

CAPÍTULO 9 (4.9) INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO

ARTÍCULO 920 DISPOSICIONES GENERALES

920-1. Objetivo y campo de aplicación. El objetivo de este Capítulo es establecer las disposiciones para salvaguardar a las personas y sus propiedades de los riesgos originados por las líneas y subestaciones eléctricas, líneas de comunicación y su equipo asociado, durante su instalación, operación y mantenimiento. Los requisitos aquí establecidos se consideran como los mínimos necesarios para la seguridad y salud del público y de los trabajadores, la preservación del ambiente y el uso racional de la energía.

Se aplica a las líneas eléctricas de suministro público, subestaciones eléctricas, transportes eléctricos, alumbrado público y otras líneas eléctricas y de comunicación ubicadas en la vía pública, así como a instalaciones similares propiedad de los usuarios. Al establecer estos requisitos se ha considerado, en principio, que dichas líneas deben estar operadas y mantenidas por personas calificadas.

920-2. Definiciones

Empalme: Unión destinada a asegurar la continuidad eléctrica entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

Línea de suministro eléctrico: Aquélla que se usa para la transmisión, distribución y utilización en general de la energía eléctrica.

Tensión eléctrica de aguante de baja frecuencia: Para aislador, es el valor eficaz de la tensión de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas, puede ser aplicado sin causar flameo o perforación del aislador.

Tensión eléctrica de flameo de baja frecuencia: Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión eléctrica de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas causa una descarga disruptiva sostenida a través del medio circundante.

ARTÍCULO 921 - PUESTA A TIERRA

A. Disposiciones generales

921-1. Disposiciones generales. El objeto de este Artículo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de servicio público de energía eléctrica. Este Artículo se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación; los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras secciones de esta NOM.

Algunas de las conexiones a tierra aquí indicadas que estarán ubicadas en las plantas generadoras o en las subestaciones, deben considerarse como se indica en otras Partes del Artículo 250.

921-2. Definiciones

Electrodo: cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinados a establecer una conexión con el mismo.

Guarda: elemento protector contra contacto a un conductor eléctrico.

921-3. Medición de la resistencia del sistema de tierra. La medición de la resistencia del sistema de tierra, debe efectuarse desconectando el sistema de neutro corrido del suministrador, en su caso.

921-4. Puesta a tierra durante reparaciones. El equipo o los conductores que operen a más de 600 V entre fases y que se deban reparar cuando se desconecten de su fuente de abastecimiento, deben conectarse a tierra, antes y durante la reparación.

921-5. Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de c.c.

a) Hasta de 750 V En sistemas de c.c. hasta de 750 V, que requieran estar conectados a tierra, la conexión debe hacerse sólo en la fuente de alimentación. Para sistemas de tres hilos, esta conexión debe hacerse al neutro.

b) Más de 750 V En sistemas de c.c. de más de 750 V, que requieran estar conectados a tierra, la conexión debe hacerse tanto en la fuente de alimentación como en los centros de carga. Esta conexión debe hacerse al neutro del sistema. El electrodo de tierra puede estar ubicado dentro o externamente a los centros de carga.

921-6. Corriente eléctrica en el conductor de puesta a tierra. Los puntos de conexión de puesta a tierra deben estar ubicados en tal forma que, bajo condiciones normales, no haya un flujo de corriente eléctrica inconveniente en el conductor de puesta a tierra. Si por el uso de múltiples conexiones a tierra, se tiene un flujo de corriente eléctrica inconveniente en un conductor de puesta a tierra, se recomienda tomar una o más de las siguientes medidas:

a) Eliminar una o más de las conexiones de puesta a tierra.

b) Cambiar la localización de las conexiones puesta a tierra.

c) Interrumpir la continuidad del conductor entre las conexiones de puesta a tierra.

d) Otras medidas efectivas para limitar la corriente eléctrica, de acuerdo con un estudio confiable.

La conexión de puesta a tierra en el transformador de alimentación, no debe ser removida.

Las corrientes eléctricas instantáneas que se presentan bajo condiciones anormales, mientras los conductores de puesta a tierra están desempeñando sus funciones de protección, no se consideran como inconvenientes.

El conductor debe tener capacidad para conducir la corriente eléctrica de falla, prevista en el tiempo que dure la falla sin sobrecarga térmica o sin la formación de tensión eléctrica excesiva. Véase 921-10.

921-7. Material de los conductores de puesta a tierra. En todos los casos, los conductores de puesta a tierra deben ser de cobre o de aluminio y de ser posible, no deben tener empalmes. Si los empalmes son inevitables, deben estar hechos y conservados de forma que no se incremente considerablemente la resistencia del conductor, y deben tener

adecuadas características mecánicas y de resistencia a la corrosión. Para apartarrayos y detectores de tierra, el conductor de puesta a tierra debe ser tan corto y exento de curvas cerradas (ángulos menores a 90°) como sea posible.

La estructura metálica de un edificio o de otra construcción, puede servir como conductor de puesta a tierra y como un aceptable electrodo de tierra, si cumple con lo indicado en 921-25.

921-8. Desconexión del conductor de puesta a tierra. En ningún caso debe insertarse un dispositivo de desconexión en el conductor de puesta a tierra, excepto cuando su operación ocasione también la desconexión automática de los conductores del circuito que alimenta al equipo, conectado a tierra por medio de dicho conductor.

Excepción: Se permite la desconexión temporal del conductor de puesta a tierra para propósitos de prueba, hecha bajo supervisión de personal calificado.

921-9. Medios de conexión. La conexión del conductor de puesta a tierra y los diferentes elementos a que está unido, debe hacerse por medios que igualen las características del propio conductor y que sean adecuados para la exposición ambiental. Estos medios incluyen soldaduras, conectores mecánicos o de compresión y zapatas o abrazaderas de puesta a tierra.

921-10. Capacidad de conducción de corriente y resistencia mecánica. "La capacidad de conducción de corriente de tiempo corto" de un conductor desnudo de puesta a tierra, es la corriente eléctrica que éste puede soportar durante el tiempo que circula la corriente eléctrica, sin fundirse o cambiar su estado, bajo las tensiones eléctricas aplicadas. Si el conductor de puesta a tierra está aislado, su "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" es la corriente eléctrica que puede conducir durante el tiempo prescrito, sin que se dañe el aislamiento. Cuando en un local existan conductores de puesta a tierra en paralelo, puede considerarse la capacidad de corriente total incrementada.

a) Para sistemas conectados a tierra en un solo punto. El conductor de puesta a tierra para un sistema conectado a tierra en un solo punto, por medio de un electrodo o grupo de electrodos debe tener una "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" adecuada para la corriente eléctrica de falla, que pueda circular por el propio conductor durante el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si este valor no puede ser fácilmente determinado, la capacidad de conducción de corriente permanente del conductor de puesta a tierra no debe ser menor que la corriente eléctrica a plena carga del transformador o de otra fuente de alimentación.

b) Para sistemas de c.a. con múltiples conexiones de puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra para un sistema de c.a. con tierras en más de un lugar, excluyendo las tierras en los servicios a usuarios, debe tener una capacidad continua de conducción de corriente, en cada localización, cuando menos igual a un quinto de la capacidad de los conductores del sistema al que esté unido. (Véase el inciso (e) de esta Sección).

c) Para apartarrayos primarios. El conductor de puesta a tierra debe tener adecuada "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo", bajo las condiciones de corriente eléctrica excesiva causada por una onda. En ningún caso, el conductor de puesta a tierra de un apartarrayos individual debe ser de tamaño nominal menor a 13,30 mm² (6 AWG) de cobre, o a 21,15 mm² (4 AWG) de aluminio.

Cuando la flexibilidad del conductor de puesta a tierra es vital en la operación del apartarrayos, tal como cerca de la base del mismo, deben emplearse conductores flexibles adecuados.

d) Para equipo, mensajeros y retenidas. El conductor de puesta a tierra para equipo, canalizaciones, mensajeros, retenidas, cubiertas metálicas de cables y otras cubiertas metálicas de conductores, debe tener la "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" adecuada para la corriente eléctrica de falla disponible y para el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si no se provee protección contra sobrecorriente o falla, la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra debe determinarse con base en las condiciones de diseño y operación del circuito, pero no debe ser de tamaño nominal menor a 8,37 mm² (8 AWG) de cobre.

Cuando las cubiertas metálicas de conductores y sus uniones a las cubiertas de equipo tienen la continuidad y capacidad de corriente requeridas, se pueden usar como medio de puesta a tierra del equipo.

e) Límite de la capacidad de conducción de corriente. El conductor de puesta a tierra no necesita tener mayor capacidad de conducción de corriente que cualquiera de las siguientes:

1) La de los conductores de fase que suministrarían la corriente eléctrica de falla a tierra.

2) La corriente eléctrica máxima que pueda circular por el conductor, hacia el electrodo a que esté unido. Para un conductor simple de puesta a tierra, esta corriente eléctrica sería igual a la tensión eléctrica de suministro dividida entre la resistencia del electrodo (aproximadamente).

f) Resistencia mecánica. Todo conductor de puesta a tierra debe tener resistencia mecánica adecuada para las condiciones a que esté sometido, dentro de límites razonables. Además, los conductores de puesta a tierra sin protección, deben tener una resistencia a la tensión no-menor a la del tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG) de cobre.

921-11. Guardas y protección

a) Los conductores de puesta a tierra para sistemas conectados a tierra en un solo punto y aquellos conductores expuestos a daño mecánico, deben protegerse. Sin embargo, no requieren protegerse donde no estén fácilmente accesibles al público ni donde conecten a tierra circuitos o equipo con múltiples conexiones puestas a tierra.

- b) Cuando se requiera protección, los conductores de puesta a tierra deben protegerse por medio de guardas adecuadas al riesgo razonable a que estén expuestos. Se recomienda que las guardas se extiendan por lo menos 2,50 m arriba del suelo o plataforma en que los conductores son accesibles al público.
- c) Los conductores de puesta a tierra que no tengan guardas, deben protegerse fijándolos estrechamente a la superficie del poste o a otro tipo de estructura, en áreas donde estén expuestos a daño mecánico y, de ser posible, colocándolos en la parte de la estructura menos expuesta.
- d) Las guardas usadas para conductores de puesta a tierra de equipo de protección contra descargas atmosféricas, deben ser de material no-magnético si envuelven completamente al conductor o si no están unidas en ambos extremos al propio conductor de puesta a tierra.

921-12. Separación de conductores de puesta a tierra

a) Excepto como lo permite el inciso (b) siguiente, los conductores de puesta a tierra para equipo y circuitos de las clases indicadas a continuación, deben correr separadamente hasta sus propios electrodos.

