contemplar el siguiente equipo: calcetín, alacrán y destorcedor.

4.9 DISPOSICION DEL EQUIPO DE TENSION.

Una vez instaladas las poleas y tendido el cable piloto, los equipo de tensión se colocaran a una distancia de la primera y última estructura, de tal manera que el ángulo del cable OPGW y la vertical de las estructuras no sea menor de 60° .

El equipo de tensión debe estar colocado en línea recta a las poleas de tendido y la longitud L_1 entre el equipo de tensión y la polea debe ser 2 veces más grande que la altura de la torre, para que el ángulo entre el cable y la vertical de la torre sea mayor a 60° y así el manejo del cable OPGW será más fácil y sin riesgo de que se rompan las fibras. En el caso de que el terreno no permita la colocación del equipo de tensando como se dijo anteriormente, se tendrá que sustituir la primera polea por el arreglo de doble polea para ampliar el ángulo de curvatura.

4.10 EMPACADO DEL CABLE OPGW.

Aproximadamente 3 metros de cable OPGW, vienen instalado en la parte interna del carrete y por fuera de este, para poder ser utilizado en el acondicionamiento de los extremos durante el tendido.

4.11 TRATAMIENTO DE LOS EXTREMOS DEL CABLE OPGW.

Se debe evitar aplicar cualquier fuerza al núcleo de fibra óptica (unidad de fibra óptica), durante los trabajos del tendido. Para esto se tendrá que realizar el siguiente trabajo:

Primero.- Quitar la cubierta de pvc color negro instalada en el extremo del cable.

Segundo.- Destrenzar el cable OPGW, una longitud igual a la que va a ocupar el calcetín más 20 cm. Adicionales.

Tercero.- Al quedar al descubierto el tubo que contiene las fibras ópticas, se corta este utilizando unos cortatubos, para que después con unas tijeras se corten las fibras ópticas y su cubierta térmica, esto se hará en una longitud igual a la que ocupe el calcetín más 15 cm.

Cuarto.- Una vez cortado el núcleo de fibra, el tubo de aluminio será protegido contra la humedad, insertando en el extremo del tubo, el capuchón de plástico; el cual entrara a presión y posteriormente se sellara con cinta plástica de vinyl. Es importante que el capuchón no llegue hasta el final, sino que quede un centímetro antes.

Quinto.- En el lugar que ocupaba el tubo y las fibras ópticas, se instalará un alambre de aluminio de una longitud y diámetro igual al tubo que se corto y posteriormente se entorchan los alambres de acero alrededor de éste.

Con este tratamiento de los extremos del cable OPGW la fibra óptica queda libre de cualquier esfuerzo durante el tendido.

4.12 TENDIDO DEL CABLE OPGW.

Una vez tratadas las puntas del cable se realiza la conexión de este con el cable piloto utilizando para esto, el calcetín, alacrán y el destorcedor, tal como se muestra en el inciso 4.8.

Para realizar con seguridad el tendido del cable debe existir comunicación constante entre el equipo tensionador y el traccionador y la tensión del traccionador no debe exceder de 1000 Kg

El tendido del cable deberá realizarse siempre tensando para evitar que este se arrastre y se dañe, es por eso necesario la constante comunicación.

La tensión durante el tendido debe ser uniforme manteniendo las fluctuaciones al mínimo, a fin de evitar que saltos bruscos de tensión hagan sobrepasar la tensión máxima que se aplica al cable.

4.13 ENCLEMADO E INSTALACIÓN DE AMORTIGUADOR Y COLILLAS.

Debido al fenómeno llamado "corrosión por cavidad", es recomendable prevenir que el agua penetre entre los espacios que quedan entre las clemas y los preformados, entre los preformados y los hilos exteriores del OPGW, entre los

hilos exteriores del OPGW y el tubo central de aluminio; para ello debe aplicarse grasa en los lugares en donde se instalaran los preformados y las clemas.

4.13.1 CARACTERÍSTICAS DE LA GRASA A APLICAR

La temperatura de operación del OPGW esta continuamente en 150°C y sube a 300°C por 1 segundo al momento de una descarga eléctrica sobre el cable. Por lo tanto la grasa aplicada debe ser capaz de soportar tales temperaturas; el fabricante ha recomendado la grasa denominada "valiant grease v.2" marca sheel oil compañy; cuyas propiedades se muestran a continuación:

THICKNER	DI-UREA
APARIENCIA	SMOOTH/CREAMY
ACEITE BASE:	
TIPO	MINERAL
VISCOSIDAD CST A 100°F	14.8
PENETRATION WORKED	290
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	20 180°C
PUNTO DE FUSION	250°C
PRUEBA DE CORROSION (100°C, 24H)	1A
JISK 2220 5.5/BH	
PERDIDA POR EVAPORACION (99°C, 22H, WT°h - 0.20	
JISK 2220 5.6/B	
SEPARACION DEL ACEITE (100°C, 24h, WT%) - 1.0	
JISK 2220 5.7	

4.13.2 APLICACION DE LA GRASA

Para evitar la corrosión por cavidad es necesario llenar manualmente de grasa bajo la clema y bajo los preformados, es importante no aplicar la grasa en las partes del OPGW donde están expuestos al medio ambiente, ya que la grasa expuesta fácilmente se secura en pocos años debido a la luz del sol y otras condiciones ambientales provocando que la grasa ya seca absorba humedad originando posteriormente corrosión.

La grasa debe aplicarse en todos los lugares donde se coloca el preformado para la clema de tensión, clema de suspensión, clema de fijación y amortiguadores. A continuación se menciona la forma de aplicar la grasa:

- a) Se prepara todo el herraje.
- b) Se marca la localización donde quedara instalado el preformado.
- c) Dos marcas, una en cada extremo del lugar donde quedara el preformado.
- d) Se aplica suficiente grasa, en forma manual, sobre toda la superficie exterior del OPGW entre las dos marcas donde se localizara el preformado, el volumen de grasa debe ser tal que quede una capa uniforme sobre el OPGW de aproximadamente 2mm.
- e) Se instala el preformado en su posición.

- f) Se aplica suficiente grasa en forma manual de la clema o amortiguador que hará contacto con el preformado, el volumen de grasa será suficiente hasta dejar una capa uniforme de aproximadamente 2mm.

Se instala la clema o amortiguador en la forma convencional cuidando las torques recomendados por el fabricante.

- g) Para propósitos de mantenimiento es recomendable al menos cada 3 años deshacer el conjunto preformado-clema o preformado amortiguador y checar la grasa aplicada, en caso de encontrarla seca, es mejor limpiar el área de grasa envejecida y reaplicar grasa de acuerdo al procedimiento.

4.13.3- TENSIONADO DEL CABLE OPGW

Una vez tendido el cable, se procede a tensionar el OPGW, a la tensión de fijación correspondiente, la cual no debe exceder de 1000 Kg, se fija el cable a la torre a través de una clema de tensión, previa aplicación de la grasa correspondiente; cuidando siempre que atrás de la clema quede 1.5 veces la altura de la torre en el cable OPGW, distancia que será utilizada para llevar el cable por dentro de la torre hasta la caja de empalme.

Una vez que el cable OPGW tiene el tensando requerido y ha sido enclorado en sus extremos, se van situando torre por torre las clemas de suspensión (previa aplicación de la grasa correspondiente) a lo largo de la trayectoria. Este proceso no deberá realizarse arriba de las próximas 48 horas de terminado el tendido del

cable. Al mismo tiempo se instalarán los amortiguadores (con su correspondiente preformado y grasa) a ambos lados de la torre con la siguiente recomendación:

- a. Si el tramo o claro entre torres es menor o igual a 365 metros se instalará un amortiguador en cada extremo del claro o tramo.
- b. Si el tramo o claro entre torres está entre 365 metros y 670 metros se instalarán 2 amortiguadores en cada extremo del claro o tramo
- c. Si el tramo o claro entre torres mide más de 670 metros se tendrá que calcular la razón de amortiguación correspondiente.
- d. El torque o compresión de la llama que sujeta el amortiguador al cable OPGW no debe pasar de 600 kg-cm.

4.14 INTRODUCCION DEL CABLE OPGW, POR LA INTERIOR DE LA TORRE.

El extremo que ya haya sido enclemado, se procederá a colocar y fijar el cable dentro de la torre, para ello primero se instalan los accesorios de fijación y guías a lo largo del cuerpo de la torre. Una vez hecho esto se pasa el cable piloto por todos los accesorios de fijación y guías así como por las poleas instaladas para este fin.

Para la introducción se necesita un mínimo de 5 linieros y 2 ayudantes linieros para evitar que el OPGW se enrede, se deberá respetar la distancia "d"

Los 3 linieros "a", "b" y "c", se situaran en la torre y jalaran el OPGW evitando un sobre-esfuerzo sobre el mismo, es importante evitar durante esta operación el contacto con la estructura.

En la última etapa el liniero "a", parado sobre la cruceta del conductor superior puede maniobrar con la mano el OPGW, con la finalidad de evitar que este se enrosque y provoque su fractura (Figura no. 15), al mismo tiempo el liniero que se encuentra sobre la cruceta del hilo de guarda guiara y auxiliara para su introducción final.

Cuando la introducción del cable al interior de la torre, se tenga que realizar en una torre de suspensión, en donde la cruceta del conductor superior, este muy separada de la cruceta del hilo de guarda, se utilizaran sogas auxiliares así como poleas para guiar el cable hacia adentro de la torre.

Una vez introducido el cable se fija con los accesorios de instalación, cuidando los torques máximos a los que habrá de apretarse los tornillos y tuercas sin lastimar el cable.

Finalmente se trozan los 6 metros del extremo del cable OPGW y se hace una bobina de aproximadamente 1.5 mts. de diámetro debiendo esta quedar localizada a la altura de la caja de empalme, que previamente debió ser localizada fijando allí la bobina con sus accesorios correspondientes.

4.15 INSTALACION DE LA CAJA DE EMPALME

Una vez introducido el cable a lo largo de la torre se instala la caja de empalme, la cual debe localizarse en la pata opuesta a la que tiene los peldaños para subir a la torre. Debe situarse a una altura mínima de 10 metros del nivel del piso, por el lado interno de la pata mirando hacia el centro, debido a la inclinación la caja quedará inclinada lo cual no es relevante.

Los dos extremos de cable OPGW se enrollaran formando cada uno una bobina de 3 o 4 vueltas de aproximadamente 1.5 metros de diámetro, y se colocaran con su accesorio adecuado a la altura de la caja de empalme, ya sea teniendo a la caja como centro de la bobina o a un costado de la caja; por las caras laterales de la torre, una bobina en cada cara. Solo hay que cuidar que las bobinas queden de tal forma que el cable OPGW entre a la caja sin forzarse o presentar tensión; su localización dependerá de este criterio que es el único a cuidar.

4.16 RECOMENDACIONES.-

4.16.1 En el caso de uso de la doble polea sobre un ángulo abierto para facilitar el paso de alacrán, colocar en la ranura equilibradamente.

4.16.2 No se debe enrollar directamente el cable OPGW al malacate ya que es posible que se aplaste el tubo de aluminio debido al tamaño y al material de acero del carrete.

Además que es probable que se utilice posteriormente en otro sitio el mismo cable enrollado. Por lo tanto hay que tratar con mucho cuidado.

4.16.3 Durante el tendido y cuando se hace la flecha, los extremos del cable deben ser bien cuidados contra cualquier daño que exista, por ejemplo que se aplaste por un coche o se arrastre por la tierra, etc.

4.16.4 El come-along es una herramienta para dar la flecha en el tensionado final del OPGW, no debe usarse para hacer el tendido ni dejarse instalado, sino se va hacer el tensionado, ya que el uso del come-along por mucho tiempo; hace probable que se corte el OPGW a la altura de la unión con el come-along por cualquier vibración.

4.16.5 En el caso de que se vaya a tardar por mas de una semana para hacer la flecha, es necesario que se utilice el herraje adecuado para la tensión. También por la misma razón tienen que colocar el amortiguador lo más pronto posible, aún cuando después se quiten para dar la flecha final.

4.16.6 Al colocar el preformado sobre el cable, es necesario aplicar grasa conductora antes de su colocación, para prevenir la corrosión por cavidad.

4.16.7 TORQUE QUE DEBERA APLICARSE A LOS ACCESORIOS TIPICOS

TAMAÑO DE OPGW	ACCESORIO	TORQUE EN Kg-Cm.
70 mm.	CLEMA DE TENSION	800
	CLEMA DE HILO DE G.	700
	CLEMA DE SUSPENSION	500
	AMORTIGUADOR	AL TOPE DEL CONECTADOR

CAPITULO V

5.1 INTRODUCCION

El empalme de fibras ópticas es un proceso que requiere precisión y destreza al realizarlo cuando se va a hacer por primera vez, es conveniente practicar en cable de OPGW de desperdicio, así como en una caja en el ámbito de suelo, para adquirir la habilidad necesaria en el trabajo, ya que muchas acciones son de criterio, sobretodo el resultado final del empalme, solo la práctica indicará al técnico cual es el resultado optimo.

