

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÈS

FACULTAD DE TECNOLOGIA

CARRERA: ELECTRÒNICA Y TELECOMUNICACIONES



NIVEL LICENCIATURA

EXAMEN DE GRADO

TRABAJO DE APLICACIÓN

IMPLEMENTACION DE UNA RED DE FIBRA ÒPTICA EN EL  
MACRO DISTRITO MAX PAREDES

POSTULANTE: GUZMÀN VILLEGAS ACEVEDO

LA PAZ – BOLIVIA

2012

## **AGRADECIMIENTO A:**

<b>DIOS:</b>	Por la vida y salud que me dio poder para concluir mis estudios y este trabajo.
<b>MIS PADRES:</b>	Por ser las columnas de mi formación y darme todo su apoyo y orientación para realizar mis estudios.
<b>MI ESPOSA E HIJA:</b>	Que son la motivación para seguir adelante en todo momento.
<b>MIS HERMANOS:</b>	Por darme su apoyo y confianza a seguir.
<b>COMPAÑEROS Y AMIGOS:</b>	Por el apoyo desinteresado.
<b>JAVIER YUJRA T.:</b>	Por el apoyo, orientación y especialmente su amistad.
<b>FACUTAD TECNICA (UMSA):</b>	Por ser la casa de estudios que me da la oportunidad de tener un título profesional de una manera responsable y dirigida al servicio de mi País.

*DEDICATORIA:*

*El presente trabajo dedico: A mi mamita Matilde, mi princesa Rihanna a Sulma mi Esposa y a mis Hermanos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor*

## **INDICE GENERAL**

### **CAPITULO I**

#### **INTRODUCCION**

<b>1.1 RESUMEN DE TRABAJO</b>	<b>1</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.4 OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>1.4.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>3</b>
<b>1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>3</b>
<b>1.5 METODOLOGIA.</b>	<b>3</b>
<b>1.6 ALCANCES Y APOORTE ACADEMICO</b>	<b>4</b>

### **CAPITULO II**

#### **FUNDAMENTACION TEORICA**

<b>2.1 TELECOMUNICACIONES</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES</b>	<b>5</b>
<b>2.2 CLASIFICACION SEGÚN EL MEDIO DE PROPAGACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>a) TELECOMUNICACIONES TERRESTRES</b>	<b>5</b>
<b>b) TELECOMUNICACIONES RADIOELÉCTRICAS</b>	<b>5</b>
<b>c) TELECOMUNICACIONES SATELITALES</b>	<b>6</b>
<b>2.3 COMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA</b>	<b>6</b>

2.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	6
2.3.2 COMPONENTES Y TIPOS DE FIBRA ÓPTICA	7
2.3.2.1 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA	7
2.3.2.2 COMPONENTES DE LA FIBRA OPTICA	8
2.3.3 MODOS DE PROPAGACIÓN DE LUZ EN FIBRA ÓPTICA	8
2.3.3.1 MODO DE PROPAGACIÓN	8
a) FIBRA MONOMODO	9
2.3.3.2 PERFIL DE INDICÉ	9
a) FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADIENTE GRADUAL	9
b) FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO:	10
2.3.4 PERDIDAS EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA	10
2.3.4.1 PERDIDAS POR ABSORCIÓN	11
2.3.4.2 PÉRDIDAS POR DISPERSIÓN DE RAYLEIGH	11
2.3.4.3 DISPERSIÓN CROMÁTICA O LONGITUD DE ONDA	11
2.3.4.4 PERDIDAS POR RADIACIÓN	11
2.3.4.5 PERDIDAS POR DISPERSIÓN MODAL	11
2.3.4.6 PERDIDAS POR ACOPLAMIENTO	12
2.3.5 VENTANAS DE LA FIBRA OPTICA	12
2.4 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	13
2.5 ESPECIFICACIONES SOBRE EL CABLEADO DE FIBRA	14
2.5.1 REDES DE FIBRA ÓPTICA AÉREAS	14
a) MEDIO PUNTO DE LA EXTRACCIÓN DEL CABLE	14
b) PROCESO DE TENDIDO	15
2.5.2 REDES DE FIBRA ÓPTICA SUBTERRÁNEAS	15
2.5.3 CANALIZACIÓN	15
2.5.4 PREPARACIÓN DEL CABLE SUBTERRANEO	16
2.5.5 EXTRACCIÓN EN ETAPAS A UBICACIONES INTERMEDIAS	17

<b>2.6 HERRAJES PARA CABLE ADSS PREFORMADOS AEREO</b>	<b>18</b>
<b>2.6.1 TIPOS DE HERRAJE PREFORMADAS</b>	<b>18</b>

### **CAPITULO III**

#### **DESARROLLO DEL TRABAJO**

<b>3.1 DISEÑO DE LA RED FIBRA OPTICA</b>	<b>19</b>
<b>3.1.1 UBICACIÓN DE RUTAS PARA LA INSTALACION DE LA RED DE FIBRA OPTICA</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUNTO “B”</b>	<b>21</b>
<b>3.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUNTO “C”</b>	<b>23</b>
<b>3.1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NODO “D”</b>	<b>25</b>
<b>3.2 ELEMENTOS DE UNA RED DE PLANTA EXTERNA PARA FIBRA ÓPTICA</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1 DISTANCIA TOTAL DE FIBRA ÓPTICA</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA OPTICA</b>	<b>27</b>
<b>3.2.3 TIPOS DE HERRAJE QUE SE USARA EN LA INSTALACION</b>	<b>28</b>
<b>a) HERRAJES DE RETENCION</b>	<b>28</b>
<b>b) HERRAJE DE PASO O SUSPENSION</b>	<b>28</b>
<b>c) MALLA PREFORMADA</b>	<b>29</b>
<b>d) ABRAZADERA AJUSTABLE P/POSTE BAP</b>	<b>29</b>
<b>e) RAZON DE CURVATURA (LOOPS)</b>	<b>30</b>
<b>3.3 ELEMENTOS TERMINALES QUE CONFORMAN LOS PUNTOS A, B, C Y D</b>	<b>31</b>
<b>3.3.1 CAJA DE EMPALME (ODF = Optical Distributor Frame)</b>	<b>31</b>
<b>3.3.2 CONECTORES PATCH CARD (SC)</b>	<b>31</b>

3.3.4 PATCH PANEL DE 12 PUERTOS	32
3.3.5 MEDIA CONVERTER (TP-LINK)	33
3.3.6 GABINETES	33
3.3.7 KIT DE FUSIÓN DE FIBRA (PROLITE-40B)	34
3.3.8 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL EMPALME POR FUSION	35
3.3.9 PROTECCION DEL EMPALME	37
3.3.10 LOCALIZADOR VISUAL DE FALLOS (PROLITE-11)	37
3.3.11 CABLE DUCTOS	38
3.4 CALCULOS PARA LA ATENUACION TOTAL DE LA RED FIBRA OPTICAQ	38
3.4.1 CALCULO DE ATENUACIÓN EN LOS NODOS (A-B, A-C y A-D)	
a) CALCULO DEL PUNTO (A-B)	
b) CALCULO DEL PUNTO (A-C)	39
a) CALCULO PUNTO (A-D)	39
3.5 TENSION DEL CABLEADO	40
3.5.1 ANALISIS DE POSTE PARA QUE SE ENCUENTRE EN EQUILIBRIO	40
a) RIENDA TIPO BANDERA PARA EQUILIBRAR EL POSTE	41
b) RIENDA TIPO OBLICUO PARA EQUILIBRAR EL POSTE	42
c) CABLES SOMETIDOS A CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS	43
3.6 CONSIDERACIONES NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED	45
3.6.1 ANALISIS DE COSTOS DE LA RED PLANTA EXTERNA	45
3.6.2 ANALISIS DE COSTOS DE LA RED DE ACOMETIDA	46

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>4.1 CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>
<b>APENDICE</b>	<b>51</b>



## INDICE DE IMAGENES

1. RED DE FIBRA ÓPTICA TIPO ESTRELLA CON NODO COMÚN EN LA BIBLIOTECA CENTRAL	1
2. ESTRUCTURA DE UN CABLE DE FIBRA OPTICA.	6
3. ESTRUCTURA DE FIBRA OPTICA (PSC):(1).- NÚCLEO FUNDIDO SÍLICE, (2).-REVESTIMIENTO FUNDIDO DE PLASTICO,(3).- RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE NYLON O TEFZEL.	7
4. PARTES DE UN CABLE DE FIBRA OPTICA	8
5. MODO DE TRANSMISIÓN DE UNA FIBRA MONOMODO.	9
6. MODO DE TRANSMISIÓN DE UNA FIBRA MULTIMODO CON ÍNDICE GRADUAL.	10
7. MODO DE TRANSMISIÓN DE UNA FIBRA MULTIMODO CON ÍNDICE ESCALONADO.	10
8. VENTANAS DE LONGITUDES DE ONDA	13
9. MODO DE TENDIDO DESDE LA CARRETA.	14
10. MODO DE TENDIDO SACANDO EL "8".	14
11. MODO DE TENDIDO DESDE LA CARRETA Y EN UN EXTREMO JALANDO Y AL MEDIO APOYANDO CON EL REMOLQUE	15
12. PROFUNDIDAD DE LA ZANJA PARA UN CABLEADO SUBTERRÁNEO	16

<b>13. MODO DE TENDIDO DE FIBRA SUBTERRÁNEO.</b>	<b>17</b>
<b>14. MODO DE TENDIDO DE FIBRA DESDE LA CARRETA Y SACANDO EL “8.”</b>	<b>17</b>
<b>15. INSTALACION DE UNA RED DE PLANTA EXTERNA CON HERRAJES ADECUADOS</b>	<b>18</b>
<b>16. ESQUEMA DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA REALIZADA POR AUTOCAD.</b>	<b>19</b>
<b>17. TOPOLOGÍA DE LA RED DE FIBRA</b>	<b>20</b>
<b>18. TRAMO DEL PUNTO A HACIA EL PUNTO B</b>	<b>21</b>
<b>19. TRAMO DEL PUNTO A HACIA C</b>	<b>23</b>
<b>20. TRAMO DEL PUNTO A HACIA D.</b>	<b>25</b>
<b>21. HERRAJE TERMINAL</b>	<b>28</b>
<b>22. HERRAJE DE SUJESION O DE PASO</b>	<b>29</b>
<b>23. MALLA PREFORMADA</b>	<b>29</b>
<b>24. ABRAZADERA AJUSTABLE BAP.</b>	<b>29</b>
<b>25. RAZON DE CURVATURA DE UN CABLE.</b>	<b>30</b>
<b>26. APLICACIÓN CORRECTA DE LA MALLA PREFORMADA.</b>	<b>30</b>
<b>27. (ODF = OPTICAL DISTRIBUTION FRAME)</b>	<b>27</b>
<b>28. PATCH CARD CONECTOR TERMINAL DE FIBRA.</b>	<b>32</b>
<b>29. PATCH PANEL DE 24 PUERTOS</b>	<b>32</b>
<b>30. MEDIA CONVERTER (TP-LINK)</b>	<b>33</b>
<b>31. GABINETE METÁLICO.</b>	<b>34</b>
<b>32. KIT DE FUSIÓN DE FIBRA (PROLITE-40B)</b>	<b>34</b>

<b>33. EN SUS INCISOS A, B, C, D, E, F, G Y H; PODEMOS VER PASO A PASO COMO SE REALIZA UN EMPALME POR FUSIÓN</b>	<b>35</b>
<b>34. TERMO CONTRAÍBLES (SOLEVES)</b>	<b>37</b>
<b>35. LOCALIZADOR VISUAL DE FALLOS</b>	<b>38</b>
<b>36. TENSIÓN DEL CABLE FIBRA ÓPTICA.</b>	<b>40</b>
<b>37. POSTE EN EQUILIBRIO</b>	<b>41</b>
<b>38. POSTE EN EQUILIBRIO CON DOS FUERZAS CONTRARIAS T Y R.</b>	<b>41</b>
<b>39. RIENDA TIPO OBLICUO</b>	<b>42</b>
<b>40. CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA.</b>	<b>43</b>
<b>41. MOMENTOS CON RESPECTO AL PUNTO D</b>	<b>43</b>