- 1) Apartarrayos de circuitos de más de 750 V y armazones de equipo que opere a más de 750 V.
- 2) Circuitos de alumbrado y fuerza hasta de 750 V.
- 3) Puntas de pararrayos (protección contra descargas atmosféricas), a menos que estén conectadas a una estructura metálica puesta a tierra.

Como alternativa, los conductores de puesta a tierra pueden correr separadamente hasta una barra colectora de tierra o un cable puesta a tierra del sistema, que esté conectado a tierra en varios lugares.

b) Los conductores de puesta a tierra para cualquiera de las clases de equipo indicadas en (a)(1) y (a)(2) anteriores, pueden conectarse entre sí, utilizando un solo conductor, siempre que:

- 1) Haya una conexión directa a tierra en cada localización de apartarrayos.
- 2) El conductor neutro secundario sea común con el conductor neutro primario, o los dos estén conectados entre sí.

c) Los circuitos primario y secundario que utilicen un conductor neutro común, deben tener cuando menos una conexión de puesta a tierra por cada 400 m de línea, sin incluir las conexiones puesta a tierra en los servicios de usuarios.

d) Cuando se usen electrodos independientes para sistemas separados, deben emplearse conductores de puesta a tierra separados. Si se usan electrodos múltiples para reducir la resistencia a tierra, éstos pueden unirse entre sí y conectarse a un solo conductor de puesta a tierra.

e) Se recomienda que los electrodos artificiales para apartarrayos de sistemas eléctricos no-conectados a tierra, que operen a tensiones eléctricas que excedan de 15 kV entre fases, estén separados cuando menos 6 m de cables de comunicación subterráneos.

921-13. Electrodo de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra debe ser permanente y adecuado para el sistema eléctrico de que se trate. Un electrodo común (o sistema de electrodos) debe emplearse para conectar a tierra el sistema eléctrico y las envolventes metálicas de conductores y al equipo servido por el mismo sistema. El electrodo de tierra debe ser alguno de los especificados en 921-14 y 921-22.

921-14. Electrodo existentes. Para efectos de esta Sección, se entiende por "electrodos existentes" aquellos elementos metálicos instalados para otros fines diferentes al de puesta a tierra.

a) **Sistemas de tubería metálica para agua.** Los sistemas subterráneos de tubería metálica para agua fría, pueden usarse como electrodos de puesta a tierra.

NOTA: Estos sistemas normalmente tienen muy baja resistencia a tierra. Se recomienda su uso cuando estén fácilmente accesibles.

Las tuberías de agua con uniones aislantes no son adecuadas para usarse como electrodos de puesta a tierra.

b) **Sistemas locales de tuberías de agua.** Las tuberías metálicas enterradas, conectadas a pozos y que tengan baja resistencia a tierra, pueden usarse como electrodos de puesta a tierra.

c) **Varillas de refuerzo de acero en cimientos o bases de concreto.** El sistema de varillas de refuerzo de un cimiento o base de concreto, que no esté aislado del contacto directo con la tierra y se extienda cuando menos 1 m abajo del nivel del terreno, constituye un efectivo y aceptable electrodo de puesta a tierra.

Cuando la estructura de acero (como columna, torre, poste) soportada sobre dicho cimiento o base, se use como un conductor de puesta a tierra, debe ser conectada a las varillas de refuerzo por medio de la unión de éstas con los tornillos de anclaje, o por medio de cable que una directamente a las varillas de refuerzo con la estructura arriba del concreto.

Los amarres de acero comúnmente usados, se considera que proveen una adecuada unión entre las varillas del armado de refuerzo.

NOTA: Cuando las varillas de refuerzo no están conectadas adecuadamente a una estructura arriba del concreto, y ésta queda sometida a corrientes eléctricas de descarga a tierra (aun conectada a otro electrodo que no sean las varillas), hay posibilidad de daño al concreto interpuesto, debido a la corriente eléctrica que busca camino hacia tierra a través del concreto, que es mal conductor.

921-15. Medios de conexión a electrodos. Hasta donde sea posible, las interconexiones a los electrodos deben ser accesibles. Los medios para hacer estas conexiones deben proveer la adecuada sujeción mecánica, permanencia y capacidad de conducción de corriente, tal como los siguientes:

- a) Una abrazadera, accesorio o soldadura permanentes y efectivos.
- b) Un conector de bronce con rosca, que penetre bien ajustado en el electrodo.
- c) Para construcciones con estructura de acero, en las que se empleen como electrodo las varillas de refuerzo embebidas en concreto (del cimienta), debe usarse una varilla de acero similar, para unirlos, mediante soldadura a otra provista de un tornillo de conexión. El tornillo debe ser conector sólido y permanentemente a la placa de asiento de la columna de acero soportada en el concreto. El sistema eléctrico puede conectarse entonces, para su puesta a tierra, a la estructura del edificio, usando soldadura o un tornillo de bronce que se sujete en algún elemento de la misma estructura.
- d) Para construcciones con estructuras de concreto armado, en las que se emplee un electrodo consistente en varillas de refuerzo o alambre embebidos en concreto (del cimienta), se debe usar un conductor de cobre desnudo de tamaño nominal adecuado para satisfacer el requisito indicado en 921-13, pero no-menor a $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG) que se conecte a las varillas de refuerzo o al alambón, mediante un conector adecuado para cable de acero. El conector y la parte expuesta del conductor de cobre se deben cubrir completamente con mastique o compuesto sellador, antes de que el concreto sea vaciado, para minimizar la posibilidad de corrosión galvánica. El conductor de cobre debe sacarse por arriba de la superficie del concreto en el punto requerido por la conexión con el sistema eléctrico. Otra alternativa es sacar al conductor por el fondo de la excavación y llevarlo por fuera del concreto para la conexión superficial, en este caso el conductor de cobre desnudo debe ser de tamaño nominal no-menor a $33,62 \text{ mm}^2$ (2 AWG).

921-16. Punto de conexión a sistemas de tubería

- a) El punto de conexión de un conductor de puesta a tierra a un sistema de tubería metálica para agua fría, debe estar lo más cerca posible de la entrada del servicio de agua al edificio o cerca del equipo a ser conectado a tierra donde resulte más accesible. Entre este punto de conexión y el sistema subterráneo de tubería, debe haber continuidad eléctrica permanente, por lo que deben instalarse puentes de unión donde exista posibilidad de desconexión, tal como en los medidores de agua y en las uniones del servicio.
- b) Los electrodos artificiales o las estructuras conectadas a tierra deben separarse por lo menos 3 m de líneas de tubería usadas para la transmisión de líquidos o gases inflamables que operen a altas presiones (10,5 Pa o más), a menos que estén unidos eléctricamente y protegidos catódicamente como una sola unidad. Debe evitarse la instalación de electrodos a menos de 3 m de distancia de dichas líneas de tubería, pero en caso de existir, deben ser coordinados de manera que se asegure que no se presenten condiciones peligrosas de c.a. y no sea nulificada la protección catódica de las líneas de tubería.

921-17. Superficies de contacto. Cualquier recubrimiento de material no-conductor, tal como esmalte, moho o costra, que esté presente sobre las superficies de contacto de electrodos en el punto de la conexión, debe ser removido completamente donde se requiera, a fin de obtener una buena conexión.

921-18. Resistencia a tierra de electrodos. Disposiciones generales. El sistema de tierras debe consistir de uno o más electrodos conectados entre sí. Este sistema debe tener una resistencia a tierra suficientemente baja para minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto (se considera aceptable un valor de 10Ω ; en terrenos con alta resistividad este valor puede llegar a ser hasta de 25Ω . Si la resistividad es mayor a $3000 \Omega/\text{m}$ se permiten 50Ω) para permitir la operación de los dispositivos de protección.

a) Plantas generadoras y subestaciones. Cuando estén involucradas tensiones y corrientes eléctricas muy altas, se requiere de un sistema enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores enterrados y otros medios de protección.

b) Sistemas de un solo electrodo. Los sistemas con un solo electrodo deben utilizarse cuando el valor de la resistencia a tierra no exceda de 25Ω en las condiciones más críticas. Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es 5Ω .

c) Sistemas con múltiples conexiones de puesta a tierra. El neutro, cuya capacidad de conducción de corriente debe ser adecuada al servicio de que se trate, debe estar conectado a un electrodo artificial en cada transformador y en otros puntos de la línea, de tal manera que se tenga una conexión de puesta a tierra como mínimo, en cada 400 m de línea sin incluir las conexiones de puesta a tierra en los servicios de usuarios.

NOTA: Los sistemas de múltiples conexiones de puesta a tierra que se extiendan a través de distancias considerables, dependen más de la cantidad de los electrodos de tierra que de la resistencia a tierra de cualquier electrodo individual.

921-19. Conexión a tierra de partes metálicas de transformadores. Aplicar lo indicado en 450-10 y lo correspondiente al tipo de instalación.

B. Líneas aéreas

921-20. Disposiciones generales. El objeto de esta Parte B es proponer métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de servicio público de energía eléctrica. Esta Parte se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación; los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras disposiciones de esta NOM.

Algunas de las conexiones a tierra aquí indicadas que estarán ubicadas en las plantas generadoras o en las subestaciones, deben considerarse en el diseño y construcción de estas instalaciones.

921-21. Cables mensajeros y retenidas

a) Cables mensajeros. Los cables mensajeros que requieran estar conectados a tierra deben conectarse a los conductores de puesta a tierra en los postes o en las torres, a los intervalos máximos indicados a continuación:

- 1) Cuando el cable mensajero sea adecuado para utilizarse como conductor de puesta a tierra del sistema (véase 921-10), una conexión como mínimo, en cada 400 m de línea.
- 2) Cuando el cable mensajero no sea adecuado para utilizarse como conductor de puesta a tierra del sistema, una conexión como mínimo, en cada 200 m de línea, sin incluir las tierras en los servicios a usuarios.

b) Retenidas Las retenidas que requieran estar puestas a tierra deben conectarse a:

- 1) Estructuras de acero puestas a tierra, o a una conexión efectiva de puesta a tierra en postes de madera o concreto.
- 2) Un conductor de línea (neutro) que tenga cuando menos una conexión de puesta a tierra como mínimo en cada 400 m, además de las conexiones de puesta a tierra en los servicios a usuarios.

921-22. Electrodo artificiales

a) General. Cuando se usen electrodos artificiales, éstos deben penetrar, tanto como sea posible, dentro del nivel de humedad permanente.

Los electrodos deben ser de un metal o aleación que no se corra excesivamente bajo las condiciones existentes y durante la vida útil de los mismos.