El presente procedimiento está basado para un empalme de cable OPGW-OPGW de hitachi y empalmadora marca Fujikura, caja de empalme hitachi, cortadora marca Fujikura; si se utilizan otros modelos los pasos básicos son los mismos, pero las distancias específicas pueden variar.

Si el empalme es OPGW dielectrico de Hitachi, él desforre del cable dieléctrico es mucho más sencillo, solo esta el hecho de que la grasa de petrolato que trae impregnada debe retirarse totalmente con solvente por ejemplo alcohol isopropilico y dejarlo bien limpio antes de empezar a desforrar la fibra óptica.

A continuación se enuncian en forma cronológica los pasos básicos que involucran un empalme de fibra óptica.

- a). - Preparación de materiales, herramientas y equipos.
- b). - Corte y tratamiento de los extremos del cable.
- c). - Apertura de la caja de empalme y retiro de los conectores de fijación del cable de fibra óptica de la caja de empalme.
- d). - Remover la unidad de fibra óptica de sus cubiertas exteriores.
- e). - Inserción y fijación del cable a los conectores del cable de fibra óptica.
- f). - fijación de los conectores de cable de fibra óptica a la caja de empalme.
- g).- Separar las fibras ópticas de la unidad de fibra óptica.

- h).- Empalmado permanente de las fibras ópticas.
- y).- Refuerzo mecánico de los empalmes de fibra óptica.
- j).- Instalación en el cassette correspondiente de las longitudes de exceso de las fibras ópticas.
- k).- Sellado de la caja de empalme.
- l).- Fin.

Los pasos enunciados se aplican a todo tipo de empalme de fibra óptica, por lo que en estos pasos generales esta basado el procedimiento que a continuación se describe.

5.2 RECOMENDACION

- a).- Los trabajos deben realizarse en un día soleado, sin humedad o lluvia, viento o polvo en el ambiente; para poder realizarlo al aire libre sin instalaciones especiales; si llegado el momento estas condiciones son difíciles de obtener entonces tendrá que recurrirse a hacer alguna instalación con lona o caseta prefabricada para aislar los trabajos del medio ambiente natural existente, y lograr las condiciones necesarias.
- b).- El empalme debe realizarse a la altura de la caja de empalme, por lo que debe colocarse una tarima a 1 metro máximo abajo de la caja de empalme, asegurada de tal forma que tenga el mínimo movimiento posible, inclinada levemente hacia la

caja de empalme, las medidas de la tarima serán aproximadamente de 1.5 x 2 mts. mínimo, la tarima será de madera de preferencia o algún material antiderramante.

- c).- Si existe la posibilidad de lluvia o viento antes de iniciar los trabajos, es mejor posponerlos, ya que solo en puntos específicos se puede detener los trabajos empezados.
- d).- Como mínimo serán necesarios tres linieros que auxilien en el desforre del cable OPGW, para asegurar las condiciones de seguridad necesarias en el manejo del cable.
- e).- Usar siempre la herramienta adecuada para cada tipo de actividad, los trabajos exigen un grado de precisión que no permiten improvisaciones.
- f).- La empalmadora es un equipo electrónico que contiene su CPU, seguir la secuencia de instrucciones en la forma indicada por el manual y no alterarlo, ya que ello da lugar a bloqueos o mal funcionamiento de la misma.
- g).- Leer mínimo una vez el manual de la empalmadora y familiarizarse con su uso.

5.3 LISTA DE MATERIALES NECESARIOS POR EL EMPALME DEL OPGW.

No.	descripción	uso
a).-	Caja de empalme	Proteger de la humedad mecánicamente las partes empalmadas del OPGW.
b).-	Herrajes de la instalación y fijación de la caja de empalme	Fijar la caja de empalme a la bobina de reserva alrededor de la caja de empalme.
c).-	Tubo de refuerzo	Refuerzo mecánico para el empalme de la fibra optica.
d).-	Pegamento	Fijación del miembro de tensión, a la clema dentro epoxico. De la caja de empalme.

5.4 LISTA DE HERRAMIENTA Y EQUIPO REQUERIDO PARA EL EMPALME DEL OPGA.

No.	QTY	descripción	uso
1	1	Fuente de luz led estabilizada	Medición de perdidas
2	2	Medidor de potencia óptica	Medición de perdidas
3	1	Reflectómetro óptico dominio	Localización de fallas en el tiempo (OTDR).
4	1	Empalmadora	Empalmar fibra
5	1	Calefactor	Colocación tubo de refuerzo mecánico en empalme.
6	2	Cortador de fibra	Corte de la fibra
7	2	Pinza peladora	Remover forro de plástico y silicón de la fibra.

8	Suficiente	Deposito de alcohol isopropilico o dicloro fluorometano	Remover cubierta de Rilicón e impurezas de la fibra.
9	Suficiente	Alcohol isopropilico o diclorofluorometano	Remover cubierta de Silicon e impurezas de la fibra.
10	Suficiente	Gasa	Remover cubierta de silicon e impurezas de la fibra.
11	1	Tijeras	Corte de cubierta térmica y de las fibras.
12	1	Pinzas	Sujeción
13	1	Bote de aire a presión	Limpieza
14	1	Cizalla mediana	Corte del OPGW
15	1	Arco con segueta	Corte de los alambres.
16	1	Cortatubo	Corte de tubo de aluminio.
17	1	Desarmador de cruz	Fijación del OPGW en caja de empalme.
18	1	Desarmador plano	Fijación del OPGW en caja de empalme.
19	2	Pliers	
20	2	Lampara iluminación	
21	1	Cinta métrica o flexometro	
22	1	Llave perico	

23	1	Generador 125 v.c.a. a 1 kw.
24	1	Terminal de conexión mínimo 4
25	1	Extensión aprox. 20 metros calibre 10
26	1	Llave española de 1 3/8"
27	1	Torquimetro
28	1	Juego de llaves allen
29	1	Nippers

5.6 FIJACION DEL CABLE EN LA CAJA DE EMPALME

Hasta este paso la caja de empalme deberá estar instalada y la bobina de cable OPGW de reserva formada e instalada alrededor de la caja de empalme, a continuación se procederá como sigue, indicando los pasos de un empalme OPGW-OPGW.

A continuación se describe el corte y tratamiento para un extremo del cable OPGW, debe seleccionarse cual se hará primero.

- a).- Presentar la punta del cable OPGW en su correspondiente conector de llegada y desde el punto donde el OPGW en forma natural (sin tensión, ni doblez excesivo) cae en la entrada del conector, medir hacia la punta 3 metros, marcar el punto donde caen los 3 metros (ver figura 1).

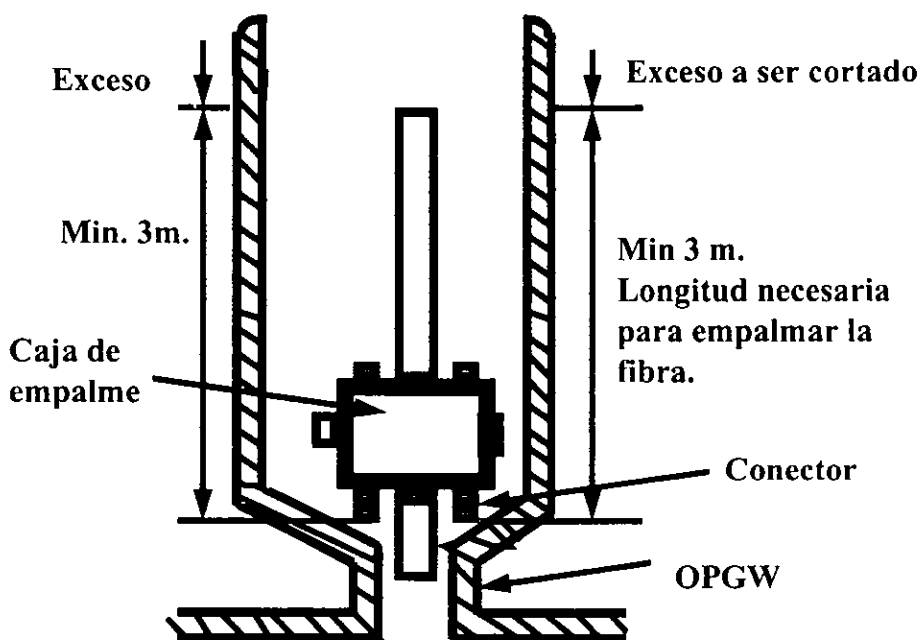


FIGURA No. 1

- b).- Cortar con la cizalla el excedente de cable OPGW que queda después de los tres metros medidos, buscar fijar el cable OPGW en los ángulos de la torre con objeto de que se proteja, en este punto será necesario sacar el cable OPGW de los accesorios de fijación que conforman la bobina con objeto de que las acciones posteriores Tengan maniobrabilidad y sea más fácil su ejecución.
- c).- Se marca el cable OPGW en el punto donde este cae en forma natural a la altura del conector en la caja de empalme, que sea el lugar donde se fijan en el conector (ver fig. 2).

- d).- Colocar un anillo con alambre de cobre 50 mm. Abajo de la marca de corte hecha en el inciso "b"; esto se hace con un alambre de cobre arrollado alrededor del OPGW, y es para evitar que los alambres "as" se desentorchen una vez hecho el corte (ver fig. 2).

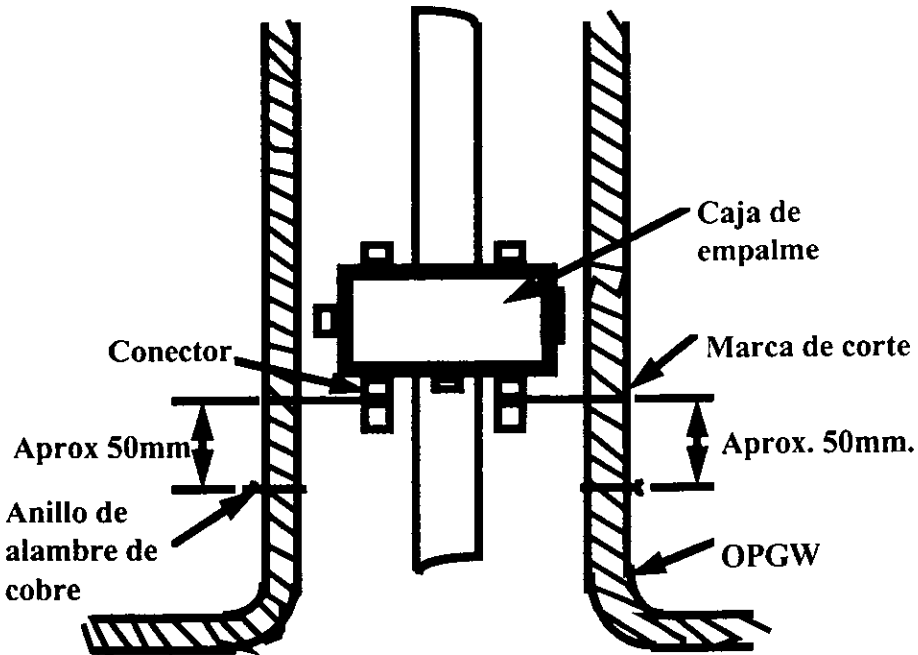


FIGURA No. 2

- e).- Usando el arco con segueta, hacer una incisión alrededor del OPGW, a la altura de la marca de corte hecha en el inciso "b", la profundidad de la incisión será de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ del diámetro del alambre "as". No recargarse sobre el OPGW para hacer la incisión, y no pasarse de tal forma que se llegue al tubo de aluminio (ver fig. 3).

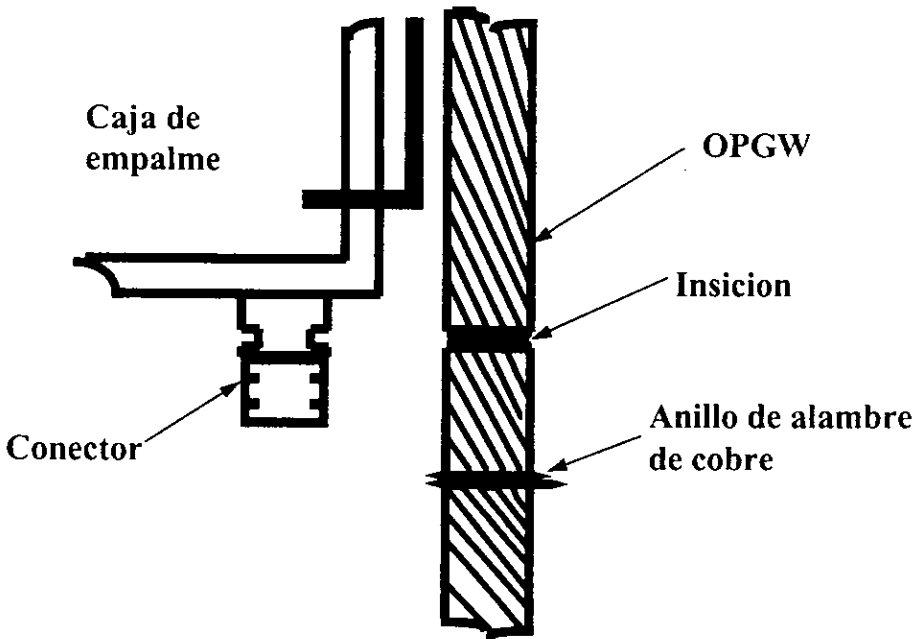


FIGURA No. 3

- f).- Desentorchar un alambre "as" a lo largo de los 3 metros y al llegar a la parte donde se hizo la incisión, doblar hacia adelante y hacia atrás el alambre, hasta que truene y se separe; hacer esto con cada uno de los 7 alambres "as" que conforman el OPGW. (Ver fig. no. 4).

