

LIBRO: PRY. PROYECTO
TEMA: CAR. Carreteras
PARTE: 13. PROYECTO DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE
TÍTULO: 01. Sistemas Inteligentes de Transporte
CAPÍTULO: 003. Criterios para el Diseño de Sistemas de Comunicaciones de los Sistemas Inteligentes de Transporte

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios para la ejecución de los proyectos de sistemas de comunicaciones, que se utilicen como parte integrante de los sistemas inteligentes de transporte, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

B. DEFINICIONES

B.1. FIBRA ÓPTICA

Son el medio físico de transmisión óptico de gran capacidad utilizado ampliamente en las redes de transmisión de datos. Se basa en pulsos de luz, los cuales representan los datos que son transmitidos por medio de un hilo muy fino de vidrio o plásticos.

B.2. SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Son sistemas conformados por equipamiento tecnológico especializado que tratan, gestionan y transmiten la información.

B.3. RED TRONCAL

Es una capa de la red de comunicaciones que tiene una gran capacidad para transportar datos, las comunicaciones de esta capa se basarán prioritariamente en fibra óptica como soporte físico. Finalmente, ésta capa se encargará de todo el enrutamiento de paquetes en la red.

B.4. RED DE DISTRIBUCIÓN

Es una capa de la red de comunicaciones que se encarga de intercomunicar los diferentes dispositivos de la capa de acceso a la red troncal, se recomienda que esta capa esté basada en fibra óptica como soporte físico.

B.5. RED DE ACCESO

Es una capa de la red más baja, provee de acceso a la red a todos los dispositivos de sistemas inteligentes de transporte de campo, así como los dispositivos que se encuentren en centro de control. Ésta puede estar compuesta por varios métodos de acceso a la red, ya sean alámbricos e inalámbricos.

B.6. MAPA DE FIBRA ÓPTICA

Es un documento donde se muestran por medio de tablas los empalmes de todo el cableado de fibra óptica. Se incluyen el estado de cada hilo de fibra óptica por empalme.

Cada lugar de empalme describe el servicio al que fue asignado, nombre del enlace, estado del servicio y se organizará por hilo y finalmente por tubo.

B.7. TENDIDOS EN CANALIZACIONES EXTERIORES

Es un tendido de cableado de fibra óptica realizado en canalizaciones en el exterior, donde se es provisto de canalizaciones enterradas y registros para que posteriormente se instale la fibra óptica por la canalización, quedando así protegida de cortes, condiciones climatológicas y accidentes, entre otros eventos, que quedan fuera del control del operador y Contratista.

B.8. TENDIDO AÉREO

Es un tendido de cableado de fibra óptica quedando a la intemperie, el cable es instalado en postes que son colocados a una distancia predefinida.

B.9. TENDIDO EN FACHADA

Es un tendido del cableado de fibra óptica quedando fijado al muro de edificios a una altura que quede fuera del alcance de los usuarios.

B.10. SISTEMA DE DATOS DE RADIO

Es un protocolo estándar para envío de información digital a través de transmisiones de radio FM (RDS por sus siglas en inglés, *Radio Data System*), donde es posible enviar información de tráfico, categorías de estaciones de radio e información a discreción de la emisora de radio.

B.11. ACUERDO DE NIVEL DE SERVICIO

Es un acuerdo entre proveedor de servicios y cliente (SLA por sus siglas en inglés, *Service Level Agreement*) para que el proveedor tenga un compromiso de calidad, disponibilidad y responsabilidad del servicio con el cliente. Estos acuerdos comúnmente definen lo siguiente: Tipo de servicio provisto, rendimiento del servicio deseado, monitoreo y reporte del servicio prestado, pasos para el reporte de incidencias con el servicio, respuesta y ventanas de respuesta por parte del proveedor y sanciones en caso de incumplimiento con el SLA.

B.12. MÓDEM

Es un dispositivo encargado de modular y demodular la información recibida y enviada a través de un medio de transmisión, ya sea alámbrico o inalámbrico. Estos dispositivos pueden funcionar en todo tipo de medios de transmisión ya sean ópticos, eléctricos o por radio.

B.13. CORTAFUEGOS

Es un dispositivo físico de seguridad comúnmente conocido como firewall que protege una red de comunicaciones mediante el monitoreo y control del tráfico entrante y saliente basado en una serie de reglas de seguridad predefinida. Comúnmente se instalan entre una red corporativa y redes más grandes como puede ser Internet.

B.14. CONVERTOR DE REDUCCIÓN DE RUIDO

Es un dispositivo reductor de ruido (LNB por sus siglas en inglés, *Low Noise Block*) instalado en la antena parabólica satelital, que se encarga de recibir la señal del satélite. Este dispositivo está compuesto por un amplificador, mezclador de frecuencia, oscilador local y un amplificador de frecuencia intermedia.

B.15. SUPRACONVERTIDOR DE BLOQUE

Es un dispositivo utilizado en la transmisión (BUC por sus siglas en inglés, *Block Up-Converter*) instalado en la antena parabólica satelital, tiene el objetivo de enviar información al satélite, convirtiendo la señal de baja frecuencia a una señal de frecuencia más alta.

B.16. LÍNEA DE VISIÓN

Es una característica de la radiación electromagnética donde ésta viaja en línea directa desde el emisor hasta el receptor (LOS por sus siglas en inglés, *Line Of Sight*). La señal puede ser afectada por obstáculos que se interpongan entre ambas partes sobre todo si son frecuencias arriba de los novecientos (900) MHz.

C. REFERENCIAS

Son referencia de esta Norma, las siguientes:

Norma Oficial Mexicana:

La Cláusula 376-30, Sujeción y soporte y la Cláusula 923-8, Instalación en túneles de la Norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización);

Normas y Recomendación Internacional:

- Norma ANSI/TIA/EIA-568-B.3, *Optical Fiber Cabling Components Standard – Norma para componentes de cableado de Fibra Óptica.*
- Norma IEEE 802.3ae, *IEEE Standard for Information Technology - Local and Metropolitan Area Networks - Part 3: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications - Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, and Management Parameters for 10 Gb/s Operation, publicada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers.*
- Recomendación ITU-T G.652-D, *Características de las fibras y cables ópticos monomodo, publicada por la International Telecommunication Union.*

Manual SCT:

El Capítulo 5.3 del Manual para Proyectos de Sistemas Inteligentes de Transporte [ITS] en Carreteras, edición 2016.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS	DESIGNACIÓN
Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras	N-CTR-CAR-1-08-001
Registros para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras	N-CTR-CAR-1-08-002
Poliductos para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras	N-CTR-CAR-1-08-003
Registros para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras	N-CTR-CAR-1-08-004
Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales	N-CTR-CAR-1-08-005
Registros para Fibra Óptica en Caminos Rurales	N-CTR-CAR-1-08-006

Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras Nuevas con Pavimento Asfáltico	N-CTR-CAR-1-08-007
Registros para Tritubos para Fibra Óptica en Carreteras Nuevas	N-CTR-CAR-1-08-008
Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación	N-CSV-CAR-6-01-005
Registros para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación	N-CSV-CAR-6-01-006
Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico	N-CSV-CAR-6-01-007
Registros para Tritubos para Fibra Óptica de Carreteras en Operación	N-CSV-CAR-6-01-008
Criterios Generales para el Diseño de Sistemas Inteligentes de Transporte ...	N-PRY-CAR-13-01-002
Presentación del Proyecto de Sistemas Inteligentes de Transporte	N-PRY-CAR-13-01-006

D. CRITERIOS PARTICULARES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Para el diseño del Sistema de Comunicaciones de los sistemas inteligentes de transporte de carreteras y vialidades (vías primarias y secundarias en zonas urbanas), incluyendo los puentes y estructuras similares, entronques a nivel y a desnivel, así como túneles; el Ingeniero o Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la realización del proyecto de comunicaciones de los sistemas inteligentes de transporte, considerará los siguientes criterios base mínimos:

- El sistema de comunicaciones se diseñará para la operación continua y sin interrupciones.
- La topología de red, como principio base, tendrá una red troncal de gran capacidad, a la cual se añadirá subredes locales de menor jerarquía en función de la densidad de equipamiento y sus requerimientos de ancho de banda.
- Todo el material se comprará nuevo y en producción actual, con el número de serie y modelo visible en todo el equipamiento a instalar.
- Se utilizarán protocolos de comunicación abiertos para que los equipamientos de diferentes marcas puedan ser compatibles, con la finalidad de asegurar que a futuro no haya problemas de compatibilidad, en caso de que el modelo comprado ya no esté disponible.
- Se seleccionará el diseño que represente el costo más bajo a corto, mediano y largo plazo, relativo a la adquisición, operación y mantenimiento del equipo.
- La arquitectura general del sistema de comunicaciones (independientemente del medio físico elegido para la comunicación) se diseñará bajo los siguientes niveles: Red troncal; Red de distribución, y red de acceso.