Toda la superficie externa de los electrodos debe ser conductora, esto es, que no tenga pintura, esmalte u otra cubierta aislante.

b) Barras enterradas (clavadas). Las barras deben tener una longitud de 2,40 m como mínimo, y estar enterradas hasta una profundidad no-menor que esta longitud. El extremo superior de las barras debe quedar al mismo nivel que el terreno o abajo de éste, a menos que tenga una protección adecuada. Cuando se usen barras múltiples para reducir la resistencia a tierra, se recomienda que su separación no sea menor que el doble de su longitud.

Las barras de hierro o acero deben tener un diámetro mínimo de 16 mm. Las barras de acero inoxidable y las que tengan revestimiento de cobre o acero inoxidable, deben tener un diámetro mínimo de 12,7 mm.

c) Alambre, tiras o placas. En áreas de alta resistividad del suelo o con capas de roca superficiales, o cuando se requiera menor resistencia que la asequible con barras enterradas, puede ser más útil el uso de uno o varios de los siguientes electrodos:

- 1) Alambre desnudo de 4,5 mm de diámetro o mayor, enterrado a una profundidad de 50 cm como mínimo, y de longitud total no-menor a 30 m, tendido lo más recto posible, constituye un aceptable electrodo artificial. El alambre puede ser de un solo tramo o de varios tramos conectados entre sí por sus extremos o en cualquier punto. El alambre puede tomar la forma de una malla con muchos tramos paralelos distribuidos en un arreglo de dos dimensiones. En este caso, donde se encuentre lecho de roca, la profundidad puede ser menor a 50 cm.
- 2) Tiras metálicas con longitud total no-menor a 3 m y superficie total (teniendo en cuenta ambos lados) no-menor a 0,50 m², enterradas a una profundidad de 50 cm como mínimo, constituyen aceptables electrodos artificiales. Las tiras de metal ferroso deben tener un espesor no-menor a 6 mm y las de metal no-ferroso, no-menor a 2 mm.
- 3) Placas o láminas metálicas que tengan 0,20 m² o más de superficie en contacto con la tierra, enterradas a una profundidad de 1,50 m como mínimo, constituyen aceptables electrodos artificiales. Las placas o láminas de metal ferroso deben tener un espesor no-menor a 6 mm y las de metal no-ferroso, no-menor a 2 mm.

d) Placas o alambres colocados al extremo de postes

1) General. En áreas de muy baja resistividad del suelo se pueden aceptar como electrodos artificiales los descritos en (d)(2) y (d)(3) siguientes, aunque son inadecuados en la mayoría de otros lugares.

Donde se ha probado que estos electrodos tienen baja resistencia a tierra, pueden usarse para las aplicaciones establecidas en 921-21 (a)(1) y (b)(2), en 921-12(c) y en 921-18(c); sin embargo, estos tipos de electrodos no deben ser los únicos existentes en lugares donde hay transformadores.

2) Placas al extremo de postes. Con las limitaciones indicadas en (d)(1) anterior, una placa doblada sobre la base de un poste de madera, puede considerarse como un aceptable electrodo de tierra. La placa debe ser de un espesor no-menor a 6 mm si es de metal ferroso y no-menor a 2 mm, si es de metal no-ferroso. Además, la superficie de la placa en contacto directo con la tierra, no debe ser menor a 500 cm².

3) Alambres enrollados al extremo de postes. Con las limitaciones indicadas en (d)(1) anterior, el electrodo de puesta a tierra puede ser alambre fijado al extremo de un poste previamente a su colocación. El alambre debe tener una longitud no-menor a 3,70 m en contacto directo con la tierra y ser tamaño nominal no-menor de 13,30 mm² (6 AWG) de cobre. Dicho alambre debe extenderse hasta la base del poste.

e) Electrodo embebidos en concreto. Un alambre, varilla o placa estructural metálicos que cumplan con lo indicado en 921-24(e), embebidos en concreto que no esté aislado del contacto directo con la tierra, constituyen aceptables electrodos de puesta a tierra. La profundidad del concreto, con respecto a la superficie del terreno, no debe ser menor a 30 cm, recomendándose una profundidad de 75 cm. El alambre debe ser cuando menos de un área de sección transversal de 21,15 mm² (4 AWG) si es de cobre, o de diámetro no-menor a 13 mm si es de acero. La longitud mínima del mismo debe ser de 6 m, la cual debe estar completamente dentro del concreto, excepto en la

conexión exterior. El conductor debe estar tendido tan recto como sea posible. Los elementos metálicos pueden estar colocados en tramos cortos, ordenados dentro del concreto y conectados entre sí (como es el caso del armado de refuerzo de una base de estructura).

NOTA 1: La menor resistencia a tierra por unidad de longitud del alambre, será resultado de una instalación recta del mismo.

NOTA 2: No se requiere que la configuración exterior del concreto sea regular, sino que puede moldearse en una excavación irregular, como en terreno rocoso.

NOTA 3: Los electrodos embebidos en concreto son, con frecuencia, más prácticos y efectivos que las varillas, tiras o placas directamente enterradas.

C. Líneas subterráneas

921-23. Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de c.a.

a) Hasta de 750 V. La conexión de puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de cuatro hilos, o de un sistema monofásico de tres hilos, que requiera estar conectado a tierra, debe hacerse al conductor neutro. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la conexión de puesta a tierra debe hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado.

La conexión de puesta a tierra de un sistema trifásico de tres hilos, derivado de un transformador conectado en delta, o conectado en estrella sin conexión de puesta a tierra, el cual no sea para alimentar circuitos de alumbrado, puede hacerse a cualquiera de los conductores del circuito o bien a un neutro derivado en forma separada.

La conexión de puesta a tierra debe hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.

b) Más de 750 V

1) Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla). La conexión de puesta a tierra debe hacerse al neutro, en la fuente de alimentación. Se pueden hacer, si se desea, conexiones adicionales a lo largo de la trayectoria del neutro, cuando éste sea uno de los conductores del sistema.

2) Cable con pantalla

a. Conexión de la pantalla del cable con la puesta a tierra de apartarrayos. Las pantallas de los cables deben unirse con el sistema de tierras de apartarrayos.

b. Cable sin cubierta exterior aislante. La conexión debe hacerse al neutro del transformador de alimentación y en las terminales del cable.

c. Cable con cubierta exterior aislante. Se recomienda hacer conexiones adicionales entre la pantalla sobre el aislamiento del cable (o armadura) y la tierra del sistema. En líneas de cable con pantalla de múltiples conexiones a tierra, la pantalla (incluyendo armadura) debe conectarse a tierra en cada unión del cable expuesta al contacto del personal.

c) Conductor de puesta a tierra separado. Si se usa un conductor de puesta a tierra separado, añadido a una línea subterránea, debe conectarse en el transformador de alimentación y en los accesorios del cable cuando se requiera que éstos vayan conectados a tierra. Este conductor debe estar colocado en la misma trinchera o banco de ductos (o en el mismo ducto si éste es de material magnético) que los conductores del circuito.

Excepción: El conductor de puesta a tierra para un circuito instalado en un ducto magnético puede estar en otro ducto si el que contiene al circuito está unido a dicho conductor en ambos extremos.

921-24. Sistemas subterráneos

a) Los conductores de puesta a tierra usados para conectarse a los electrodos y que se coloquen directamente enterrados, deben ser tendidos flojos o tener suficiente resistencia mecánica para evitar que se rompan fácilmente por movimientos de la tierra o asentamientos normales del terreno.

b) Los empalmes y derivaciones sin aislamiento de conductores de puesta a tierra directamente enterrados, deben ser hechos con soldadura o con dispositivos de compresión, para minimizar la posibilidad de aflojamiento o corrosión. Se debe reducir al mínimo el número de estos empalmes o derivaciones.

c) Las pantallas sobre aislamiento de cables conectadas a tierra, deben unirse con todo aquel equipo eléctrico accesible conectado a tierra en los registros, pozos o bóvedas.

Excepción: Esta conexión puede omitirse cuando exista protección catódica.

d) Debe evitarse que elementos magnéticos, tales como acero estructural, tuberías, varillas de refuerzo, etc., no queden interpuestos entre el conductor de puesta a tierra y los conductores de fase del circuito.

e) Los metales usados para fines de puesta a tierra, que estén en contacto directo con la tierra, concreto o mampostería, deben estar aprobados y listados como adecuados para tal uso.

NOTA 1: En la actualidad, no está aprobado que el aluminio sea adecuado para este uso.

NOTA 2: Los metales de diferentes potenciales galvanicos, que se unan eléctricamente, pueden requerir de protección contra corrosión galvánica.

f) Cuando las pantallas o armaduras sobre el aislamiento de cables, que generalmente van conectadas a tierra, se aislen de ésta para minimizar las corrientes eléctricas circulantes en la pantalla, deben aislarse donde estén accesibles al contacto del personal.

g) Las conexiones de transposición y los puentes de unión deben tener aislamiento para 600 V, a menos que la tensión eléctrica normal en la pantalla exceda de este nivel, en cuyo caso el aislamiento debe ser adecuado para la tensión eléctrica a tierra existente.

h) Los puentes de unión y sus medios de conexión deben ser de tamaño y diseño adecuados para soportar la corriente eléctrica disponible de falla, sin dañarse el aislamiento de los puentes o las conexiones de la pantalla.

D. Subestaciones

921-25. Características del sistema de tierra. Las características de los sistemas de tierra deben cumplir con lo aplicable del Artículo 250.

a) **Disposición física.** El cable que forme el perímetro exterior del sistema, debe ser continuo de manera que encierre el área en que se encuentra el equipo de la subestación.

En subestaciones tipo pedestal se requiere que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo.

Excepción: En las subestaciones tipo poste o pedestal se acepta como sistema de tierra la conexión del equipo a uno o más electrodos. La resistencia del sistema a tierra total debe cumplir con los valores indicados en el inciso (b) de esta Sección.

b) **Resistencia a tierra del sistema.** La resistencia eléctrica total del sistema de tierra incluyendo todos los elementos que lo forman, debe conservarse en un valor menor a lo indicado en la tabla siguiente:

Resistencia (Ω)	Tensión eléctrica máxima (kV)	Capacidad máxima (kVA)
5	mayor a 34,5	mayor a 250
10	34,5	mayor a 250
25	34,5	250

Excepción: Para terrenos con resistividad eléctrica mayor a 3000 W-m, se permite que los valores anteriores de resistencia de tierra sean el doble para cada caso.

