



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Diseño de Rutas con cable de fibra  
óptica para expandir servicios de  
Telecomunicaciones**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Topógrafo Geodesta**

**PRESENTA**

Enrique Nájera Olvera

**DIRECTOR(A) DE TESINA**

Ing. Ana Lilia Salas Alvarado



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

## INDICE

Página

Introducción .....	1
I.-Alcances del Proyecto. ....	1
I.1.-Contexto Comercial.....	2
I.2.-Interacción de los agentes participantes. ....	2
I.3.-Ingeniería y Planeación del Diseño.....	3
II.-Actividades de Gabinete.....	4
II.1.-Ubicación de los puntos a interconectar.....	4
II.2.-Aplicación de los archivos KMZ.....	5
II.3.-Mapeo y trazo de ruta.....	6
III.-Aportación e importancia de la cartografía digital georreferenciada.....	7
III.1.-Coordenadas.....	7
III.2.-Simbología.....	8
IV.-Levantamiento y Digitalización.....	9
IV.1.-Levantamiento en Vía Pública.....	9
IV.2.-Formatos y Planos de Apoyo.....	11
IV.3.-Herramientas utilizadas en campo.....	11
IV.4.-Digitalización.....	12
V.-Infraestructura.....	12
V.1.-Postes.....	13
V.2.-Cables.....	14
V.3.-Referencias.....	16
VI.-Lineamientos del SEN para instalación aérea.....	17
VI.1.-Contrato de arrendamiento.....	17
VI.2.-Factibilidad.....	18
VII.-Planos y Entregables.....	18
VII.1.-Documentación.....	18
VII.2.-Planos.....	19
VIII.-Implementación de la red aérea.....	20
VIII.1.-Metodo Constructivo.....	21
VIII.2.-Instalación del cable de fibra óptica.....	24
IX.-Conclusiones.....	28
Referencias .....	29

## INTRODUCCIÓN

En México un Concesionario de Servicios de Telecomunicaciones (CST) debe estar acreditado ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y regulado por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). para poder operar y brindar a la sociedad servicios de telecomunicaciones.

Actualmente para lograr la expansión de cobertura los concesionarios de servicios de telecomunicaciones celebran contratos anuales de arrendamiento con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) para ocupar su infraestructura específicamente los postes, que por sus características físicas resultan factibles para ser utilizados como soporte y despliegue de cables que contienen fibra óptica.

La acelerada demanda de conectividad por medio de cables instalados de forma aérea requiere de diseños de ruta confiables que sean resultado de una adecuada planeación en gabinete y validación en campo, asegurando obtener las mejores condiciones de funcionalidad.

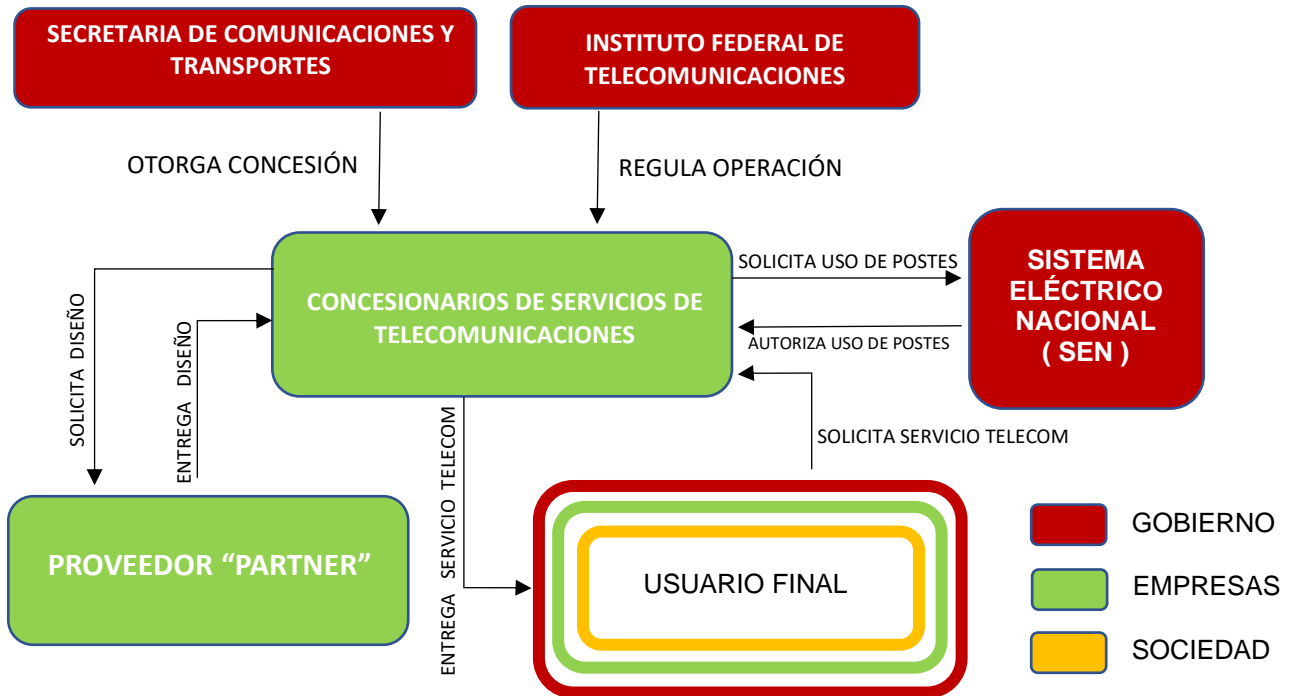
### **I.- Alcance del proyecto**

#### I.1.- Contexto comercial

El contexto comercial a nivel nacional se origina a partir de que los CST tienen la necesidad de expandir su cobertura para entregar servicios de internet por medio de cables que contienen fibra óptica, para lograr dicha expansión requieren ocupar infraestructura propiedad del SEN, en la mayoría de los casos los proyectos de ampliación de redes aéreas son diseñados y construidos por un tercero que generalmente lo constituyen empresas constructoras conocidas como “partner” que se especializan en el ramo de las telecomunicaciones y se convierten en proveedores a largo plazo de los CST.

## I.2.- Interacción de los agentes participantes

De manera generalizada los agentes participantes son las entidades que están involucradas en aspectos legales, administrativos, técnicos y operativos para lograr una entrega de servicios de telecomunicaciones al usuario final.



INTERACCIÓN DE ENTIDADES PARA ENTREGAR UN SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES.

Fuente: Elaboración propia.