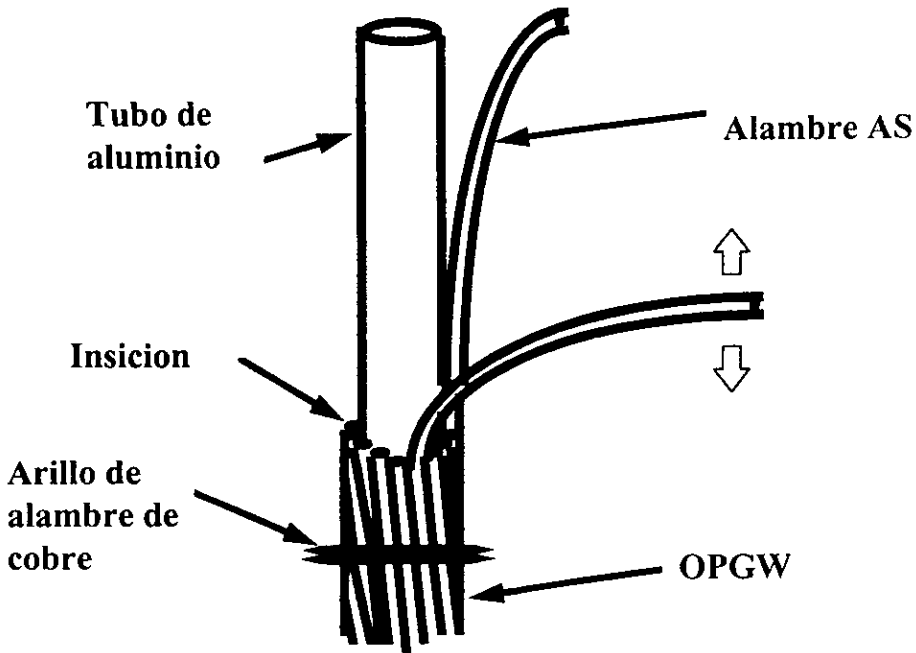


FIGURA No. 4

Al hacer esta acción, hay que tener cuidado de no doblar el tubo de aluminio, conforme se van retirando los alambres "as" este queda expuesto y es muy frágil, tener el mayor cuidado en el punto donde se están fracturando los alambres "as", ya que el espacio para mover los alambres "as" es muy corto, mantener el cable sostenido abajo del arillo de cobre instalado en el OPGW; nunca sostenerlo por el tubo de aluminio. Limpiar con estopa y alcohol isopropilico o dicloro fluorometano

el tubo de aluminio, hasta retirar toda la grasa silicon que trae impregnada de fabrica.

g).- Abrir la caja de empalme y sacar el conector del OPGW mediante el retiro de la tuerca de 1 3/8" que lo fija a la caja, usar la llave española (ver fig. no. 5).

Guardar la bolsa de plástico que contiene: dos capuchones de aluminio, dos tubos que contienen los elementos para preparar el pegamento epoxico, una espátula para preparar y aplicar el pegamento epoxico, tubos de refuerzo mecánico para los empalmes de fibra óptica.

h).- Tomar el conector y desarmarlo, donde primero se retira la mordaza mediante el sacado de los tornillos (4) con cabeza para llave allen; Quitar la tuerca de fijación del tubo de aluminio, usar la llave perico; por último quitar el collar de neopreno siliconado que sirve de sello y el collar de presión. (Ver fig. 6)

i).- Tomar el tubo de aluminio, previo fijado del OPGW en un lugar firme; medir de la punta 5 cms. hacia atrás y marcar, en esta marca hacer una incisión con el corta tubo en el tubo de aluminio cuya profundidad máxima sea de 2/3 del grosor de la pared del tubo; una vez hecho esto, se tomar el tubo de aluminio en donde se hizo la incisión y con la mano se doblar hacia atrás y hacia adelante en un ángulo no mayor a 20 grados del eje longitudinal del tubo, ya que troce el tubo con las tijeras se corta la protección térmica y las fibras. Nunca intentar jalar, ya que el corte con la cizalla aplasto el tubo de aluminio y aprisiono las fibras (ver fig. 7 y 8).

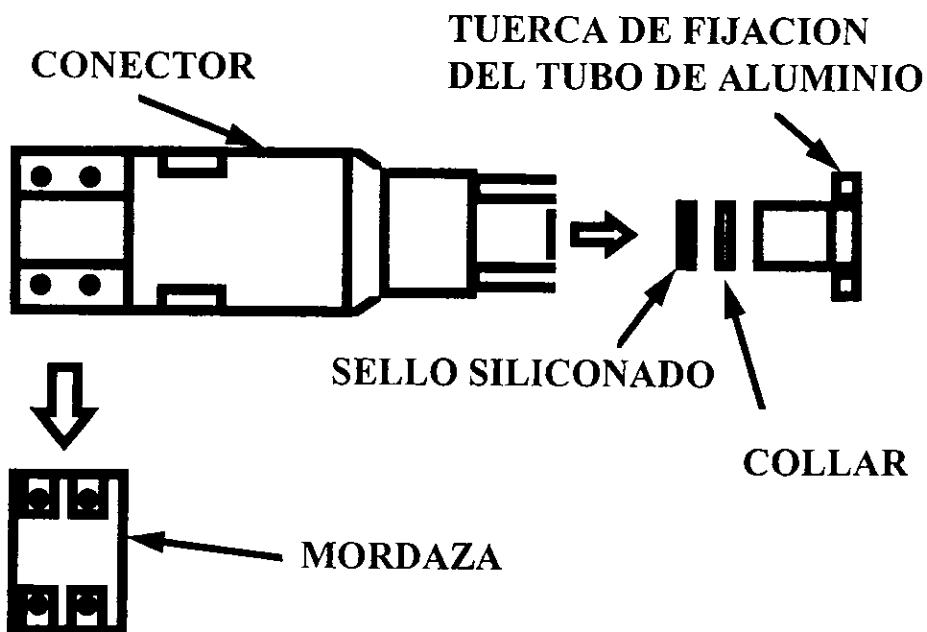


FIGURA No. 6

- j).- Medir 40 cms. de tubo de aluminio de la punta que ha quedado hacia atrás y marcar; en esta marca hacer una incisión con el cortatubo en el tubo de aluminio cuya profundidad máxima sea de $\frac{2}{3}$ del grosor de la pared del tubo; una vez hecho esto, tomar el tubo de aluminio donde se hizo la incisión y con la mano doblar hacia atrás y hacia adelante en un ángulo no mayor a 20 grados del eje

longitudinal del tubo, ya que troce el tubo jalar y sacar hacia adelante a lo largo, el tubo de aluminio debe deslizarse suavemente sin obstáculos y sin rotarlo al momento arrollar las fibras en la mano para que no queden sueltas, si el tubo presenta resistencia al salir, volver a cortar el tubo en pedazos mas pequeños y realizar la operación.

Nunca forzar a salir el tubo, en ocasiones al ir sacando el tubo la cinta protectora térmica tiende a desenrollarse y es lo que hace que presente resistencia a la salida del tubo.

- k).- Repetir la operación del inciso "j " tantas veces, hasta que del punto desde donde se trozaron los alambres "as" hacia adelante queden 13 cms. del tubo de aluminio expuestos, conforme se va sacando el tubo de aluminio la cantidad de fibra expuesta es mayor, una persona debe sujetar firmemente el extremo del tubo de aluminio con una mano y con la otra tener arrolladas las fibras, vigilando que las fibras no se doblen en la salida del tubo de aluminio. (referirse a las figuras 7 y 8).

**ARILLO DE
ALAMBRE DE COBRE**

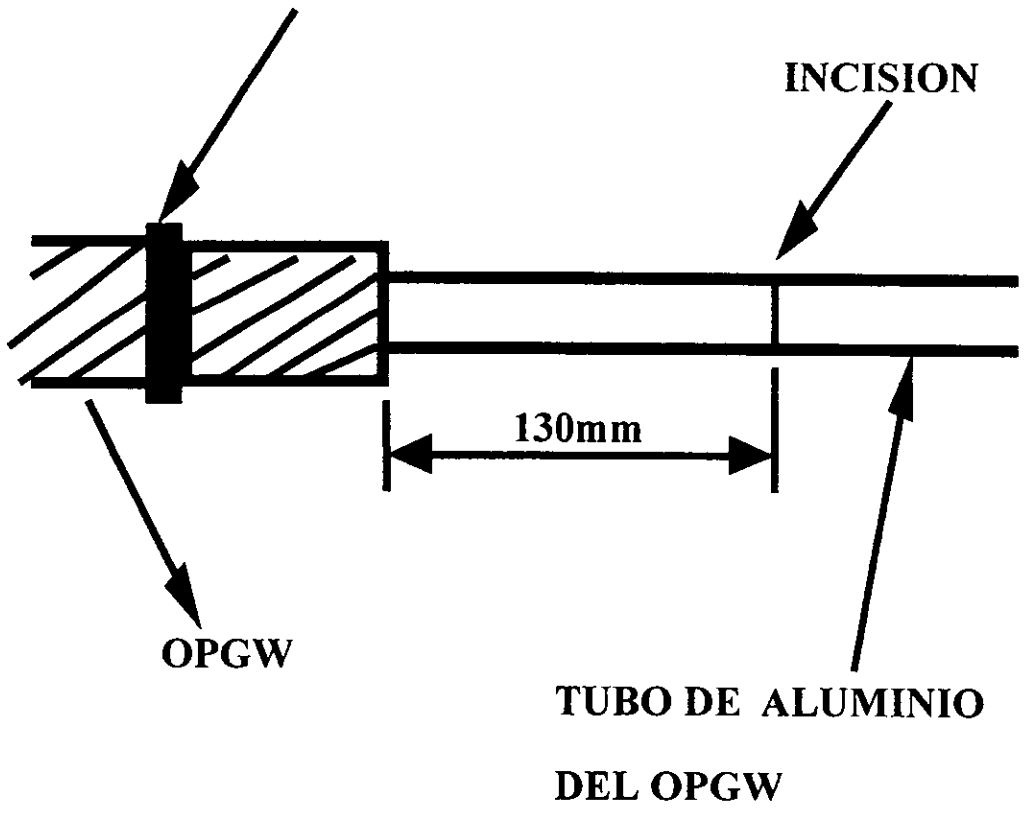
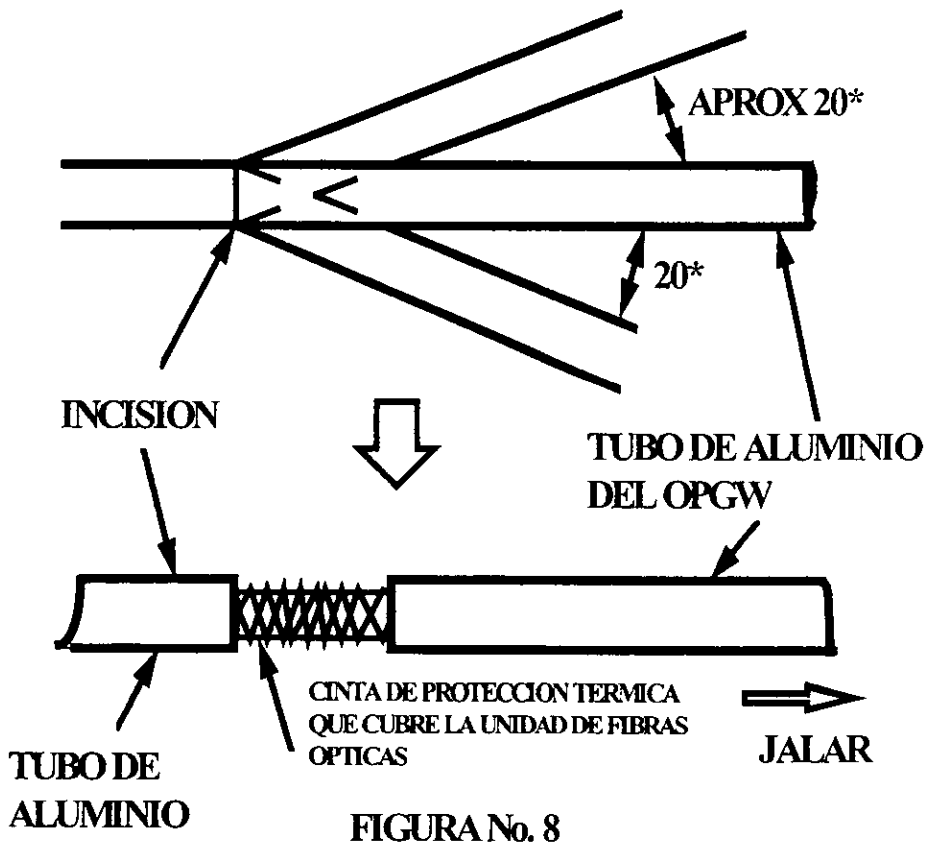


FIGURA No. 7



L).- Después de haber retirado el tubo de aluminio, en el extremo de la unidad óptica (formada por la cinta térmica, el miembro de tensión y las fibras ópticas) colocar 2

o 3 vueltas de cinta plástica, para prevenir que la unidad óptica se deshaga. (Ver figura no. 9).