Deben efectuarse pruebas periódicamente durante la operación en los registros para comprobar que los valores del sistema de tierra se ajustan a los valores de diseño; asimismo, repetir periódicamente estas pruebas para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje.

c) **Sistemas con transformador.** Cuando se requiera de un transformador para obtener la referencia a tierra aplicar lo indicado en 450-5.

921-26. Puesta a tierra de cercas metálicas. Las cercas metálicas pueden ocupar una posición sobre la periferia del sistema de tierra. Debido a que los gradientes de potencial son más altos, se deben tomar las medidas siguientes:

a) Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, debe ser puesta a tierra.

b) Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla debe colocarse por lo menos a 2 m del límite de la malla.

921-27. Puesta a tierra de rieles y tubos para agua y gas

a) **Rieles.** Los rieles de escape (espuelas) de ferrocarril que entren a una subestación no deben conectarse al sistema de tierra de la subestación. Deben aislarse uno o más pares de juntas de los rieles donde éstos salen del área de la red de tierra.

b) **Tubos para agua y gas.** Los tubos metálicos para agua, gas y las cubiertas metálicas de cables que estén enterrados dentro del área de la subestación deben conectarse al sistema de tierra, en varios puntos.

NOTA: Primero se debe instalar el sistema de tierras de acuerdo a su valor óptimo para la instalación eléctrica y después conectar los tubos para gas al sistema.

921-28. Puesta a tierra de partes no-conductoras de corriente eléctrica

a) Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente eléctrica, y las defensas metálicas del equipo eléctrico, deben conectarse a tierra.

b) Con excepción de equipo instalado en lugares húmedos o lugares peligrosos, las partes metálicas que no conducen corriente eléctrica, pueden no conectarse a tierra, siempre que sean inaccesibles o que se protejan por medio de resguardos.

Esta última protección debe impedir que se puedan tocar inadvertidamente las partes metálicas mencionadas y simultáneamente algún otro objeto puesto a tierra.

c) Las estructuras de acero de la subestación deben ser puestas a tierra.

921-29. Conexión de puesta a tierra de cercas metálicas. Toda cerca metálica que se cruce con líneas suministradoras en áreas no urbanizadas, debe conectarse a tierra, a uno y otro lado del cruce, a una distancia sobre el eje de la cerca y no mayor a 45 m. En caso de existir una o más puertas o cualquier otra condición que interrumpa la continuidad de la cerca, ésta debe aterrizar en el extremo más cercano al cruce con la línea.

Esta conexión de puesta a tierra debe efectuarse uniéndolos todos los elementos metálicos de la cerca.

921-30. Conductor de puesta a tierra común para el circuito, canalizaciones metálicas y equipo. Si la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra del circuito, satisface también el requerimiento para la conexión de puesta a tierra del equipo, este conductor puede usarse para ambos fines. Dentro de dicho equipo se incluyen los armazones y cubiertas de los componentes auxiliares y de control del sistema eléctrico, canalizaciones metálicas, pantallas de cables y otras cubiertas.

E. Otros

921-31. Método de puesta a tierra para teléfonos y otros aparatos de comunicación en circuitos expuestos al contacto con líneas de suministro eléctricos y a descargas atmosféricas. Los protectores y, cuando se requiera, las partes metálicas no-portadoras de corriente eléctrica expuestas, ubicadas en las centrales telefónicas o en instalaciones exteriores, deben conectarse a tierra en la forma siguiente:

a) Electrodo. El conductor de puesta a tierra debe conectarse a un electrodo aceptable, como los descritos en 921-14 y 921-22. Otra alternativa es hacer esta conexión a la cubierta metálica del equipo del servicio eléctrico o al conductor del electrodo de puesta a tierra, cuando el conductor neutro del servicio eléctrico esté conectado a un aceptable electrodo de puesta a tierra en el edificio.

b) Conexión del electrodo. El conductor de puesta a tierra debe ser preferentemente de cobre, de tamaño nominal no-menor a 2,08 mm² (14 AWG) o de cualquier otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente que no sufra corrosión bajo las condiciones de uso. La conexión de este conductor al electrodo de puesta a tierra debe hacerse por medio de un conector adecuado.

c) Unión de electrodos. Debe colocarse un puente de unión de tamaño nominal no-menor a 13,30 mm² (6 AWG) de cobre, u otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente entre el electrodo del equipo de comunicación y el electrodo del neutro del sistema eléctrico, cuando se usen electrodos separados en la misma edificación.

ARTÍCULO 922 - LÍNEAS AÉREAS

A. Disposiciones generales

922-1. Objetivo, campo de aplicación. Este Artículo contiene los requisitos mínimos que deben cumplir las líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicación y sus equipos asociados, con la finalidad de obtener la máxima seguridad, protección al medio ambiente y uso eficiente de la energía.

922-2. Definiciones

Estructura (aplicado a líneas aéreas): Unidad principal de soporte, generalmente un poste o una torre.

Estructura de transición: Aquellos tramos de cable que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales, generalmente interconectadas a líneas aéreas, y que se soportan en postes o estructuras.

Flecha. Distancia medida verticalmente desde el conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte. A menos que otra cosa se indique, la flecha siempre se medirá en el punto medio del claro. Véase la Figura 922-2

Figura 922-2

Flecha inicial sin carga:

de aplicarle cualquier carga

Flecha final: Flecha de un específicas de carga y de que dicho conductor ha apreciable periodo de carga prescritas para la zona instalado, o bien después de lapso mínimo de tiempo, final incluye el efecto de la

Flecha final sin carga:

de que ha estado sujeto, tiempo, a las condiciones de Carga en la que está que se le ha aplicado, tiempo, una carga removida, la flecha final sin deformación inelástica.

Flecha aparente. Distancia

línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte, medida perpendicularmente a la línea recta.

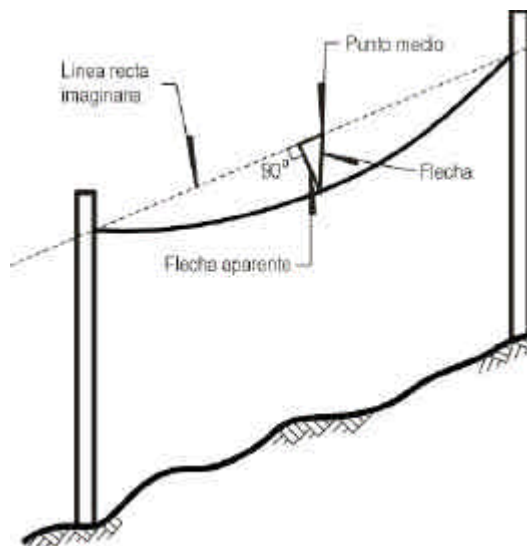
Flecha del conductor en cualquier punto. Distancia medida verticalmente desde un punto en particular del conductor, hasta la línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte.

Línea abierta: Tipo de construcción de línea eléctrica o de comunicación con conductores desnudos o forrados que estén individualmente soportados en la estructura, ya sea directamente o mediante aisladores que al hacer contacto con cualquier elemento a diferente potencial puede ocasionar una descarga eléctrica.

Línea aérea: Aquella que está constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en el exterior de edificios o en espacios abiertos y que están soportados por postes u otro tipo de estructuras con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

Línea de comunicación: Aquella que se usa para servicio de comunicación o de señales, que opera a no más de 400 V a tierra o 750 V entre dos puntos cualesquiera del circuito. Entre las líneas de comunicación se incluyen las líneas de teléfonos, telégrafos, sistemas de señales de ferrocarriles, alarmas de bomberos y de policía, cables de televisión, entre otros.

Línea de suministro eléctrico: Aquella que se usa para la transmisión, distribución y utilización en general de la energía eléctrica.



La que tiene el conductor antes externa.

conductor bajo condiciones temperatura aplicadas, después estado sujeto, durante un tiempo, a las condiciones de de carga en la que está que se le ha aplicado, durante una carga equivalente. La flecha deformación inelástica.

Flecha de un conductor después durante un apreciable periodo de carga prescritas para la Zona de instalado, o bien después de durante un lapso mínimo de equivalente y que ésta ha sido carga incluye el efecto de la

máxima entre el conductor y una

Línea en conflicto: En la presente NOM se entenderá que existe conflicto entre dos líneas aéreas próximas, cuando están situadas en tal forma que, de ocurrir el volteo de una de ellas, sus estructuras o conductores pueden llegar a tocar los conductores de la otra línea, suponiendo que ninguna de ellas se rompe y que ambas líneas no se cruzan.

Línea subterránea: Aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico o de comunicación, colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrados, en ductos o en cualquier otro tipo de canalización.

Longitud del claro: Distancia horizontal entre dos soportes consecutivos de una línea aérea.

Pozo: Recinto subterráneo accesible desde el exterior, donde se colocan equipos, cables y sus accesorios para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento por personal que pueda estar en su interior.

Registro: Recinto subterráneo de dimensiones reducidas, donde se coloca algún equipo, cables y accesorios y para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

Tensión eléctrica de flameo de baja frecuencia: Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión eléctrica de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas causa una descarga disruptiva sostenida a través del medio circundante.

Terminal de cable: Dispositivo que distribuye los esfuerzos dieléctricos del aislamiento en el extremo de un cable.

Transición de línea: Tramo de cable soportado en un poste u otro tipo de estructura, provisto de una terminal que interconecta una línea aérea a subterránea.

Tensión eléctrica de aguante de baja frecuencia: Para aislador, es el valor eficaz de la tensión de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas, puede ser aplicado sin causar flameo o perforación del aislador.

922-3. Posición relativa de líneas

a) La posición que ocupen los conductores de líneas eléctricas de diferente tensión eléctrica, en una misma estructura, debe ser tal que los conductores de mayor tensión eléctrica queden arriba de los de tensión menor.

b) Cuando se instalen conductores de líneas eléctricas y de comunicación en una misma estructura, los primeros deben estar en los niveles superiores.

c) De lo indicado en los dos incisos anteriores, se exceptúan los alimentadores de troles, que por conveniencia pueden estar aproximadamente al nivel de los conductores de contacto del trole.

d) En cruzamientos o líneas en conflicto, debe utilizarse la misma disposición descrita en los incisos (a) y (b) anteriores.

e) Se debe evitar, hasta donde sea posible, la existencia de líneas en conflicto.

922-4. Consideraciones generales sobre la separación de conductores

a) **Medición de separaciones y espaciamentos.** Para referirse a las distancias entre conductores y a sus soportes, estructuras, construcciones, nivel del suelo, se usan en este Artículo los términos separación y espaciamento. Debe entenderse que una separación es la distancia de superficie a superficie y un espaciamento la distancia de centro a centro.