Además de lo citado en esta Norma, la presentación del proyecto se llevará a cabo de acuerdo a lo estipulado en la Norma N-PRY-CAR-13-01-006, *Presentación del Proyecto de Sistemas Inteligentes de Transporte*.

D.1. COMUNICACIONES DE FIBRA ÓPTICA DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

D.1.1. Arquitectura y topologías

D.1.1.1. Topología

La topología elegida, estará redundada, garantizando la comunicación en el caso del fallo de un elemento, tanto al nivel lógico como físico.

Dentro de las topologías existentes se elegirá entre anillo o mallado y se podrá tener redes secundarias con otro tipo de topologías que quedarán a consideración del Proyectista con previa autorización de la Secretaría.

D.1.1.2. Dimensionamiento del cable de fibra óptica

Para un dimensionamiento del cableado de fibra óptica, se realizarán las siguientes actividades:

- a) Se determinará la capacidad necesaria para el medio de transmisión del proyecto, realizando un estudio de demanda de ancho de banda, considerando un porcentaje de utilización del cien (100) por ciento (en Kbps o Mbps) para cada equipamiento individual.
- b) Se tomarán en cuenta todas las derivaciones del cable de fibra óptica en todo el proyecto.
- c) Se realizará el mapa de fibra óptica, el cual contendrá la siguiente información:
 - Empalmes del cable de fibra óptica.
 - Lista de hilos del cable de fibra óptica.
 - El estado del hilo de acuerdo a su empalme.
 - Servicio al cual estará asignado el hilo (por ejemplo: telefonía, peaje, comunicaciones en general, entre otros).
 - Estado del servicio asignado.
- d) Se incluirá una reserva en el cable de fibra óptica para uso futuro, tomando en cuenta una reserva del veinticinco (25) por ciento de los hilos disponibles dentro del cable.
- e) Una vez cubiertas las necesidades de dimensionamiento de comunicaciones de fibra óptica del proyecto, incluidas las reservas operativas, se analizará la capacidad adicional disponible para ofrecer servicios a terceros o renta de la misma.

D.1.1.3. Servicios afectados (obra inducidas)

Antes de la implementación se identificarán las interferencias al trazado de la fibra óptica, especialmente las relacionadas con su canalización, las interferencias serán identificadas, ubicadas, trazadas y se indicará su condición actual. Algunas interferencias comunes son las siguientes:

- a) Agua potable.
- b) Alcantarillado y sus componentes.
- c) Señalamiento horizontal y vertical.
- d) Canalizadores.
- e) Estructuras y registros que interfieran con la canalización a realizar; entre las estructuras se incluyen:
 - Pasos Superiores Vehiculares (PSV).
 - Pasos Superiores Peatonales (PSP).
 - Pasos Inferiores Vehiculares (PIV).
 - Pasos Inferiores Peatonales (PIP).
 - Cualquier otra estructura u obra que interfiera con la instalación de la canalización.
- f) Acometidas a plazas de cobro.

- g) Servicios públicos y privados, que no pueden ser intervenidos por externos, entre ellos están los siguientes:
- Instalaciones de voz y datos (fibra óptica).
 - Gasoductos y oleoductos.
 - Energía eléctrica.

Las interferencias se identificarán con el objetivo de elaborar los proyectos detallados con aprobación de la Secretaría, del proceso constructivo mediante memorias descriptivas y planos para ejecutar dichos trabajos de subsanación de la manera más eficiente y segura.

D.1.1.4. Arquitectura

El contratista diseñará una arquitectura para el desarrollo del proyecto de comunicaciones, que la muestre a un nivel alto incluyendo la ubicación de sus componentes principales o importantes además de los tipos de cableado, y considerando las siguientes características:

- Jerarquización.
- Redundancia.
- Escalabilidad sin repercutir en su funcionamiento.
- Calidad del servicio, permitiendo la priorización de tráfico y garantizar un ancho de banda mínimo para cada tipo de tráfico.
- Seguridad mediante mecanismos como contraseñas cifradas, firewall, y encriptación de datos entre otros.

Para ello, se creará un diagrama que incluya lo siguiente:

- a) Topología del cableado.
- b) Tipo de cableado.
- c) Equipos o dispositivos:
 - Switches.
 - Equipamiento de control de red.
- d) Ubicaciones de los equipos.
- e) Redes secundarias (por ejemplo, enlaces microondas complementarios a la red troncal, utilización de operadores celulares, entre otros).

D.1.1.5. Interfaz con centro de control

Todo el cableado de fibra óptica troncal y secundaria del sistema de comunicaciones se diseñará de forma que tenga total compatibilidad con el equipamiento de red del sistema de Centro de Control.

D.1.2. Especificaciones del cable

D.1.2.1. Tipo de fibra

El contratista de obra basará la red de comunicaciones en cable de fibra óptica troncal monomodo de por lo menos treinta y seis (36) hilos, donde el número final de fibras se determinará con base a la topología de red proyectada a las necesidades del proyecto, asimismo se contemplará para otros usos, servicios actuales o futuros.

Se tomarán los siguientes criterios para la especificación del cable de fibra óptica:

- a) El cable será seco y libre de gel.
- b) El forro del cable estará fabricado de polietileno de mediana densidad, armadura metálica corrugada y protección contra roedores.
- c) La totalidad del cable se suministrará del mismo fabricante, o asegurándose que se evitan pérdidas por diferencia entre núcleos de las fibras cuando se realicen los empalmes.
- d) La fibra óptica para la red de comunicaciones cumplirá con los siguientes estándares:
 - Cumplimiento del estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3.
 - Cumplimiento de la recomendación ITU-T G.652-D Características de las fibras y cables ópticos monomodo, diseñada para operar en las ventanas de mil trescientos diez (1310) nanómetros, mil quinientos cincuenta (1550) nanómetros y mil seiscientos veinte cinco (1625) nanómetros, incluyendo el segmento de mil trescientos sesenta (1360) nanómetros a mil quinientos treinta (1530) nanómetros.

D.1.3. Canalización

Se contemplará canalización de fibra óptica de uso exclusivo. Esto incluye, canaletas, ductos, registros y charolas; tanto en la troncal como en la fibra óptica secundaria. De acuerdo con la zona de implementación, cumplirá con lo siguiente:

D.1.3.1. Zona de asfalto (excavación, relleno e instalación)

Para la instalación de la fibra óptica por canalización en carreteras se seguirán los requerimientos de las siguientes normas:

a) Para carreteras nuevas:

N-CTR-CAR-1-08-001, *Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-003, *Poliductos para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras Nuevas con Pavimento Asfáltico*.

b) Para carreteras en operación:

N-CSV-CAR-6-01-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico*.

Para los casos en que no sea recomendable el uso de tritubos, como en el caso de perforaciones direccionales, acometidas a edificaciones, adosamientos y solución en túneles o muros de contención, habrá de emplearse flexoductos que

cumplan con la norma N·CSV·CAR·6·01·007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico*.

La excavación, relleno, adosamiento e instalación de tritubo en zona de asfalto se realizará siguiendo las indicaciones de la norma N·CSV·CAR·6·01·007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico*.