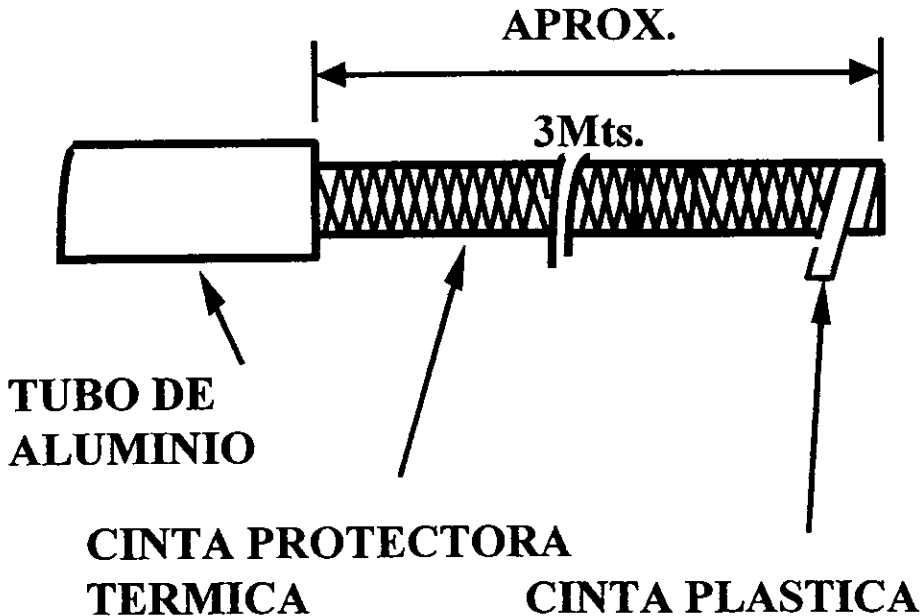


FIGURA No. 9

m).- Insertar el conector del cable OPGW, introduciendo primero la unidad de fibra óptica a través del orificio central del conector, llevar el conector hasta que entre por el orificio central el tubo de aluminio, y hacer entrar los cables "as" en el lugar que ocupa la mordaza, hasta que el conector tope y no pueda entrar más. No forzar a entrar el tubo de aluminio, de haber resistencia sacar el conector y

analizar que obstruye la entrada. Presentar cable y conector en la caja; para situar el conector en forma natural viendo al frente, para tomar nota de la posición antes de colocar la mordaza. (Ver fig. no. 10).

Colocar la mordaza y apretar los tornillos hasta el máximo, utilizando solo la llave allen y en forma manual.

Insertar el sello de neopreno siliconado y llévalo hasta su posición en el conector; posteriormente insertar el collar de presión y por último insertar la tuerca de fijación del tubo de aluminio, apretar todo el conjunto con la mano hasta el máximo. (Ver fig. 10).

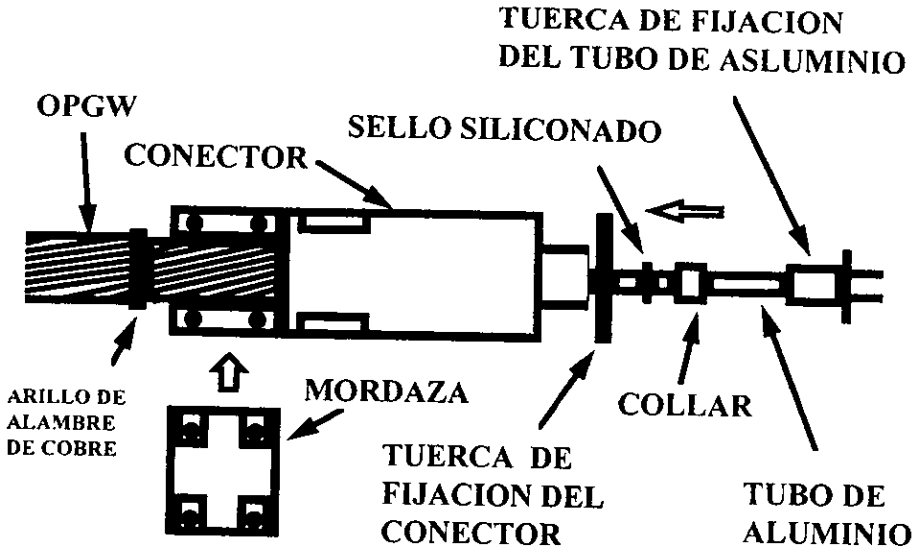


FIGURA No. 10

- n).-** Introducir la unidad óptica en la posición correspondiente en la caja de empalme, hacerlo con cuidado poco a poco; después introducir la parte del tubo de aluminio, mantener firmemente sujetado el cable OPGW a fin de que no exista riesgo de que al cable presione el tubo de aluminio contra la caja de empalme y lo dañe, por último introducir el conector y posicionarlo en la caja de empalme, sujetar firmemente el conjunto.

Colocar la tuerca de fijación del conector, pasando a través de ella la unidad óptica y la parte del tubo de aluminio, hasta que enrosque en el conector, una vez enroscada, sujetar en una llave española de 1" el conector y con una llave española de 1 3/8" apretar la tuerca, hasta el máximo. Apretar con el perico al máximo, la tuerca que sujeta el tubo de aluminio. (ver fig. 11).

- o).-** Tomar el capuchón "a" (ver fig. 13), hacer pasar a través de la unidad de fibra óptica; el diámetro del orificio del capuchón "a" es tal, que debe evitarse que la cinta térmica protectora tienda a desenrollarse, ya que esto opondría resistencia al paso de la unidad de fibra óptica por el capuchón. Llevar el capuchón "a" hasta que asiente en el tubo de aluminio (ver fig. 13). Quitar la cinta térmica protectora, dejando 20 mm. a partir del capuchón "a". auxiliarse con las tijeras, evitando dañar las fibras ópticas que fácilmente se introducen entre las hojas de las tijeras (ver fig. 12)

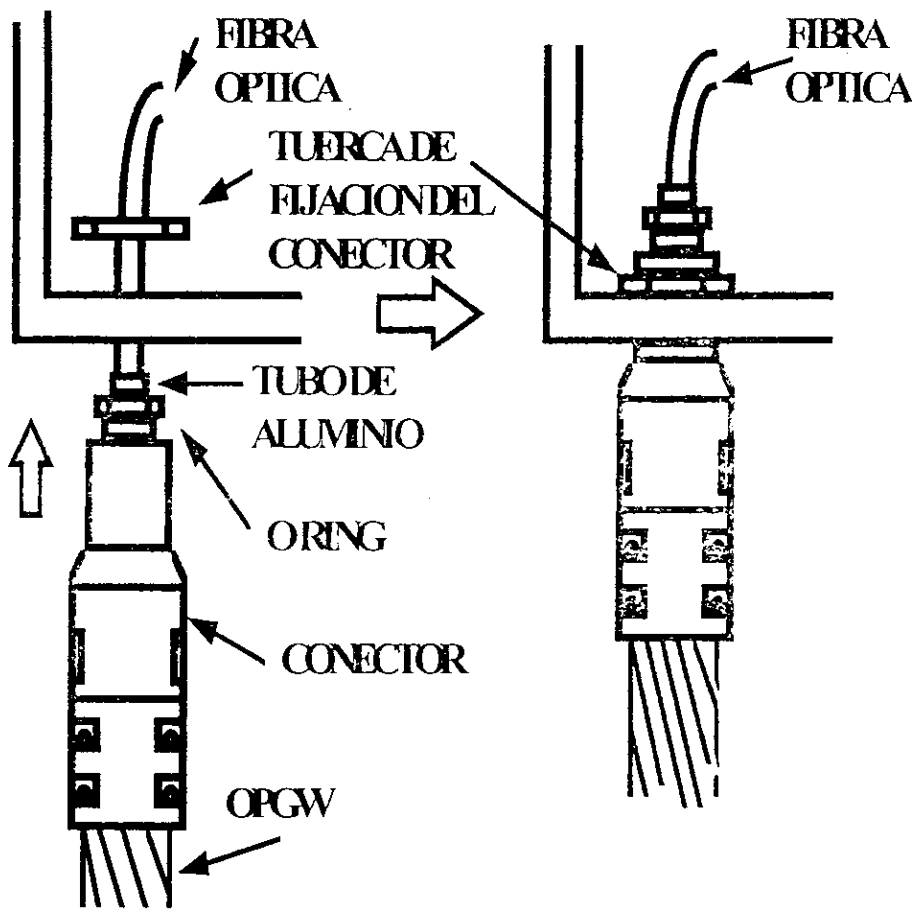


FIGURA No. 11

TUBO DE ALUMINIO

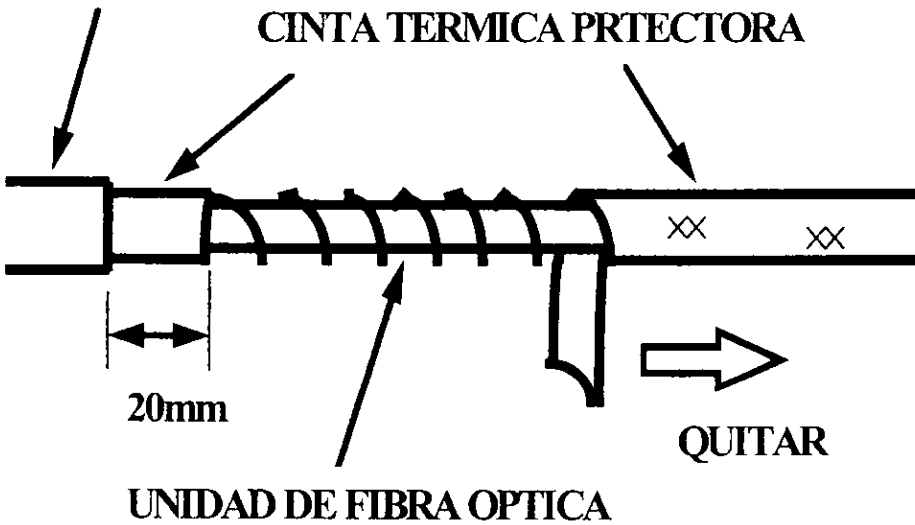


FIGURA No. 12

Los 20 mm. de cinta térmica que quedaron sobresaliendo del capuchón "a", se dan vuelta sobre el mismo cubriéndolo (ver fig. 13).

Tomar el capuchón "b", hacer pasar a través de su orificio el miembro de tensión y las fibras ópticas, llevar el capuchón "b" hasta que asiente sobre la cinta térmica que cubre el capuchón "a". (Ver fig. 13).

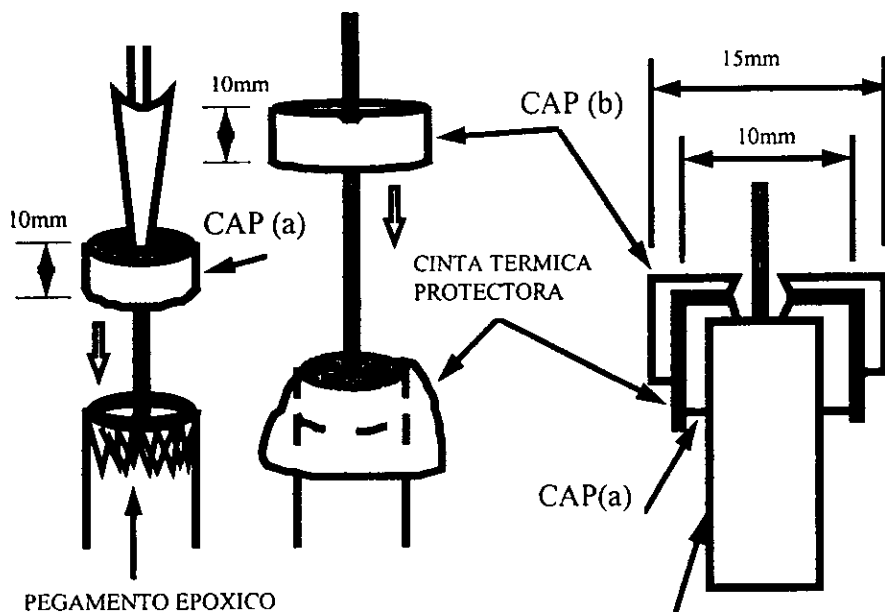


FIGURA No. 13

TUBO DE ALUMINIO

p).- Desentorchar las fibras ópticas y separarlas del miembro de tensión, separar una a una las fibras ópticas; (ver fig. 14), cuidar de no golpear, pisar o atorar las fibras ópticas; dejar que las fibras se muevan en forma natural; cuando se tengan separadas arrollarlas siguiendo el sentido natural que la misma fibra imponga, no forzar a la fibra a arrollarse.