Para propósito de medición de las separaciones, los herrajes y accesorios que estén energizados debido a su conexión eléctrica a los conductores de la línea, se deben considerar como parte integral de los mismos conductores. Las bases metálicas de las mufas, apartarrayos y de equipo similar, deben ser consideradas como parte de la estructura de soporte.

b) **Cables eléctricos aislados.** Las separaciones para los tipos de cables descritos en los siguientes subincisos, así como para sus empalmes y derivaciones, pueden ser menores que las establecidas para conductores desnudos de la misma tensión eléctrica, siempre que sean aprobados (véase 110-2).

1) Cables de cualquier tensión eléctrica que tengan cubierta o pantalla metálica continua efectivamente puesta a tierra, o bien cables diseñados para operar en un sistema de conexión múltiple a tierra de 22 kV o menos, que tengan una pantalla semiconductor sobre el aislamiento combinada con un adecuado sistema metálico para descarga, cuando estén soportados y cableados junto con un mensajero neutro desnudo puesto a tierra efectivamente.

2) Cables de cualquier tensión eléctrica no incluidos en el subinciso anterior, que tengan una pantalla semiconductor continua sobre el aislamiento combinada con un adecuado sistema metálico para descarga, cuando estén soportados y cableados junto con un mensajero desnudo puesto a tierra efectivamente.

3) Cables aislados sin pantalla sobre el aislamiento, que operen a tensiones eléctricas no-mayores a 5 kV entre fases, o a 2,9 kV de fase a tierra.

c) **Conductores forrados.** Los conductores forrados deben ser considerados como desnudos para todos los requisitos de separaciones, excepto en lo que se refiere al espaciamento entre conductores de la misma fase o de diferentes circuitos, incluyendo conductores conectados a tierra.

El espaciamento para conductores forrados puede ser menor que el mínimo requerido para conductores desnudos, siempre y cuando sean propiedad de la misma empresa suministradora y que su cubierta proporcione suficiente resistencia dieléctrica para prevenir cortocircuitos en caso de contacto momentáneo entre conductores, o entre éstos y el conductor conectado a tierra.

d) **Conductores neutros.** Los conductores neutros deben tener la misma separación y altura que los conductores de fase de sus respectivos circuitos. Se exceptúan los conductores neutros efectivamente conectados a tierra a lo largo de la línea, cuando estén asociados con circuitos hasta de 22 kV a tierra, los cuales pueden considerarse, para fines de fijar su separación y altura, como conductores de circuitos de hasta 750 V entre fases.

e) Circuitos de c.a. o c.c. Las disposiciones de este Artículo son aplicables tanto a circuitos de c.a. como de c.c. En los circuitos de c.c. se deben aplicar las mismas separaciones establecidas para los circuitos de c.a., que tengan la misma tensión eléctrica de cresta a tierra.

f) Circuitos de corriente eléctrica constante. Para fijar las separaciones que deben guardar los circuitos de corriente eléctrica constante, se debe tomar como base la tensión eléctrica nominal del circuito a plena carga.

922-5. Arreglo de conductores

a) Identificación. Se recomienda que todos los conductores de líneas eléctricas y de comunicación que vayan tendidos en las mismas estructuras, conserven una misma posición en todo su trayecto y de ser posible, se marquen en algunos de los soportes para complementar su identificación. Esto no prohíbe la transposición sistemática de los conductores.

b) Conexiones y derivaciones. Las conexiones, derivaciones y equipos de líneas aéreas deben ser fácilmente accesibles a personas calificadas. Los conductores que se usen para dichas derivaciones deben soportarse y colocarse de manera que no lleguen a tocar a otros conductores, por movimientos laterales o por colgarse demasiado, ni reduzcan el espacio para subir a trabajar.

922-6. Árboles próximos a conductores. En la proximidad de los conductores, los árboles deben ser podados para evitar que el movimiento de las ramas o de los propios conductores, pueda ocasionar fallas a tierra o entre fases. También se deben podar los árboles para prevenir que sus ramas, al desprenderse, puedan caer sobre los conductores, especialmente en cruzamientos y claros adyacentes. Esta poda debe llevarse a cabo atendiendo las recomendaciones de protección al medio ambiente con objeto de combinar la necesidad de coexistencia de líneas y árboles. Se recomienda que la siembra de árboles bajo líneas existentes se realice con especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol o para la línea existente.

922-7. Aisladores

a) Material y construcción. Los aisladores que se usen en líneas eléctricas deben ser aprobados (véase 110-2).

b) Consideraciones generales sobre la selección de aisladores. En circuitos de corriente eléctrica constante, los aisladores deben seleccionarse basándose en la tensión eléctrica nominal a plena carga del circuito.

922-8. Equipo eléctrico conectado a las líneas

a) Accesibilidad. Todo equipo eléctrico conectado a las líneas, como transformadores, reguladores, interruptores automáticos, cortacircuitos fusibles, desconectadores, apartarrayos, capacitores, así como sus equipos de control, debe estar dispuesto en tal forma que sea fácilmente accesible a personas calificadas, para lo cual se deben proveer los espacios adecuados para operarlos y proporcionarles mantenimiento.

b) Indicación de posición de operación. Los interruptores automáticos, cortacircuitos y desconectadores deben indicar claramente su posición de "abierto" o "cerrado", ya sea que se encuentren dentro de envoltentes o estén descubiertos.

c) Fijación de posición. Los interruptores automáticos o desconectadores conectados a las líneas en lugares accesibles a personas no calificadas, deben estar provistos de mecanismos de seguridad que permitan asegurar su posición de "abierto" o "cerrado" para evitar operaciones no deseadas.

En lo posible, estos equipos deben tener uniformidad en la disposición de sus manijas u otros medios de operación, de tal manera que siempre exista una misma posición física para la condición de abierto y otra diferente para la de cerrado. De no ser posible esta uniformidad en su diseño, los equipos deben marcarse convenientemente para evitar errores de operación.

Los dispositivos de desconexión de líneas aéreas de distribución y transmisión controlados remotamente o en forma automática deben estar provistos de medios locales que hagan inoperable el control remoto o automático.

d) Transformadores y equipo montado en postes. La parte más baja de los transformadores instalados en postes debe estar a una altura no-menor a 4,45 m en lugares transitados solamente por peatones, y no-menor a 4,60 m en lugares transitados por vehículos.

922-9. Conexión de puesta a tierra de circuitos, estructuras y equipo

a) Métodos. Las conexiones de puesta a tierra especificada en esta Sección deben efectuarse de conformidad con los métodos indicados en el Artículo 921(Parte B).

b) Partes no portadoras de corriente eléctrica. Las estructuras metálicas, incluyendo postes de alumbrado; las canalizaciones metálicas; los marcos, tanques y soportes del equipo de líneas; las cubiertas metálicas de los cables aislados; las manijas y palancas metálicas para operación de equipo, así como los cables mensajeros, deben estar puestos a tierra efectivamente de tal manera que durante su operación no ofrezcan peligro a personas o animales.

Puede omitirse esta conexión de puesta a tierra en casos especiales, cuando así lo requiera la operación del equipo, siempre que existan protecciones que impidan el contacto de personas o animales con dichas partes metálicas, o bien cuando éstas queden fuera de su alcance, a una altura mayor de 2,5 m.

c) Retenidas. Las retenidas también deben cumplir con lo indicado en el inciso anterior, cuando sujeten estructuras que soporten circuitos de más de 300 V, o estén expuestas a contacto con dichos circuitos.

Esta disposición no es aplicable en los siguientes casos:

- 1) Cuando las retenidas tengan uno o más aisladores.
- 2) Cuando la estructura soporte exclusivamente cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b)(1), (2) y (3).

3) Cuando la retenida sujete una estructura que soporte circuitos de más de 34,5 kV entre fases y se localice en una zona despoblada. Si el material de las retenidas y anclas es metálico, puede considerarse como elemento de puesta a tierra.

922-10. Capacidad de conducción de corriente de conductores desnudos. Al seleccionar los conductores desnudos con base en su capacidad de conducción de corriente, se recomienda no sobrepasar los valores que han sido determinados basándose en las propiedades físicas del material, bajo ciertas condiciones de temperatura ambiente y de elevación de temperatura en el propio conductor. La Tabla 922-10 muestra valores máximos de capacidad de conducción de corriente, para los calibres de conductores de cobre y de aluminio desnudos más usuales en líneas aéreas. Estas capacidades corresponden a 75°C de temperatura total en el conductor, operando a un régimen de carga constante.

Tabla 922-10. Capacidad de conducción de corriente (A) en conductores desnudos de cobre, aluminio y ACSR

Tamaño nominal mm ²	Tamaño nominal AWG o kcmil	Cobre*	ACSR	AL
8,367	8	90		
13,30	6	130	100	98
21,15	4	180	140	130
33,62	2	240	180	180
53,48	1/0	310	230	235
67,43	2/0	360	270	275
85,01	3/0	420	300	325
107,2	4/0	490	340	375
135,2	266,8	---	460	445
170,5	336,4	---	530	520
226,5	477,0	---	670	650
322,3	636,0	---	780	760
402,8	795,0	---	910	880
483,4	954,0	---	1010	970
564,0	1113,0	---	1110	1100
684,6	1351,0	---	1250	1230
765,4	1510,5	---	1340	1375
805,7	1590,0	---	1380	1600

Bases:

Temperatura total máxima en el conductor: 75°C Temperatura ambiente: 25°C

Velocidad del viento: 0,6 m/s Factor de emisividad: 0,5

Frecuencia: 60 Hz Conductor de cobre duro con 97,3% de conductividad (IACS)

B. Separación de conductores en una misma estructura, espacios para subir y trabajar

922-11. Aplicación. Los requisitos de esta Parte B establecen las separaciones mínimas entre conductores de líneas aéreas, eléctricas y de comunicación, así como las que éstos deben guardar a sus soportes, cables mensajeros, retenidas, cables de guarda, cuando están instalados en una misma estructura.

Para fines de aplicación en los cables aislados de uno o varios conductores y los conductores forrados, descritos en 922-4(b) y (c), así como los conductores en grupo, soportados por aisladores o mensajeros, se consideran como un solo conductor, aun cuando estén formados por conductores individuales de diferente fase o polaridad.

A menos que se indique de otra forma, la tensión eléctrica entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos, debe tomarse como el mayor valor que resulte de los siguientes:

- a) La diferencia vectorial entre los conductores involucrados.
- b) La tensión eléctrica de fase a tierra del circuito de más alta tensión.

Las separaciones obtenidas con las ecuaciones consideradas en esta Sección son aplicables especialmente a líneas aéreas con tensiones eléctricas usuales para distribución. En líneas de sub-transmisión y transmisión, la separación entre conductores queda definida, además de los factores aquí considerados, por la geometría de las estructuras, la coordinación, el aislamiento, el efecto corona, la longitud de los claros y la experiencia obtenida con diseños anteriores que se hayan operado satisfactoriamente.