D.1.3.2. Zona de concreto hidráulico (excavación, relleno e instalación)

Para la excavación de la zanja para tritubo se tomarán en cuenta los siguientes escenarios:

- Corona de concreto hidráulico con defensa metálica separada de la corona.
- Corona de concreto hidráulico con defensa metálica pegada a la corona.
- Losa de concreto.

Para el relleno de la zanja se considerarán los siguientes criterios:

a) Corona de concreto hidráulico con canaleta de concreto:

- La zanja se realizará posterior a los sesenta (60) centímetros del límite del acotamiento.
- Se colocará el tritubo sobre el fondo a treinta (30) centímetros del nivel de la corona con una anchura de ocho (8) a diez (10) centímetros.
- El relleno consistirá en una mezcla entre cemento y arena hasta llegar al nivel superficie.
- Se rellenará con concreto hidráulico con una resistencia mínima de doscientos (200) Kg/cm²
- El acabado del relleno igualará los niveles y apariencia de la superficie de la estructura original.

b) Corona de concreto hidráulico con área verde:

- La zanja tendrá una profundidad de por lo menos setenta (70) centímetros desde el nivel de la corona.
- Se colocará el tritubo sobre el fondo del área verde, encima de una cama de arena varillada a veinticinco (25) centímetros del nivel de la subrasante, con una anchura de ocho (8) a diez (10) centímetros. La cama de arena varillada será de cinco (5) centímetros.
- El relleno consistirá en una mezcla entre cemento y arena hasta llegar al nivel de subrasante, colocándose en los costados del tritubo y en la parte superior de este, hasta alcanzar una altura de treinta (30) centímetros desde el fondo de la zanja.
- Se colocará encima del relleno de concreto una cinta plástica de advertencia de color rojo con letras blancas y con la leyenda "LÍNEA DE FIBRA ÓPTICA XXXX. COMUNIQUESE AL YYY", donde XXXX refiere al nombre de la explotadora de la carretera o vía urbana y YYY el número telefónico a donde reportar incidencias.

- Para el relleno del resto de la zanja, se utilizará material del mismo terreno natural, siendo compactado este hasta igualar el nivel de superficie, la compactación se realizará en secciones de diez (10) centímetros.

c) Corona de concreto hidráulico con defensa metálica separada de la corona:

- La zanja tendrá una profundidad de por lo menos setenta (70) centímetros desde el nivel de la corona.
- Se colocará el tritubo sobre el fondo, encima de una cama de arena varillada a veinticinco (25) centímetros del nivel de la subrasante con una anchura de ocho (8) a diez (10) centímetros. La cama de arena varillada será de cinco (5) centímetros.
- El relleno consistirá en una mezcla entre cemento y arena hasta llegar al nivel de subrasante, colocándose en los costados del tritubo y en la parte superior de este, hasta alcanzar una altura de treinta (30) centímetros desde el fondo de la zanja.
- Se colocará encima del relleno de concreto una cinta plástica de advertencia de color rojo con letras blancas y con la leyenda "LÍNEA DE FIBRA ÓPTICA XXXX. COMUNIQUESE AL YYY", donde XXXX refiere al nombre de la explotadora de la carretera o vialidad y YYY el número telefónico a donde reportar incidencias.
- Para el relleno del resto de la zanja, se utilizará material del mismo terreno natural, siendo compactado este hasta igualar el nivel de superficie, la compactación se realizará en secciones de diez (10) centímetros.

d) Corona de concreto hidráulico con defensa metálica pegada a la corona:

- La zanja se realizará a una distancia de un (1) metro de las bases de la barrera metálica, evitando el uso de piedras en el relleno de la zanja.
- La zanja tendrá una profundidad de por lo menos setenta (70) centímetros desde el nivel de la corona.
- Se colocará el tritubo sobre el fondo, encima de una cama de arena varillada a veinticinco (25) centímetros del nivel de la subrasante, con una anchura de ocho (8) a diez (10) centímetros. La cama de arena varillada será de cinco (5) centímetros.
- El relleno consistirá en una mezcla entre cemento y arena hasta llegar al nivel de subrasante, colocándose en los costados del tritubo y en la parte superior de este, hasta alcanzar una altura de treinta (30) centímetros desde el fondo de la zanja.
- Se colocará encima del relleno de concreto una cinta plástica de advertencia de color rojo con letras blancas y con la leyenda "LÍNEA DE FIBRA ÓPTICA XXXX. COMUNIQUESE AL YYY", donde XXXX refiere al nombre de la explotadora de la carretera o vialidad y YYY el número telefónico a donde reportar incidencias.
- Para el relleno del resto de la zanja, se utilizará material del mismo terreno natural, siendo compactado este hasta igualar el nivel de superficie, la compactación se realizará en secciones de diez (10) centímetros.

e) Losa de concreto:

- El colado se realizará en un área de diez (10) por diez (10) centímetros.
- En estos casos se utilizarán tres (3) flexoductos en posición piramidal.

- El castillo electro soldado será de diez (10) por diez (10) centímetros en tramos de seis (6) metros.
- El anclaje se realizará con varilla corrugada de tres octavos (3/8) de pulgadas de quince (15) centímetros de longitud, con perforaciones de anclaje de diez (10) centímetros de profundidad, en la unión entre la corona y el muro de contención. Las anclas se ubicarán cada dos (2) metros, con un patrón de ubicación de uno (1), tres (3) y cinco (5) metros de la longitud del tramo y se sujetarán el castillo con alambre recocido.
- Se utilizará cimbra para poder vaciar el concreto hidráulico con una resistencia mínima de doscientos cincuenta (250) Kg/cm².

D.1.3.3. Caminos rurales

Para la instalación de la fibra óptica por canalización en caminos rurales se tomarán en cuenta los requerimientos de las siguientes Normas:

- Caminos rurales nuevos: N-CTR-CAR-1-08-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales*.
- Caminos rurales en operación: N-CSV-CAR-6-01-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación*.

D.1.3.4. Adosamiento

Para el adosamiento de canalización de fibra óptica en puentes y/o estructuras similares (Pasos Superiores Vehiculares (PSP), Pasos Superiores Peatonales (PSP), entre otros) se colocarán dos (2) cajas gabinete para exteriores en cada extremo de la estructura para la preparación del adosamiento, se utilizarán tres (3) colores distintos para los ductos flexibles (verde, amarillo y azul), los ductos flexibles estarán protegido por un tubo conduit de pared gruesa, en piezas de tres (3) metros de longitud. Asimismo, se cumplirá con lo estipulado en las siguientes normas:

- a) Cláusula 376-30 "Sujeción y soporte. Los ductos se deben soportar de acuerdo con (a) y (b) siguientes.", incisos a) y b) de la norma NOM-001-SEDE-2012 *Instalaciones Eléctricas (Utilización)*.

b) Para carreteras y vías urbanas nuevas:

Cláusula G7 de las Normas N-CTR-CAR-1-08-001, *Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-003, *Poliductos para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales* y N-CTR-CAR-1-08-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras Nuevas con Pavimento Asfáltico*.

c) Para carreteras y vías urbana en operación:

Cláusula G7 de la N-CSV-CAR-6-01-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico* y Clausula G7 de la N-CSV-CAR-6-01-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación*.

D.1.3.5. Pasos direccionados

Los pasos direccionados comunican dos registros divididos por dos cuerpos carreteros; estos pasos direccionados atraviesan la carpeta asfáltica evitando el corte de la carretera y paso de vehículos.