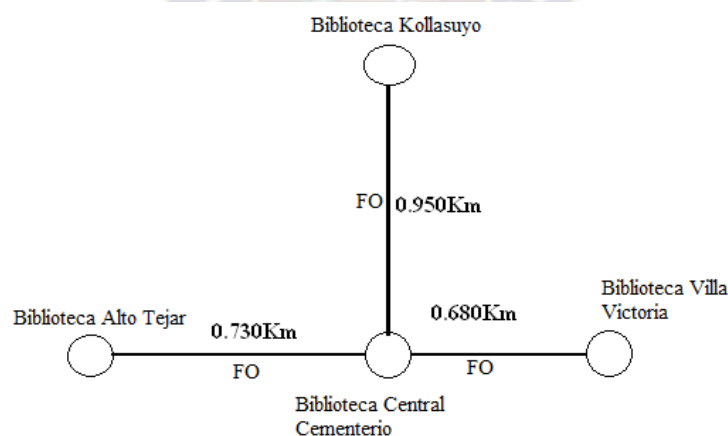
### **INDICE DE TABLAS**

<b>1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUNTO A Y EL PUNTO B</b>	<b>22</b>
<b>2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS PUNTOS A Y C</b>	<b>24</b>
<b>3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ENTRE EL PUNTO A Y B</b>	<b>26</b>
<b>4. CANTIDAD DE FIBRA ÓPTICA NECESARIA PARA LOS TRES PUNTOS (B, C Y D)</b>	<b>27</b>
<b>5. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA DEL FABRICANTE</b>	<b>28</b>
<b>6. CARACTERÍSTICAS DE UN DETECTOR DE FALLAS O PUNTERO.</b>	<b>37</b>
<b>7. MATERIALES QUE COMPRENDEN DENTRO LA RED DE PLANTA EXTERNA.</b>	<b>45</b>
<b>8. MUESTRA EL COSTO TOTAL DE LA RED DE ACOMETIDA.</b>	<b>46</b>

## 1.1 RESUMEN DE TRABAJO

El presente proyecto de aplicación consiste en realizar el diseño e implementación de una red LAN de FIBRA OPTICA, para interconectar cuatro Puntos, que son centros de enseñanza-aprendizaje (bibliotecas), ubicadas en el Macro Distrito de Max Paredes-Distrito 8 de nuestro municipio de La Paz. Todo dependerá del relevamiento topográfico técnico que se realice para el diseño de la red de planta externa en Fibra Óptica. La interconexión de LAN puede realizarse mediante el concepto de MAN (*Metropolitan Area Network*), que disponen de dos tipos: la denominada FDDI y IEEE 802.6.

En este caso utilizaremos la tecnología FDDI (Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra), que son estaciones simples de conexión con un nodo común, de qué modo se va formando una red de topología en estrella. El Punto principal o la Biblioteca Central está situada por la sector del Cementerio General de la zona Bajo Tejar a partir de ello se ramificara a: Biblioteca de Kollasuyo, Alto Tejar y Villa Victoria; como se ve en la figura (1).



*Figura Nro. (1): Red de Fibra Óptica tipo estrella con nodo común en la Biblioteca Central.*

En concreto es diseñar los cuatro Puntos donde se analiza la distancia de total de Punto a Punto, el tipo de topología que va formar a partir de este sistema. También se realizara el cálculo de la fuerza que se aplica en los cables para tener una flecha según la norma y las diferentes pérdidas que se presentan en la red por distintos factores.

Finalmente se realizará la instalación e implementación de los equipos terminales en cada Punto, según la norma, especificando las funciones que cumplen dentro de la red ya sean activos o pasivos.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante los últimos quince años, los sistemas de comunicaciones han experimentado muchos cambios notables y de importancia, dando lugar a que los sistemas de microondas terrestres hayan alcanzado su máxima capacidad, y los sistemas de satélite pueden proporcionar, cuando mucho, sólo un alivio temporal a la gran demanda en aumento. Es obvio que sean necesarios los sistemas de comunicación económicos que puedan transmitir gran cantidad de información y proporcionar un servicio de alta calidad. Este nuevo tipo de sistema de comunicación es la fibra óptica, que posee gran capacidad para transmitir información, sus costos resultan económicos y además, han sido probados experimentalmente demostrando que pueden ofrecer un servicio de alta calidad.

En estos tiempos la población se ha incrementado considerablemente, la demanda de servicios que van relacionados con las telecomunicaciones, también van en aumento, por tanto en el Macro Distrito de Max Paredes específicamente en distrito 8, no cuenta con el servicio de internet de calidad, que garantice la confiabilidad del proveedor, en la actualidad es poca la calidad, enviada por otro medio de transmisión, es así que la capacidad es insuficiente, para cubrir las demandas que tiene el Macro Distrito de Max Paredes, por tanto es de una necesidad actual el contar con el servicio de internet en alta velocidad.

Por esta razón se plantea al Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, implementar una red de fibra, que interconectara las bibliotecas que existen en el Distrito – 8, de nuestro municipio.

Además conocemos las características técnicas de los postes, cuanto de peso y tensión puede soportar, para que se encuentre en equilibrio.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En el Macro distrito de Max Paredes, se encuentra al rededor de “56” Unidades Educativas, donde un porcentaje muy elevado de estudiantes no cuenta con medio de acceso a la información como es el internet, ya que en nuestro país es uno de los servicios más caros, en comparación con otros países. Es por eso que a solicitud del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz se decide implementar una red de planta externa en fibra óptica que: interconectara cuatro centros educativos

(Bibliotecas), eso permitirá al estudiante acceder fácilmente a recabar datos e información importantes para su estudio y valoración, todo con el fin de promover el desarrollo de nuestro municipio a través de tecnologías de nueva generación.

Si bien existe los medios de acceso inalámbrico, el par de cobre o el cable coaxial pero; tiene la desventaja de ser susceptibles a ruidos térmicos, electromagnéticos y a fenómenos climatológicos, en cambio la fibra es un medio inmune a todos esos fenómenos que mencionamos, es más, maneja una gran cantidad de información debido a su gran ancho de banda que posee.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir la implementación de una red de fibra óptica por avenidas y calles de la ciudad de La Paz, el cual estará formado por cuatro puntos específicos en el Macro distrito de Max Paredes del Municipio de La Paz,

### **1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar el relevamiento topográfico técnico de las cuatro rutas donde se va llevar a cabo la instalación de la red de Fibra Óptica.
- Analizar las características técnicas de los postes, de manera que se tenga un diseño que permita que el cable de fibra óptica se mantenga firme y consistente al momento de sujetarlos a los mismos.
- Describir el manejo adecuado del cable de fibra óptica para que este no se dañe durante el proceso de la construcción de la red.
- Detallar todos los tipos de materiales que se utilizan en una red de planta externa.
- Determinar las pérdidas existentes en cada punto de la red, que puedan ser ocasionados por diferentes factores.

## **1.5 METODOLOGIA**

El método por el cual se guiará es la de investigación:

- Se realizará las recolecciones de datos teóricos y experimentales que logren que los datos obtenidos en la teoría, confirmen con certeza los resultados experimentales esperados.

Técnicas de recolección de datos:

- Una vez obtenidos el diseño teórico se realizará la experimentación durante la estancia laboral.
- También se realizará la observación técnica en los diferentes trabajos a realizarse de tal manera confirmar y editar los datos anteriormente obtenidos.

## **1.6 ALCANCES Y APOORTE ACADEMICO**

En lo que se refiere al alcance del presente trabajo de aplicación se puede mencionar que técnicamente se tendrá un proyecto que puede ser de referencia para otros proyectos futuros en el mismo Gobierno Autónomo Municipal de La Paz y/o otras entidades que requieran de este servicio planteado.

En lo que se refiere al aporte académico este será de gran importancia puesto que la teoría presentado en este documento servirá de referencia para futuros proyectos que se pueden realizar también se puede mencionar que la recopilación de datos en el trabajo será de referencia bibliográfica para materias en la carrera relacionadas con este.

## 2.1 TELECOMUNICACIONES

La **telecomunicación** ("comunicación a distancia", del prefijo griego *tele*, "distancia" y del latín *communicare*) es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con , señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos de transmisión y/o recepción (transmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, óptica, o una combinación de estos diversos sistemas).

### 2.1.1 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Es el conjunto de equipos y enlaces tanto físicos como electromagnéticos, utilizables para la prestación de un determinado servicio de telecomunicaciones.

### 2.1.2 SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES

Es la actividad desarrollada bajo la responsabilidad de determinada empresa o entidad, para ofrecer a sus usuarios una modalidad o tipo de telecomunicaciones, cuya utilización es de interés para dicho usuario.

## 2.2 CLASIFICACION SEGÚN EL MEDIO DE PROPAGACIÓN

### a) TELECOMUNICACIONES TERRESTRES

Son aquellas cuyo medio de propagación son líneas físicas, estas pueden ser cables de cobre, cable coaxial, guía de ondas, fibra óptica, par trenzado, etc.

### b) TELECOMUNICACIONES RADIOELÉCTRICAS

Son aquellas que utilizan como medio de propagación la atmósfera terrestre, transmitiendo las señales en ondas electromagnéticas, ondas de radio, microondas, etc. dependiendo de la frecuencia a la cual se transmite.



## c) TELECOMUNICACIONES SATELITALES

Son aquellas comunicaciones radiales que se realizan entre estaciones espaciales, entre estaciones terrenas con espaciales, entre estaciones terrenas (mediante retransmisión en una estación espacial). Las estaciones espaciales se encuentran a distintas alturas fuera de la atmósfera.

## 2.3 COMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA

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

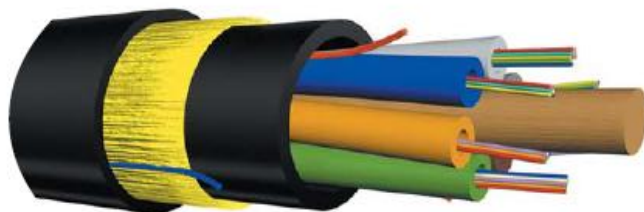
### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él.

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

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

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm. Y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos. Ver Figura. Nro. (2)



*Figura Nro. (2) Estructura de un cable de Fibra Optica.*

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

La sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600C. La fibra óptica presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

## 2.3.2 COMPONENTES Y TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

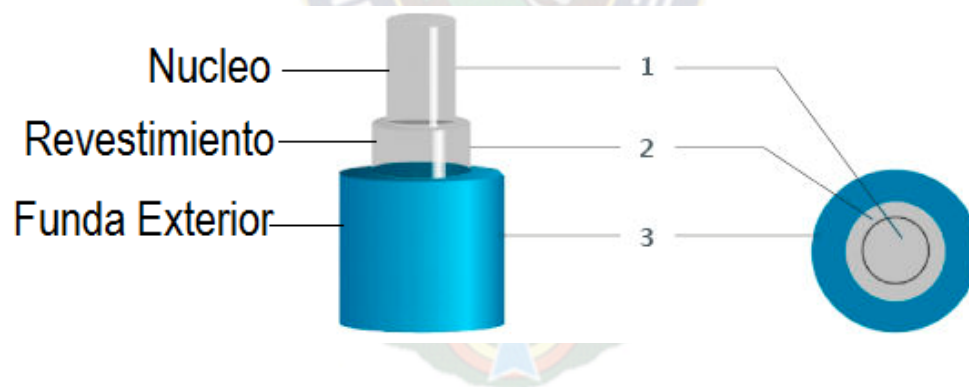
### 2.3.2.1 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Analicemos la manera en que se recopila según su estructura y composición para determinar las distintas aplicaciones y mediciones que determinan de que tipo es la fibra óptica.

El cable de fibra óptica se constituye principalmente de un núcleo rodeado de un revestimiento. La diferencia entre sus índices de refracción (indicados con "n") es lo que hace que el haz de luz se mantenga dentro del núcleo (siempre que el haz haya entrado con el ángulo apropiado y la "n" del núcleo sea mayor que el del revestimiento).