NOTA: En el texto de estos requisitos se debe entender como soporte de los conductores, el conjunto de elementos que sostienen directamente a los conductores, como son las crucetas, bastidores u otros medios similares, junto con sus aisladores.

922-12. Separación horizontal entre conductores de línea. La separación horizontal entre conductores de línea debe ser como sigue:

- a) **En soportes fijos.** Los conductores en soportes fijos (con aisladores rígidos) deben tener una separación horizontal en sus soportes, no-menor al mayor de los valores obtenidos según los sub-incisos (a)(1) y (a)(2)

siguientes. Estas separaciones no se aplican si los conductores son cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b), o bien si son conductores forrados de un mismo circuito, que cumplen con lo indicado en 922-4(c).

1) Separación horizontal mínima. La separación horizontal entre conductores, ya sea del mismo o de diferente circuito, no debe ser menor que la especificada en la Tabla 922-12(a)(1).

2) Separación de acuerdo con la flecha. La separación horizontal entre soportes de conductores, ya sea del mismo o de diferente circuito, no debe ser menor que el valor dado por las ecuaciones siguientes. En caso de que el valor obtenido de la Tabla 922-12(a)(1) sea mayor, debe usarse ese valor, excepto para conductores del mismo circuito con tensión eléctrica mayor de 50 kV.

Ecuación 1. Para conductores de tamaño nominal menor de 33,6 mm² (2 AWG):

$$S = 7,62 (kV) + 7\sqrt{(8,5f - 5080)} \text{ mm}$$

Ecuación 2. Para conductores de tamaño nominal mayor o igual a 33,6 mm² (2 AWG):

$$S = 7,62 (kV) + 8\sqrt{(2,12f)} \text{ mm}$$

donde:

S, es la separación en mm.

kV, es la tensión eléctrica entre los dos conductores para los que se calcula la separación; excepto el caso de alimentadores de transporte eléctrico, en que la tensión eléctrica es de fase a tierra.

f, es la flecha aparente y final sin carga en mm, del conductor de mayor flecha en el claro, a una temperatura de 16°C y con una tensión mecánica de 25% de la de ruptura.

La Tabla 922-12(a)(2) muestra las separaciones que se obtienen al aplicar las ecuaciones 1 y 2 anteriores, en algunos valores de flecha y de tensión eléctrica de conductores.

La separación entre conductores de circuitos con tensión eléctrica mayor a 50 kV se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m sobre el nivel del mar.

Todas las separaciones para tensiones eléctricas superiores a 50 kV deben determinarse con base en la tensión eléctrica máxima de operación.

Tabla 922-12(a)(1). Separación horizontal mínima entre conductores del mismo o diferente circuito, en sus soportes fijos ⁽¹⁾

Clase de circuito	Separación mínima en centímetros
Línea de comunicación abierta (excepto en transposiciones)	15 (mínimo permisible) 7,5 (permitido en casos donde se hayan utilizado normalmente espaciamientos entre aisladores tipo alfiler menores a 15 cm)
Alimentadores para transporte eléctrico ⁽²⁾ :	
De 0 a 750 V, tamaño nominal 107,20 mm ² (4/0 AWG) o mayor.	15 30 30
De 0 a 750 V, tamaño nominal menor a 107,20 mm ² (4/0 AWG)	
De 750 V a 8,7 kV	30 30 más 1,0 cm por cada kV en exceso de 8,7
Conductores eléctricos del mismo circuito:	(3)
De 0 a 8,7 kV	
De 8,7 a 50 kV	
Más de 50 kV	30 30 más 1,0 cm por cada kV en exceso de 8,7
Conductores eléctricos de diferentes circuitos:	72,5 más 1,0 cm por cada kV en exceso de 50 ⁽⁴⁾
De 0 a 8,7 kV	
De 8,7 a 50 kV	
De 50 a 814 kV	

Observaciones a la Tabla 922-12(a)(1).

(1) Todas las tensiones eléctricas son entre los conductores involucrados, excepto para alimentadores de transporte eléctrico, las cuales son a tierra. La tensión eléctrica entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos debe tomarse como la diferencia vectorial de las tensiones de ambos circuitos. Para determinar la separación entre conductores de la misma fase pero de diferentes circuitos, el conductor con menor tensión eléctrica debe ser considerado como puesto a tierra.

(2) Para conductores que tengan flecha aparente y tensiones eléctricas no-mayores de 1,0 m y 8,7 kV, respectivamente, en los que se hayan utilizado normalmente separaciones de 25 a 30 cm, pueden continuarse aplicando dichas separaciones, siempre que se cumpla con lo indicado en 922-12(a)(2).

(3) La separación para conductores del mismo circuito, con tensión eléctrica mayor a 50 kV, debe determinarse de conformidad con lo establecido en 922-12(a)(2).

(4) Para conductores de diferentes circuitos con tensión eléctrica mayor de 50 kV, la separación adicional se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm. Todas las separaciones para tensiones superiores a 50 kV, deben determinarse con base en la tensión máxima de operación.

b) En aisladores de suspensión. Cuando se usen aisladores de suspensión con movimiento libre, la separación entre los conductores debe aumentarse lo necesario para que, al inclinarse una cadena de aisladores hasta formar un ángulo de 30 grados con la vertical, la separación no sea menor que la señalada en el inciso a) anterior.

Tabla 922-12(a)(2). Separación horizontal mínima "S" de conductores en sus soportes fijos, del mismo o de diferente circuito, de acuerdo con su flecha

Tensión eléctrica nominal (entre fases) V	S en cm (Ecuación 1)					S en cm (Ecuación 2)				
	flecha (m)					flecha (m)				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
6600	45	66,33	81,45	96,14	105,05	41,86	50,1	57,12	63,27	68,82
13800	51	71	86	98	109	47	55	62	69	74
23000	58	78	93	105	116	54	62	69	76	81
34500	66	81	102	114	125	63	71	78	84	90

922-13. Separación vertical entre conductores de línea. La separación vertical entre conductores de línea localizados en diferentes niveles de una misma estructura, debe ser cuando menos la indicada en los incisos siguientes:

a) Separación básica de conductores, del mismo o de diferentes circuitos. Las separaciones indicadas en la Tabla 922-13(a) deben aplicarse a conductores con tensión eléctrica hasta de 50 kV. (No se especifican separaciones verticales entre conductores del mismo circuito, para tensión eléctrica mayor a 50 kV).

Excepción 1: Los conductores soportados por bastidores verticales, o por ménsulas separadas colocadas verticalmente, que cumplan los requisitos indicados en 922-17, deben tener los espaciamientos que ahí se indican.

Excepción 2: Este requisito no se aplica a conductores forrados del mismo circuito, de conformidad con lo indicado en 922-4(c).

b) Separaciones adicionales. Las separaciones que se indican en la Tabla 922-13(a), deben incrementarse de acuerdo con las condiciones citadas a continuación. Los incrementos serán acumulables cuando sea aplicable más de una de estas condiciones.

1) Tensión eléctrica entre conductores mayores de 50 kV

a. Para tensiones eléctricas entre 50 y 814 kV, la separación entre conductores de diferentes circuitos debe ser incrementada 1 cm por cada kV en exceso de 50.

b. El incremento en separación para tensión eléctrica mayor de 50 kV, especificado en el punto anterior, debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm.

c. Todas las separaciones para tensión eléctrica superior a 50 kV, deben determinarse basándose en la tensión eléctrica máxima de operación.

d. No se especifica incremento para separación entre conductores del mismo circuito.

2) Conductores con diferentes flechas en la misma estructura Los conductores soportados a diferentes niveles en la misma estructura y tendidos con distintas flechas deben tener una separación vertical en sus soportes, en tal forma que la separación mínima entre ellos, en cualquier punto del claro, no sea menor que la establecida en los puntos siguientes, considerando que el conductor superior y el inferior tienen su flecha final sin carga, a temperaturas de 50°C el primero y de 16°C el segundo:

a. Para tensiones eléctricas menores a 50 kV entre conductores, se puede aplicar 75% de la separación entre soportes indicada en la Tabla 922-13(a).

b. Para tensiones eléctricas mayores a 50 kV entre conductores, el valor especificado en (a) anterior, debe incrementarse de acuerdo con lo indicado en (b)(1) de esta Sección.

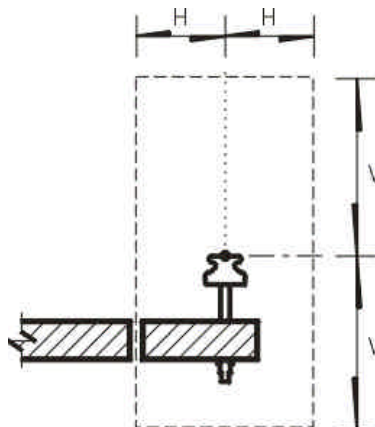
Cuando sea necesario, las flechas deben ser reajustadas para cumplir con lo anterior, previendo que no se exceda lo establecido en 922-93 para la tensión mecánica de los conductores.

Tabla 922-13(a). Separación vertical mínima entre conductores, en sus soportes (m)

Conductores en niveles inferiores		Líneas abiertas con tensión eléctrica entre conductores de:				
		Hasta 750V (1)	Más de 750 a 8700 V	Más de 8700 a 15000 V	Más de 15000 a 50000 V	
De Comunicación	En general	1,00	1,00	1,50	1,50	
	Utilizados en la operación de líneas eléctricas aéreas	0,40	0,40	1,00	1,00	
Eléctricos con tensión eléctrica entre conductores (V) de:	Hasta 750 (1)	0,40	0,40	1,00	1,00	
	Más de 750 hasta 8700	--	0,40	1,00	1,00	
	Más de 8700 a 15000	Si se trabaja con línea viva	--	0,40	1,00	1,00
		Si no se trabaja con línea viva	--	--	0,40	1,00
	Más de 15000 hasta 50000	--	--	--	1,00	

(1) Los valores de esta columna (o renglón) se aplican también a cables aislados de los tipos descritos en la Sección 922-3, inciso b), así como a conductores neutros conectados efectivamente a tierra, en circuitos hasta de 22 kV a tierra.

922-14. Separación diagonal entre conductores de línea localizados en diferentes niveles de la misma estructura. Ningún otro conductor debe estar dentro del área marcada con línea punteada en la Figura 922-14, en la cual V y H deben determinarse con base en las separaciones mínimas vertical y horizontal establecidas en esta Sección.