Los pasos direccionados se alinearán a los siguientes criterios:

- a) Las perforaciones direccionales se realizarán por una perforadora dirigida.
- b) Las perforaciones direccionales se realizarán por una perforadora dirigida.
- c) El equipo de perforación se ubica en un ángulo entre doce (12) y veinticuatro (24) grados para conseguir la profundidad necesaria.
- d) Se colocará un ducto (encamisado) de entre cuatro (4) y seis (6) pulgadas de diámetro interior, el cual permitirá la colocación de un tritubo que dará continuidad al tritubo troncal.
- e) Para asegurar la hermeticidad, se utilizarán tapones que sellarán el encamisado.
- f) La profundidad de la perforación se realizará al menos setenta (70) centímetros en su entrada y salida, siendo por lo menos uno punto ocho (1.8) metros en la parte central de la calzada.
- g) A los extremos de la perforación, se instalarán registros, estos registros cumplirán con lo expuesto en las siguientes Normas:
- h) **Para carreteras y vías urbanas nuevas:**
 - N-CTR-CAR-1-08-002, *Registros para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras.*
 - N-CTR-CAR-1-08-004, *Registros para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras.*
 - N-CTR-CAR-1-08-006, *Registros para Fibra Óptica en Caminos Rurales.*
 - N-CTR-CAR-1-08-008, *Registros para Tritubos para Fibra Óptica en Carreteras Nuevas, y*
- i) **Para carreteras y vías urbanas en operación:**
 - N-CSV-CAR-6-01-006, *Registros para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación.*
 - N-CSV-CAR-6-01-008, *Registros para Tritubos para Fibra Óptica de Carreteras en Operación, y*

D.1.3.6. Túnel

En caso de que el túnel sea menor a mil (1000) metros, se evaluará con previa autorización de la Secretaria la instalación de la canalización tal como se describe en el Punto e) Losa de concreto ubicado en el Párrafo 0 D.1.3.2. Zona de concreto hidráulico (excavación, relleno e instalación) de esta Norma.

Para túneles mayores a mil (1000) metros, se utilizarán charolas exclusivas para comunicaciones, siendo colocadas en el hastial del túnel, donde se asegurará que estarán fuera del alcance de los usuarios y vehículos.

Los materiales utilizados para la instalación de charolas para que estas no propaguen un incendio o pasen el muro, es decir libres de halógenos (LSZH por sus siglas en inglés, Low Smoke Zero Halogen), que no liberen gases tóxicos y que no sean corrosivos, al igual que sus accesorios de montaje y sujeción se especificarán con las propiedades antes descritas; además sellando adecuadamente los elementos que lo requieran (pasa muros, salidas a registros, canalizaciones conduit, etc.).

La transición de canalización enterrada del cableado hacia el interior del túnel, se realizará por medio un registro el cual estará en la parte externa del túnel, del registro

saldrá la canalización de comunicaciones protegidas por tubería conduit, subiendo hasta la altura indicada para realizar una perforación al falso túnel y poder acceder a las charolas.

Asimismo, se contemplará lo expuesto en la Cláusula 923-8 "Instalación en túneles" de la norma NOM-001-SEDE-2012, *Instalaciones Eléctricas (utilización)*.

D.1.3.7. Derivaciones

Las derivaciones se realizarán en los puntos especificados y acordados por la Secretaría. Se tomarán los siguientes criterios mínimos para realizar las derivaciones del cableado de fibra óptica:

- Viñeta para Párrafo
- Se tendrán identificadas todas las fibras a empalmar del cable.
- El empalme en las derivaciones se realizará por medio de una máquina automática de fusión por arco eléctrico.
- Las derivaciones se llevarán a cabo de acuerdo al Mapa de Fibra.
- Las fusiones se llevarán a cabo con el equipo especializado especificado por el fabricante de la fibra óptica.

D.1.4. Instalación de cable de Fibra Óptica Título del Inciso

D.1.4.1. Tendido de cableado

El tendido del cableado se realizará bajo los siguientes criterios mínimos:

- a) El contratista asegurará de disponer de los equipos necesarios para la ejecución correcta de los trabajos.
- b) Existirán tres tipos de tendidos:
 - Tendidos en canalizaciones exteriores.
 - Tendido aéreo.
 - Tendidos en fachada.
- c) Se respetará el radio mínimo de curvatura del cable de fibra óptica de acuerdo a las especificaciones del fabricante del cable.
- d) La bobina se encontrará suspendida por medio de gatos o una grúa al momento de ser instalado el cableado.
- e) La tracción del cable se realizará en el sentido de su generatriz.
- f) Se vigilará constantemente el cable para que, en el caso de detectar algún deterioro en el cable, este pueda ser atendido lo antes posible y en caso de que el deterioro sea mayor, suspender el tendido del mismo.
- g) El cable quedará correctamente sujeto e inmovilizado. Para ello se utilizarán modos de fijación adecuados, como atornillados, abrazaderas, no debiendo alterar la integridad del cableado de fibra óptica.

D.1.4.2. Caja de empalmes

Se contemplarán los siguientes lineamientos para la utilización de cajas de empalmes:

- Dentro de las cajas de empalme, se empalmarán los hilos necesarios para derivación a los equipos o sistemas, más un cien (100) por ciento de respaldo del requerido para el cable de fibra óptica.
- Las cajas de empalme estarán etiquetadas.
- Contendrá con un sistema de casetes extraíbles porta empalme para cada uno de los hilos.
- Tendrá un mecanismo de protección para evitar la entrada de humedad dentro de la caja de empalme.
- Las cajas de empalme estarán especificadas para que sean compatibles con el cableado de fibra óptica a utilizar en el proyecto.
- El contratista aterrizará la cubierta metálica del cable de fibra óptica en los registros en los que se ubican las cajas de empalme.

D.1.4.3. Derivaciones del cable de fibra óptica

La derivación de la fibra óptica troncal hacia los registros y equipamiento del sistema inteligente de transporte, para estos casos se utilizará cable dieléctrico de mínimo doce (12) fibras. El cable de fibra óptica para equipamiento cumplirá con los siguientes lineamientos:

- **EC** Viñeta para Párrafo **ESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**
- Se elegirá cable monomodo o multimodo, dependiendo.
- El cable será seco y libre de gel.
- El forro del cable estará fabricado de polietileno de mediana densidad, armadura metálica corrugada y protección contra roedores.
- La totalidad del cable se suministrará del mismo fabricante, para evitar pérdidas por diferencia entre núcleos de las fibras cuando se realicen los empalmes.

D.1.4.4. Etiquetado de identificación

El etiquetado de identificación se basará en el estándar TIA 606 Norma de etiquetado de cables para todo el cableado de fibra óptica, para las fibras en el distribuidor de fibra óptica y para el distribuidor de fibra óptica.

D.1.4.5. Recomendaciones de instalación

El contratista tomará en cuenta las siguientes recomendaciones para la instalación de fibra óptica:

- El radio de curvatura en ningún caso se excederá lo especificado por el cable.
- El cable no se torcerá ni estará sujeto a ningún aplastamiento sobre el cable.
- Se utilizará lubricante no abrasivo o corrosivo, según lo especificado por el fabricante.
- Reservas de cable de treinta (30) metros en cada registro.
- Cuando el cable se encuentre expuesto, se le colocarán etiquetas plásticas de color rojo con letras blancas y con la leyenda "LÍNEA DE FIBRA ÓPTICA XXXX."

COMUNIQUESE AL YYY”, donde XXXX refiere al nombre de la explotadora de la carretera o vialidad y YYY el número telefónico a donde reportar incidencias.

- Se incluirá una etiqueta dentro del registro que indique al enlace que pertenece e identificador de registro.

D.1.5. Verificación y pruebas

D.1.5.1. Pruebas de canalización

Para las pruebas de la fibra óptica por canalización en carreteras y caminos rurales se seguirán los requerimientos de las siguientes normas:

a) Para carreteras y vías urbanas nuevas:

Fracciones G.10. y G.11. de las Normas:

N-CTR-CAR-1-08-001, *Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-003, *Poliductos para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales* y N-CTR-CAR-1-08-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras Nuevas con Pavimento Asfáltico*

b) Para carreteras y vías urbanas en operación:

Fracciones G.10. y G.11. de la Norma N-CSV-CAR-6-01-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico*, y Fracciones G.10. y G.11. de la Norma N-CSV-CAR-6-01-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación*.