Colocar las bobinas resultantes, mediante sujeción con cinta plástica sobre la tapa de la caja de empalme o en los costados de la caja de empalme, de tal forma que no obstaculicen los trabajos posteriores y no haya riesgo de daño sobre las fibras. (Ver fig. 12), medir a partir de capuchón "b", 250 mm. Sobre el miembro de tensión y cortarlo con las tijeras en ese punto. Retirar del miembro de tensión, con las

uñas, la cubierta esponjosa, descubriendo el kevlar aproximadamente 20 mm. (Ver fig. 15). Quitar la tapa de la clema que sujetará al miembro de tensión, auxiliándose con un destornillador de cruz. Presentar el miembro de tensión (el kevlar ya desferrado) en la ranura de la clema (ver fig. 15).

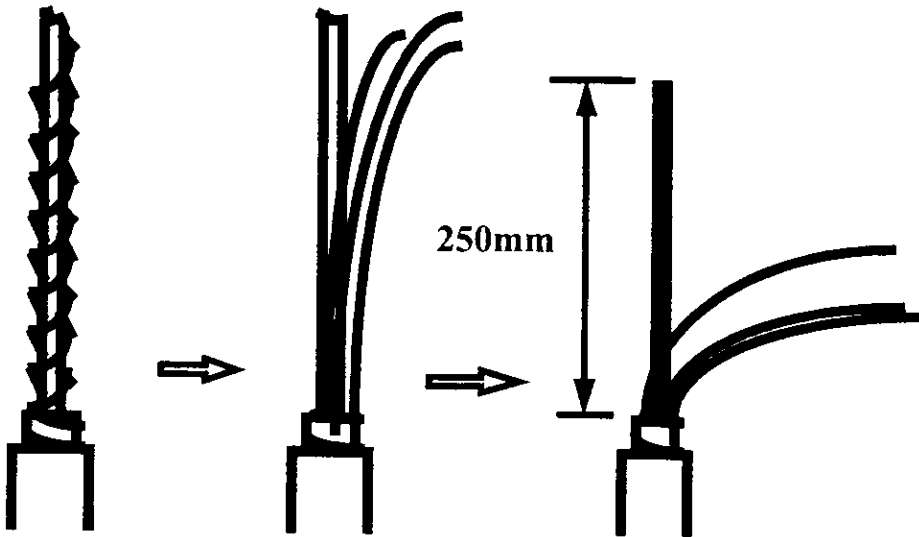


FIGURA No. 14

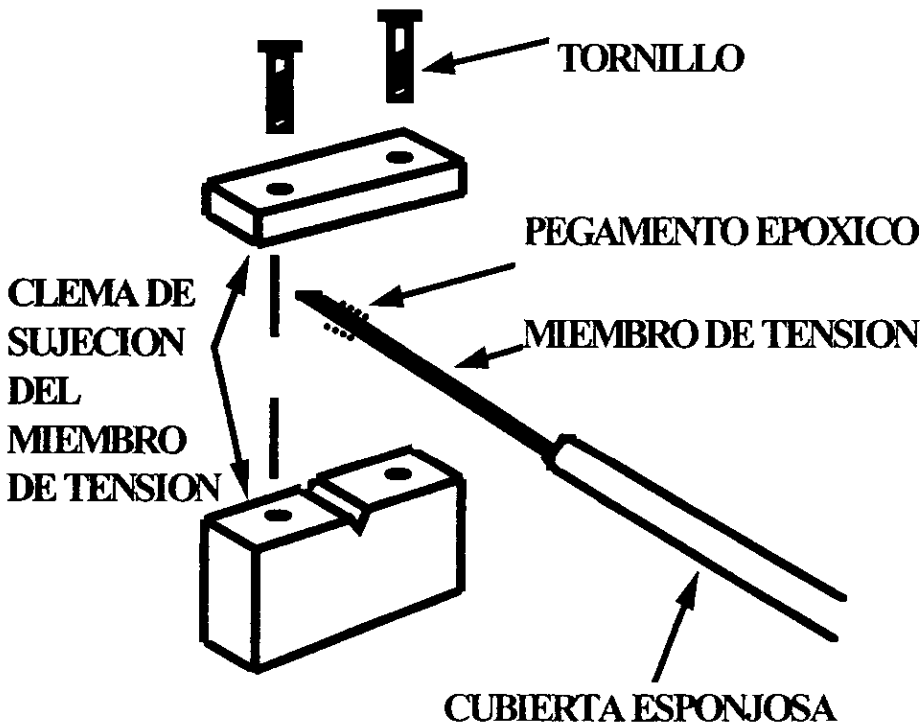


FIGURA No. 15

- q).- Preparar el pegamento epoxico en una superficie plana y limpia, por ejemplo la base de la caja de empalme, utilizar partes iguales de los componentes del pegamento epoxico para prepararlo. Una vez listo el pegamento aplicarlo entre el capuchón "a" y el tubo de aluminio entre el capuchón "a" y la cinta térmica, entre la cinta térmica y el capuchón "b" y en la parte superior del capuchón "b", se fija bien

todo el conjunto y se mantiene presionado por un minuto aproximadamente. (ver fig. 13).

Aplicar pegamento en la ranura de la clema de sujeción del miembro de tensión y asentar allí el miembro de tensión, colocar la mordaza de la clema y apretar (ver figura 15).

- r).- Se toma el otro extremo de cable OPGW y se repiten los pasos de "a" a "q", teniendo cuidado que el primero ya tiene sus fibras ópticas expuestas. Una vez listos ambos, sé esta listo para empalmar las fibras ópticas. En este punto se pueden detener los trabajos colocando las bobinas de fibra óptica en su respectivo cassette y cerrando la caja de empalme. En caso de continuar será hasta terminar todos los empalmes.

5.7 EMPALME DE LAS FIBRAS OPTICAS

Para realizar esta operación, debe tenerse el área de trabajo limpia, así como las manos lavarlas con alcohol isopropílico para liberarlas de grasa, toda la herramienta que no se utilizara debe bajarse de la plataforma.

a).- Preparativos

Colocar la empalmadora exactamente abajo de la caja de empalme y lo mas cerca posible de la misma, quitar su tapa y colocar la repisa de trabajo en sus ganchos.

Colocar en la repisa de trabajo de la empalmadora las pinzas peladoras de fibra óptica y la cortadora de fibra óptica.

Montar en la empalmadora el horno calefactor si este es del módulo que no viene integrado, de venir integrado el horno a la empalmadora, omitir este punto.

Si la empalmadora se alimenta con 12 v.d.c., tender extensión desde la batería del vehiculo hasta la empalmadora, y conectarla, corroborar la polaridad de la alimentación para evitar daños.

Si la empalmadora se alimenta con 120 v.c.a; tender extensión desde el generador hasta la empalmadora y conectarla, encender el generador, vigilar que el voltaje de generación este dentro de tolerancia de la empalmadora.

Encender la empalmadora y verificar los ajustes de corriente de arco para la temperatura ambiental existente y el tipo de fibra optica a empalmar (monomodo o multimodo).

Tomar la gasa y cortarla en pedazos de 2 cm. X 2cm. y depositarlo en un recipiente junto a la empalmadora, colocar el depósito de alcohol isopropílico o diclorofluoro metano también junto a la empalmadora, preparar una bolsa de basura y fijarla a una de las paredes de la caja de empalme, u otro lugar donde sea accesible al técnico. Mantener a la mano tijeras, estopa, los tubos de refuerzo de empalme de fibra óptica, y cinta plástica.

b).- Las fibras vienen identificadas por colores, así cada fibra se empalmará con la de su correspondiente color. El procedimiento es el mismo para todos los empalmes, así que a partir de aquí solo se describirá el proceso de un empalme.

Se elige una fibra de un extremo y se toma la del mismo color del extremo contrario, se deshacen las bobinas de las fibras ópticas seleccionadas, se extienden las fibras; como el largo será mayor a 2.75 mts. Las fibras deberán descansar sobre la plataforma; por lo delgado se meterán abajo de los zapatos, ranuras, entre la empalmadora y el piso, etc., solo hay que cuidar que al maniobrar no se de el jalón a la fibra porque se quiebra; si opone la más mínima resistencia al movimiento buscar la causa y vigilar que nunca permanezca entre el zapato y el piso para evitar pisarla involuntariamente.

Una vez extendidas las fibras se selecciona una de las dos y se inserta el tubo de refuerzo, si se omite este paso y se hace el empalme habrá que quebrarlo para introducirlo. (Ver fig. 16).

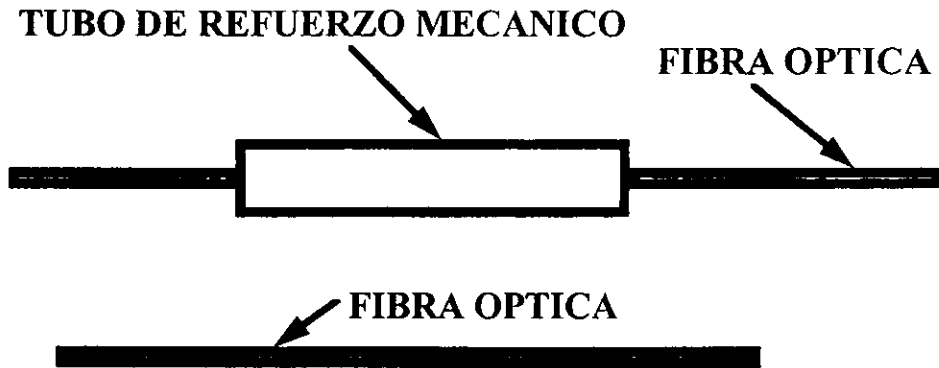


FIGURA No. 16

Si el tubo de refuerzo, presenta el aspecto indicado en los dibujos "a" y "b" de la figura. 21, procederá recalentar por 5 minutos más, si no se corrige empiece desde el punto "b".

- c) Se toma la pinza peladora y se desforra aproximadamente 30 mm. de una de las fibras ópticas, (ver fig. no. 17).
- Debe mantenerse la pinza en ángulo recto al eje de la fibra o sea 90 Grados.

- Jalar la pinza hacia el extremo en forma longitudinal a lo largo del eje de la fibra.
- Es más recomendable hacerlo por pasos hasta acompletarla distancia de 30mm. requerida.

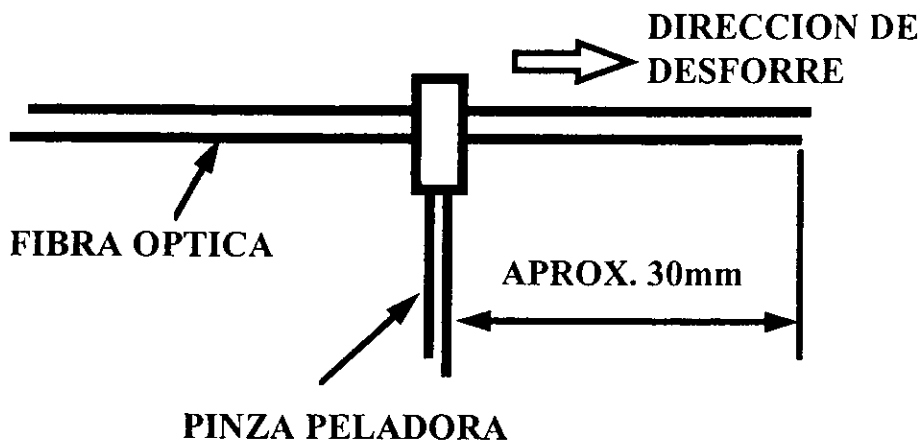


FIGURA No. 17

- d) Los 30mm. de fibra expuesta deben ser limpiados de la cubierta de silicón primaria, para ello mojar un pedazo de gasa con alcohol isopropilico o diclorofluorometano, sostener con la mano izquierda la fibra por la parte sin desforrar, y tomando entre

las yemas de los dedos índice y pulgar de la mano derecha la gasa impregnada de alcohol, se aprisiona la fibra desforrada, frotando en un movimiento longitudinal, empezando del punto donde comienza la fibra expuesta hacia el extremo de la misma, repitiendo esta operación varias veces, rotando alternadamente la mano izquierda, de tal forma de que la limpieza llegue a toda la superficie de la fibra.

- ✓ No doblar la fibra al friccionar.
- ✓ La fibra tiene una alta resistencia a la tensión por lo que se puede friccionar fuertemente.
- ✓ Si se rompe la fibra tirar a la bolsa de basura el pedazo de fibra y la gasa, no dejarlo o tirarlo al aire puede ser peligroso a la salud.