V = Separación mínima vertical
 H = Separación mínima horizontal

Fig. 922-14
922-15. Separación en cualquier dirección de conductores a soportes, a otros conductores verticales o derivados, a mensajeros y a retenidas sujetos a la misma estructura
 a) En soportes fijos. La separación no debe ser menor

que la indicada en la Tabla 922-15(a).

b) En aisladores de suspensión. Cuando se usen aisladores de suspensión que puedan oscilar libremente, la separación mínima debe ser incrementada solo lo necesario para que, cuando la cadena de aisladores forme un ángulo de 30° con la vertical, la separación no sea menor que la indicada en (a) anterior.

Tabla 922-15(a). Separación mínima en cualquier dirección, de conductores de línea a soportes o la estructura, a otros conductores verticales o derivados, a mensajeros y retenidas sujetas a la misma estructura (cm)

Línea aérea. Separación de los conductores de línea a:	De comunicación	Eléctrica
		En estructuras que soporten:

	Sólo líneas de comunicación	Líneas de comunicación y eléctricas	De 0 a 8,7 kV	De 8,7 a 50 kV	De 50 a 814 kV (4)
Conductores verticales o derivados: Del mismo circuito	7,5	7,5	7,5	7,5 más 0,65 cm por cada kV en exceso de 8,7 15 más 1 cm por cada kV en exceso de 8,7	Valor no especificado 58,5 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
De diferente circuito	7,5	7,5	15 (5)		
Retenidas y mensajeros sujetos a la misma estructura: Cuando estén paralelos a la línea	7,5	15	30	30 más 1 cm por cada kV en exceso de 8,7	74 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
Retenidas de ancla	7,5				
Otros		15 ⁽¹⁾	15	15 más 0,64 cm por cada kV en exceso de 8,7 15 más 1 cm por cada kV en exceso de 8,7	40,5 más 0,64 cm por cada kV en exceso de 50 58,5 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
Superficie de crucetas	7,5 ⁽²⁾	7,5 ⁽²⁾	7,5 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	7,5 más 0,51 cm por cada kV en exceso de 8,7 (6) (7) (8)	28 más 0,51 cm por cada kV en exceso de 50
Superficie de estructuras: Que soporten líneas de comunicación y eléctricas	-- 7,5 ⁽²⁾	12,5 ⁽²⁾ --	12,5 ⁽³⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾ 7,5 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	12,5 más 0,51 cm por cada kV en exceso de 8,7 (6)(7) 7,5 más 0,51 cm por cada kV en exceso de 8,7 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	33 más 0,51 cm por cada kV en exceso de 50 28 más 0,51 cm por cada kV en exceso de 50
Otras					

Observaciones a la Tabla 922-15(a)

(1) En estructuras que soporten líneas de comunicación y eléctricas, en las que sus retenidas pasen a 30 cm o menos de conductores eléctricos y de comunicación a la vez, dichas retenidas deben ser protegidas con una cubierta aislante adecuada en el tramo cercano al conductor eléctrico. Esto no es necesario si la retenida está efectivamente puesta a tierra, o tiene un aislador tipo retenida, localizado a un nivel inferior del conductor eléctrico más bajo y arriba del conductor de comunicación más alto.

(2) Los conductores de comunicación pueden tener una menor separación, cuando se sujeten con soportes colocados en la base o a los lados de las crucetas, o en la superficie de postes.

(3) Esta separación solamente se aplica a conductores eléctricos soportados abajo de conductores de comunicación, en la misma estructura. Cuando los conductores eléctricos estén arriba de los de comunicación, esta distancia puede reducirse a 7,5 cm, excepto para conductores eléctricos de 0 a 750 V, cuya separación puede ser reducida a 2,5 cm.

(4) Para conductores de circuitos con tensión eléctrica mayor a 50 kV, la separación adicional se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm. Todas las separaciones para tensión eléctrica superior a 50 kV, deben determinarse con base en la tensión eléctrica máxima de operación.

(5) Para circuitos de 750 V o menos, esta separación puede reducirse a 7,5 cm.

(6) Un conductor neutro que esté puesto a tierra efectivamente a lo largo de la línea y asociado con circuitos de hasta 22 kV a tierra, puede sujetarse directamente a la estructura.

(7) Para líneas eléctricas abiertas de 750 V o menos y cables eléctricos de cualquier tensión eléctrica, de los tipos descritos en la Sección 922-4 (b), esta separación puede reducirse a 2,5 cm.

(8) En circuitos con conductor neutro puesto a tierra efectivamente, que cumpla con lo indicado en la Sección 922-4

(d), puede utilizarse la tensión eléctrica de fase a neutro para determinar la separación entre los conductores de fase y la superficie de las crucetas.

922-16. Separación entre circuitos de diferente tensión eléctrica montados en la misma cruceta. Los circuitos eléctricos con tensión eléctrica hasta de 50 kV entre conductores, pueden montarse en la misma cruceta, con circuitos de tensión eléctrica inmediata superior o inferior, siempre que se cumpla con una o más de las siguientes condiciones:

- a) Que los circuitos ocupen lados opuestos de la estructura.
- b) En los tipos de construcción con crucetas voladas o soportadas en sus dos extremos, que los circuitos estén separados por una distancia no-menor al espacio para subir, estipulado en 922-19, para el circuito de tensión eléctrica mayor.
- c) Que los conductores de tensión eléctrica menor ocupen las posiciones más próximas a la estructura, y los de tensión eléctrica mayor las posiciones más distantes.
- d) Que uno de los dos circuitos considerados sea de comunicación para la operación de líneas eléctricas y el otro un circuito eléctrico de menos de 8,7 kV, siempre que los dos se instalen de acuerdo con los (a) o (b) anteriores y pertenezcan a la misma empresa.

922-17. Espaciamiento entre conductores soportados en bastidores verticales. Los conductores pueden instalarse a una menor separación vertical que la indicada en 922-13, cuando estén montados en bastidores verticales o en ménsulas separadas colocadas verticalmente, siempre que no sean de madera, que estén firmemente sujetos a un lado de la estructura y se cumpla con las siguientes condiciones:

- a) La tensión eléctrica entre conductores no debe ser mayor a 750 V, excepto cuando se trate de cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b)(1) y (2), los cuales pueden ser de cualquier tensión eléctrica.
- b) Todos los conductores deben ser del mismo material.
- c) El espaciamiento vertical entre conductores no debe ser menor que el siguiente:

Longitud del claro (m)	Espaciamiento vertical mínimo entre conductores (cm)
Hasta 45	10
Más de 45 a 60	15
Más de 60 a 75	20
Más de 75 a 90	30

Excepción: Si los conductores tienen separadores intermedios adecuados, el espaciamiento vertical puede ser como mínimo de 10 cm en cualquier caso.

922-18. Separación de conductores fijados a edificios o puentes. La separación de conductores fijados a edificios o puentes debe ajustarse a lo establecido en la presente Sección. Los conductores eléctricos desnudos que estén sujetos en forma permanente a edificios no deben ser de tensión eléctrica mayor a 300 V a tierra, a menos que estén debidamente protegidos, aislados o sean inaccesibles. La separación de los conductores a la superficie del edificio no debe ser menor que la indicada en la Tabla 922-15(a), para separaciones de conductores a sus soportes.

922-19. Espacio para subir. Los siguientes requisitos se aplican únicamente a las partes de las estructuras utilizadas por los trabajadores para subir.

a) Localización y dimensiones

- 1) Debe dejarse un espacio para subir con las dimensiones horizontales especificadas en el inciso e) de esta Sección enfrente de cualquier conductor, cruceta y otras partes similares.
- 2) El espacio para subir se requiere solamente en un lado o esquina del soporte.
- 3) El espacio para subir debe extenderse verticalmente arriba y abajo de cada nivel de conductores, como se indica en los incisos (e) y (f) de esta Sección, pero puede cambiarse de un lado o esquina del soporte a cualquier otro.

b) Partes de la estructura en el espacio para subir. Cuando las partes de la estructura estén en un lado o esquina del espacio para subir, no se considera que obstruyen dicho espacio.

c) Localización de las crucetas respecto al espacio para subir. Se recomienda que las crucetas se localicen en el mismo lado del poste. Esta recomendación no es aplicable cuando se utilicen crucetas dobles o cuando las crucetas no sean paralelas.

d) Localización de equipo eléctrico respecto del espacio para subir. Aparatos eléctricos como transformadores, reguladores, capacitores, mufas, apartarrayos e interruptores automáticos deben ser instalados fuera del espacio para subir, cuando se localicen abajo de los conductores.

e) Espacio para subir entre conductores. El espacio para subir entre conductores debe tener las dimensiones horizontales indicadas en la Tabla 922-19(e). Estas dimensiones tienen el propósito de dejar un espacio para subir de 60 cm libre de obstáculos, siempre que los conductores que limiten dicho espacio estén protegidos con una cubierta aislante adecuada a la tensión eléctrica existente. El espacio para subir debe dejarse longitudinal y transversalmente a

la línea, y extenderse verticalmente no-menos de 1,0 m arriba y abajo de los conductores que limiten el espacio mencionado.

Cuando existan conductores de comunicación arriba de conductores eléctricos de más de 8,7 kV a tierra o 15 kV entre fases, el espacio para subir debe extenderse verticalmente cuando menos 1,5 m arriba del conductor eléctrico más alto.

Excepción 1: Este requisito no se aplica en caso de que se tenga establecida la práctica de que los trabajadores no suban más allá de los conductores y del equipo, a menos que estén desenergizados.

Excepción 2: Este requisito no se aplica si el espacio para subir puede ser obtenido con el desplazamiento temporal de los conductores, utilizando equipo para trabajar con línea viva.

f) Espacio para subir frente a tramos longitudinales de línea no-soportados por crucetas. El ancho total del espacio para subir debe dejarse frente a los tramos longitudinales y extenderse verticalmente 1,0 m arriba y abajo del tramo (o 1,5 m conforme a lo indicado en el inciso (e) de esta Sección). El ancho del espacio para subir debe medirse a partir del tramo longitudinal de que se trate. Debe considerarse que los tramos longitudinales sobre bastidores, o los cables soportados en mensajeros, no obstruyan el espacio para subir, siempre que, como práctica invariable, todos sus conductores sean protegidos con cubiertas aislantes adecuadas o en alguna otra forma, antes de que los trabajadores asciendan.