### I.3.- Ingeniería y Planeación del Diseño

El diseño es el resultado de desarrollar alternativas de ruta en vía pública para interconectar un punto origen que se conoce como OLT (terminal de línea óptica) hacia un punto destino representado por la ubicación del usuario final, dicho enlace deberá tener una longitud de hasta 20 km. el cual se logra mediante un estudio preliminar de gabinete y posterior validación en campo garantizando las trayectorias más viables para la instalación de rutas nuevas y rutas de refuerzo en los circuitos de cableado existentes propiedad de los CST permitiendo que el usuario final tenga más opciones de interconexión.



IMAGEN REPRESENTATIVA INDICANDO LA ZONA DE DISEÑO EN VÍA PÚBLICA.  
Fuente: Elaboración propia

## **II.- Actividades de gabinete**

### Introducción

Las actividades de gabinete tienen que ver con los trabajos que se realizan en oficina antes y después de los recorridos en campo, dichos trabajos permiten analizar y controlar los cambios que surgen en el desarrollo del diseño. como ejemplo podemos mencionar las siguientes actividades: elaboración de cartas poder para gestionar permisos ante autoridades, programas de obra, elaboración de generadores de materiales, trazos de ruta en archivos KMZ, impresión de planos etc.

### II.1.-Ubicación de los puntos a interconectar

Una actividad esencial en gabinete es la identificación de los puntos a interconectar, la cual en la mayoría de los casos se realiza por medio del programa GOOGLE EARTH utilizando la función "Street View" que permite visualizar de forma aproximada los puntos de interés ubicados en vía pública, lo anterior permite conocer desde el escritorio las probables condiciones físicas de la zona de trabajo que posteriormente se validarán en campo. Por las características técnicas del cable el diseño de ruta puede tener una longitud de hasta 20 km. y se compone de un inicio y fin de ruta, en campo se identifican como "punto de derivación" y "usuario final" respectivamente.

## II.2.- Aplicación de los archivos KMZ

Los archivos kmz se obtienen de Google Earth y representan el método generalizado de intercambio de información entre los agentes participantes, tienen su aplicación en los procesos de diseño, implementación, mantenimiento y expansión de rutas de fibra óptica a nivel nacional.

Los archivos kmz funcionan como herramienta para previsualizar las condiciones de campo y aportan elementos de ingeniería básica en el diseño de redes que permiten obtener de forma aproximada la siguiente información:

- Localización del punto origen y punto destino.
- Trazo y longitud de la trayectoria
- Tipo de infraestructura existente
- Conectividad entre vialidades

A continuación, se muestran algunas imágenes de los archivos KMZ en el diseño de rutas.

### Archivo en KMZ

#### Es importante indicar en el KMZ:

- Infraestructura existente respetando el color de cada compañía (Cablecom, Cablemas, IZZI, Bestel, Metrored).
- Postes a utilizar, enumerados desde la infraestructura existente hasta el sitio del cliente
- Indicar las gasas con el metraje que se alojara en ellas



#### Colores de Infraestructura Existente solo para KMZ

- Cablecom
- BESTEL
- Cablemas
- IZZI
- Metrored
- RUTA NUEVA

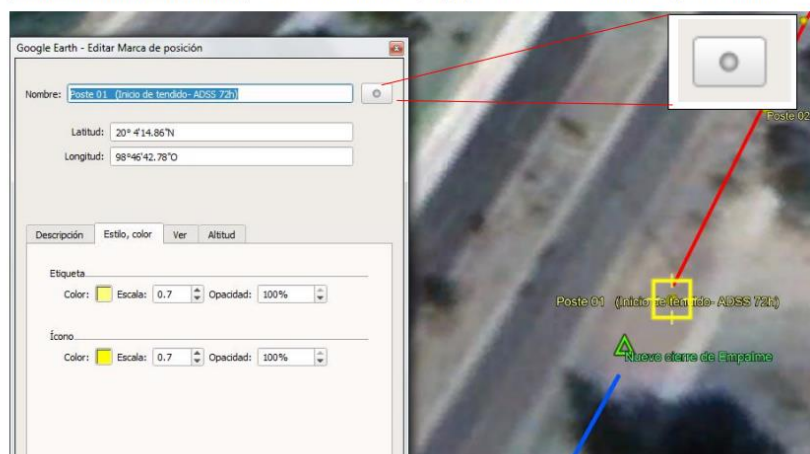
#### Simbología de KMZ



IMAGEN DE ARCHIVO KMZ CON TRAYECTORIA DE RUTA EN VÍA PÚBLICA.

Fuente: Elaboración propia.

*Postería de CFE a utilizar en RUTA nueva: Se indicará de color amarillo según ejemplo, así mismo es necesario indicar el tipo de FO a instalar*



ARCHIVO KMZ CON IDENTIFICACIÓN DE POSTES SOBRE IMAGEN SATELITAL  
Fuente: Elaboración propia.

### II.3.- Mapeo y trazo de ruta

El mapeo de una ruta de telecomunicaciones consiste en visualizar la trayectoria en archivos KMZ y posteriormente obtener la información de los municipios o alcaldías que abarcan dicha trayectoria, esta información sirve de respaldo para documentar la solicitud de permisos de construcción que se ingresa a las dependencias de gobierno para obtener las autorizaciones de instalación, una vez que el diseño queda aprobado.



IMAGEN DE UN MAPEO DE RUTA PARA IDENTIFICAR ALCALDÍAS EN CDMX.  
Fuente: Elaboración propia.



### III.-Aportación e Importancia de la planimetría digital georreferenciada

Introducción.

Tomando en cuenta que la planimetría es una rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para conseguir la representación a escala de los detalles de un terreno sobre una superficie plana. La base para tener un adecuado diseño de red implica contar con una planimetría georreferenciada digital bajo los estándares del INEGI que muestre a detalle los trazos de calles de forma actualizada. Es aquí donde los CST se apoyan de sus proveedores para obtener y desarrollar planimetrías georreferenciadas que garanticen diseños donde las medidas obtenidas en terreno sean acordes al plano digital y en consecuencia no existan irregularidades para el procesamiento de datos obtenidos en campo.

#### III.1.- Coordenadas

Resulta de gran utilidad el empleo de coordenadas geográficas para la localización de puntos a interconectar ya que permite ubicar con mayor precisión la infraestructura en campo, actualmente se utilizan aplicaciones gratuitas como “TIME STAMP” donde se visualizan las coordenadas en las fotografías obtenidas de los dispositivos móviles con la opción de personalizar en las fotos la visualización de datos y el formato de coordenadas.



FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON LA APLICACIÓN “TIMESTAMP”  
Fuente: Elaboración propia.