D.1.6. Aprobación

Para la aprobación de los trabajos se revisará que se cumplan con las siguientes estipulaciones:

- Cumplimiento de las especificaciones de los materiales.
- Calidad de los materiales.
- Colocación del tritubo.
- Continuidad del tritubo.
- Pruebas de hermeticidad.
- Pruebas ópticas.

Además, para la aprobación de los trabajos, se tomarán en cuenta lo establecido en las siguientes normas:

D.1.6.1 Para carreteras y vialidades nuevas:

N-CTR-CAR-1-08-001, *Poliductos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-003, *Poliductos para Fibra Óptica en la Calzada de Carreteras*, N-CTR-CAR-1-08-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales*, N-CTR-CAR-1-08-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras Nuevas con Pavimento Asfáltico*, N-CTR-CAR-1-08-008, *Registros para Tritubos para Fibra Óptica en Carreteras Nuevas* y N-CTR-CAR-1-08-006, *Registros para Fibra Óptica en Caminos Rurales*.

D.1.6.2. Para carreteras y vialidades en operación

- N-CSV-CAR-6-01-007, *Tritubos para Fibra Óptica en el Acotamiento de Carreteras en Operación con Pavimento Asfáltico* y N-CSV-CAR-6-01-005, *Poliductos para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación*.
- N-CSV-CAR-6-01-008, *Registros para Tritubos para Fibra Óptica de Carreteras en Operación* y N-CSV-CAR-6-01-006, *Registros para Fibra Óptica en Caminos Rurales en Operación*.

Finalmente, se cumplirán con los requisitos expuestos en el capítulo 5.3 del Manual para Proyectos de Sistemas Inteligentes de Transporte [ITS] en Carreteras. (Edición 2016).

D.2. COMUNICACIONES DE RADIOFRECUENCIA DE SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE**D.2.1. Comunicaciones por radio frecuencia modulada (FM)**

En el caso de túneles, se proporcionará un canal en la banda de frecuencia modulada (FM), donde se transmita mensajes de información vial y de tránsito. Este sistema se instalará en túneles que tengan una longitud mayor a quinientos (500) metros.

Se sugiere retransmitir cobertura de estaciones FM comerciales de las estaciones principales disponibles localmente.

El sistema de comunicaciones por radio FM se controlará y se supervisará desde el Centro de Control por medio de la red de comunicaciones de los sistemas inteligentes de transporte.

El sistema permitirá interrumpir la retransmisión de emisoras FM en caso de emergencia con el objetivo de informar al usuario con mensajes de seguridad; los mensajes de seguridad trabajarán sobre las frecuencias FM que son retransmitidas dentro del túnel y el operador podrá dar los mensajes de seguridad desde el Centro de Control. Estos mensajes pueden ser pregrabados o el operador los podrá decidir directamente desde su puesto de operación en el Centro de Control.

El transmisor de radio del túnel emitirá el sistema de datos (RDS por sus siglas en inglés, *Radio Data System*) en su modalidad Anuncio de tráfico (RDS-TA por sus siglas en inglés, *Traffic Announcement*) y Canal de Mensajes de tráfico (RDS-TMC por sus siglas en inglés *Traffic Message Channel*), la emisión de RDS incluirá en la retransmisión de emisoras locales que lo tengan disponible.

D.2.1.1. Arquitectura y topologías**a) Estudio radioeléctrico**

- Se realizará un estudio radioeléctrico hecho por un consultor de comunicaciones para nuevas instalaciones. Este estudio predecirá la potencia de la señal, disponibilidad y margen de desvanecimiento del enlace propuesto. Este estudio considerará la ganancia de la antena, pérdidas en el cable alimentador, la banda de frecuencias, trazado del túnel, revestimiento del túnel, separación de frecuencias entre canales, potencia de transmisión, sensibilidad del receptor para llegar a una predicción final en el estudio.

En el caso de túneles de longitud menor a dos (2) km o inferior se podrá optar por antenas directivas orientadas hacia el interior del túnel, instaladas en las bocas de los túneles.

b) Dimensionamiento del equipamiento

Para el dimensionamiento de las comunicaciones por radio FM, se realizarán las siguientes actividades:

- Se contemplará la longitud del túnel para determinar la potencia de los transmisores, longitud y especificaciones del cable radiante que se instalará, para que haya una cobertura adecuada de estaciones comerciales FM y de la estación de radio de la explotadora de la carretera o vialidad.
- Se utilizarán los resultados del estudio radioeléctrico para determinar el tipo y ubicación de todo el equipamiento del sistema de radiocomunicaciones sobre la banda FM.

c) Servicios afectados

Antes de la implementación se identificarán las interferencias al trazado de la canalización del sistema de radiocomunicación por radio FM, las interferencias serán identificadas, ubicadas, trazadas y se indicará su condición actual. Algunas interferencias comunes son las siguientes:

- Señalamiento dentro del túnel.
- Canalizaciones ajenas al sistema de radiocomunicación.
- Cableado eléctrico.
- Cable radiante ajeno a la radiodifusión para radio FM.

Asimismo, se contemplarán los siguientes lineamientos en el diseño del sistema:

- Se analizará mediante el estudio radioeléctrico si existe alguna interferencia con algunos de los servicios que se encuentran en operación dentro del túnel y/o carretera o vialidad.
- Dentro de los túneles, se tomará en cuenta que no se puede utilizar el mismo cable radiante para la retransmisión de redes celulares y radio FM, se contemplará un cable radiante para uso exclusivo de radio FM.

Las interferencias se identificarán con el objetivo de elaborar los proyectos detallados con aprobación de la Secretaría, del proceso constructivo mediante memorias descriptivas y planos para ejecutar dichos trabajos de subsanación de la manera más eficiente y segura.

d) Arquitectura

El contratista diseñará una arquitectura para el desarrollo del proyecto de comunicaciones por radio FM, que la muestra a un nivel alto, y que incluya la ubicación de sus componentes principales o importantes, además de los tipos de cableado y considerando las siguientes características:

- Jerarquización.
- Escalabilidad.
- Calidad de servicio.
- Para ello, se creará un diagrama que incluya lo siguiente:
- Equipamiento de transmisión.
- Antenas/Cableado (según el tipo de túnel).

- Usuario.
- Tipo de cableado.
- Interfaz con la red de comunicaciones.
- Equipamiento en Centro de Control.

e) Interfaz con Centro de Control

El equipamiento de radiodifusión FM se especificará para que sea compatible y controlable mediante la red de comunicaciones IP que se instalará en la carretera o vialidad.

D.2.1.2. Instalación de equipamiento radio FM

a) Cable radiante

El cable radiante se instalará en la clave del túnel mediante abrazaderas de sujeción.

La cobertura de radiocomunicaciones se diseñará para que sea del cien (100) por ciento, incluyendo la totalidad del túnel y galerías de evacuación en caso de que existan dentro de las instalaciones.

Durante el diseño, se especificará que la instalación del cable dentro del túnel y de las galerías de evacuación sea mediante abrazaderas, evitando la utilización de charolas, tuberías conduit o similares, ya que reducen la emisión de radiación en casi su totalidad.

Se especificará que tanto el cable radiante como sus accesorios de sujeción, no propaguen un incendio, es decir baja emisión de humo y cero halógenos (LSZH por sus siglas en inglés, Low Smoke Zero Halogen), que no liberen gases tóxicos y que no sean corrosivos; al igual que sus accesorios de montaje y sujeción se especificarán con las propiedades antes descritas; además sellando adecuadamente los elementos que lo requieran (pasa muros, salidas a registros, canalizaciones conduit, entre otros).

b) Equipamiento de transmisión

El equipamiento de transmisión se instalará de ser posible en cuartos técnicos o en gabinetes para exteriores dentro del túnel.

c) Cimentación

La cimentación se ejecutará de acuerdo a las dimensiones y materiales especificados por el proveedor de las antenas aprobadas por la Secretaría. Además, se contemplarán las características de los vientos dominantes y reinantes y el tipo de suelo donde se instalará el equipamiento.