Entonces habrá cables con:

- núcleo y revestimiento de plástico
- núcleo de vidrio y revestimiento de plástico (PCS=plastic clad silica), Ver figura Nro. (3)
- núcleo y revestimiento de vidrio (SCS=silica clad silica)



*Figura Nro. (3) Estructura de Fibra Optica (PSC):(1).- Núcleo fundido sílice, (2).-Revestimiento fundido de plástico,(3).- Recubrimiento exterior de Nylon o Tefzel*

### 2.3.2.2 COMPONENTES DE LA FIBRA OPTICA

- **El Núcleo:** En sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5  $\mu\text{m}$  para la fibra multimodo y 9  $\mu\text{m}$  para la fibra monomodo.
- **La Funda Óptica:** Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.
- **El revestimiento de protección:** por lo general está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra. Ver Figura Nro. (4)

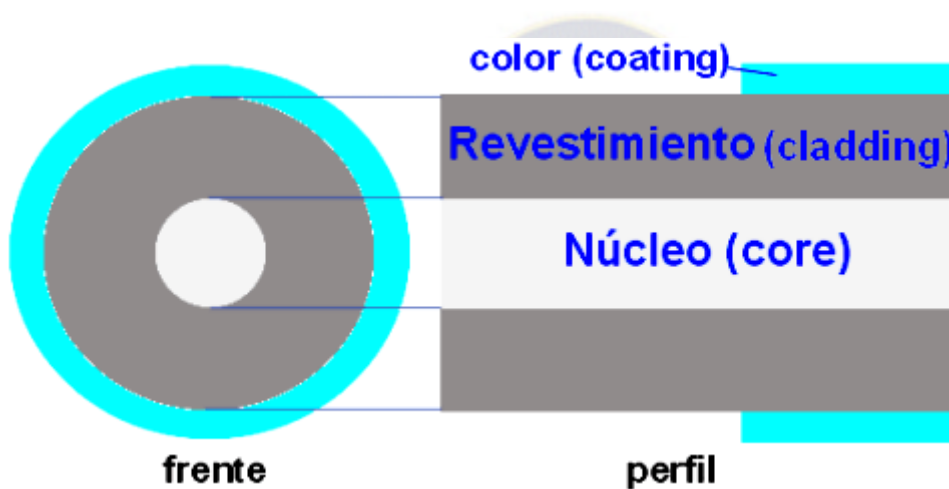


Figura Nro. (4) Partes de un cable de Fibra Optica

Los conductores de fibra óptica comúnmente utilizados en transmisión de datos son de un grosor comparable a un cabello, variando el núcleo entre los 8 y los 100  $\mu\text{m}$  (micrones), y el revestimiento entre 125 y 140  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.3 MODOS DE PROPAGACIÓN DE LUZ EN FIBRA ÓPTICA

La luz puede propagarse por un cable de fibra óptica, por reflexión o por refracción. Como se propaga la luz depende del *modo de propagación* y el *perfil de índice* de la fibra.

#### 2.3.3.1 MODO DE PROPAGACIÓN:

En fibra óptica modo significa trayectoria. Si hay solo una trayectoria que la luz toma en el cable, se llama modo sencillo. Si hay más de una trayectoria se llama multimodal.

#### a) FIBRA MONOMODO:

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. El dibujo muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Ver figura Nro. (5). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8  $\mu\text{m}$ . Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo.

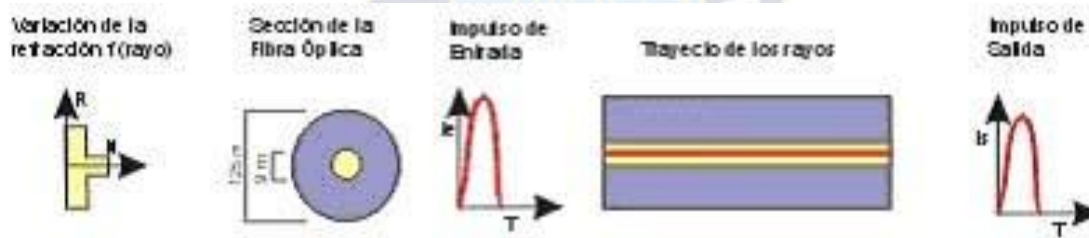


Figura Nro. (5): Modo de transmisión de una fibra Monomodo.

#### 2.3.3.2 PERFIL DE INDICÉ

Hay dos tipos básicos de perfiles de índice: escalón y graduado.

#### a) FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADIENTE GRADUAL

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500 MHz/Km. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la figura Nro. (6). Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual tiene un tamaño 62,5/125  $\mu\text{m}$  (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.

Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 mm.

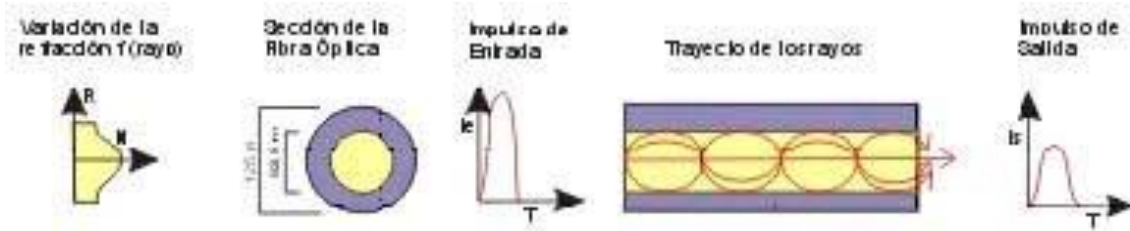


Figura Nro. (6): Modo de transmisión de una fibra Multimodo con índice gradual.

#### b) FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO:

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. Ver figura Nro. (7)

En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

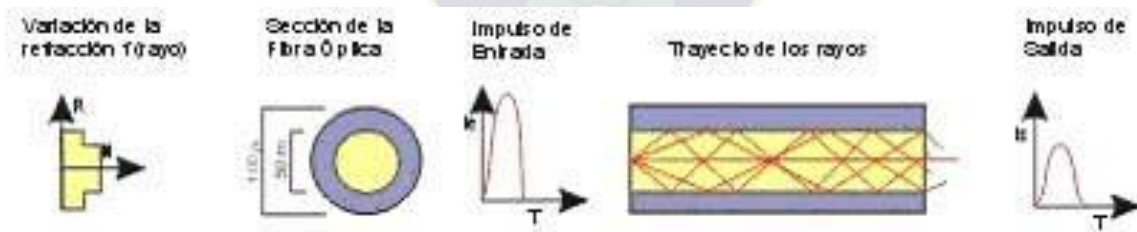


Figura Nro. (7): Modo de transmisión de una fibra Multimodo con índice escalonado.

#### 2.3.4 PERDIDAS EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Un cable de fibra óptica bien elaborado de fábrica, normalmente no presenta ningún tipo de pérdida de luz, pero en realidad sufre varias pérdidas de las cuales las más usuales son:

#### **2.3.4.1 PERDIDAS POR ABSORCIÓN**

Hay tres factores que contribuye a las pérdidas por absorción:

- a) Absorción Ultravioleta
- b) Absorción Infrarroja
- c) Absorción de Resonancia de Ion

#### **2.3.4.2 PÉRDIDAS POR DISPERSIÓN DE RAYLEIGH.**

Durante el proceso de fabricación, el vidrio es producido en fibras largas de un diámetro muy pequeño, durante este proceso, el vidrio esta en un estado plástico (entre liquido y sólido). La tensión aplicada al vidrio durante este proceso causa que el vidrio se enfríe y desarrolle irregularidades sub-microscópicas que se forman, de manera permanente en la fibra. Los rayos de luz que inciden en estas irregularidades se difractan causando que la luz se disperse en muchas direcciones.

#### **2.3.4.3 DISPERSIÓN CROMÁTICA O LONGITUD DE ONDA**

Cuando un diodo emisor de luz que contiene una combinación de longitudes de onda, dentro de una señal de luz compuesta, viaja a una velocidad diferente. En consecuencia, los rayos de luz que simultáneamente se emiten de un led y se propaga por una fibra óptica no llegan, al extremo lejano de la fibra al mismo tiempo, esto resulta ser una señal distorsionada por lo tanto se llama distorsión cromática.

#### **2.3.4.4 PERDIDAS POR RADIACIÓN**

Son causadas por pequeños dobleces e irregularidades en la fibra. Básicamente hay dos tipos de dobleces; micro dobleces y dobleces de radio. El micro dobleces es resultado de la contracción térmica entre el núcleo y el material de cubierta

#### **2.3.4.5 PERDIDAS POR DISPERSIÓN MODAL**

O esparcimiento de pulso, es causada por las diferencias en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra. Obviamente la dispersión modal puede ocurrir en la fibra multimodal



#### 2.3.4.6 PERDIDAS POR ACOPLAMIENTO

Puede ocurrir en cualquiera de los tres tipos:

- a) Mala Alineación Lateral
- b) Mala alineación de la separación
- c) Mala alineación angular
- d) Acabado de superficie imperfecta

#### 2.3.5 VENTANAS DE LA FIBRA OPTICA

La transmisión de información a través de fibras ópticas se realiza mediante la modulación (variación) de un haz de luz invisible al ojo humano, que en el espectro ("color" de la luz) se sitúa por debajo del infra-rojo.

Si bien es invisible al ojo humano, hay que evitar mirar directamente y de frente una fibra a la cual se le esté inyectando luz, puesto que puede dañar gravemente la visión.

Las fibras ópticas presentan una menor atenuación (pérdida) en ciertas porciones del espectro lumínico, las cuales se denominan ventanas y corresponden a las siguientes longitudes de onda ( $\lambda$ ), expresadas en nanómetros tal como se ve en la figura Nro. 8.

Primera ventana 800 a 900 nm  $\lambda_{\text{utilizada}} = 850\text{nm}$

Segunda ventana 1250 a 1350 nm  $\lambda_{\text{utilizada}} = 1310\text{nm}$

Tercera ventana 1500 a 1600 nm  $\lambda_{\text{utilizada}} = 1550\text{nm}$

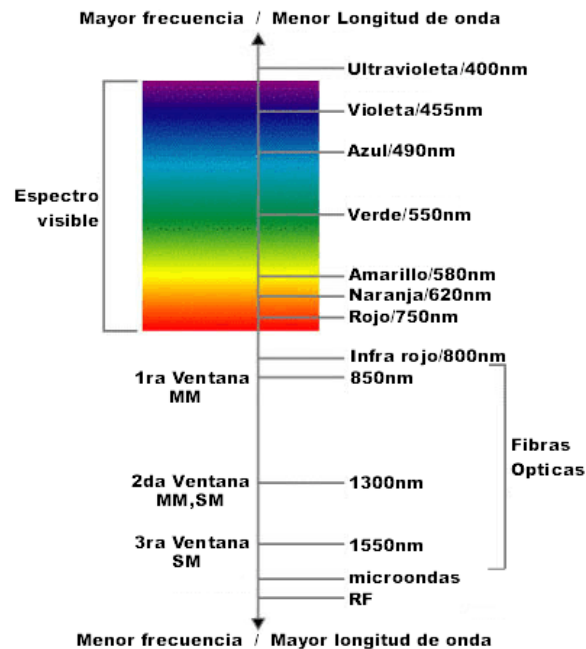


Figura Nro. (8) Ventanas de longitudes de onda

## 2.4 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

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

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo. Las micro-curvaturas y tensiones; se determinan por medio de los ensayos de:

- **Tensión:** cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.
- **Compresión:** es el esfuerzo transversal.
- **Impacto:** se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.
- **Enrollamiento:** existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.
- **Torsión:** es el esfuerzo lateral y de tracción.

Limitaciones Térmicas: Estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.



## 2.5 ESPECIFICACIONES SOBRE EL CABLEADO DE FIBRA

### 2.5.1 REDES DE FIBRA ÓPTICA AÉREAS

#### a) MEDIO PUNTO DE LA EXTRACCIÓN DEL CABLE

Ubique el punto medio de extracción usando el método de enrollado retractable/fijo extraiga el cable desde el punto medio hasta el final en una dirección.

Prepare el cable restante según un diseño en “8”. Instale dos conos de tráfico a 10 - 15 pasos de separación (más para cables más grandes). Ver figura Nro. (9)

Desenrolle el cable desde la parte superior del carrete y entrelácelo holgadamente alrededor de los conos siguiendo un diseño en “8”. Ver figura Nro. (10)



Figura Nro. (9): Modo de tendido desde la carreta.



Figura Nro. (10): Modo de tendido sacando el “8”.

Tenemos que tomar en cuenta, el tipo de terreno en que nos encontramos si es plano, cuesta o pendiente, porque no es fácil realizar el tendido de fibra óptica hacia arriba mas a un si se trata de una gran cantidad de hilos de fibra óptica, por tanto es necesario empezar el tendido de arriba hacia abajo, a medida se avance con el desenrollo de la fibra y se vaya poniendo tenso, sacamos el “8” para alivianar el proceso de tendido.

## b) PROCESO DE TENDIDO

El cable debería desenrollarse desde la parte superior del carrete del cable.