### III.2.-Simbología

Con la simbología se identifican los elementos que forman parte del diseño de ruta, en el caso de los postes se asigna un símbolo para cada tipo, altura y material de elaboración: concreto=circulo, acero=triangulo, madera=cuadrado. Adicionalmente se utiliza el color azul para identificar la infraestructura existente y el color rojo para resaltar la infraestructura nueva o propuesta, en resumen, la simbología tiene la ventaja de simplificar espacios en el plano y proporcionar información de interés para el diseño.

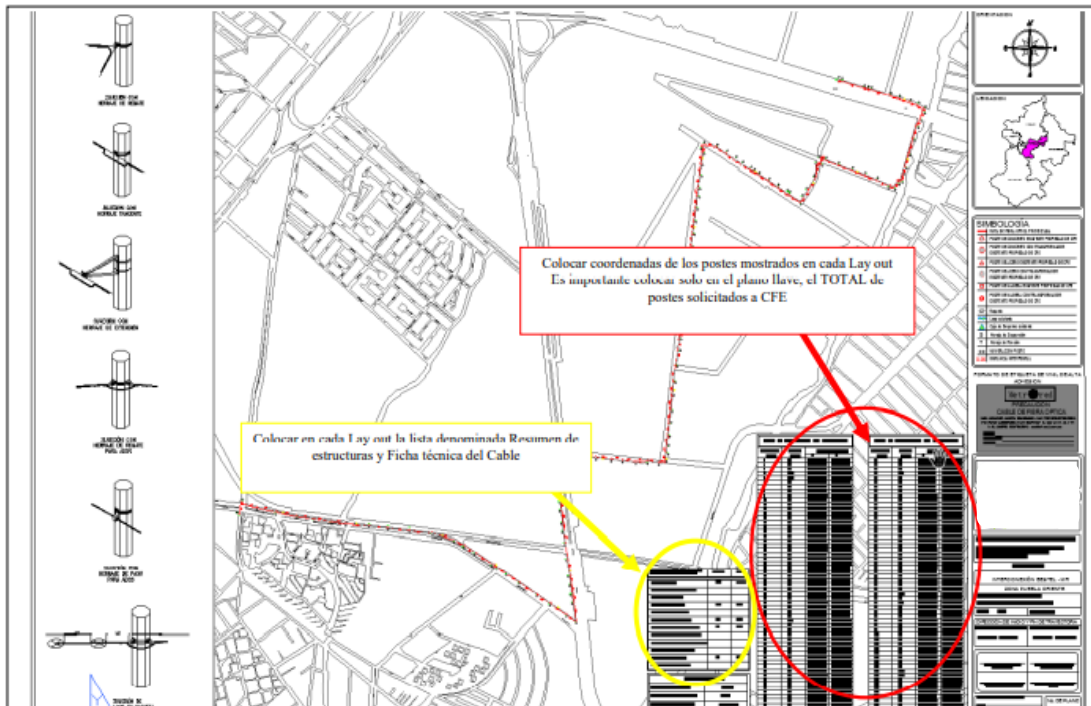







IMAGEN PLANO DE RUTA  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran algunos símbolos que se utilizan en los planos de diseño de redes aéreas con cable de fibra óptica.

	POSTE CFE DE CONCRETO
	POSTE CFE DE ACERO
	POSTE CFE DE CONCRETO CON TRANSFORMADOR
	POSTE CFE DE ACERO CON TRANSFORMADOR
	POSTE DE MADERA
PE	POSTE DE CFE
PP	POSTE PROPIO

#### **IV.- Levantamiento y Digitalización**

##### Introducción

El levantamiento representa la validación en campo para obtener la mejor propuesta considerando un tendido de fibra óptica viable y adecuado a los requerimientos establecidos en el anteproyecto de interconexión, la digitalización se realiza utilizando la cartografía base generada en un archivo tipo CAD con extensión .dwg en versiones posteriores a 2016.

##### IV.1.- Levantamiento en vía pública

El levantamiento se ejecuta con dos personas quienes deberán presentarse en campo con equipo de seguridad que consiste en chaleco, botas y casco, adicionalmente deben portar una credencial vigente con fotografía que los identifique como personal que está realizando el levantamiento , la función de la persona 1 es registrar en el plano de apoyo la ubicación de la infraestructura de manera clara y con la simbología correspondiente, además se encargará de portar el navegador para obtener las coordenadas geográficas.

La persona 2 tendrá como función utilizar el odómetro, registrar en la libreta de campo las coordenadas, distancia entre postes y sus características.

Las dos personas encargadas del levantamiento se asegurarán en todo momento de registrar los datos con precisión, evaluar, proponer y justificar el método constructivo de la trayectoria.

Para los diseños de rutas aéreas se deberá proponer la utilización de postes propiedad del SEN indicando el tipo y altura de poste además de elementos adicionales como: transformadores, retenidas, tierra físicas etc. En las zonas donde no existan postes se tendrá que proponer postes nuevos cuidando que éstos no obstruyan vialidades o invadan predios de propiedad privada.



FOTO DE LEVANTAMIENTO EN VÍA PÚBLICA.  
Fuente: Elaboración propia

#### IV.2.- Formatos y Planos de Apoyo

Como parte del material de apoyo en campo se tiene la libreta de campo que deberá adaptarse para que se incluya un formato donde se registren las características de la infraestructura tales como: distancia entre postes, coordenadas, altura etc.

En los planos de levantamiento se registran los siguientes elementos:

- Ubicación del poste respecto a la calle.
- Número consecutivo distinguiendo entre poste existente (PE) y poste propuesto (PP).
- Distancia entre cada poste.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO PLANTA EXTERNA																
NOMBRE DEL PROYECTO										PLANO:						
LEVANTO:										FECHA:						
ID	POSTE								COORDENADAS UTM		REGISTRO					
	TIPO	ALTIMA	DISTANCIA	TIPO DE ARMES	Z	BRACO	ACROENFOQUE	DIAGONAL	GASA	TERRA	ETIQUETA	X	Y	TIPO DE REGISTRO	BAJANTE	TIPO DE SUELO

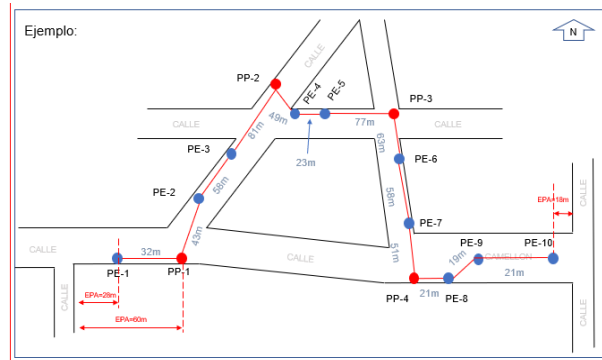


FIGURA DE UN FORMATO DE LEVANTAMIENTO Y PLANO DE APOYO  
Fuente: Elaboración propia

#### IV.3.- Herramientas utilizadas en campo.

Las herramientas utilizadas para el desarrollo del levantamiento se mencionan a continuación:

- a) Libreta de campo con formatos para registro
- b) Bolígrafos de color azul y rojo
- c) Odómetro
- d) Navegador GPS
- e) Plano de apoyo

#### IV.4.- Digitalización

La digitalización consiste en realizar el dibujo en autocad de la ruta validada en campo administrando en capas la información con las características de cada poste.