D.2.1.3. Verificación y pruebas

a) Pruebas de instalación

Se realizarán las siguientes pruebas de instalación para el cable radiante y las antenas:

- Pruebas de integridad del cable o las antenas para la totalidad de la instalación

- Verificación del trayecto e instalación del cable radiante, incluyendo los accesorios de montaje y anclaje, estos tendrán que cumplir con las especificaciones del fabricante; en caso de que se utilicen antenas, se verificarán los puntos donde fueron instaladas y que la instalación cumpla con lo especificado por el fabricante.
- Pruebas del equipamiento de retransmisión, donde se verificará que se alcance la potencia de radiodifusión especificada y verificando que la cobertura del sistema sea del cien (100) por ciento.

D.2.1.4. Aprobación

La aprobación de los trabajos, se revisará que se cumplan con las siguientes estipulaciones:

- Cumplimiento de las especificaciones de los materiales.
- Calidad de los materiales y equipamiento.
- Colocación de antenas.
- Colocación de cable radiante.
- Cobertura satisfactoria en todo el túnel.
- Pruebas de transmisión y recepción.

D.2.2 Comunicaciones por celular

Las comunicaciones por celular se utilizarán en dos ámbitos: Para ello se tomarán en cuenta los siguientes lineamientos para cada ámbito:

- Proveer de acceso a la red de comunicaciones al equipamiento de sistema inteligente de transporte remoto. Para proveer de conectividad a equipamiento (por ejemplo: Paneles PMV portátiles, estaciones meteorológicas remotas, entre otras).
- Retransmisión de señales dentro de los túneles. Se contemplará la retransmisión de cobertura de los operadores celulares comerciales que ofrezcan cobertura en el área, así como la retransmisión de señales de radio de los servicios de emergencia.

D.2.2.1. Arquitectura y topologías

a) Estudio radioeléctrico

Se realizará un estudio radioeléctrico en los tramos de cielo abierto, realizado por un consultor de comunicaciones para nuevas instalaciones. Este estudio predecirá la potencia de la señal, disponibilidad y margen de desvanecimiento del enlace propuesto. Este estudio considerará la ganancia de la antena, pérdidas en el cable alimentador, la banda de frecuencias, trazado de la carretera o vialidad, separación de frecuencias entre canales, potencia de transmisión, sensibilidad del receptor para llegar a una predicción final en el estudio.

En el caso de que existan túneles, se requerirá que se realice un estudio radioeléctrico especial para ellos con el fin de predecir y dimensionar adecuadamente la cobertura dentro del mismo, donde se tomará en cuenta la banda de frecuencias, trazado del túnel, revestimiento del túnel, separación de frecuencias entre canales, potencia de transmisión y ganancia del cable radiante, sensibilidad del receptor, pérdidas en el cable alimentador para llegar a una predicción final del comportamiento de la señal dentro del túnel.

b) Dimensionamiento del equipamiento

Para el dimensionamiento del sistema de comunicaciones celulares, se realizarán las siguientes actividades:

- El contratista verificará que el máximo ancho de banda y cobertura están siendo alcanzables singularmente (aunque no alcanzables simultáneamente).
- En el caso de utilizar equipo celular para la comunicación de equipamiento de sistema inteligente de transporte, se sugiere que sea para cortas distancias o cuando el uso de un medio no guiado no es posible o cuando sea un equipamiento portátil, para comunicaciones de larga distancia se instalará fibra óptica para la comunicación entre equipamiento y conmutador.
- Tomar en cuenta el ancho de banda que generan todos los elementos que enviarán y recibirán información a través de la red de comunicaciones, con un porcentaje de utilización del cien (100) por ciento (en Kbps o Mbps) por cada equipo individual.
- Realización de un estudio de consumo de ancho de banda por mes, incluyendo una reserva del veinte cinco (25) por ciento, para obtener una estimación de la cantidad de datos que se consumirán, con el objetivo de obtener el contrato más adecuado a las necesidades por parte del proveedor del enlace celular. La utilización de este tipo de soluciones de comunicación no se recomienda para equipos de sistemas inteligentes de transporte tales como cámaras video vigilancia o de detección de incidentes debido al alto consumo de datos que estos por su naturaleza tienen, en caso de utilizarse se garantizará la comunicación continua de cualquier equipamiento de sistema inteligente de transporte por vía celular las veinticuatro (24) horas del día, los siete (7) días de la semana.
- Se verificará que exista un servicio de ancho de banda garantizado por parte del proveedor de red celular en el área donde se instalará el enlace. Para lo cual, se contará con un acuerdo de nivel de servicio SLA con el operador de telefonía celular donde se garantice el ancho de banda y calidad de servicio (QoS por sus siglas en inglés, Quality of Service.) requerido para la operación del equipamiento que utilice la red celular.

Para brindar cobertura en túneles se considerarán lo siguientes lineamientos:

- En el caso de túneles de longitud menor a dos (2) kilómetros o inferior se podrá optar por antenas directivas orientadas hacia el interior del túnel, instaladas en las bocas de los túneles. De otra forma se instalará cable radiante exclusivo para su utilización dentro del túnel.
- Se utilizarán los resultados del estudio radioeléctrico para determinar el tipo y ubicación de todo el equipamiento del sistema de radiocomunicaciones y de comunicaciones por celular.

c) Servicios afectados

Antes de la implementación se identificarán las interferencias al trazado de la canalización del cable radiante para el sistema de comunicaciones por celular en túneles, las interferencias serán identificadas, ubicadas, trazadas y se incluirá su condición actual. Algunas interferencias comunes son las siguientes:

- Señalamiento dentro del túnel.
- Canalizaciones ajenas al sistema de radiocomunicación.
- Cableado eléctrico.

- Cable radiante ajeno a la retransmisión de comunicaciones por red celular.

Asimismo, se contemplarán los siguientes lineamientos en el diseño del sistema:

- El contratista se cerciorará que no existan interferencias con otros servicios, sobre todo en la retransmisión de señales celulares dentro de túneles, poniendo especial atención a interferencias con servicios de operación del túnel/carretera o vialidad.
- Dentro de túneles, se tomará en cuenta que no se podrá utilizar el mismo cable radiante para la retransmisión de redes celulares y radio AM/FM, se contemplará un cable radiante para uso exclusivo de telefonía celular.

Las interferencias se identificarán con el objetivo de elaborar los proyectos detallados con aprobación de la Secretaría, del proceso constructivo mediante memorias descriptivas y planos para ejecutar dichos trabajos de subsanación de la manera más eficiente y segura.

d) **Arquitectura**

El contratista diseñará una arquitectura para el desarrollo del proyecto de comunicaciones por celular, que la muestra a un nivel alto, y que incluya la ubicación de sus componente principales o importantes, además de los tipos de cableado, y considerando las siguientes características:

- Jerarquización.
- Escalabilidad.
- Calidad de servicio.

Para ello, se creará un diagrama que incluya lo siguiente:

- Tipo de cableado secundario (conexión del equipamiento del sistema inteligente de transporte a la red).
- Conmutador de red.
- Modem 2G/3G/4G.
- Cortafuegos (Firewall).
- Equipamiento de control de red.
- Interconexión con red troncal de comunicaciones.

Para el caso del diseño de la arquitectura dentro de túneles se realizará otra arquitectura específica para ello, dentro de la cual incluirá los siguientes elementos:

- Equipamiento de recepción de señal externa.
- Equipamiento de transmisión dentro del túnel.
- Medio de transmisión (antena o cable radiante según aplique).
- Controlador.
- Canal privado para servicios de emergencia.
- Conexión con la red de datos para su control remoto.

e) Interfaz con Centro de Control

El equipamiento de los enlaces celular se especificará para que sea compatible y gestionable mediante la red de comunicaciones IP que se instalará en la carretera o vialidad.

D.2.2.2. Instalación de equipamiento celular**a) Cable radiante**

El cable radiante se instalará en la clave del túnel mediante abrazaderas de sujeción.

La cobertura de radiocomunicaciones se diseñará para que sea del cien (100) por ciento, incluyendo la totalidad del túnel y galerías de evacuación en caso de que existan dentro de las instalaciones.