El desenrollo del cable desde el carrete debería originar una fuerza descendente en el enganche del remolque. Ver figura Nro. (11)

La bobina de cable debe estar soportada por los anclajes con poleas en ambos extremos para facilitar el desenrollado y manejo del cable.



*Figura Nro. (11): Modo de tendido desde la carreta y en un extremo jalando y al medio apoyando con el remolque*

### 2.5.2 REDES DE FIBRA ÓPTICA SUBTERRÁNEAS

La red directamente enterrada es aquella en la cual se usa subductos (mono, sub o triductos), los mismos que son guiados por una tubería de PVC y dentro de esos ductos se pasa la fibra. La tubería de PVC va directamente enterrada en una zanja. Esto implica el uso de marcadores electrónicos, cámaras de paso y cinta de advertencia. Se usa fibra armada y para el paso de la fibra se puede usar jalado o soplado.

### 2.5.3 CANALIZACIÓN

La profundidad recomendada del canal es de 1,5 m ya que por las características del lugar, los cables estarán expuestos a soportar peso de al menos 40 Tn (un tráiler cargado). Ver Fig. (12)

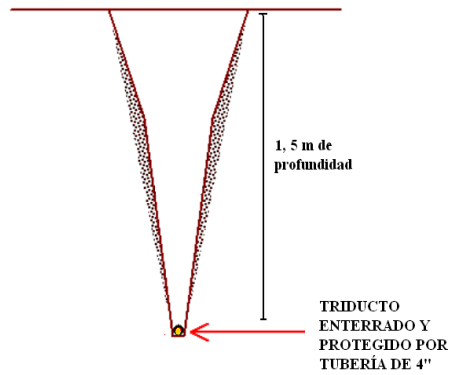


Fig. (12): Profundidad de la zanja para un cableado subterráneo

El procedimiento para la canalización en el cual los ductos estarán expuestos a altos pesos o presiones será el siguiente:

- Abrir zanja
- Colocación de cama de arena
- Tendido de ducto
- Cubrir con arena
- Cubrir con tierra fina (no rocas)
- Compactación
- Agua
- Compactación
- Agua\_Y Compactación final

#### 2.5.4 PREPARACIÓN DEL CABLE SUBTERRANEO

Tomando el extremo de la bobina y desprendiéndonos de las cubiertas exteriores y de las fibras, dejaremos sólo el elemento central de refuerzo con una longitud de unos 22cm y una pequeña parte de la primera protección de 3cm. Para preparar el extremo de tiro, lo doblamos formando una coca y por medio de dos hilados de hilo fuerte de acero de 1mm, hacemos dos ataduras. Seguidamente lo reforzaremos con una cinta eléctrica encintándole con generosidad de cinta unos 10cm. De esta forma tendremos un extremo de tiro seguro para poder realizar el tendido.

En el extremo A, por medio de un tornillo pasante, insertaremos el extremo de tiro que hemos preparado anteriormente y en el extremo B introduciremos el cable guía. Con esta disposición, ya tenemos preparados todos los elementos para iniciar el tendido. Ver figura Nro. (13)

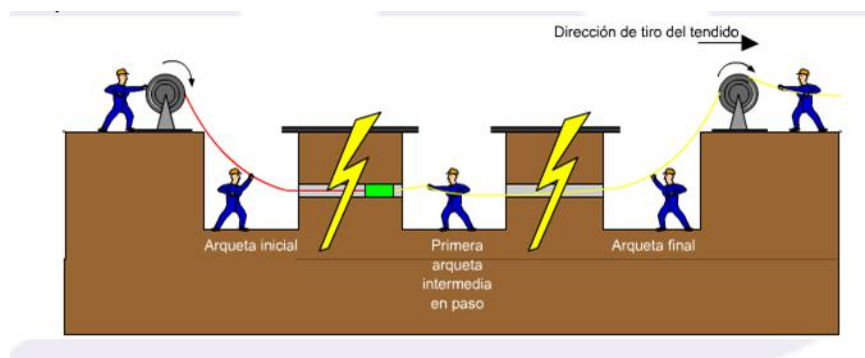


Figura Nro. (13): Modo de tendido de fibra subterráneo.

Existirán casos en que el cable pasará con dificultad porque su trazado es complicado, en estos supuestos debemos lubricar el cable a fin de que nos ofrezca menos resistencia y sufra menos. Para ello desde la arqueta que hemos elegido para iniciar el tendido, lubricamos constantemente el cable.

## 2.5.5 EXTRACCIÓN EN ETAPAS A UBICACIONES INTERMEDIAS

De la misma Forma es necesario ubicar el punto medio de extracción. Mientras monitorea la tensión, tire del cable del punto medio a una bóveda o boca de inspección a punto medio. Enrolle el cable hacia arriba, hasta la superficie Ver figura Nro. (14)

### Extracción de cable a medio punto



Instale dos conos de tráfico a 10 - 15 pasos de separación (más para cables más grandes). Entrelace flojamente el cable alrededor de los conos formando una figura de ocho. Los bucles grandes y no demasiado ajustados le ayudarán a que el cable no se enrede.

Figura Nro. (14): Modo de tendido de fibra desde la carreta y sacando el "8."

## 2.6 HERRAJES PARA CABLE ADSS PREFORMADOS AEREO

Son elemento de una red de planta externa que cumplen funciones diferentes, que a lo largo de la instalación van dando forma a la red. Ver figura Nro. (15)

- Son herrajes constituidos por láminas metálicas reviradas, cuya función es sujetar al cable.
- Su fabricación es delicada, ya que ejercen presión y fricción directa sobre la chaqueta del cable, lo cual evita su deslizamiento.
- Existen herrajes de paso y de retención.
- Suelen ser usados cuando el span es muy grande.
- Se fabrican según el span y el tipo de cable (OPGW-ADSS).
- Los herrajes de retención se utilizan cada cierta distancia (regularmente cada 3 postes) y cuando el cable va a dar curva o baja a cámaras.
- Los herrajes de suspensión se utilizan en tramos muy cortos y rectos.
- Ambos se utilizan en conjunto.

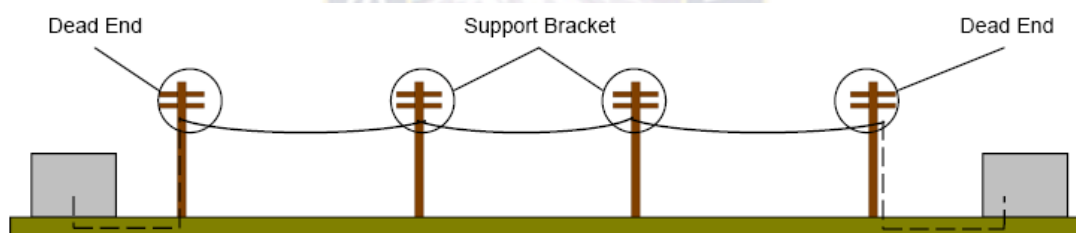


Figura Nro. (15): Instalación de una red de planta externa con herrajes adecuados

### 2.6.1 TIPOS DE HERRAJE PREFORMADAS

Mencionaremos herrajes más usados en instalaciones de fibra óptica:

- **Terminales**
- **Retención O Terminales**
- **De Paso O Suspensión**
- **Abrazadera Ajustable de Poste (Bap)**
- **Para Cable Adss Tensore**

### 3.1 DISEÑO DE LA RED FIBRA OPTICA.

#### 3.1.1 UBICACIÓN DE LAS RUTAS PARA LA INSTALACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA.

En la figura Nro.(16) se muestra a continuación la ruta de localización que tomar la red, donde se puede ver marcada con color fuxia la trayectoria de la fibra, hasta llegar a los puntos respectivamente, así mismo están marcados los postes que nos servirá de apoyo a la fibra para su enlace.

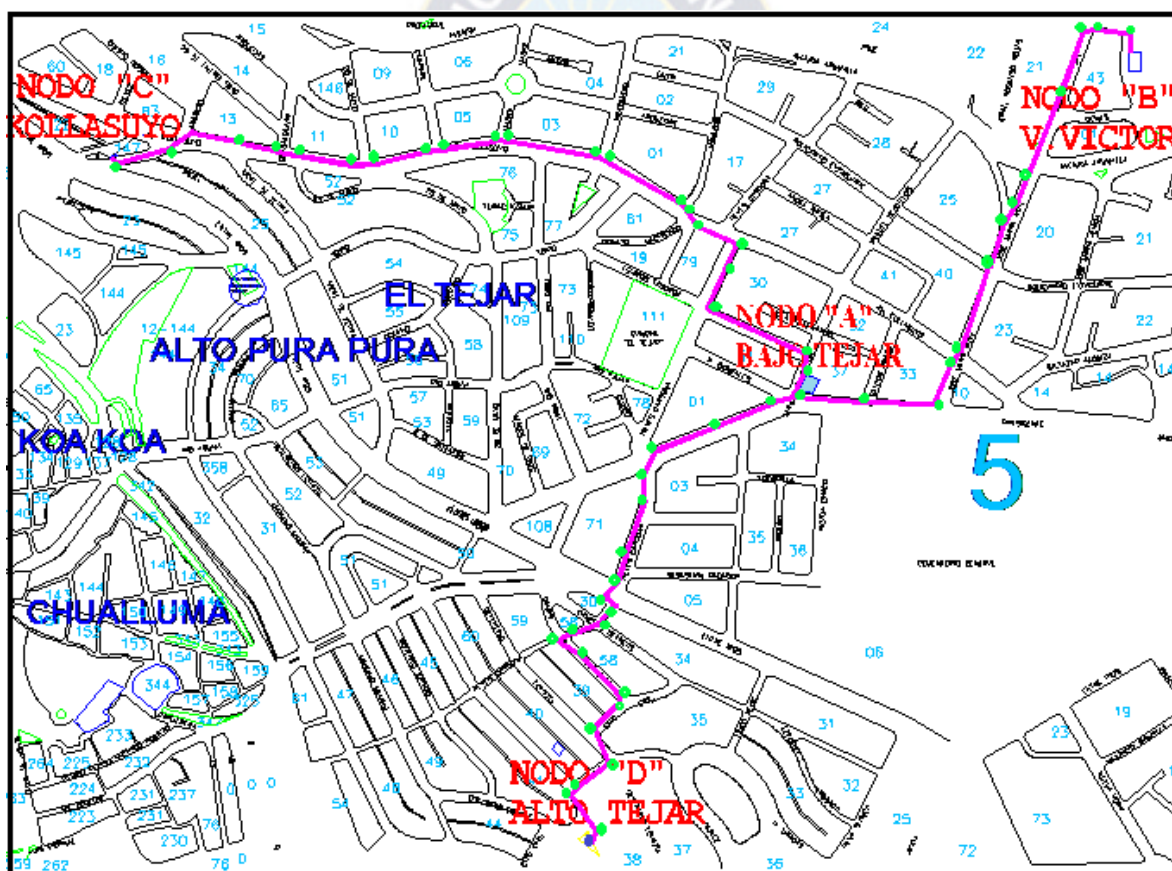


Figura Nro. (16) Esquema de la red de fibra óptica realizada por AutoCad.

El Punto "A", que llegaría a ser la Biblioteca Central está ubicado por el sector del Cementerio General, en la calle Mariano Baptista entre Manuel Bustillos como se ve en la figura Nro. (15).

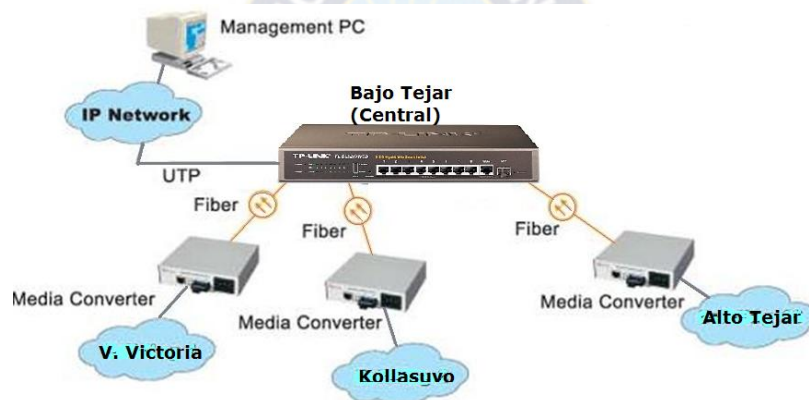


El Punto “B”, estará ubicado exactamente en la plaza Huallparimachi sobre la avenida República de la Zona Villa Victoria. Ver figura Nro. (16).