La fibra estará totalmente limpia cuando los rayos de luz se reflejen uniformemente en la superficie, si hay suciedad se verán puntos o áreas sin reflejo.

No tocar después de la limpieza la fibra expuesta con las manos, ya que se impregnara de grasa y hechara a perder el empalme.

- e) Se corta la fibra óptica con la cortadora, ajustando la longitud del corte a 16 mm, si la cortadora es marca fujikura esta distancia está calibrada por un tope en la ranura donde se alojara la fibra, si es otro modelo de cortadora deberá hacerse la medición.



En las cortadoras marca fujikura traen indicado por números el orden de los pasos en que hay que presionar o mover los distintos elementos de la cortadora para

efectuar el corte. Al sacar la fibra de la cortadora cuidar que la punta no golpee con ninguna superficie, ya que se producirían fisuras que echaran a perder el empalme.

- f) Colocar la fibra en la empalmadora, para ello abriendo la tapa del banquito correspondiente, colocar la fibra sobre el surco y empujar hasta que el forro choque con el tope, bajar la tapa para aprisionar la fibra.
 - ✓ La fibra al colocarse, su extremo no debe chocar o tocar ninguna parte de la empalmadora.

Se verifica en la empalmadora el corte el cual debe estar perfectamente recto y sin rugosidad, así mismo se verifica la limpieza de la fibra.

- g) Si todo esta bien, se prosigue con la otra fibra aplicando los pasos de los "c" al "e", si algo sale mal habrá que repetir estos pasos sobre la fibra que sale mal.
- h) Realizar el empalme verificando el concreto alineamiento de los ejes (x,y,z) y revisar el resultado final, debe quedar bien el empalme (recta la fibra como si hubiese sido una sola pieza siempre), si aparece alguno de los problemas indicados en la siguiente tabla, empezar otra vez desde el punto "c", previamente quebrando el empalme malhecho.

FENÓMENO	APARIENCIA	CAUSA	MEDIDA CORRECTIVA
Adelgazamiento		<ul style="list-style-type: none"> -No haber llevado al tope el forro de las fibras. - No tener 16mm. de fibra expuesta. -Insuficiente acercamiento de la fibra durante la fusión. 	<ul style="list-style-type: none"> -Colocar correctamente la fibra -Limpiar las lentes que ajustan en la empalmadora el acercamiento de la fibra.
Abutamiento		<ul style="list-style-type: none"> Excesivo acercamiento de las fibras. 	<ul style="list-style-type: none"> -Colocar correctamente las fibras. -Limpiar los lentes que ajustan en la empalmadora el acercamiento de la fibra.
Hueco		<ul style="list-style-type: none"> - Mal corte - Suciedad en el extremo de la fibra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Repetir el corte - Verificar que el extremo de la fibra no toque ninguna superficie antes de colocarla en la empalmadora.
Empalme incompleto		<ul style="list-style-type: none"> - Excesiva corriente de arco. -Insuficiente velocidad de acercamiento durante la fusión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la corriente de arco. - Aumentar la velocidad de acercamiento durante la fusión.

- i).- Si el empalme esta correcto, sacar las fibras empalmadas de la empalmadora, hacerlo con cuidado ya que el empalme no tiene la flexibilidad y resistencia mecánica de la fibra.

Una vez fuera colocar el tubo de refuerzo sobre el área del empalme, e introducir todo el conjunto en el horno, una vez instalado encender el horno y esperar 5 minutos o hasta que el tubo se haya contraído, ya que si la temperatura ambiental es baja, necesitará más tiempo para que se complete el proceso de contracción. Sacar el empalme del horno y colocarlo sobre la empalmadora para que se enfríe por aproximadamente 1 minuto o hasta que endurezca el plástico del tubo de refuerzo.

- j) Tratamiento del exceso de longitud de fibra óptica colocar el tubo de refuerzo en la placa de hule ranurada para tal propósito, hacer una bobina con la fibra óptica sobrante en cada extremo, el diámetro de la bobina no será menor a 80mm, debe hacerse la bobina en forma natural, sin torcer o forzar la fibra óptica, una vez hecha la bobina instalar esta en el cassette correspondiente, debiendo quedar holgada dentro del mismo.

- k) Una vez arrollada los dos sobrante de fibras y depositados en su respectivo cassette, proceder a empalmar el resto de las fibras siguiendo el procedimiento desde el inciso b) al j).

5.7 SELLADO DE LA CAJA DE EMPALME

Ya que se han empalmado todas las fibras, cerrar la caja con una llave perico con torquimetro, apretar los tornillos, siguiendo la secuencia (1-4), el tornillo no. 5 debe ser apretado al llegue con la mano, tanto como se pueda. Para los tornillos del 1 al 4, el valor máximo del torque será 120 kgf.cm.

Una vez realizado el sellado de la caja de empalme, aplicar grasa penetrox a todos los tornillos, conectores de cable OPGW, bisagra con objeto de protegerla de la corrosión, apretar todos los tornillos que sujeten el cable OPGW y hacer una última revisión de todos los herrajes que sostienen al OPGW y caja de empalme, con objeto de asegurar que no se desprendan o se caigan.

Si el tubo de refuerzo, presenta el aspecto indicado en los dibujos "a" y "b" procederá recalentar por 5 minutos más, si no se corrige desde el punto "b".

5.8 Mantenimiento

Durante el mantenimiento se debran programar las actividades con dos días de anticipación.

- Analizar el medio alterno por el cual se va tener comunicación con el Area de Control a la hora de efectuar los trabajos.
- Coordinar apoyos para los trabajos con los demás departamentos involucrados

- Solicitar registro para los trabajos al AC.
- Indicar al Area de Control o Subarea de Control, el medio alterno de comunicaciones que se tendrá durante la licencia e indicar los servicios que se verán afectados.

Herramientas y equipo de medición para el mantenimiento.

- Maleta de herramientas.
- Equipo medidor-generador de baja frecuencia
- Equipo medidor –generador de fibra óptica
- Equipo reflectómetro
- Carrete de fibra con puntas de medición
- Equipo de limpieza
- Multimetro, Extensión, Caimanes
- Manuales
- Programación de la central telefonica
- Datos en general de los servicios que lleva el enlace.
- Ropa de seguridad normalizada

Actividades de mantenimiento.

3. Limpieza de módulos, portamodulos y gabinetes.
4. Pruebas de funcionamiento
5. Mediciones generales verificación de la programación en el equipo de F. O.
6. Medición de transmisión y recepción en las fibras ópticas
7. Medición de la tasa de error en el enlace
8. Medición en tarjeta de datos

CAPITULO VI

6. Detección de Fallas

El reflectómetro de dominio de tiempo óptico (OTDR), se utiliza como un instrumento que sirve para localizar fallas dentro de los cables de guarda con fibra óptica ahorrando tiempo en la posible falla dentro de un hilo de guarda, ya que hay fallas dentro del cable que son muy difíciles de percibir y que de invertir tiempo en localizar dichas fallas tardaría mucho perdiendo no solo tiempo sino dinero y problemas en la protección de las líneas de transmisión.

6.1 Reflectometro

Reflectometro de dominio de tiempo óptico (OTDR)

Reflectometro de dominio de tiempo óptico (OTDR): Un instrumento optoelectrónico caracterizado por una fibra óptica. Nota 1: Un OTDR inyecta una serie de pulsos ópticos en la fibra sobre la prueba, los pulsos se expanden a través de la fibra y se refleja el "haz", de esta forma se mide la distancia de la falla. Nota 2: Se usa un OTDR por estimar la longitud de la fibra y atenuación de la misma.

6.2 Detección de una Falla

A continuación se pone como ejemplo el análisis efectuado sobre una falla del cable de fibra óptica por hilo de guarda (OPGW), instalado en la L. T. 93750 que va de la S. E. Veracruz II hasta la S.E. Jardín.

REPORTE

El presente reporte recopila los elementos que llevaron a concluir que la falla del cable de fibra óptica por hilo de guarda (OPGW) instalado en la L. T. 93750 se debió a un proceso de corrosión electroquímico, producto de:

- a) Depósito de sales y humedad en el cable debido a la salinidad existente en el ambiente.
- b) Residuos fecales de aves.
- c) Acoplamiento galvánico debido a los diferentes materiales que forman los conectores, preformados, cable de guarda y clemas.
- d) Calentamiento provocado por las corrientes circulantes en los puntos de unión galvánica.

Todo en conjunto facilito la formación de depósitos de sulfato sobre el tubo de aluminio de la unidad central de fibra óptica, deformándolo y prensando las fibras ópticas hasta su destrucción.

El presente reporte se encuentra dividido en.

Sección 1ª: Reporte emitido donde se establece una conclusión preliminar.

Sección 2ª: Reporte emitido tres meses después una vez realizadas pruebas que corroboran o no la validez de la conclusión emitida anteriormente.

Sección 3ª: Reporte fotográfico de la operación de análisis de las partes falladas del OPGW.

Sección 4ª: Conclusiones.

SECCION 1ª :

REPORTE EMITIDO, UNA VEZ QUE SE HUBO BAJADO EL TRAMO FALLADO DE OPGW, HACIÉNDOLE UNA PRIMERA INSPECCION VISUAL A LOS PUNTOS DE FALLA LLEGANDOSE A UNA CONCLUSION PRELIMINAR QUE TENDRIA QUE SER COMPROBADA EN EL LABORATORIO POSTERIORMENTE.

ANTECEDENTES:

La L.T. VRD-93750-JDN., tiene instalado conductor de guarda con fibra óptica, desde enero de 1990. La instalación fue realizada por la superintendencia de construcción de SE's y LT's del sureste, en una longitud de 9.5 Km sobre 32 estructuras, tipo C(BS), RZ de doble circuito.

El objeto de la fibra óptica es enlazar la unidad terminal remota (UTR) de la SE. Jardín con la maestra de control su pervisorio instalada en la subarea de operación Veracruz.

El enlace se realiza a través de 2 terminales FOX-6 de las cuales se utilizan 3 canales, para voz, datos y protección.

SECUENCIA DE EVENTOS.

93.06.09 Desenlace de UTR-JRD sin posible reposición.

93.06.10 Se enlaza UTR a través de OPLAT en sustitución de la fibra óptica.

93.06.11 Se inician mediciones con equipo reflectometro (OTDR) desde la SE. JDN.

93.07.15 Se realiza mediciones desde la estructura 18 hacia SE. JDN.

93.07.16 Se realizan mediciones desde la estructura 24 hacia SE. VRD.

93.07.19 Se inspecciona visualmente el hilo de guarda sin encontrar causa evidente, por temporadas de lluvias el terreno no permite efectuar la sustitución del tramo de guarda comprendido entre las torres 21 a 24.

93.12.10 Se sustituye tramo de guarda OPGW de estructura 21 a 24.

93.12.15 Se restablece el enlace de comunicación de UTR-JDN a través de fibra óptica.

93.12.10 Se determina causa de la falla.

ANALISIS DE LA FALLA.

De las mediciones, efectuadas con equipos (OTDR) se determino falla en fibra óptica en 2 puntos, entre estructuras 22 y 23.

Este tramo fue revisado visualmente en forma minuciosa, sin apreciarse ningún indicio de las mismas.

El 931210, Cuando el terreno lo permitió, se sustituyo el hilo de guarda de la estructura 21 a la 24, detectándole en el hilo de guarda retirado, algunas muescas en los puntos donde estaban instalados los amortiguadores y los conectores de las colillas, lo anterior se confirmo practicando mediciones con el reflectometro avisando falla en puntos anteriormente indicados. De esta forma se toma la determinación de descubrir la fibra óptica para conocer el motivo del corte de la misma.

Con fecha 940120, al estar descubriendo el tubo de aluminio que envuelve a las fibras ópticas se encontró en los sitios donde estaban instalados los amortiguadores y la clema, deformación y fisura de dicho tubo, debiéndose esto a la presión a que se expuso por excesivo par de apriete a que se sometió, propiciando la entrada de humedad con la siguiente atenuación de luz lo cual impedía los enlaces de las terminales ópticas.

CONCLUSIONES.

La deformación y fisura del tubo envolvente fueron generados por el exceso del par de apriete (torque) de los diferentes conectores de amortiguadores, colillas y clemas de la torre No. 23.

El no hacer uso durante la instalación de los torques especificados, así como de los torquímetros requeridos para lograr ese torque, hizo que se presentara esta falla.

MEDIDAS CORRECTIVAS.

De lo anterior, se determina que todo el hilo de guarda se encuentra en las mismas condiciones que el tramo que fallo, por lo cual se llevará a cabo un monitoreo de torques existentes para su comprobación, debiendo entregar los resultados de este monitoreo lo antes posible.

Debido a que este hilo de guarda fue instalado en 1990 y considerando la zona en que esta situado como de alta contaminación, se determina la vida útil del OPGW a partir de esta fecha de 3 años.