Durante el diseño, se especificará que la instalación del cable dentro del túnel y de las galerías de evacuación sea mediante abrazaderas, evitando la utilización de charolas, tuberías conduit o similares, ya que reducen la emisión de radiación en casi su totalidad.

Se especificará que el cable radiante y sus accesorios de sujeción, no propaguen un incendio, es decir baja emisión de humo y cero halógenos (LSZH por sus siglas en inglés, Low Smoke Zero Halogen), que no liberen gases tóxicos y que no sean corrosivos, al igual que sus accesorios de montaje y sujeción se especificarán con las propiedades antes descritas; además sellando adecuadamente los elementos que lo requieran (pasa muros, salidas a registros, canalizaciones conduit, entre otros.).

b) Equipamiento de transmisión

El equipamiento de transmisión se instalará de ser posible en cuartos técnicos o en gabinetes para exteriores dentro del túnel.

c) Cimentación

La cimentación se ejecutará de acuerdo a las dimensiones y materiales especificados por el proveedor de las antenas aprobadas por la Secretaría. Además, se contemplarán los vientos dominantes y reinantes, así como el tipo de suelo donde se instalará el equipamiento.

d) Equipo de transceptor celular para equipamiento de sistemas inteligentes de transporte

El módem se instalará dentro de un gabinete de protección junto con el equipamiento de sistemas inteligentes de transporte.

El gabinete cumplirá con las características expuestas en el Inciso D.2.5 de la Norma N-PRY-CAR-13-01-002, *Criterios Generales para el Diseño de Sistemas Inteligentes de Transporte*.

D.2.2.3. Verificación y pruebas**a) Pruebas de instalación**

Se realizarán las siguientes pruebas de instalación para el cable radiante o las antenas:

- Pruebas de integridad del cable o las antenas para la totalidad de la instalación.
- Verificación del trayecto e instalación del cable radiante, incluyendo los accesorios de montaje y anclaje, estos cumplirán con las especificaciones del fabricante; en caso de que se utilicen antenas, se verificarán los puntos donde fueron instaladas y que la instalación cumpla con lo especificado por el fabricante.
- Pruebas del equipamiento de retransmisión, donde se verificará que se alcance la potencia de radiodifusión especificada y verificando que la cobertura del sistema sea del cien (100) por ciento.

D.2.2.4. Aprobación

Para la aprobación de los trabajos, se revisará que se cumplan con las siguientes estipulaciones:

- Cumplimiento de las especificaciones de los materiales.
- Calidad de los materiales y equipamiento.
- Colocación de antenas.
- Colocación de cable radiante.
- Cobertura satisfactoria en todo el túnel.
- Pruebas de transmisión y recepción.
- Entrega de documentación que contenga el procedimiento utilizado para la realización de pruebas de verificación y aceptación del cable radiante.

D.3. COMUNICACIONES DE SATÉLITE DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

El sistema de comunicaciones de satélite de sistemas inteligentes de transporte proporcionará conectividad cuando no exista ningún otro medio para acceder a la red de comunicaciones de la carretera o vialidad, o bien no exista alguna salida a internet donde se encuentre el Centro de Control.

Se seguirán los siguientes lineamientos para la utilización de comunicaciones basadas en satélite:

- No se utilizarán para aplicaciones de voz
- Para su ubicación, se recomienda en plazas de cobro o elegir un emplazamiento donde existan más de un equipamiento de sistemas inteligentes de transporte para su instalación.

D.3.1. Arquitecturas y topologías

D.3.1.1. Dimensionamiento del equipamiento

Para el dimensionamiento del equipo de comunicaciones de satélite del sistema inteligente de transporte, se realizarán las siguientes actividades:

- Se verificará que la potencia de la señal satelital sea la adecuada de acuerdo a lo especificado por el proveedor, en el sitio de implementación y que exista vista despejada al cielo para evitar cualquier interferencia con el satélite a donde estará orientada la antena. Se incluirá dentro de la instalación los transmisores, antenas, receptores y repetidores para la comunicación exitosa.
- Suma del ancho de banda que generan todos los elementos que enviarán y recibirán información a través del enlace satelital, con un porcentaje de utilización del cien (100) por ciento (en Kbps o Mbps).

- Se contemplará una reserva del veinticinco (25) por ciento dentro del ancho de banda que se contratará con el proveedor de servicios satelitales.
- Realización de un estudio de consumo de ancho de banda por mes (incluyendo reserva) para obtener una estimación de la cantidad de datos que se consumirán, con el objetivo de obtener el contrato más adecuado a las necesidades por parte del proveedor del enlace satelital.
- Se verificará que el proveedor de red satelital garantice el ancho de banda y QoS requerido para la operación del equipamiento de sistemas inteligentes de transporte.

Las comunicaciones basadas en satélite se recomiendan solo en el caso de que un medio guiado no esté disponible o para equipamiento remoto de sistemas inteligentes de transporte.

D.3.1.2. Servicios afectados

Antes de la implementación se identificarán las interferencias en el sitio de instalación del equipamiento satelital, especialmente las relacionadas con su canalización, las interferencias serán identificadas, ubicadas, trazadas y se indicará su condición actual. Algunas interferencias comunes son las siguientes:

- a) Se verificará que la instalación de las antenas y canalización hasta el módem satelital no interfiera con otras canalizaciones de telecomunicaciones y/o electricidad u otros sistemas en centros de control, edificios técnicos y emplazamientos de sistemas inteligentes de transporte.
- b) Estructuras que interfieran entre la antena y el cielo abierto como:
 - Pasos superiores vehiculares (PSV).
 - Pasos superiores peatonales (PSP).
 - Pasos inferiores vehiculares (PIV).
 - Pasos inferiores peatonales (PIP).
 - Cualquier otra estructura u obra que interfiera con la instalación la visión a cielo abierto.
 - Árboles y/o vegetación existente o que pudiera obstruir el enlace a futuro.

Las interferencias se identificarán con el objetivo de elaborar los proyectos detallados con aprobación de la Secretaría, del proceso constructivo mediante memorias descriptivas y planos para ejecutar dichos trabajos de subsanación de la manera más eficiente y segura.

D.3.1.3. Arquitectura

El contratista diseñará una arquitectura para el desarrollo del proyecto de comunicaciones por satélite, que la muestre a un nivel alto y que incluya la ubicación de sus componentes principales o importantes, además de los tipos de cableado, y considerando las siguientes características:

- Jerarquización.
- Redundancia.
- Escalabilidad sin repercutir en su funcionamiento.
- Calidad del servicio, permitiendo la priorización de tráfico y garantizar un ancho de banda mínimo para cada tipo de tráfico.

- Seguridad mediante mecanismos como contraseñas cifradas, cortafuegos y encriptación de datos entre otros.

Para ello, se creará un diagrama donde se tomará en cuenta el siguiente equipamiento para el diseño:

- Tipo de cableado secundario (conexión del equipamiento del sistema inteligente de transporte a la red).
- Conmutadores de red.
- Cortafuegos (Firewall).
- Equipamiento de control de red.
- Módem.
- LNB/BUC.
- Interconexión con red troncal de comunicaciones.

D.3.1.4. Interfaz con centro de control

El equipamiento de los enlaces satelital se especificará para que sea compatible y gestionable mediante la red de comunicaciones IP que se instalará en la carretera o vialidad.

D.3.2. Instalación de equipamiento satelital

D.3.2.1. Cimentación

La cimentación se ejecutará de acuerdo a las dimensiones y materiales especificados por el proveedor del equipamiento o aprobadas por la Secretaría. Además, se contemplarán los vientos dominantes y reinantes, así como el tipo de suelo donde se instalará el equipamiento.

D.3.2.2. Montaje

El montaje se llevará a cabo de acuerdo a lo especificado por el proveedor de equipamiento, asegurando su anclaje adecuado con pernos de acero inoxidable para la instalación de la estructura que soportará la antena; contando con la canalización adecuada para llevar el cableado de la antena hacia al módem y cualquier otro cableado auxiliar que haga falta.