El Punto “C”, estará ubicado en el manzano del mercado Mrcal. Santa Cruz entre la intersección de la Avenida Kollasuyo y la avenida Entre Ríos. Ver figura Nro. (16)

El Punto “D”, está ubicado en la intersección de la calle Silverio Menacho y Gregorio Colque. Ver figura Nro. (16)

Básicamente este el tipo de red que se desea instalar, con los respectivos accesorios instalados en cada punto, y la topología que se va a tomar teniendo estos cuatro puntos. Ver figura Nro. (17)



*Figura Nro. (17): topología de la red de fibra*

Durante el relevamiento topográfico técnico de los cuatro puntos que va a conformar la red de fibra óptica, tomaremos parámetros muy importantes:

- Distancia exacta de punto a punto
- Postes accesibles para el apoyo de la fibra óptica
- Línea de vista de poste a poste
- Acceso al punto (acometida).
- Normas.
- Condiciones de tráfico.

Después del relevamiento técnico topográfico tenemos los siguientes datos, con la cual podemos trabajar para diseño e implementación de la red, la ruta no presenta problemas como por ejemplo: curvas en las calles, transformadores de alta tensión, postes para poder apoyar la fibra y finalmente la línea de vista entre postes. Ver FFIGURA Nro. (18)

Mapa de la zona de estudio en la ciudad de San Juan, Puerto Rico. El mapa muestra una red de calles y lotes numerados. Se han marcado dos nodos principales: NODO "A" en la zona de BAJO TEJAR y NODO "B" en la zona de V. VICTORIA. Una línea magenta indica la ruta de la Fibra Óptica que conecta estos nodos. Se han identificado varios postes (puntos verdes), duplos (puntos verdes más grandes) y reservas de fibra óptica (puntos azules). El mapa también muestra la ubicación de la Avenida Arzobispo y la Avenida de la Constitución.

A continuación la Tabla Nro. (1) no muestra el número de postes a utilizar, tipo de sujeción y las distancias entre postes.



TABLA DE POSTAJE DE ELCTROPAZ			
Nº	Distancia Mts. (P a P)		Tipo de Poste
1	NA- P1	45	Acometida – PD Reserva
2	P1 - P2	45	PD - PP
3	P2 - P3	43	PP - PD
4	P3 - P4	39,5	PD - PP
5	P4 - P5	42,5	PP - PD
6	P5 - P6	41	PD - PP
7	P6 - P7	13	PP - PP
8	P7 - P8	20,5	PP – PD Reserva
9	P8 - P9	21	PD - PP
10	P9 - P10	5,5	PP - PP
11	P10 - P11	33,5	PP – PD
12	P11 - P12	9,5	PD - PP
13	P12 - P13	24,5	PP – PD
14	P13 - P14	24	PD - PP
15	P14 - P15	19,5	PP – PD Reserva
	P15 - NB	21	Acometida
<b>Dtotal</b>		<b>680</b>	

Tabla Nro. (1): Características técnicas del punto A y el Punto B

Donde:

PP= Poste a Poste

PD= Poste Duplo

NA= Nodo en el Punto “A”

NB= Nodo en el Punto “B”

### 3.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUNTO “C”

Después del relevamiento técnico topográfico tenemos los siguientes datos, con la cual podemos trabajar para diseño e implementación de la red, la ruta no presenta problemas como por ejemplo: curvas en las calles, postes para poder apoyar la fibra y finalmente la línea de vista entre postes, pero si debemos tener en cuenta los transformadores de alta tensión que existe en el lugar, como la ruta es una avenida principal, por lo tanto existe red de alta tensión. Ver figura Nro. (19)

Además debo hacer notar que la ruta, tiene una topografía accidentada (pendiente), eso nos permite que el tendido de fibra óptica empezara por la intersección de la Av. Kollasuyo y la Av. Entre Rios, terminando en el punto principal ubicado en la calle Bustillos sector del Cementerio General.

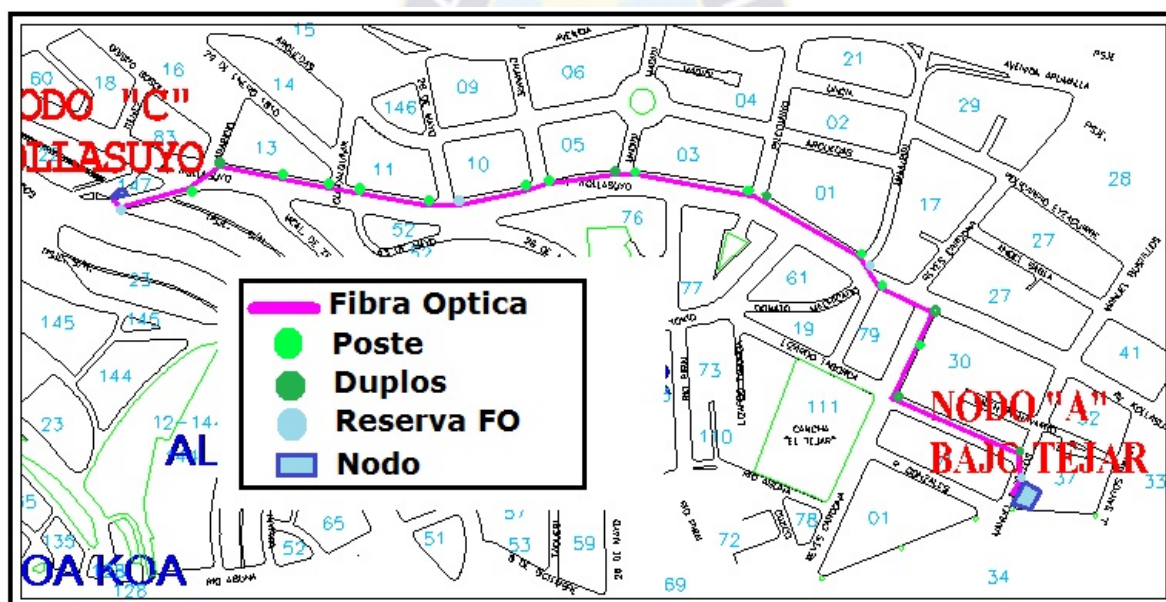


Figura Nro. (19): Tramo del Punto A hacia C

A continuación tenemos la tabla Nro. (2), indicando el número de postes a utilizar, tomando en cuenta que los postes son de Electropaz de tipo concreto, también hacer notar que cuatro postes son de Cotel (Ltda.) de tipo metálico (octogonal) de sujeción, distancias entre postes, finalmente señalar la reserva de fibra óptica que debe tener red del punto “A” entre “C”.

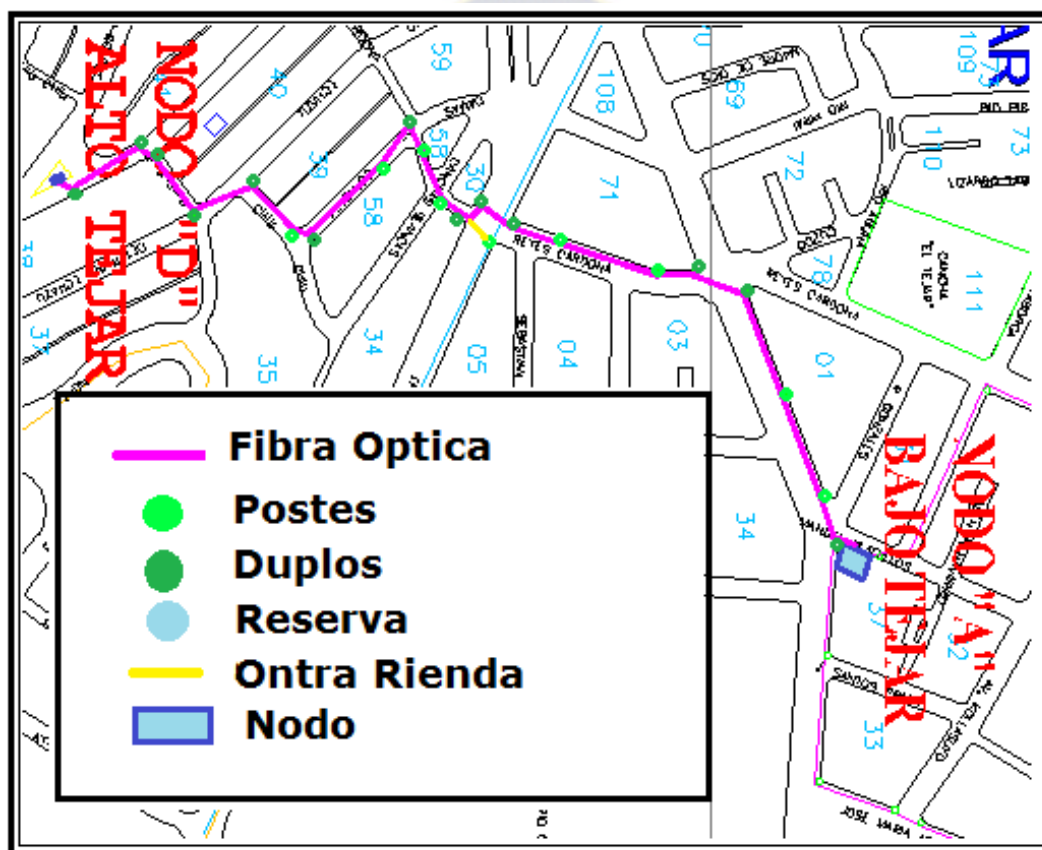
TABLA DE POSTAJE DE ELECTROPAZ			
Nº	Distancia Mts. (P a P)		Tipo de Poste
1	NA- P1	45	Acometida – PD Reserva
2	P1 - P2	45	PD – PD
3	P2 - P3	17	PD – PD
4	P3 - P4	39,5	PD – PP
5	P4 - P5	42,5	PP – PP
6	P5 - P6	41	PP – PP
7	P6 - P7	13	PP – PD Reserva
8	P7 - P8	20,5	PD – PP
9	P8 - P9	21	PP – PD
10	P9 - P10	5,5	PD – PP
11	P10 - P11	33,5	PP – PP
12	P11 - P12	9,5	PP – PD
13	P12 - P13	24,5	PD – PP
14	P13 - P14	24	PP – PP
15	P14 - P15	19,5	PP – PD Reserva
16	P15 - P16	21	PD – PP
17	P16 - P17	21	PD – PP
18	P17- P18	5,5	PP – PP
19	P18 - P19	33,5	PP – PP
20	P19 - P20	9,5	PP – PD
21	P20- P21	24,5	PD – PP
22	P21 - P22	24	PP – PD Reserva
	P22 – NC	19,5	PD –Acometida
<b>DTotal</b>		<b>950</b>	

Tabla Nro. (2): Especificaciones técnicas de los Puntos A y C

### 3.1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL NODO “D”

Después del relevamiento técnico topográfico tenemos los siguientes datos, las calles sumamente estrechas, presenta muchas curvas, en un punto específico no existe línea de vista de poste a poste, por lo tanto requiere de una técnica de instalación llamada contra rienda. *Ver figura Nro. (20)*

En algunos casos se tuvo que realizar el apoyo de la fibra en luminarias debido a la inexistencia de poste ya sea de Elctropaz o Cotel, todo para minimizar costos en la fibra.



*Figura Nro. (20): Tramo del Punto A hacia D.*

A continuación tenemos la tabla Nro. (3) que nos indicando el número de postes a utilizar, tipo de sujeción, distancias entre postes, también señalaremos el lugar donde se realiza la contra rienda o cruce y finalmente señalar la reserva de fibra que debe tener la red del punto “A” y “D”.

TABLA DE POSTAJE DE ELECTROPAZ			
Nº	Distancia Mts. (P a P)		Tipo de Poste
1	NA- P1	45	Acometida – PD Reserva
2	P1 - P2	45	PD – PP
3	P2 - P3	17	PP – PP
4	P3 - P4	39,5	PP - PD
5	P4 - P5	42,5	PD - PD
6	P5 - P6	41	PD - PP
7	P6 - P7	13	PP - PP
8	P7 - P8	20,5	PP – PD Reserva
9	P8 - P9	21	PD – PD Cruce
10	P9 - P10	5,5	PD - PD
11	P10 - P11	33,5	PD - PP
12	P11 - P12	9,5	PP - PP
13	P12 - P13	24,5	PP - PD
14	P13 - P14	24	PD - PP
15	P14 - P15	19,5	PP - PD
16	P15 - P16	33,5	PD - PP
17	P16 - P17	9,5	PP - PD
18	P17 - P18	24,5	PD - PP
19	P18- P19	24	PP - PD
20	P19- P20	24	PD - PD
21	P20 - P21	24,5	PD – PD Reserva
	P21 – ND	24	PD -Acometida
<b>DTotal</b>		<b>730</b>	

Tabla Nro. (3): Especificaciones técnicas entre el Punto A y B

## 3.2 ELEMENTOS DE UNA RED DE PLANTA EXTERNA PARA FIBRA ÓPTICA

### 3.2.1 DISTANCIA TOTAL DE FIBRA ÓPTICA

Una vez teniendo los datos necesario de los tres nodos sobre la distancia total del tramo tal como se en la Tabla Nro. (4), entonces procedemos con el tendido de la fibra utilizando una topología de tipo estrella, donde la configuración de enlace es punto a punto que tienen un nodo común.