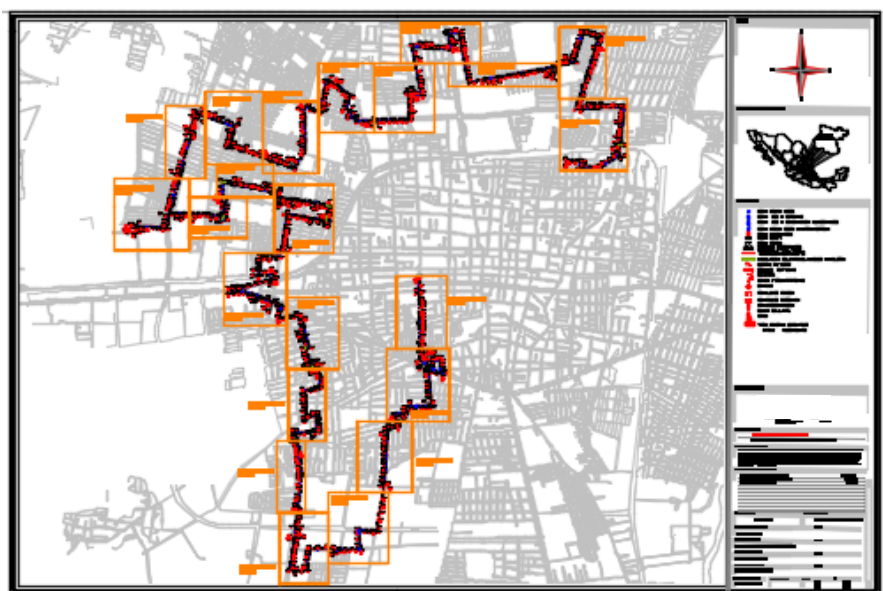


FIGURA DE UN PLANO LLAVE ELABORADO EN AUTOCAD  
Fuente: Elaboración propia

#### V.- Infraestructura

Introducción.

La infraestructura ubicada en vía pública constituye la columna vertebral de los proyectos de expansión de redes con cable de fibra óptica ya que representa el medio de traslado físico y de soporte para realizar la conectividad de un punto origen a un punto destino.

## V.1.- Postes

Los postes propiedad del SEN constituyen el 98% de la infraestructura que se utiliza en los diseños de red, mientras que el 2% restante lo integran postes nuevos propuestos que se instalan en tramos donde no existe infraestructura para sujetar el cable.

Los postes descritos a continuación son los autorizados por el SEN para permitir la instalación de redes de telecomunicaciones:

PCR 09-250; Poste de concreto reforzado de 9 metros; resistencia 250 kg.

PCR 11-500; Poste de concreto reforzado de 11 metros; resistencia 500 kg.

PCR 12-750.- Poste de concreto reforzado de 12 metros; resistencia 750 kg.

PCR 13-600.- Poste de concreto reforzado de 13 metros; resistencia 600 kg

PCR 14-700.- Poste de concreto reforzado de 14 metros; resistencia 700 kg.

PCR 15-800.-Poste de concreto reforzado de 15 metros; resistencia 800 kg.

Existen también postes propiedad del SEN elaborados de madera o acero, para estos casos se podrán incluir en el diseño siempre y cuando se encuentren en buenas condiciones.

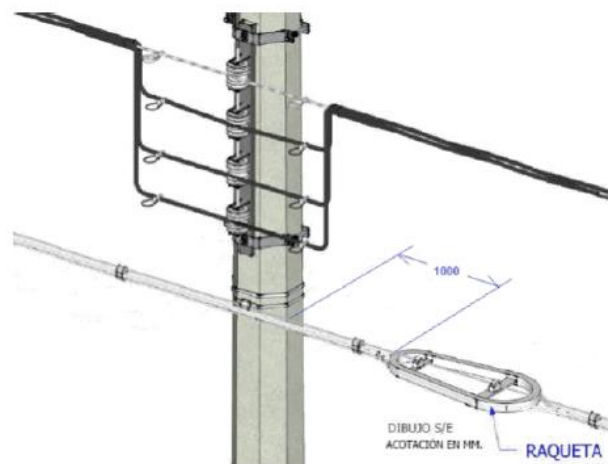


IMAGEN DE POSTE CON CABLE DE FIBRA INSTALADO  
Fuente: Lineamientos Técnicos y Administrativos del SEN año 2014

## V.2.- Cables

El cable de fibra óptica representa el elemento físico de interconexión que hace posible la entrega del servicio de telecomunicaciones, por tal motivo al efectuar el diseño se debe considerar que el cable de fibra se mantenga sobre el derecho de vía por debajo de los conductores eléctricos y separado de los mismos una distancia de 0.5 metros, cuidando que el cable no invada propiedad privada, otro aspecto importante que influye en la elección de las trayectorias del cable dependerá de la existencia de zonas arboladas ya que si se proyecta la ruta sobre zonas arboladas existe la probabilidad que el cable sea cortado de forma accidental al realizar poda de árboles. El cable de fibra óptica tiene la característica que es dieléctrico por tal motivo no es conductor de electricidad y se presenta en las siguientes modalidades: autoportado y cable figura 8 los diámetros y pesos por kilómetro dependen del número de fibras que contengan en su interior.

ESPECIFICACIONES DEL CABLE						
Total de fibras	Diámetro exterior (mm)	Peso (kg/km)	Fuerza de tensión (N)	Span (m)	Resistencia al aplastamiento corto/largo plazo (N/100 mm)	Cumplimiento de estándares
12	11.6	115	3200	100	2000/1100	IEC 60794-1
24						
36						
48						
96	12.9	138				
144	16.1	210				

IMAGEN CON ESPECIFICACIONES GENERALES DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA  
Fuente: Telecomunicaciones Splittel año 2021



## CABLE TIPO FIGURA 8

El cable figura 8 se utiliza principalmente para interconectar poblados a lo largo de carreteras donde los postes están separados un promedio de 100 metros, para estos casos el cable figura 8 proporciona gran fuerza y estabilidad gracias a su mensajero de acero colocado a lo largo del cable, el mensajero cuenta con 7 alambres de acero de 1.6 mm. cada uno y cuenta con protección de rayos UV.