SECCION 2ª :

REPORTE EMITIDO TRES MESES DESPUES DE REALIZAR PRUEBAS EN LABORATORIO TENDIENTES A COMPROBAR LA VALIDEZ DE LA CONCLUSION HECHA ANTERIORMENTE, ESTAS PRUEBAS SURGEN DEBIDO A QUE EL TUBO DE ALUMINIO LO QUE PRESENTA SON ENDIDURAS, POR LO QUE SE TRATO DE COMPROBAR QUE EL TORQUE EXCESIVO PROVOCABA ESE TIPO DE DEFORMACIONES, PERO EL TUBO NO SE DEFORMO DURANTE LAS PRUEBAS.

ANTECEDENTES:

Con la finalidad de llegar a conocer la causa real de la falla del tubo envolvente de la fibra óptica del hilo de guarda OPGW situado en LT. 93750 VRD-JDN, se procedió a realizar una investigación más profunda sobre lo que propicio la deformación y posteriormente la fisura de dicho tubo, de los resultados obtenidos se genera este reporte, en el cual se determina con exactitud el motivo que origino la rotura de la fibra con la consecuente perdida de enlace entre la S.E. JARDIN Y LA SAOV.

Esta investigación se divide en dos etapas:

Primera etapa:

Consistió en probar con un par excesivo, si este deformaba al tubo envolvente; para esto se conecto un amortiguador en un tramo de hilo de guarda, que se eligió al azar, colocándole con anterioridad el preformado que por diseño lleva, como protección después de aplicarle un torque de 80 Lb-pie (torque por demás excesivo), al conector del amortiguador, procediéndose a desconectarlo nuevamente y retirar el preformado, así como los hilos que envuelven al tubo, para dejarlo a la vista, observándose que dicho tubo no sufrió modificación o alteración alguna, por lo que esto revoca la primera conclusión que se había definido en el reporte anterior, no es el excesivo par de apriete lo que daño al tubo.

Segunda etapa:

Teniendo en consideración lo anteriormente citado, se vio la necesidad de preguntarse que originaba la deformación del tubo, por lo que se opto por localizar los puntos donde estaban situados los amortiguadores, la clema y la colilla correspondiente a la torre No. 22, y los cuales se encontraban en el carrete de hilo de guarda que se había sustituido, por lo que se procedió de inmediato a observar los preformados de estos puntos, encontrándose manchados por un inicio de corrosión, así como también contenían residuos de defecación de ave combinados

con sulfato (polvo blanco solidificado) al irse retirando el preformado, empezó aparecer debajo del y encima del hilo de guarda bastante polvo blanco solidificado (sulfato), por lo que se inicio el entorche de los conductores del hilo de guarda hasta llegar aparecer el tubo envolvente, el cual al igual que en la torre No. 23, se encontraba deformado y con incrustaciones sobre el de sulfato, originando que en un cierto espacio al ir retirando los hilos se fracturara el tubo.

ANALISIS DE LA FALLA.

Por lo que se puede apreciar, el efecto que se presenta en este caso, es el llamado mecanismo de la corrosión electroquímica, el cual se evidencia en el caso de metales distintos acoplados eléctricamente, combinados con la presencia de películas de humedad. Lo anterior se comprueba por lo siguiente:

- a) El preformado utilizado como protector del OPGW, es de aleación de aluminio.
- b) El hilo de guarda es acero revestido de aluminio.
- c) El tubo envolvente es de aluminio.
- d) Los conectores y herrajes son de aluminio, aunque algunas de sus partes son acero inoxidable.

Como se dijo para que este efecto de galvanoplastia se lleve a cabo, se necesita que están presentes dos metales distintos acoplados, en este caso el preformado, el tubo envolvente y los conectores son totalmente de aluminio o aleación, mientras que el conductor OPGW, es acero revestido de aluminio aquí se están combinando dos metales diferentes, además se ha comprobado que tales recubrimientos es muy útiles sobre aluminio, pero sobre hierro o acero, su utilidad queda limitada por la fragilidad de la capa aleada intermedia que generalmente se forma; Así también se hablo de que debe estar presente la humedad, en nuestro caso el hilo esta expuesto a la humedad constante y por si fuera poco esta contiene sales y vapores ácidos los cuales aumentan su conductividad con la actividad electrolitica, promoviendo la corrosión electrolitica, sobre todo en donde se encuentra el preformado ya que dicha humedad queda encerrada por el mismo, permaneciendo dicha área generalmente húmeda.

Aunado a todo lo anteriormente descrito, también se dijo que debe existir una corriente, la cual en todo hilo de guarda existe una circulación de la misma.

En condiciones normales y en condiciones de operación por descargas atmosféricas.

CONCLUSIONES:

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se puede concluir que la causa-raíz de la falla del OPGW, se debe a la aparición de un efecto electroquímico, originando la aparición del sulfato de aluminio, el cual al no poder libremente salir hacia la parte externa del hilo de guarda, trata en su formación de tender a ocupar espacios lo cual logra hacerlo incrustándose y deformando el tubo envolvente ya que es más frágil que los conductores, propiciando más adelante que con la vibración del OPGW se presenta ruptura o fractura de dicho tubo, dejando entrar la humedad hacia las fibras la cual es letal para ellas.

MEDIDAS CORRECTIVAS:

Con el fin de retardar el efecto químico electroquímico existente, se realizará el siguiente trabajo:

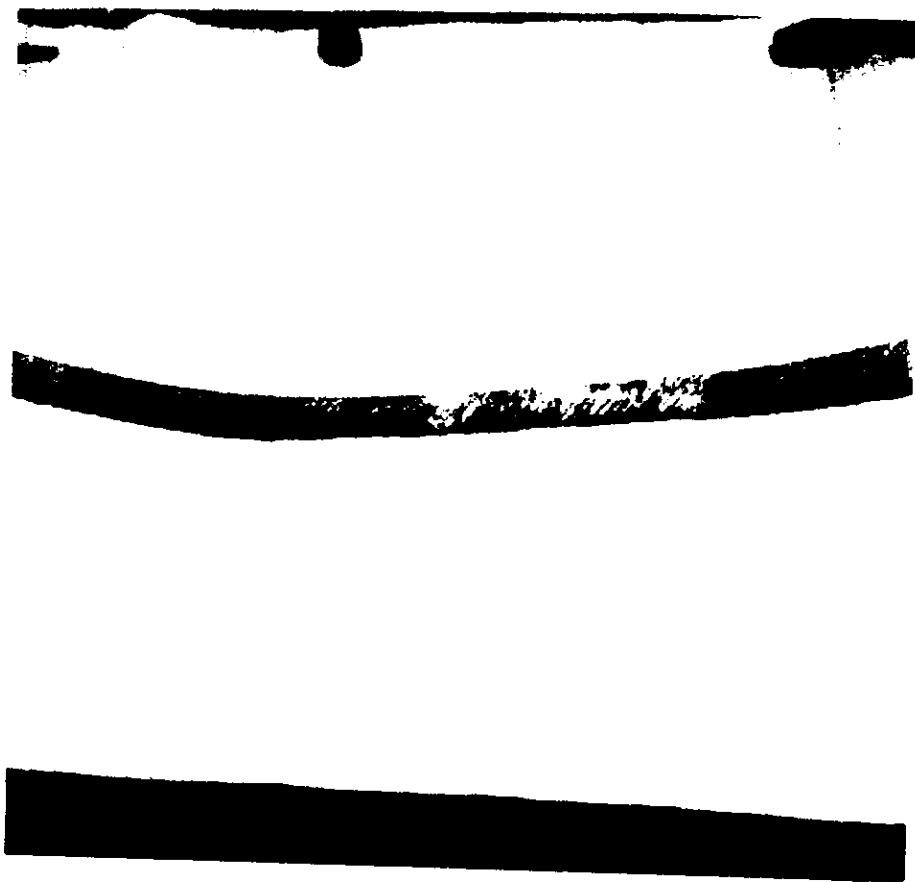
Se sustituirán todos los preformados que existen, como son los que llevan las clemas de suspensión y tensión, los conectores de las colillas y los amortiguadores, aplicándole al conductor antes de la colocación del envarillado y encima de este grasa conductora, con la finalidad de proteger el área que se encuentra ya afectada.

Se estima, llevar a cabo estos trabajos en cuanto se tengan en sitio los envarillados necesarios, quedando como compromiso de parte de la subarea de Veracruz, informar del avance mensual, a fin de que estos trabajos se realicen lo mas pronto posible.

SECCION 3ª :

REPORTE FOTOGRAFICO DEL ANALISIS DE LA FALLA DEL CABLE DE FIBRA
OPTICA POR HILO DE GUARDA (OPGW).

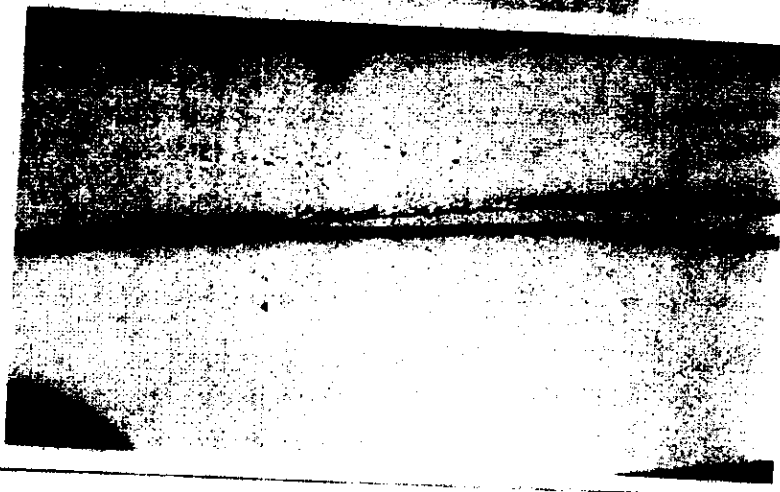
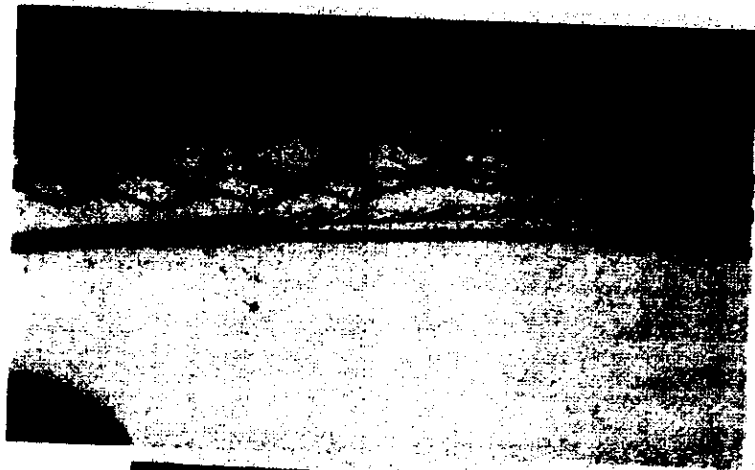
Fotografía No 1. Despues de quitar el amortiguador se presentan aquí el preformado sobre el cable óptico de hilo de guarda, en donde se aprecia manchas de oxido así como en la parte central sulfato depositado.



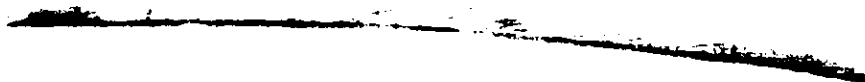
Fotografías No 2 y No 3. Se empieza a retirar preformado, se muestra aquí el proceso, se observa que escamas de sulfato van cayendo conforme el preformado es retirado, dándose este fenómeno principalmente en la parte central, lugar donde se encontraba el amortiguador.



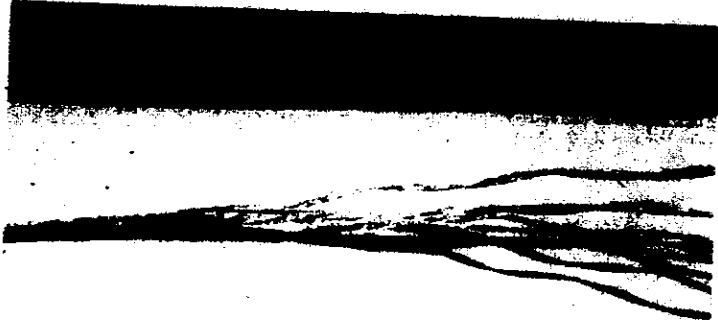
Fotografías No 4 y No 5. En estas se muestra el cable ya expuesto, con el preformado totalmente retirado, se aprecia el sulfato acumulado en la parte central del área donde estaba el preformado, que corresponde al lugar donde se encontraba el amortiguador.