Nro.	Distancia(Km)	Reserva el 10%(Km)	Distancia Promedio (Km)
Bajo Tejar –V. Victoria	0.680	0.068	0.750
Bajo Tejar –Kollasuyo	0.950	0.095	1.050
Bajo Tejar –Alto Tejar	0.730	0.073	0.810
<b>D<sub>Total</sub> = 2.61</b>			

*Tabla Nro. (4): Cantidad de fibra óptica necesaria para los tres Puntos (B, C y D).*

Como podemos apreciar en el cuadro, ya tenemos la distancia total de los Nodos B, C y D, donde equivale a la cantidad necesaria de fibra óptica para interconectar los cuatro puntos.

2.61(Km), es la cantidad de Fibra Óptica que se instalara en las tres rutas ya dimensionadas, esta cantidad cuenta ya con la reserva que no es más que el 10% de la distancia total de cada tramo.

### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA OPTICA

Este es tipo de fibra que se va utilizar en el tendido de la red y en la tabla Nro. (5) se puede apreciar las características técnicas del fabricante y según la norma IEEE.80.

- Tipo PAL auto soportado Furukawa
- Monomodo (SM).
- 4fibras = 1 buffers de 4 fibras.
- Longitud de onda de 1550nm.
- Longitud por carretes = 3km.

- Peso del cable =39kg/km
- Tensión de Ruptura =800N

Fiber Type	Wavelength nm	Typical Attenuation (dB/km)	Maximum Attenuation (dB/km)	Minimum Modal Bandwidth (MHz-km)	Guaranteed Gigabit Transmission Distance* (Meters)
		Standard	Standard	Standard	Standard
Singlemode	1310	0.35	0.7	N/A	3000
	1550	0.25	0.7	N/A	3000

\*The protocol pertinent to the transmission distance as noted is Gigabit Ethernet per IEEE 802.3:2005.

*Tabla Nro. (5): Características de la fibra óptica del fabricante*

### 3.2.3 TIPOS DE HERRAJE QUE SE USARA EN LA INSTALACION

#### a) HERRAJES DE RETENCION

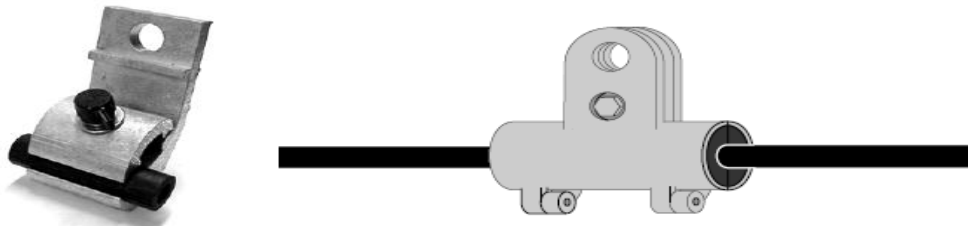
El herraje terminal se usa en los extremos de cada poste (duplos) y terminal de cada instalación de fibra óptica Ver figura Nro. (21)



*Figura Nro. (21): Herraje Treminal*

#### b) HERRAJE DE PASO O SUSPENSION

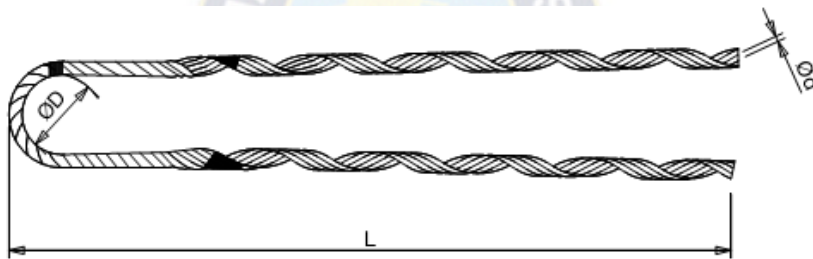
Para mayor seguridad, pueden usar uno de estos herrajes y la función que tiene es de sujetar firmemente la fibra sin dañarla, tiene movimiento lateral para evitar daños al cable. Ver figura. (22)



*Figura Nro. (22) Herraje de sujesion o de Paso*

### c) MALLA PREFORMADA

Prácticamente se encarga de sujetar a la fibra óptica en la parte de los duplos y terminales que tiene una longitud  $L=30\text{cm}$ . Ver Figura Nro. (23)



*Figura Nro. (23): Malla Preformada*

### d) ABRAZADERA AJUSTABLE P/POSTE BAP

abrazadera ajustable de poste en acero carbono galvanizado para elementos de fijacion en la red aerea de una red de planta externa. Ver figura Nro. (24)



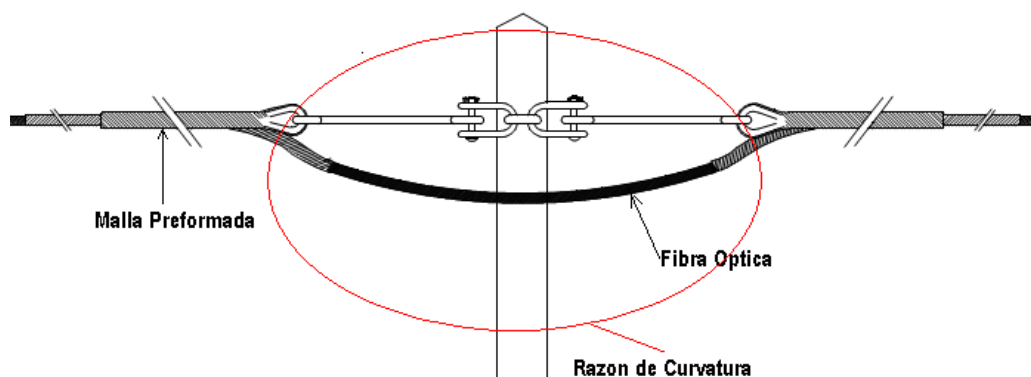
*Figura Nro. (24): Abrazadera Ajustable BAP.*



### e) RAZON DE CURVATURA (LOOPS)

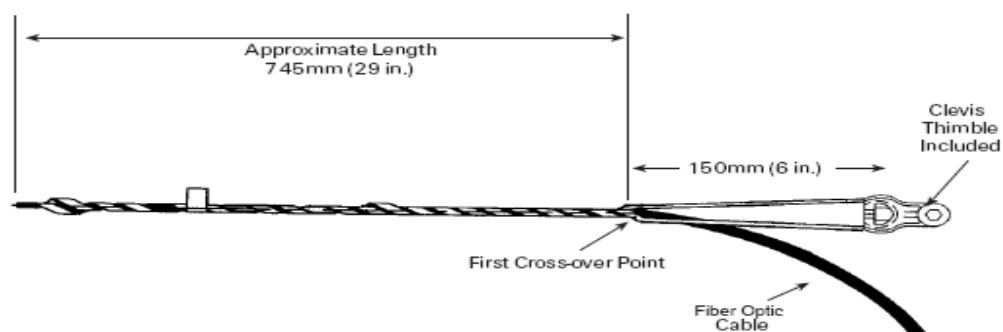
Es necesario realizar el duplo para establecer de manera adecuada las curvaturas o “loops”.

El motivo por el que debe de hacerse loops o curvaturas al cable es para eliminar la fuerza de tensión y compresión sobre el cable. Si estas fuerzas no son disminuidas los resultados serán que el conductor central salga, enroscaduras del cable, y quebraduras prematuras del cable debido a los cambios de temperatura. Ver figura Nro. (25).



*Figura Nro. (25): Razon de curvatura de un cable.*

En esta imagen podemos observar la sujeción del cable mensajero y el uso correcto de la malla preformada, ya sea en los terminales o el parte donde se deja la reserva de la fibra optica. Ver figura Nro. (26)



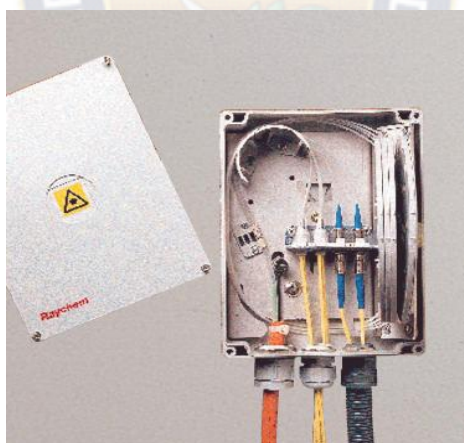
*Figura Nro. (26) Aplicación correcta de la malla preformada.*

### 3.3 ELEMENTOS TERMINALES QUE CONFORMAN LOS PUNTOS A, B, C Y D

#### 3.3.1 CAJA DE EMPALME (ODF = Optical Distributor Frame)

Una vez terminada la instalación de toda la red, procedemos a realizar las conexiones respectivas en cada nodo, por lo tanto usaremos el distribuidor de fibra (ODF), con las siguientes características: Ver figura Nro. (27)

- Los ODF son de capacidades variables, y así mismo pueden tener varios tipos de adaptadores.
- Es conveniente que los ODFs contengan un área de para las reservas de los patchcords y que sean de bandeja deslizante.
- Deben además incluir un splice holder para alojar las fusiones. (splice holder es un accesorio plástico muy pequeño con canales prediseñados para retener a los tubillos termocontraíbles para protección de empalme.
- El patcheo en un ODF puede ser frontal o transversa
- Pueden alojar fusiones de fibra o conectorización.



*Figura Nro. (27): (ODF = Optical Distribution Frame)*

#### 3.3.2 CONECTORES PATCH CARD (SC)

Para realizar las conexiones en el media converter y el switch administrable utilizaremos conectores tipo SC fabricado por FIBREFAB con las siguientes características: Ver figura Nro. (28)

- Pérdida por inserción = 0.3dB.
- Longitud = 1m.



Figura Nro. (28): Patch Card conector terminal de fibra.

### 3.3.4 PATCH PANEL DE 12 PUERTOS

El Patch Panel es el elemento encargado de recibir todos los cables del cableado estructurado. Sirve como un organizador de las conexiones de la red, para que los elementos relacionados de la Red LAN y los equipos de la conectividad puedan ser fácilmente incorporados al sistema.

Los conectores frontales del Patch Panel, se acoplan a los elementos activos de la red, tales como el Switch, el servidor Proxy y el Modem Satelital.



Figura Nro. (29): Patch panel de 24 puertos

### 3.3.5 MEDIA CONVERTER (TP-LINK)

Ethernet Media Converter TP-LINK MC110CS permite cambiar las señales eléctricas Ethernet (flujo de datos) a través de los próximos típico STP / UTP cable en señal luminosa modulada transmitida a través de dos fibras monomodo. Ver figura Nro. (30)

- 1 puerto Ethernet 10/100/1000 Mbps (RJ-45).
- Rango de tiempo – 20km.
- Auto DMI/MDI-X (puerto Tx).
- Transmisión a través de dos fibras monomodo.
- Indicadores LED que muestran el estado de funcionamiento.
- Facil instalación (plug and play).
- Fuente de alimentación.



*Figura Nro. (30:) Media Converter (TP-Link)*

### 3.3.6 GABINETES

Es una estructura metálica (chasis) rectangular como se ve en la figura Nro. (31), diseñada para ser colocada encima de los 2m de altura; la cual se encuentra protegida por cubiertas de plástico, fibra de vidrio ó lámina, y tiene la función de permitir el montaje de los diversos dispositivos y que tiene las siguientes características.