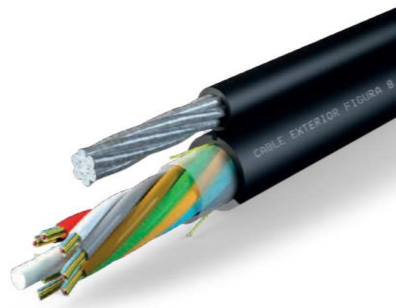


IMAGEN DE CABLE FIGURA 8  
Fuente: Telecomunicaciones Splittel año 2021

## CABLE DIELECTRICO AUTOSOPORTADO

El cable ADSS ( All Dielectric Self Supported) se utiliza en zonas urbanas donde la separación de postes es de 60 metros aproximadamente, es resistente y estable ya que contiene hilos de aramida y su elemento central de fuerza que le permite soportar la tensión durante su instalación. Cuenta con una cinta que envuelve a los tubos holgados, protegiéndolos contra el ingreso y la migración de agua.

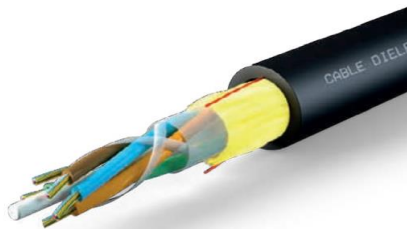


IMAGEN DE CABLE FIGURA 8  
Fuente: Telecomunicaciones Splittel año 2021

### V.3.- Referencias

Durante la ejecución del levantamiento las referencias de campo son una herramienta adicional para la ubicación de postes existentes y propuestos, su utilidad consiste en que una vez que se asigna al poste como parte de la ruta, se obtiene una distancia adicional del poste mencionado hacia un elemento fijo que se encuentre cerca, la distancia y el símbolo de la referencia se registran en el plano.

<b>EPA= Esquina Paramento</b>	
<b>TAT= Torre Alta Tensión</b>	
<b>PUV= Puente Vehicular</b>	
<b>PUP= Puente Peatonal</b>	
<b>FFCC= VÍA FERROCARRIL</b>	
<b>LAT= LÍNEA DE ALTA TENSIÓN</b>	

### SIMBOLOGIA DE REFERENCIAS EN CAMPO

Fuente: Elaboración propia.

<p><b>LEVANTAMIENTO DEL SITIO Y PROPUESTA</b></p> <p>Indicar ancho de banqueta o sección así como ubicación del mobiliario propuesto con las medidas y el espacio libre de circulación; en cotas</p>		<p><b>DISEÑO DEL MOBILIARIO</b> Material: CONCRETO</p>	<p>MOBILIARIO SOLICITADO: <b>POSTE 5</b></p>
<p><b>FOTOGRAFÍA DEL SITIO</b></p>	<p><b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b></p>		<p>UBICACIÓN: Calle Epigenio González</p> <p>COORDENADAS UTM: X: 355045.00 m., Y: 2279984.00 m.</p> <p>ENTRE CALLE VÍO REFERENCIAL: Prof. Corregidora Nte.</p> <p>COLONIA: Clausuros del Parque</p> <p>DELEGACIÓN: Querétaro</p> <p>NOMBRE DE LA EMPRESA: INPRO TELECOM SA DE CV</p> <p>FIRMA DE APODERADO LEGAL:</p> <p>CÓDIGO: PP-5</p> <p>OBSERVACIONES: SE DEJAMA LÍMITE PASO PEATONAL CON UN ANCHO MÍNIMO DE 1.80 METROS. EN EL CASO DE QUE EL POSTE SE UBICARÁ AL LÍMITE DE LA BANQUETA O GUARNICIÓN SE UBICARÁ A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 0.80 METROS DEL LÍMITE DE ESTA SUBESTRANCA. SE DEBE DE CUMPLIR CON EL PERMISO CORRESPONDIENTE PARA LA REPUESTA DE PASEMOTOS ASÍ COMO AQUELLOS REGULADOS EN LA MATERIA Y DEMÁS DISPOSICIONES LEGALES Y ADMINISTRATIVAS VIGENTES.</p> <p>SELLO:</p>

### IMAGEN: FORMATO CON REFERENCIAS DE CAMPO

Fuente: Elaboración propia

## **VI.- Lineamientos del SEN para instalación aérea**

### Introducción

Con el objeto de normalizar las instalaciones de cables que contienen fibra óptica el SEN emitió el 16 de diciembre del 2014 un documento denominado "lineamientos técnicos y administrativos para instalación de redes de telecomunicaciones" donde establece ampliamente las normas técnicas de instalación y los procesos administrativos que deben seguir los CST para el proceso de arrendamiento de infraestructura propiedad del SEN.

### VI.1.- Contrato de arrendamiento

El contrato nacional de arrendamiento se celebra entre el SEN y los CST donde se establecen las condiciones técnicas, administrativas y económicas para el uso temporal de la infraestructura.

Los aspectos más destacados del contrato se mencionan a continuación:

- El usuario tendrá acceso temporal a la infraestructura con el objeto de instalar un cable de red de telecomunicaciones.
- Se establece la opción que la red de telecomunicaciones sea ampliada con la condición que el usuario se encuentre al día con sus aportaciones y dependerá de la disposición técnica de la infraestructura.
- El usuario se obliga a mantener actualizado el plano de ruta indicando claramente el incremento o decremento del cable instalado en la infraestructura eléctrica.
- Las partes aceptan que los términos, condiciones y alcances tienen vigencia a partir de la fecha de firma y hasta el 31 de diciembre del año en curso.

## VI.2.- Factibilidad

Una vez que se tiene definido el diseño en campo se presenta la revisión del mismo ante el SEN quien en caso de ser autorizado, emite un documento denominado "FACTIBILIDAD" la cual representa la aceptación para la ocupación de los postes, este documento es un requisito que solicitan los gobiernos estatales y municipales como parte de la documentación para iniciar trámites en caso de requerir alguna obra civil adicional en vía pública que sea parte del diseño.

## **VII. Planos y Entregables**

### Introducción

Los planos y documentos entregables representan el método de formalidad que utilizan las dependencias públicas y privadas para intercambiar información, realizar acciones de entrega recepción y autorización de proyectos.