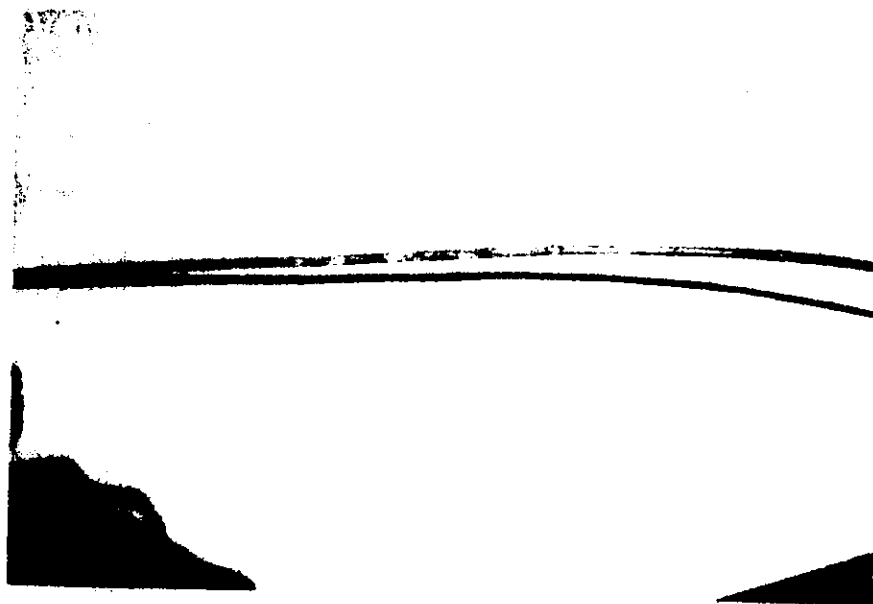
Fotografía No 6. Se expone aquí la parte central del área que ocupaba el preformado después de retirar lo más posible el sulfato depositado, se observa que la capa de aluminio de algunos de los hilos de alumuweld se ha caído y expone el acero que presenta manchas de oxido; esto lleva a concluir que el proceso electroquímico de formación de sulfato ha destruido la capa de aluminio y empezado a atacar al acero galvanizado.



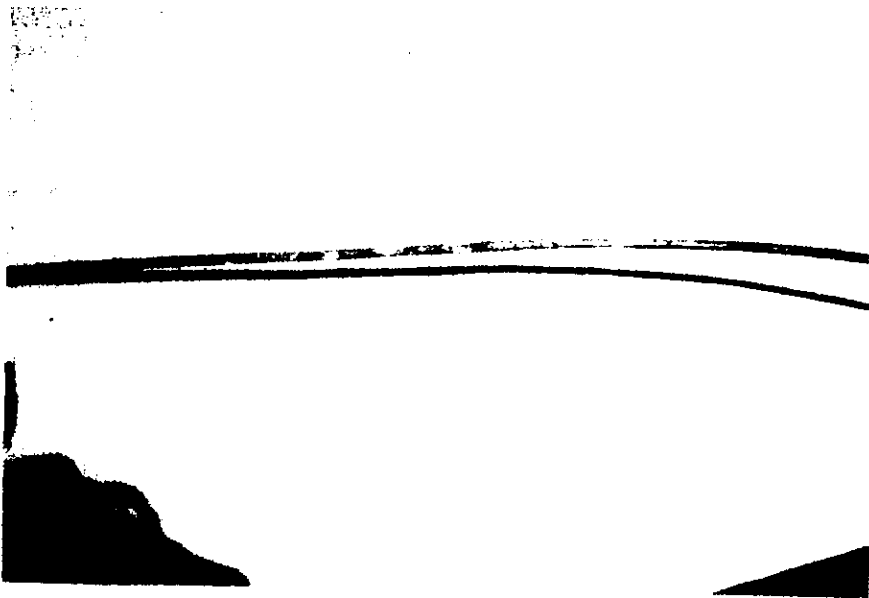
Fotografías No 7 y No 8. Se empieza a quitar los hilos de alumuweid que conforman el cable de guarda, para dejar expuesto el tubo central que contiene las fibras ópticas, se observa que él deposita de sulfatos llega hasta el tubo central.



Fotografía No 9. Se presenta el tubo central que contiene las fibras ópticas, se aprecian manchas blancas en la superficie del tubo, indicando la presencia de depósitos de sulfatos.



Fotografías No 10. Después de limpiar con solventes el tubo central que contiene las fibras ópticas, se expone aquí; donde se observa que los depósitos de sulfato provocaron hendiduras en el tubo, producto de la presión que se produjo al formarse el sulfato entre los hilos de alumuweld y el tubo central, cediendo las paredes de este ultimo porque al ser aluminio es más débil.


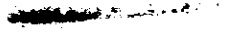





Fotografías No 11. Detalle del estado de la unidad central de fibra óptica, en donde se encontraba el amortiguador en la estructura No 23; se observa las hendiduras en el tubo de aluminio, las fibras ópticas, el miembro de tensión y la cubierta térmica quedaron prensados dentro del tubo de aluminio, así mismo el tubo de aluminio se quebró por efecto del proceso electroquímico. La distancia expresada tiene como referencia la estructura No 24, aunque no es la medida del claro completo; por lo que este amortiguador corresponde al de la estructura No 23 lado que mira hacia la estructura No 24.

Fotografías No 12. Detalle que muestra el estado de la unidad central de fibra óptica en donde se encontraba la clema de suspensión de la estructura No 23, se observa en el tubo de aluminio las hendiduras producto del sulfato depositado por el proceso electroquímico, así mismo las fibras ópticas, el miembro de tensión y la cubierta térmica se encuentran prensados dentro del tubo de aluminio. La distancia expresada tiene como referencia la estructura No 24.





Fotografías No 13. Detalle que muestra la unidad central de fibra óptica en donde se encontraba el conector que sujetaba la cola de tierra con el cable opgw, en la estructura No 23; Se aprecian las hendiduras en el tubo de aluminio que provoco el sulfato depositado por el proceso electroquimico, así como se puede apreciar claramente la fisura en el tubo de aluminio por donde, con el tiempo iba finalmente a quebrarse. La distancia expresada tiene como referencia la estructura No 24.

Fotografías No 14. Detalle que muestra el estado de la unidad central de fibra óptica en donde se encontraba el amortiguador en la estructura No 23 lado que mira hacia la estructura no 22. Se observan las hendiduras en el tubo de aluminio, así como la fisura que se estaba formando en el tubo, en esta toma se aprecia claramente que el proceso electroquímico solo se ocupa en el área que ocupa el preformado, el resto del tubo no sufre daños a lo largo del cable. La distancia expresada tiene como referencia la estructura No 24.

Sección 4ª :

CONCLUSIONES

- a) Una vez analizadas las evidencias de la falla del cable de fibra óptica por hilo de guarda (OPGW) instalado en L.T. 93750 se concluye lo siguiente:
- b) Las deformaciones en el tubo de aluminio de la unidad central de fibra óptica no son producto de torque excesivo en clemas y conectores, ya que la misma geometría en que están dispuestos los hilos de aluminuweld alrededor del tubo de aluminio, evita que se colapsen hacia el centro del cable.
- c) En el proceso de corrosión electroquímica sufrido por el cable de fibra óptica OPGW, inciden fundamentalmente dos factores: los diferentes materiales que componen las clemas, el preformado y los conectores de amortiguadores y colas de tierra y el alto contenido de humedad y salinidad existente en el medio ambiente de la costa, el cual lo deposita en forma de rocío durante las noches.
- d) Este fenómeno de corrosión electroquímica, de acuerdo a la experiencia, solo se da en líneas de transmisión que se encuentran cerca de la costa, ya que este fenómeno también se presenta en los cables de guarda convencionales y los hilos conductores, en donde los depósitos de sulfato abundan el cable donde se acumulan, reventando finalmente los hilos que lo conforman para disminuir los efectos de este fenómeno se usan grasas que protegen de la

humedad y el salitre, y además aíslan los diferentes materiales evitando el acoplamiento galvánico.

- e) El cable de fibra óptica por hilo de guarda instalado en la L.T. 93750, presenta los mismos deterioros en todas las clemas, conectores y amortiguadores de la línea, aun cuando no ha llegado a la fractura de las fibras.
- f) El tubo de aluminio del cable de fibra óptica por hilo de guarda se encuentra en buenas condiciones a lo largo de la línea excepto en los lugares indicados en el inciso d).

CONCLUSIONES

En los sistemas eléctricos de potencia las redes de los procesos de transmisión y subtransmisión se integran básicamente con líneas de alta tensión, como 400, 230, 115 KV; soportadas por estructuras de acero.

Las líneas de transmisión son protegidas contra efectos de descargas y fallas por cables llamados hilos de guarda; estos están montados sobre la estructura de las torres. En líneas de 400 y 230 KV pueden llevar uno o dos circuitos, por lo tanto deberá llevar un cable de guarda por cada circuito que se tenga en ellas.

Los cables de fibra óptica que integran las redes para los sistemas de telecomunicaciones se encuentran instalados en forma aérea, pueden ser autosoportados, (soportados sobre el cable de guarda de las líneas de transmisión) o contenidos en el interior de este cable.

En las líneas de transmisión se puede sustituir uno o los dos cables de guarda que se tienen en servicio, por cables de fibra óptica contenidos dentro de los mismos; por lo que en los sistemas eléctricos de potencia, la infraestructura puede tener la red o redes necesarias para sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

ANEXOS

GUIA RAPIDA DE EMPLEO DEL REFLECTOMETRO

1. Seleccionar la fibra a medir, usar la terminal (picktail) adecuada para la interconexión con el reflectómetro.
2. Encender reflectómetro.¹
3. Verificar que el led verde de INITIALIZE encienda.
4. Presionar la tecla PREVIEW.
5. Actualizar la pantalla por medio de LABEL.
 - Presionar la tecla 2nd OW.
 - Con el cursor seleccionar las letras de identificación del enlace.
 - La tecla 2 → es para avanzar un paso.
 - La tecla 3 ← es para retroceder un paso.
 - Al termino de la actualización regresar a modo normal presionando 2nd OW
6. Fijar los limites para medir la atenuación del empalme de la fibra.
 - Fijar el punto de medición con el cursor antes del empalme.
 - Presionar la tecla 1.
 - Mover el cursor de tal forma que se posicione a un lado del punto marcado con uno.
 - Presionar la tecla Y.
 - Correr el cursor de tal forma que se posicione a un lado del punto marcado con dos.
 - Presionar la tecla Y.
7. Presionar tecla STAR/STOP para procesar los datos a medir.
8. Terminando el proceso de datos mandar a imprimir oprimiendo la tecla de la impresora ON.
9. Limpiar la pantalla de reflectómetro con la tecla CLEAR.
10. Proseguir con la siguiente medición de la fibra en secuencia repitiendo los mismo pasos.

¹ Antes de encender el reflectometro, no encender impresora y no presionar tecla alguna del equipo.

GLOSARIO

OPGW: Optical Guard Wire (cable de guarda óptico)

Tyndall John: Físico inglés que demostró la posibilidad de transmitir la luz.

Bell Alexander: Norteamericano que construyó el fotófono.

Fotófono: Aparato que envía señales vocales mediante luz.

LASER: ligh Amplification by stimulated Emission of Radiation

Core: Es el elemento central (núcleo) de la Fibra Óptica.

Cladding: Compuesto de vidrio sólido y es la parte que envuelve al núcleo.

Coating: Funda plástica que cubre la F.O. y previene protección mecánica.

Long. de Onda: Define el color de la luz que es emitida por la fuente luminosa

Atenuación: Se define así a la pérdida de potencia óptica.

Dispersión: Se llama así a la dispersión en fase producida sobre una señal luminosa que viaja a través de una fibra.

Apertura Numérica: Es la medida de la capacidad de la fibra para aceptar ondas luminosas desde varios ángulos y transmitir las a través del núcleo.

F. Monomodo: Es la fibra que tiene solo una trayectoria posible.

F. Multimodo: Es la fibra que tiene varias trayectorias posibles.

MBPS: Megabits por segundo unidad en que se mide la velocidad de una red.

IEC: Comisión Internacional de Electrotécnica

ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones

IEEE: Instituto de Ingenieros Electricos y Electronicos

ANSI: American National Standards Institute: A U.S. standards body.

BIBLIOGRAFÍA

- Introducción a la Ingeniería de la fibra óptica
Baltazar rubio Martínez
Editorial: Rama 1994
Primera Edición
- Comunicaciones Opticas
José Martín Sanz
Editorial paraninfo
Primera edición
España
- Tecnología y Practica del Lasser
Ed. Marcombo
Barcelona-México 1987
España
- Optica
Smith F. Graham
Ed. Limusa 1979
México 1979
- Resistencia de Materiales
Timoshenko Stephen p.
Ed. EPASA

- **Mecánica de materiales**
Popov Egor
Ed. Limusa 1995
México

- **Mecánica de materiales**
Hibbeler R. C.
Ed. Continental 1994
México

- **Tecnología de Materiales**
Lawrence H. Van Vlack
Ed. Alfaomega 1991

- **Todo Sobre las fibras Opticas**
Tur Juar
Martínez ma. Del Rosario
Ed. Marcombo

- **Fibras ópticas**
Morini M
e. Jackson 1990

- Especificación
LAPEM OPGW
CFE-0000-21
CFE 1998
- Proyecto OPGW
Instalación
CFE 1998
C.T.T.
- Analisis de falla de OPGW
CFE
A.T.T. ORIENTE
- Procedimientos de
Mantenimiento
CFE 1998
C.T.T.
- Proyecto OPGW
Tecnicas
CFE 1998
C.T.T.