- Opciones de control térmico excepcionales
- Cuatro rieles de montajes verticales
- Espaciado de orificios universal según Norma EIA-310-E
- Base abierta grande para la entrada y salida de cables
- Accesorios de organización de cables múltiples



*Figura Nro. (31): Gabinete metálico.*

### **3.3.7 KIT DE FUSIÓN DE FIBRA (PROLITE-40B)**

Es una fusionadora portátil para fibra óptica, diseñada para trabajos de campo, con monitor LCD de 5,7" y luz interna para trabajar en ambientes donde la iluminación sea escasa o nula. En la pantalla LCD, con menú de operaciones en español y vista simultanea e individual de los ejes X e Y, es posible visualizar nítidamente el núcleo de las fibras a fusionar. Ver figura Nro. (32)

El proceso de fusionado es de 8 segundos por fibra (más 30 segundos de tiempo de horno).



*Figura Nro. (32): Kit De Fusión De Fibra (PROLITE-40B)*

#### **KIT DE LA FUSIONADORA**

- Cortadora de fibra óptica
- Peladora de fibra óptica
- Electrodo de recambio
- Tubos protectores de fusión

- Botella dispensadora de alcohol
- Pinzas
- Pera sopladora
- Maleta de transporte

El trabajo que vamos a realizar con el equipo es fundir el núcleo, siguiendo las etapas de:

- preparación y corte de los extremos
- alineamiento de las fibras
- soldadura por fusión
- protección del empalme con termo contraíbles.

### 3.3.8 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL EMPALME POR FUSION

En la figura Nro. (33) En sus incisos a, b, c, d, e, f, g y h podemos ver paso a paso como se realizar un empalme por fusión.

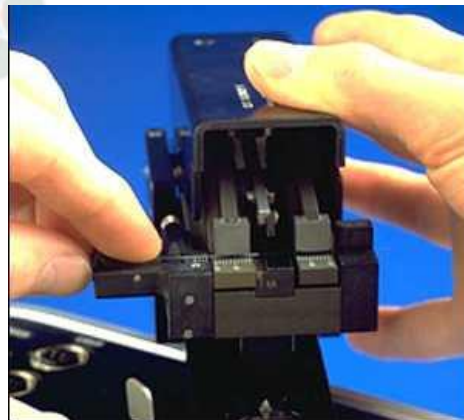
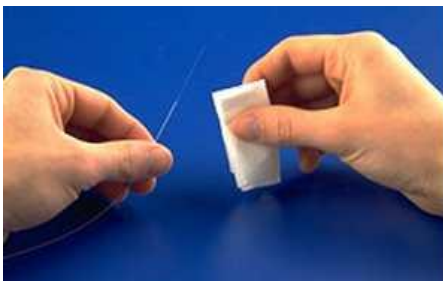
**a)** preparación y corte de los extremos  
Con una pinza especial (125µm) se pela (strip) unos 5cm de coating (color)



**c)** Se corta (cleave) la fibra a unos 8 a 16mm con un cutter o cleaver, con hoja de diamante, apoyando la fibra dentro del canal, haciendo coincidir el fin del coating con la división correspondiente a la medida.

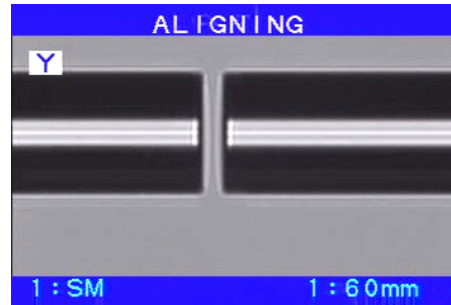
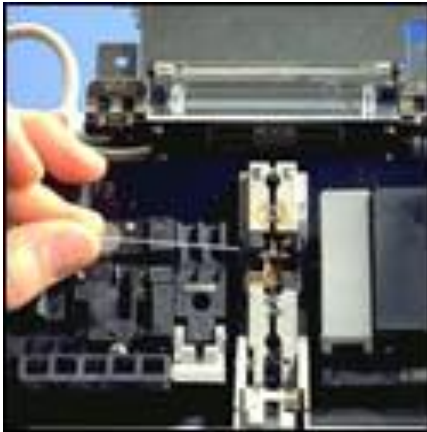
Una vez cortada, la fibra no se vuelve a limpiar ni tocar.

**b)** Se limpia (clean) la fibra con un papel suave embebido en alcohol isopropílico

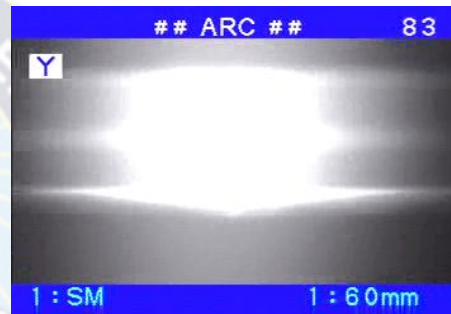




d) Cuidando que la fibra no contacte con nada, se introduce en la zapata de la empalmadora, sobre las marcas indicadas. Repetir el procedimiento con la otra fibra.



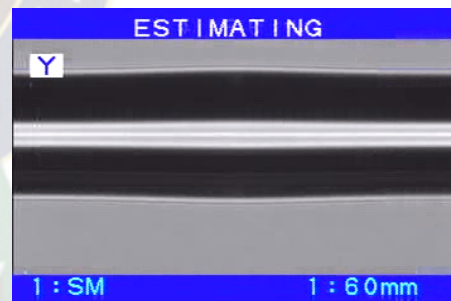
g) Podemos observar en la pantalla que la fibra ya sido fusionada.



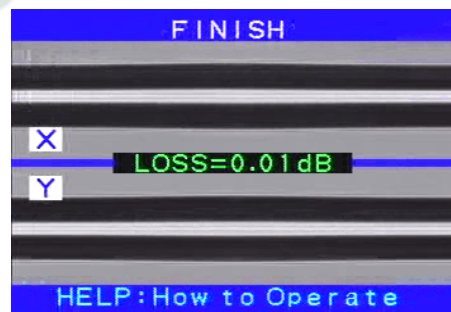
e) En el display se verán las dos puntas, pudiéndose observar si el ángulo es perfectamente recto, sino fuera así la máquina no nos permitiría empalmar.



h) Finalmente tenemos una fusión con atenuación de 0.01 dB



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



### 3.3.9 PROTECCIÓN DE LOS EMPALMES

La zona del empalme es delicada por lo que se protege de diferentes maneras: pegándose sobre unas almohadillas autoadhesivas existentes en algunos cassettes de empalmes, rodeándose con una bisagra autoadhesiva, o con manguitos termo - contraíbles (sleeves) los cuales poseen un nervio metálico, como se ve en la figura Nro. (34)



Figura Nro. (34): Termo contraíbles (sleeves)

### 3.3.10 LOCALIZADOR VISUAL DE FALLOS (PROLITE-11)

El Localizador Visual de Fallos está equipado con un laser de alta potencia de luz visible roja de 650 nm, que puede ser utilizado en modo CW (continuo) o MOD (modulado a 1 Hz). Lo cual nos permite visualizar la conexión de la fibra de punto a punto. Ver figura. (35). Las características se puede apreciar en la tabla Nro. (6).

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Fuente de luz	Diodo Laser Clase 3 <sup>a</sup>
Ancho de onda Central	650nm $\pm$ 10 nm
Ancho Espectral	(FWHM) $\leq$ 5 nm
Conector	Universal
Alimentación	" baterías Alcalinas AA, 1.5V
Dimensiones	192 mm x Diámetro 22 mm

Tabla Nro. (6): Características de un detector de fallas o puntero.





Figura Nro. (35): Localizador Visual De Fallos

### 3.3.11 CABLE DUCTOS

Este Material nos servirá para conducir el tramo de entrada de la Fibra Óptica hasta llegar al gabinete, básicamente su función es de conducir o distribuir cables dentro de un ambiente.

### 3.4 CALCULOS PARA LA ATENUACION TOTAL DE LA RED FIBRA OPTICA

$$A_T = L * A_L + R_E * A_L + N_C * A_C + N_E * A_E \quad (1)$$

Donde:

$L$ = Longitud total.

$A_L$ = Atenuación por longitud.

$R_E$ = Reserva de fibra para mantenimiento o adecuaciones. 10% de la longitud del enlace.

$N_C$ = Numero de conectores.

$A_C$ = Atenuación conector de fibra.

$N_E$ = Numero de empalmes.

$A_E$ = Atenuación por empalmes.

Y como dato tenemos la siguiente tabla Nro. (4), donde muestra la distancia total y la cantidad de reserva que tiene la red en cada punto:

### 3.4.1 CALCULO DE ATENUACIÓN EN LOS NODOS (A-B, A-C y A-D)

#### a) CALCULO DEL PUNTO (A-B)

##### Datos A-B

L: 0.680 Km;  $A_L = 0.25$  dB;  $R_E = 0.068$ ;  $N_C = 2$ ;  $A_C = 0.3$  dB;  $N_E = 2$ ;  $A_E = 0.1$  dB

Reemplazamos en la ecuación (1):  $A_{A-B} = L * A_L + R_E * A_L + N_C * A_C + N_E * A_E$

$$A_{A-B} = 0.680 * 0.25 + 0.068 * 0.25 + 2 * 0.3 + 2 * 0.1$$

$$A_{A-B} = 0.987 \text{ dB}$$

#### b) CALCULO DEL PUNTO (A-C)

##### Datos A-C

L: 0.950 Km;  $A_L = 0.25$  dB;  $R_E = 0.095$ ;  $N_C = 2$ ;  $A_C = 0.3$  dB;  $N_E = 2$ ;  $A_E = 0.1$  dB

Reemplazamos en la ecuación (1):  $A_{A-C} = L * A_L + R_E * A_L + N_C * A_C + N_E * A_E$

$$A_{A-C} = 0.950 * 0.25 + 0.095 * 0.25 + 2 * 0.3 + 2 * 0.1$$

$$A_{A-C} = 1.061 \text{ dB}$$

#### a) CALCULO PUNTO (A-D)

##### Datos A-D

L: 0.73 Km;  $A_L = 0.25$  dB;  $R_E = 0.073$ ;  $N_C = 2$ ;  $A_C = 0.3$  dB;  $N_E = 2$ ;  $A_E = 0.1$  dB

Reemplazamos en la ecuación (1):  $A_{A-D} = L * A_L + R_E * A_L + N_C * A_C + N_E * A_E$

$$A_{A-D} = 0.73 * 0.25 + 0.073 * 0.25 + 2 * 0.3 + 2 * 0.1$$

$$A_{A-D} = 1.0 \text{ dB}$$

### 3.5 TENSION DEL CABLEADO

La tensión del cableado del ADSS varía según la distancia y al tamaño de flecha que se está trabajando en el cableado.

En nuestra área se trabaja con distancias entre 50 y 60 mts. Con una flecha de entre 0.10 a 0.30 mts. Por tramo esto nos da una tensión de operación eso va de acuerdo a la tensión de ruptura de cada fibra, y también tomar en cuenta el peso que pueden soportar los herrajes preformados para conseguir el tensado adecuado del mismo. Ver figura Nro. (36)

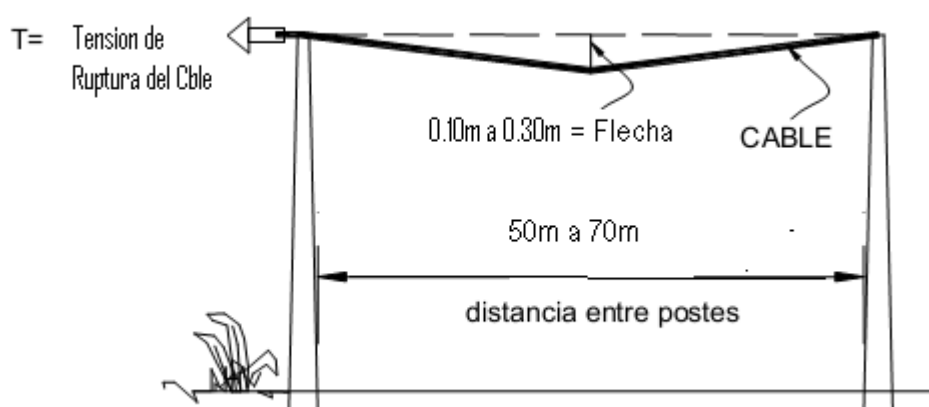


Figura Nro. (36): Tensión del cable fibra óptica.

#### 3.5.1 ANALISIS DE POSTE PARA QUE SE ENCUENTRE EN EQUILIBRIO

Un cuerpo se encuentra en estado de equilibrio si y solo si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero.