### VII.1.- Documentación

La documentación que debe contener un diseño de red para ser autorizada se concentra en un archivo digital con el nombre de Memoria Técnica Descriptiva y contiene en la mayoría de los casos la siguiente información:

- Datos del Proyecto
- Antecedentes
- Reporte Fotográfico
- Descripción de los trabajos
- Proceso Constructivo

## VII.2.- Planos

Los Planos finales del diseño muestran de forma general la trayectoria de la red proyectada de fibra óptica desde el punto de salida hasta el punto de llegada indicando los cadenamientos físicos y ópticos del enlace.

El detalle del poste debe llevar la siguiente información:

- Tipo de Herraje a instalar.
- Los postes donde se instalarán reserva de cable en forma de raqueta.
- Los postes donde se instalarán cajas de empalme.
- Las coordenadas geográficas de cada poste.
- Colocación de simbología respecto a equipos adicionales como son transformadores y retenidas.
- Escala de dibujo.
- Distancia real entre postes.
- Numeración de postes.
- Cadenamiento de la ruta.
- Cambios de dirección del cableado.
- Ubicación de puentes, árboles o algún obstáculo que interfieren en la trayectoria del cableado.
- Coordenadas geográficas.

Los planos del diseño de red se deben elaborar solo en programa autocad utilizando la escala acorde para la visualización de todos los elementos del diseño, indicando la traza de las calles de forma georreferenciada donde se indique la trayectoria en la acera o aceras de interés para la instalación de la red de telecomunicaciones, se entrega al SEN un ejemplar en papel tamaño 90x60 cm. y su correspondiente archivo digital.

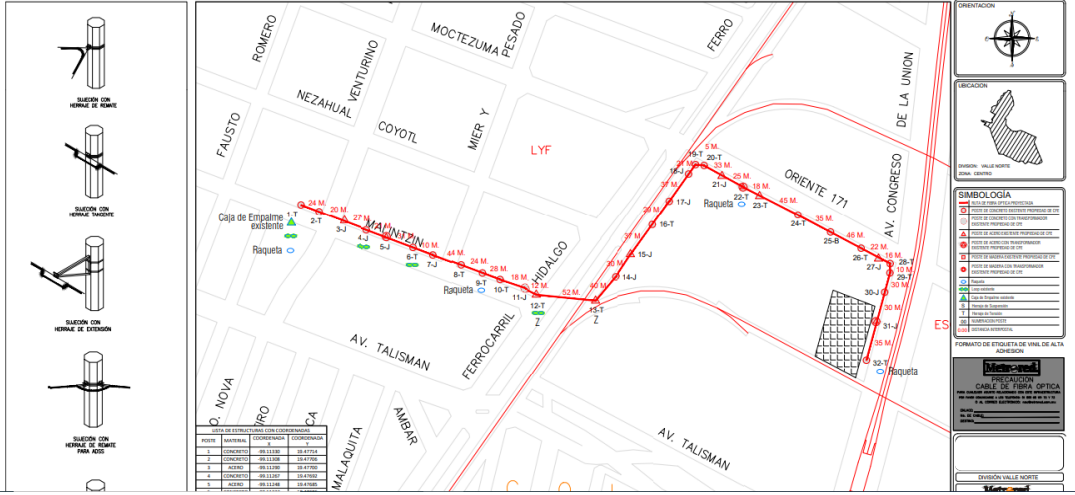


IMAGEN: PLANO DE RUTA AUTORIZADO POR EL SEN  
FUENTE: Elaboración propia

**VIII.-Implementación de la red aérea**

Introducción.

La implementación de la red consiste en llevar a cabo la construcción del diseño, instalando físicamente el cable de fibra óptica sobre los postes ubicados en vía pública, para realizar dicha actividad se coordinan las áreas operativas de la empresa constructora para trasladar a la zona de trabajo al personal especializado, herramientas y materiales que requiera el proyecto.

### VIII.1.- Método Constructivo

El método constructivo se define como la secuencia de instalación que se aplica en campo considerando los siguientes factores para el despliegue de la red de fibra óptica.

- a). -Distancia Interpostal: Es la distancia máxima que soporta el cable entre cada poste de la trayectoria.
- b). -Altura de cable; La altura mínima para el cable es de 5.5 metros cuando se trata de calles y avenidas y de 7.5 metros para cruzar vías de ferrocarril.
- c). -Tipo de herrajes; Elementos que fijan el cable al poste y pueden ser de tensión o suspensión.



IMAGEN: INSTALACION AÉREA CON CABLE DE FIBRA ÓPTICA  
Fuente: Elaboración propia

- Herrajes de Tensión.

Es un elemento mecánico utilizado a lo largo de la trayectoria en donde existen cambios de dirección y puntos de soporte adicional, para el cual se deberá mantener un arreglo en forma de omega desvanecida de 15 a 20 cm. Todos los herrajes que se utilicen en la instalación y sujeción de cables deben ser galvanizados por inmersión en caliente, con acabado especial, cumpliendo con la norma NMX-H-004-SCFI-2008 para instalaciones aéreas del SEN.

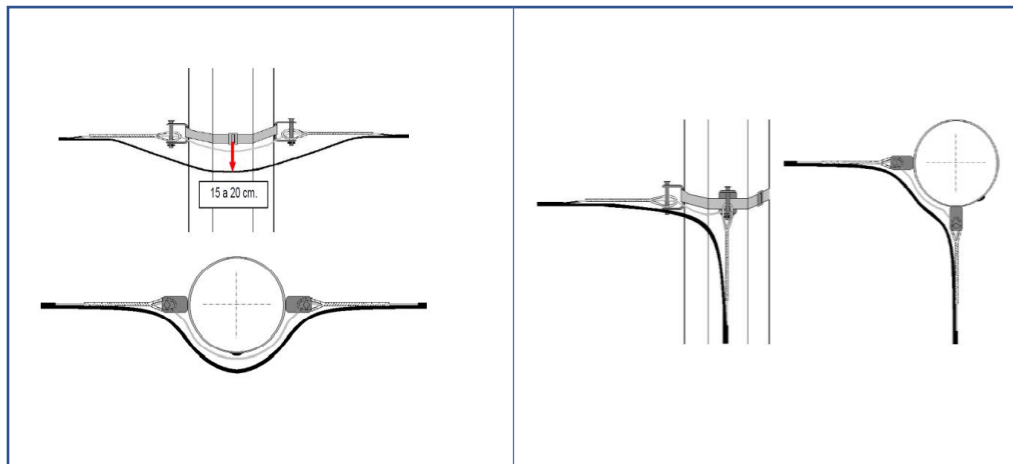


FIGURA CON VISTA DE PLANTA Y VISTA FRONTAL DE HERRAJES TIPO TENSIÓN  
Fuente: Lineamientos Técnicos y Administrativos del SEN año 2014.