D.3.3. Verificación y pruebas

D.3.3.1. Pruebas de instalación

Las pruebas de instalación cumplirán con los siguientes aspectos:

- Orientación correcta de la antena hacia el satélite del operador.
- Asegurarse que haya línea de visión directa al cielo, sin obstrucciones y/o posibles obstrucciones a futuro.
- Inspección del cableado instalado (de la antena al modem).
- Pruebas de sujeción de la antena, LNB, BUC y accesorios necesarios para su funcionamiento.

D.3.4. Aprobación

La aprobación de los trabajos, se revisará que se cumplan con las siguientes estipulaciones:

- Cumplimiento de las especificaciones de los materiales.
- Calidad de los materiales y equipamiento.
- Colocación de antenas.
- Velocidad del enlace de acuerdo a las necesidades del equipamiento conectado.
- Calidad y cobertura del enlace satisfactoria.
- Pruebas de transmisión y recepción.

D.4. COMUNICACIONES DE MICROONDAS DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

El sistema de comunicaciones de microondas de sistemas inteligentes de transporte proporcionará conectividad inalámbrica cuando un medio cableado no esté disponible en puntos particulares.

Se seguirán los siguientes lineamientos para la utilización de comunicaciones basadas en microondas:

- La instalación de las antenas se realizará a la altura que especifique el estudio radioeléctrico, siendo instalada siempre fuera del alcance de los usuarios.
- Se garantizará el ancho de banda suficiente para el equipamiento en cuestión a instalar.
- Los componentes serán instalados en un gabinete que cumpla las características expuestas en el inciso D.2.5 de la Norma N-PRY-CAR-10-07-002, *Criterios Generales para el Diseño de Sistemas Inteligentes de Transporte*.

D.4.1. Arquitectura y topologías

D.4.1.1. Estudio radioeléctrico

El contratista verificará que el máximo ancho de banda y máximo de distancia de transmisión están siendo alcanzables.

Se verificará que el enlace entre los puntos a enlazar, se encuentre libre de obstrucciones, dada la naturaleza del tipo de comunicación, requiere de línea de vista (LOS) considerando también la zona de Fresnel.

Se considerará la distancia de separación entre antenas, ya que este tipo de enlaces pueden funcionar hasta con cincuenta (50) kilómetros de distancia (típicamente) en función a la tecnología que se utilizará.

Las comunicaciones basadas en enlaces microondas se recomiendan solo en el caso de que un medio guiado no esté disponible o para equipamiento del sistema inteligente de transporte portátil.

D.4.1.2. Dimensionamiento del equipamiento

Para el dimensionamiento del equipamiento se contemplarán los siguientes puntos:

- Suma del ancho de banda que generan todos los elementos que enviarán y recibirán información a través del enlace de microondas, con un porcentaje de utilización del cien (100) por ciento (en Kbps o Mbps).
- Estándar de comunicación inalámbrico a utilizar.
- Se contemplará que, dependiendo de la frecuencia de operación elegida, esta puede estar sujeta al pago de licencias al Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT).
- Arquitectura del enlace microondas (Punto a punto, punto a multipunto, entre otros).
- Capacidad disponible de conexión entre red de comunicaciones troncal y enlace microondas.
- Se contemplará un margen de reserva de ancho de banda del veinticinco (25) por ciento.

D.4.1.3. Servicios afectados

Antes de la implementación se identificarán las interferencias para la instalación de los enlaces microondas, las interferencias serán identificadas, ubicadas, trazadas y se indicará su condición actual. Algunas interferencias comunes son las siguientes:

- a) Se verificará que no existan obstrucciones que pudieran perder la línea de vista en un enlace, tomando en cuenta la zona de Fresnel. Dentro del tipo de obstrucciones se incluyen:
- Pasos superiores vehiculares (PSV).
 - Pasos superiores peatonales (PSP).
 - Pasos inferiores vehiculares (PIV).
 - Pasos inferiores peatonales (PIP).
 - Cualquier otra estructura u obra que interfiera con la instalación la visión a cielo abierto.
 - Árboles y/o vegetación existente o que pudiera obstruir el enlace en un futuro.

b) Interferencias con enlaces de comunicaciones de terceros

Se identificarán las interferencias con enlaces de comunicaciones de terceros con el objetivo de elaborar los proyectos detallados con aprobación de la Secretaría, del proceso constructivo mediante memorias descriptivas y planos para ejecutar dichos trabajos de subsanación de la manera más eficiente y segura.

D.4.1.4. Arquitectura

El contratista diseñará una arquitectura para el desarrollo del proyecto de comunicaciones por microondas de sistemas inteligentes de transporte, que la muestre a un nivel alto, y que incluya la ubicación de sus componentes principales o importantes, además de los tipos de cableado, y considerando las siguientes características:

- Jerarquización.
- Redundancia.
- Escalabilidad sin repercutir en su funcionamiento.

- Calidad del servicio, permitiendo la priorización de tráfico y garantizar un ancho de banda mínimo para cada tipo de tráfico.
- Seguridad mediante mecanismos como contraseñas cifradas, firewall, y encriptación de datos entre otros.

Para ello, se creará un diagrama donde se tomará en cuenta el siguiente equipamiento para el diseño:

- Tipo de cableado secundario (conexión del equipamiento de sistemas inteligentes de transporte a la red).
- Conmutadores de red.
- Equipamiento de control de red.
- Antenas.
- Equipamiento de transmisión.
- Interconexión con red troncal.

D.4.1.5. Interfaz con centro de control

El equipamiento de los enlaces microondas se especificará para que sea compatible y gestionable mediante la red de comunicaciones IP que se instalará en la carretera.

D.4.2. Instalación de equipamiento de microondas

D.4.2.1. Cimentación

La cimentación se ejecutará de acuerdo a las dimensiones y materiales especificados por el proveedor del equipamiento o aprobadas por la Secretaría. Además, se contemplarán los vientos dominantes y reinantes, así como el tipo de suelo donde se instalará el equipamiento.

Se anclará con pernos de acero inoxidable para la instalación de la estructura que soportará la antena.

D.4.2.2. Izaje

El izaje se llevará a cabo de acuerdo a lo especificado por el proveedor de equipamiento, asegurando el anclaje de antenas en el mástil y contando con la canalización adecuada para llevar el cableado de la antena hacia al módem y cualquier otro cableado auxiliar que haga falta.

En las estructuras de acero galvanizado o acero inoxidable no se permitirá la perforación de los elementos de la estructura de soporte, salvo que así lo indique el proyecto o lo indique la Secretaría. En caso de que sea necesario realizar las perforaciones, estas se realizarán no afectando los elementos estructurales del mástil y se realizarán en los sitios indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría. El área metálica expuesta se protegerá con pintura anticorrosiva.

D.4.3. Verificación y pruebas

D.4.3.3. Pruebas de instalación

Las pruebas de instalación seguirán los siguientes puntos:

- Pruebas de sujeción de la antena en mástil.

- Inspección de la instalación del cableado (de equipamiento a antena).
- Verificación de exista línea de visión directa entre las dos antenas, eliminando cualquier obstrucción existente o posible obstrucción a futuro.

D.4.4. Aprobación

Para la aprobación de los trabajos, se revisará que se cumplan con las siguientes estipulaciones:

- Cumplimiento de las especificaciones de los materiales.
- Calidad de los materiales y equipamiento.
- Colocación de antenas.
- Velocidad del enlace de acuerdo a las necesidades del equipamiento conectado al enlace.
- Calidad del enlace satisfactoria.
- Pruebas de transmisión y recepción.

E. BIBLIOGRAFÍA

State of Qatar Public Works Authority, *Intelligent Transportation Systems Deployment Manual*, Ashghal (2013).

ANSI/TIA/EIA 606-A, *Administration Standard for Commercial Telecommunications Infrastructure – Norma de Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones Comerciales*.

International Telecommunications Union, ITU G.652, *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

www.gob.mx/sct