Cuando un cuerpo está en equilibrio, la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es cero. En este caso la condición es:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$$

Para un poste recién plantado y quiero realizar el tendido de fibra de 24 hilos, cuando se realice una tensión horizontal del cable, terminaría venciendo las fuerzas del encaje de la tierra, ya que allá arriba a una altura de 7 metros, el momento es tan grande que desequilibra al poste y termina rompiendo la vereda lo cual es un peligro para los peatones, para equilibrar el poste de las fuerzas laterales que debería hacer el suelo, que  $S_1$  y  $S_2$  tendrían que tener una fuerzas demasiadas altas. Ver figura Nro. (37)

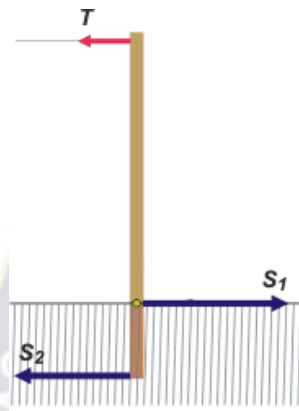


Figura Nro. (37): Poste en equilibrio

#### a) RIENDA TIPO BANDERA PARA EQUILIBRAR EL POSTE

Ahora me planteo el siguiente problema según a la figura Nro. (38). Para un poste en equilibrio que sostiene un cable horizontal que está a seis metros de altura y hace una fuerza de 120 kilogramos fuerza (kgf), que llegaría a ser la tensión de ruptura de la fibra; la rienda vertical está a un metro de distancia del poste.

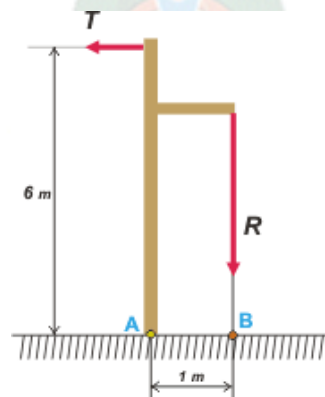


Figura Nro. (38): Poste en equilibrio con dos fuerzas contrarias T y R.

La rienda provoca un torque de sentido contrario al que ejerce la tensión del cable. El resto de las fuerzas que actúan sobre el poste lo hacen en el punto de apoyo (virtual), A. Si elijo ese punto como centro de momentos todas ellas tendrán momento nulo, y sólo quedan los momentos del cable y de la rienda. Para que el poste se mantenga en equilibrio la suma de esos dos momentos debe ser igual a cero:

$$\Sigma M = 0 \quad \rightarrow \quad MT + MR = 0$$

$$120 \text{ kgf} \cdot 6 \text{ m} - R \cdot 1 \text{ m} = 0$$

$$R = 720 \text{ kgf}$$

Respecto al resultado está claro que cuanto mayor sea la distancia entre el punto **A** y **B**, menor va a ser la fuerza que debe soportar la rienda. En realidad lo que preocupa no es la fuerza de la rienda (pueden soportar valores mucho mayores) sino su anclaje en el punto **B**. Para que esa fuerza sea menor es que debe separarse lo más posible de **A**. Pero justamente la distancia **AB** suele ser el problema limitante. En la ciudad, lo que no sobra, es espacio.

#### b) RIENDA TIPO OBLICUO PARA EQUILIBRAR EL POSTE

Si anclamos la rienda en el punto **B** atada directamente desde arriba y sin pasar por una ménsula. Para entender eso tendrás que describir el equilibrio logrado con esta otra configuración. Para eso habrá que descomponer la fuerza de la rienda en dos direcciones, una horizontal (que deberá valer lo mismo que la tensión y surge de la descomposición trigonométrica del ángulo  $\alpha$  del poste con la vertical, que es el mismo que otra vertical cuyo valor forma el triángulo poste-piso-rienda). Ver figura Nro. (39)

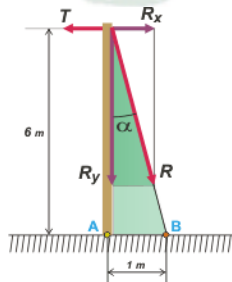


Figura Nro. (39): Rienda tipo oblicuo

$$R_x = R \sin \alpha = T \longrightarrow R = T / \sin \alpha; \quad R = 199.4 \text{ kbf}$$

$$R_y = R \cos \alpha$$

### c) CABLES SOMETIDOS A CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS

Se considera que el peso produce una carga uniformemente distribuida en la proyección horizontal, caso de cables cuya relación flecha/longitud es pequeña.

La forma que adquiere el cable es la de una parábola cuyo vértice representa el punto más bajo de este. Existen dos maneras de analizar el cable, considerar el origen de la parábola en el centro o considerarlo desde un extremo.

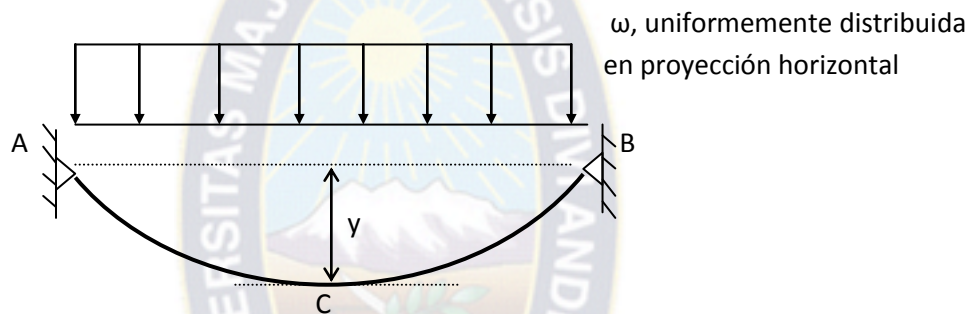


Figura Nro. (40): Carga uniformemente distribuida.

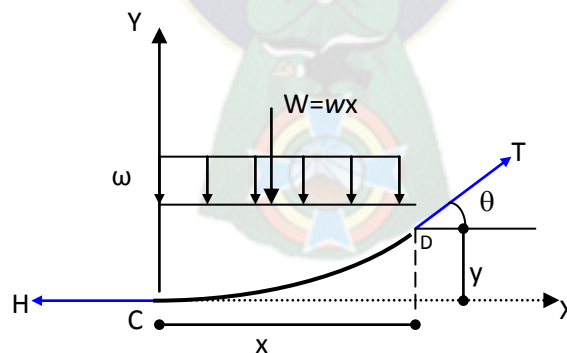


Figura Nro. (41): Momentos con respecto al punto D

Se encuentra la componente horizontal de la tensión en función de las cargas y de un valor de la flecha  $Y$  en un punto determinado o se determina la coordenada  $Y$  de la forma de la curva del cable

en función de la componente horizontal. Tomando momentos con respecto a D tenemos: ver figura Nro. (41)

$$\sum M_D = -H \cdot y + \frac{\omega \cdot x^2}{2} = 0 \Rightarrow y = \frac{\omega \cdot x^2}{2H}$$

Esta ecuación define la altura del cable medida desde el punto C en cualquier posición x, note que la ecuación corresponde a una parábola.

Para encontrar el valor de la componente horizontal H debemos conocer el valor de la flecha en un punto. En el caso de conocer la flecha máxima en C y considerando la simetría tenemos:

$$H = \frac{\omega \cdot (L/2)^2}{2 \cdot y_m} = \frac{\omega \cdot L^2}{8 \cdot y_m}$$

En esta ecuación podemos observar que el momento máximo ejercido por la componente horizontal de la tensión en uno de los apoyos corresponde al momento máximo de una viga simplemente apoyada.

Para encontrar el valor de la tensión en un punto determinado aplicamos equilibrio a la sección indicada:

$$\sum F_y = 0 = T_y - \omega \cdot L \Rightarrow T_y = \omega \cdot L$$

$$\sum F_x = T_x - H = 0 \Rightarrow T_x = H$$

El ángulo de inclinación del cable en cualquier punto es:

$$\tan \theta = \frac{T_y}{T_x} = \frac{\omega \cdot x}{H}$$

$$T = \sqrt{\omega^2 \cdot x^2 + H^2}$$

La tensión máxima se ejerce en los apoyos cuando  $x=L/2$ :

$$T_{\max} = \sqrt{\omega^2 \cdot \frac{L^2}{4} + H^2} = H \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$$

La tensión mínima se ejerce cuando  $X=0$  y corresponde al valor de la componente horizontal de la tensión, H.



### 3.6 CONSIDERACIONES NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

#### 3.6.1 ANALISIS DE COSTOS DE LA RED PLANTA EXTERNA

Son los materiales necesarios para realizar el montaje de una Red de Planta Externa en Fibra Óptica, en la tabla Nro. (7), describiremos las cantidades totales de las herramientas que se requieren para dicho montaje, que estará conformado por los cuatro nodos A, B, C y D.

DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	PRECIO P/U(\$)	TOTAL (\$)
Fibra Óptica SM Furukawa	Km	3	4	12000
Herraje de Paso	Pza.	20	5	100
Abrazadera ajustable p/poste BAP	Pza.	58	5	290
Malla Preformada	Pza.	51	3	155
Herrajes de Paso	Pza.	15	7	105
Herrajes de Suspensión	Pza.	35	7	245
Alambre de amarre Galvanizado o Acerado	Mts.	30	0.50	15
Cinta Aislante	Mts.	20	0.50	10
Escalera de 20 Peldaños	Pza.	2	140	280
Alambre de amarre o Cable Telefónico de Acometida	Mts.	50	0.50	25
Postes de Electropaz y Cotel Alquiler	Pza.	58	0.70	40.6
PRECIO TOTAL				13265,6

*Tabla Nro. (7): Materiales que comprenden dentro la red de planta externa.*



### 3.6.2 ANALISIS DE COSTOS DE LA RED DE ACOMETIDA

En la tabla Nro. (8), Muestra el estudio de costo total de la red de acometida,

DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	PRECIO P/U (\$)	TOTAL (\$)
caja de Empalme (ODF)	Pza.	4	3	21
Picteles de fibra	Pza.	4	7	28
Media Converters	Pza.	3	50	150
Switch Administrable o Patch Pannel	Pza.	1	150	150
Gabinetes	Pza.	4	75	300
Estabilizador de tensión	Pza.	4	8	32
Termo contraíbles	Pza.	10	0.8	8
Localizador de Fallas	Pza.	1	35	35
Cable Ductos	Mts.	15	2	30
PRECIO TOTAL				754

Tabla Nro. (8): Muestra el costo total de la red de acometida.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 4.1 CONCLUSIONES

Después de efectuada la presente investigación se obtienen las siguientes conclusiones:

- De acuerdo relevamiento topográfico, estamos seguros de que el diseño de una red de fibra óptica es de beneficio, tanto como en calidad de servicio y los costos de implementación.
- Utilizando la Fibra Óptica se puede asegurar que este tiene ventajas indiscutibles, la alta velocidad al navegar por internet, así como su inmunidad al ruido e interferencia, reducida dimensiones y peso, y sobre todo su compatibilidad con la tecnología digital.
- Todos los equipos y accesorios de fibra que están formando parte de la red son normalizados por la IEEE.802 para un eficiente funcionamiento y una facilidad en su mantenimiento.
- Efectivamente es muy importante el estudio acerca del equilibrio de un poste, para tener una red de fibra óptica de calidad según la norma.
- Notamos la efectividad de la fibra óptica en la implementación de las redes, ya que las pérdidas en estas son muy bajas además que no existe posibilidad de interferencias en ellas lo que nos permite una comunicación eficaz

### 4.2 RECOMENDACIONES

- Cuando realicen este tipo de trabajo no olviden todo lo que aprendieron sobre la alta, media y baja tensión; es muy importante recordar puesto que se trabajara en ese tipo de ambiente y deben tener mucho cuidado.
- El uso del normativo minimizará las fallas, atenuaciones y prolongará la disponibilidad de la red, para su aprovechamiento actual y futuro.



## ANEXOS

---



Imagen(a): forma de desenrollar un cable de fibra óptica



Imagen (b): Modo de realizar el tendido de fibra u otro tipo de cable



Imagen (c): Modo de asegurarnos con el cinturón



Imagen (d): Modo de manejar el cable de fibra o cualquier otro tipo de cable, pero de gran capacidad.





Imagen (e): Modo de sujeción de un cable ADSS, con la malla  
Preformada.



Imagen (f): Gabinete instalado en el nodo principal con todos los  
Accesorios instalados.