IMAGEN DE ELEMENTOS PARA INSTALAR HERRAJE TIPO TENSIÓN  
Fuente: Elaboración propia



- HERRAJE DE SUSPENSIÓN

Es un elemento mecánico utilizado para la sujeción del cable de fibra óptica en los tramos donde no existen cambios de dirección, cumplen con la función de mantener la altura constante del cable respecto al piso. La sujeción al poste deberá hacerse con fleje y hebillas de acero inoxidable de 20mm. de ancho y 0.51 mm de espesor.

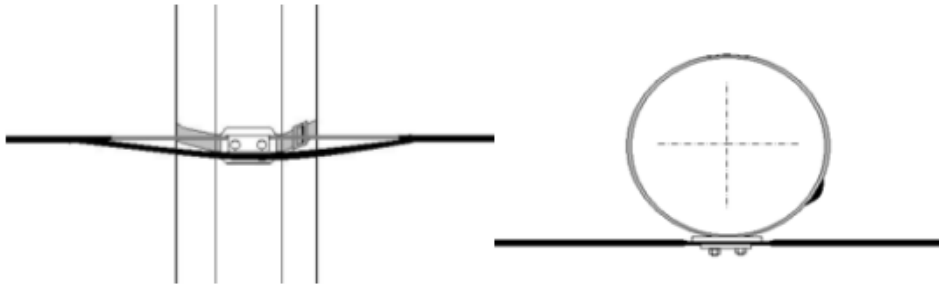


FIGURA CON VISTA FRONTAL Y VISTA DE PLANTA CON HERRAJE TIPO SUSPENSIÓN  
Fuente: Lineamientos Técnicos y Administrativos del SEN año 2014



IMAGEN DE ELEMENTOS PARA INSTALAR HERRAJE TIPO SUSPENSIÓN  
Fuente: Elaboración propia

## VIII.2.- INSTALACIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Un aspecto importante que debe tomarse en cuenta para la instalación del cable es asegurarse en mantener su permanencia ya que por tratarse de instalaciones en vía pública están expuestas a sufrir cortes o daños por terceros, de tal manera que la primera consideración es garantizar que se cumpla con las alturas mínimas al momento de la instalación, para tal efecto se establece en la normativa NOM-SEN 001-SEDE-2012 los siguientes casos:

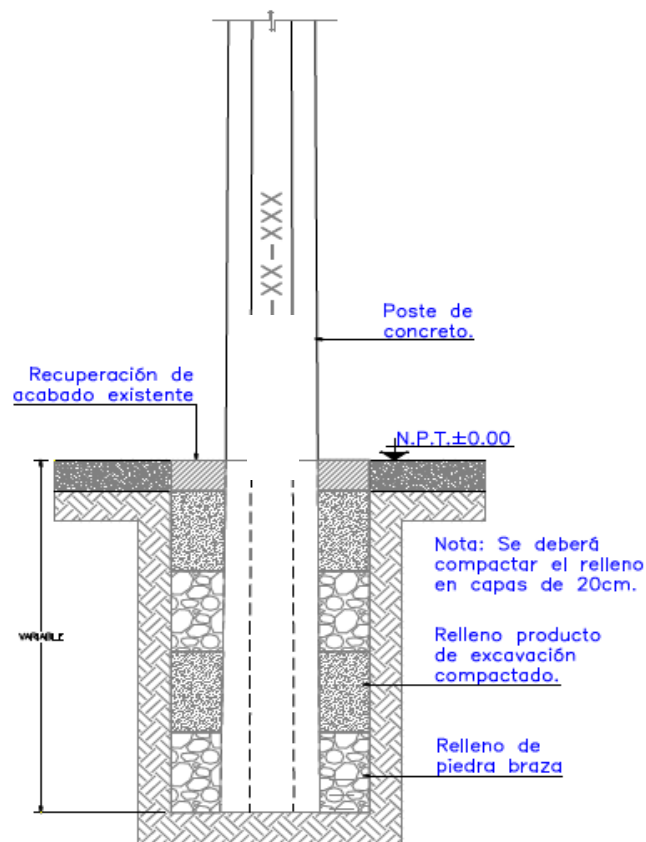
- a) Altura de 4.50 metros en calles, callejones, propiedades residenciales y accesos vehiculares y sobre las áreas domesticas no sujetas a tráfico de camiones.
- b) Altura de 5.50 metros en avenidas principales o carreteras públicas, áreas de estacionamiento con tráfico de camiones, accesos vehiculares a lugares distintos de las propiedades residenciales y otros lugares por donde atraviesan vehículos, como las áreas de cultivo, pastizales, bosques y huertos.
- c) Altura de 7.50 metros sobre los rieles de vías de ferrocarril y cruces de autopistas.



ILUSTRACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA  
FUENTE: Elaboración Propia

Otro aspecto importante es la necesidad de instalar postes nuevos que se presenta cuando sobre la trayectoria diseñada no hay disponibilidad de postes del SEN. Para tal caso se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Realizar cepa con un diámetro de 50 cm. como mínimo.
- Insertar el poste y centrarlo en la cepa.
- Girar el poste para que la cara de textos grabados con las características del mismo quede visible hacia arroyo vehicular.
- Rellenar la cepa con capas de 20 cm. entre material de excavación y grava alrededor del poste, compactar hasta llegar al nivel del piso terminado.



ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE POSTE NUEVO  
FUENTE: Lineamientos Técnicos y Administrativos del SEN año 2014

Por último, se tienen dos elementos fundamentales que se incluyen en el diseño e implementación de redes de fibra óptica como parte de su estructura funcional.

a). - Cajas de Empalme

Las cajas de empalme son elementos que permiten distribuir y proteger las fusiones de fibra óptica. Estos elementos se dividen en las siguientes categorías:

Cierres de Empalme de Primer Nivel: normalmente utilizados para enlaces en los que se unen dos cables de fibra óptica de paso o bien para la derivación de enlaces de fibra. Esto permite al enlace abarcar una mayor área de cobertura.

Cierres de Empalme de Segundo Nivel: utilizados en la distribución de enlaces principales de fibra, dirigidos al usuario final. Los cierres de empalme son parte fundamental de las redes instaladas en vía pública, ya que permiten implementar una gran variedad de esquemas o diseños de red, para una mejor distribución y crecimiento.



IMAGEN DE UNA CAJA DE EMPALME CON ACCESORIOS  
FUENTE: Elaboración propia

b). - Raquetas

La raqueta es un elemento para almacenar la reserva de cable que hay en las conexiones interpostales cuando se realizan instalaciones aéreas de fibra óptica. Las características físicas de las raquetas se mencionan a continuación:

- Está fabricada en resina termoplástica de alto impacto.
- Es completamente dieléctrica con abrazadera de termoplástico reforzado.
- Se fabrica con material no corrosivo.
- Tiene protección contra rayos ultravioleta.

Cada sitio de reserva en el poste puede alojar hasta 30 metros de cable y de acuerdo a los lineamientos del SEN el máximo de reserva no puede exceder los 200 metros por kilómetro.

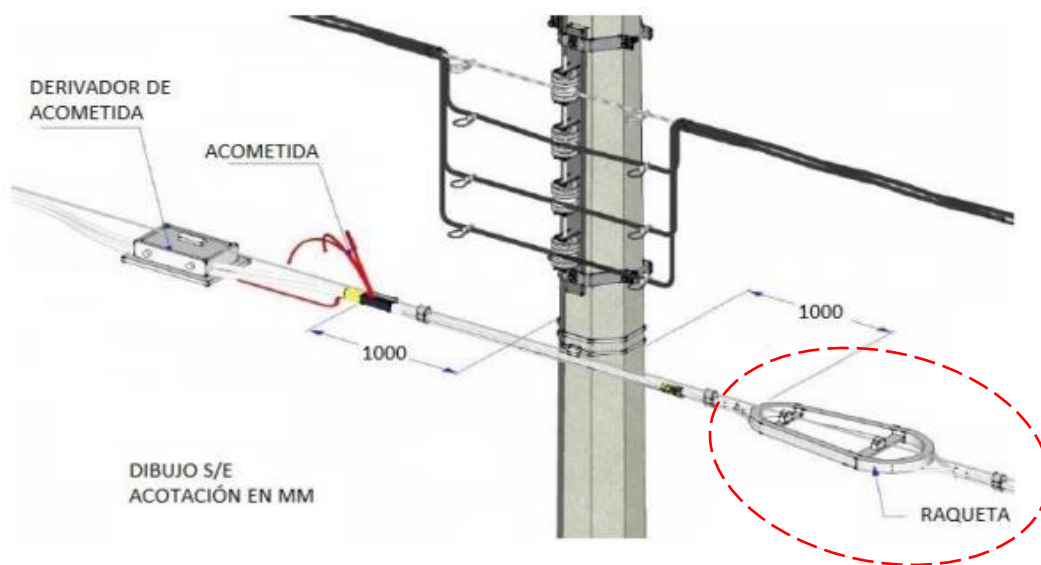


IMAGEN DE UNA RAQUETA INSTALADA EN POSTE  
FUENTE: Lineamientos Técnicos y Administrativos del SEN año 2014

## **IX.- Conclusiones**

Las telecomunicaciones han mostrado un papel fundamental para mantener a las empresas, los gobiernos y las sociedades conectadas y en funcionamiento, para todo tipo de circunstancias tanto en situaciones cotidianas como en extraordinarias, tal fue el caso de la pandemia por COVID-19, donde las personas de todo el mundo dependieron aún más de la tecnología y de las telecomunicaciones para socializar guardando el distanciamiento y para continuar con sus diversas actividades desde casa.

El acceso a 11 millones de postes por parte de las empresas de telecomunicaciones, continuará brindando beneficios para la población en general, logrando con esto atender al 98 por ciento de la población nacional en condiciones de competencia y acceso a internet.

Finalmente, durante el desarrollo de diseños de redes pude constatar un área de oportunidad que para ser resuelta se requiere la participación de las empresas, los gobiernos y las sociedades ya que se presenta un crecimiento sistemático en la instalación de postes adicionales sobre la vía pública, esto se debe a que en las zonas donde no es factible la disponibilidad de infraestructura propiedad del SEN, algunos CST se ven forzados a instalar sus propios postes. Lo anterior implica una sobre población de postes instalados en vía pública y ocasionan saturación en banquetas y espacios destinados para los transeúntes. Dicha problemática será un reto para las presentes y futuras generaciones esperando encontrar los mecanismos de control y monitoreo de infraestructura para que el beneficio de la conectividad digital, no represente un efecto negativo con la saturación de postes en vía pública.

## Referencias

- Ricardo Toscano Barragán. (1960). *Métodos Topográficos*. Editorial Porrúa.
- Raymond E. Davis, Joe W. Kelly. (1971). *Topografía Elemental*. Editorial Continental.
- Russell C. Brinker, Paul R. Wolf. (1972). *Topografía Moderna*. Editorial Harla.
- Jorge Luis Mendoza Dueñas. (2019). *Topografía y Geodesia*. Editorial Maraucano.
- Fernando García Márquez. (1994). *Curso Básico de Topografía*. Editorial Árbol.
- Fernando García Márquez. (1994). *Topografía Aplicada*. Editorial Árbol.
- Miguel Montes de Oca. (1989). *Topografía*. Editorial Alfaomega.
- Mario Arturo Rincón Villalba. (2019). *Autocad aplicado a Topografía y vías*. Editorial Ecoe.
- Jorge Luis Rodríguez González. (2019). *Topografía con Autocad Civil 3D*. Editorial Ecoe.
- Ortega Pérez Emilio. (2016). *Sistemas de Información Geográfica Teoría y Práctica*. Editorial Dextra.
- Jean Pierre Nerou. (1991). *Introducción a las Telecomunicaciones por fibras ópticas*. Editorial Trillas.
- Abimael Cruz Alavez. (2019). *Introducción a la Geotecnia*. Editorial Independently.
- Hernán de Solminihac, Tomás Echaveguren, Alondra Chamorro. (2019). *Gestión de Infraestructura Vial*. Editorial Alpha.
- Bob Chomycz. (1998). *Instalaciones de fibra óptica: Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones*. Editorial Mc Graw Hill.
- Gunther Mahlke. (2000). *Conductores de fibra óptica: Conceptos Básicos, Técnicas del Cable, Planificación de las instalaciones*. Editorial Marcombo.
- Martínez Marín Rubén. (2018). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Garceta.
- Miguel Calvo Melero, María Luisa Palanqués Salmerón. (2017). *Inteligencia de ubicación con Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Mappingis.

Héctor Moreno Cardona, John Albeiro Forero Galeano. (2004). *Montaje de la Red de Telecomunicaciones en Fibra Óptica*. Editorial Sena.

Dante Alcántara García. (2014). *Topografía y sus aplicaciones*. Editorial Patria.

José Capmany, Francisco Javier Frayle, Javier Marti. (1998). *Fundamentos de Comunicaciones Ópticas*. Editorial Síntesis.

CFE Suministrador de Servicios Básicos (2014) *Lineamientos Técnicos y Administrativos del SEN*.