Excepción: Si se instala un tramo longitudinal en el lado o esquina de la estructura donde se encuentre el espacio para subir, el ancho de este espacio debe medirse horizontalmente del centro de la estructura hacia los conductores eléctricos más próximos sobre la cruceta, siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- 1) Que el tramo longitudinal corresponda a una línea eléctrica abierta con conductores de 750 V o menos, o bien con cables aislados de los tipos descritos en 922-4(b), de cualquier tensión eléctrica, los cuales estén sujetos cerca de la estructura por ménsulas, bastidores, espigas, abrazaderas u otros aditamentos similares.
- 2) Que los conductores eléctricos más próximos soportados en la cruceta, sean paralelos al tramo de línea eléctrica, se localicen del mismo lado de la estructura que dicho tramo y estén a una distancia no-mayor a 1,2 m arriba o abajo del tramo de línea.

g) Espacio para subir frente a conductores verticales. Los tramos verticales protegidos con tubo (*conduit*) u otras cubiertas protectoras similares, que estén sujetos firmemente a la estructura sin separadores, no se considera que obstruyan el espacio para subir.

Tabla 922-19(e). Separación horizontal mínima entre conductores que limitan el espacio para subir ⁽¹⁾

Tipo de conductores que limitan el espacio para subir	Tensión eléctrica de conductores ⁽¹⁾	Separación horizontal en cm ⁽⁴⁾			
		En estructuras que soporten sólo:		En estructuras que soporten:	
		Conductores de comunicación	Conductores eléctricos	Conductores eléctricos arriba de conductores de comunicación	Conductores de comunicación arriba de conductores eléctricos ⁽²⁾

-Conductores de comunicación	Hasta 150V	Ningún requisito	--	(3)	Ningún requisito
-Cables eléctricos aislados de los tipos indicados en 922-4(b)(1)	Más de 150V	Se recomienda 60	--	(3)	Se recomienda 60
-Cables eléctricos aislados de los tipos indicados 922-4(b)(2)y (3)	Todas tensiones	--	60	60	Ningún requisito
-Conductores eléctricos de línea abierta y conductores del tipo indicado en 922-4(c)	Todas tensiones	--	60	60	
	Hasta 750 V	--	75	75	75
	750 V a 15 kV	--	90	90	75
	15 kV a 28 kV	--	100	100	75
	28 kV a 38 kV	--	117	117	75
	38 kV a 50 kV	--	140	140	90
	50 kV a 73 kV	--	más de 140	--	--
	Más de 73 kV	--			--

Observaciones a la Tabla 922-19(e):

- (1) Todas las tensiones eléctricas son entre los dos conductores que limitan el espacio para subir, excepto para conductores de comunicación, en los que la tensión eléctrica es a tierra. Cuando los conductores son de diferente circuito, la tensión eléctrica entre ellos debe ser la suma aritmética de las tensiones de cada conductor de puesta a tierra, para un circuito conectado a tierra, o de fase a fase si se trata de un circuito no conectado a tierra.
- (2) Esta posición relativa de líneas no es recomendable y debe evitarse.
- (3) El espacio para subir debe ser el mismo que el requerido para los conductores eléctricos colocados inmediatamente arriba, con un máximo de 75 cm.
- (4) Para la utilización de estas separaciones, los trabajadores deben tener presentes las normas de operación y seguridad correspondiente a las líneas de que se trate.

922-20. Espacio para trabajar

a) Localización. Deben dejarse espacios para trabajar localizados a ambos lados del espacio para subir.

b) Dimensiones

1) A lo largo de la cruceta. El espacio para trabajar debe extenderse desde el espacio para subir hasta el más alejado de los conductores en la cruceta.

2) Perpendicular a la cruceta. El espacio para trabajar debe tener la misma dimensión que el espacio para subir (véase 922-19(e)). Esta dimensión debe medirse horizontalmente desde la cara de la cruceta.

3) Verticalmente. El espacio para trabajar debe tener una altura no-menor que la señalada en 922-13, para la separación vertical de conductores soportados a diferentes niveles en la misma estructura.

c) Localización de conductores verticales y derivados respecto del espacio para trabajar. Los espacios para trabajar no deben obstruirse por conductores verticales o derivados. Tales conductores deben ser colocados de preferencia en el lado de la estructura opuesto al lado destinado para subir; de no ser esto posible, pueden colocarse en el mismo lado para subir, siempre que queden separados de la cruceta por una distancia no-menor al ancho del espacio para subir requerido para los conductores de mayor tensión eléctrica. Los conductores verticales dentro de un tubo (*conduit*) adecuado, pueden quedar colocados sobre el lado para subir de la estructura.

d) Localización de crucetas transversales respecto de los espacios para trabajar (Figura 922-20(d)). Las crucetas transversales pueden usarse bajo las condiciones indicadas en (d)(1) y (2) y siempre que se mantenga el espacio para subir, definido en 922-19.

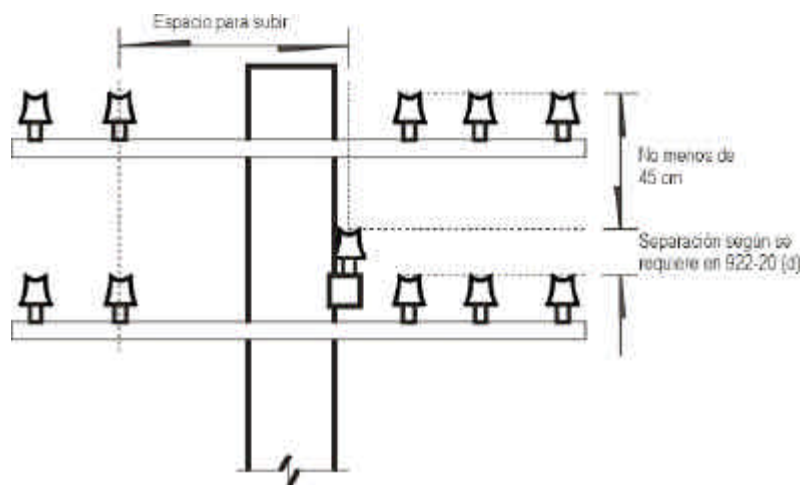


Figura 922-20(d)
Localización de crucetas y espacios para trabajar

1) Altura normal del espacio para trabajar. Debe dejarse el espacio lateral para trabajar de la altura indicada en la Tabla 922-13(a), entre los conductores derivados sujetos a la cruceta transversal y los conductores de línea. Esto puede

realizarse incrementando el espacio entre las crucetas de línea.

2) Altura reducida del espacio para trabajar. Cuando de ninguno de los circuitos involucrados exceda la tensión eléctrica de 8,7 kV a tierra o de 15 kV entre fases y se mantengan las separaciones indicadas en 922-12(a)(1) y (2), los conductores soportados en la cruceta transversal pueden colocarse entre las líneas adyacentes que tengan un espaciamiento vertical normal, aun cuando dicha cruceta obstruya el espacio normal para trabajar, siempre que se mantenga un espacio para trabajar no-menor a 45 cm de altura entre los conductores de línea y los conductores derivados. Esta altura debe quedar arriba o abajo de los conductores de línea, según sea el caso.

El anterior espacio para trabajar puede ser aún reducido a 30 cm, siempre que se cumplan las dos siguientes condiciones:

- a. Que no existan más de dos grupos de crucetas de línea y de crucetas transversales.
- b. Que la seguridad en las condiciones de trabajo sea restituida mediante la utilización de equipo de protección de hule y otros dispositivos adecuados para aislar y cubrir los conductores de línea y el equipo en donde no se esté trabajando.

922-21. Separación vertical entre conductores suministradores y equipo de comunicaciones, entre conductores de comunicación y equipo suministrador y entre equipo suministrador y de comunicaciones.

a) Para el propósito de definición de esta separación, debe entenderse como "equipo" las partes metálicas no-portadoras de corriente eléctrica del mismo, incluyendo soportes metálicos para cables aislados o conductores, así como brazos metálicos de soporte que estén sujetos a soportes metálicos o bien que estén a menos de 2,5 cm de tanques y bastidores de transformadores y mensajeros no-conectados efectivamente a tierra.

b) Las separaciones verticales entre conductores suministradores y equipo de comunicación, entre conductores de comunicación y equipo suministrador, así como entre equipo suministrador y de comunicación, deben ser las indicadas en la Tabla 922-21.

Tabla 922-21. Separación vertical entre conductores suministradores y equipo de comunicaciones, entre conductores de comunicación y equipo suministrador, y entre equipo suministrador y de comunicaciones

Tensión eléctrica de suministro kV ⁽¹⁾	Separación vertical (m)
Conductores puestos a tierra Mensajeros y soportes	0,75 1,00
0 a 8,7	1,0 + 0,01 por kV en exceso de 8,7
arriba de 8,7	kV

⁽¹⁾ Las tensiones eléctricas son de fase a tierra para circuitos puestos a tierra efectivamente, así como para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra sean aisladas por una rápida desenergización de la sección bajo falla, tanto en la operación inicial del interruptor automático como en las subsecuentes. Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no-puestos a tierra efectivamente.

922-22. Separación de conductores verticales y derivados a otros conductores y superficies en la misma estructura. Los conductores verticales y derivados deben tener las separaciones que se indican en esta sección, a otros conductores o superficies en la misma estructura.

Excepción 1: Se permite colocar circuitos suministradores de la misma o próxima clasificación de tensión eléctrica en un mismo ducto vertical, si cada circuito está encerrado en una cubierta metálica.

Excepción 2: Se permite colocar cables de comunicación de dos conductores en argollas fijadas directamente a estructuras o a mensajeros.

Excepción 3: Se permite colocar directamente en la estructura conductores de conexión de puesta a tierra, conductores neutros que cumplan con lo indicado en 922-4(d), cables aislados descritos en (b)(1) de la misma sección o conductores protegidos por tubo (conduit).

Excepción 4: Los circuitos suministradores aislados de 600 V o menos que no excedan 5000 W pueden ser colocados en el mismo circuito del cable de control con el cual están asociados.

a) Conductores eléctricos verticales y derivados

1) Separaciones en general. Las separaciones no deben ser menores que las especificadas en la Tabla 922-22(a) o en 922-15.

Tabla 922-22(a). Separación (cm) de conductores eléctricos verticales y derivados con respecto a superficies, mensajeros y retenidas en la misma estructura (1)

Separación de conductores verticales y derivados a:	0 a 8,7 kV	8,7 a 50 kV	Más de 50 kV (5)
Superficies de soportes	7,5 (2)(3)	7,5 más 0,5 cm por cada kV en exceso de 8,7	27,5 más 0,51cm por cada kV en exceso de 50
Mensajeros y retenidas	15	15 más 1 cm por cada kV en exceso de 8,7 (4)	58,5 más 1 cm por cada kV en exceso de 50 <hr/> <hr/> (4)

Observaciones a la Tabla 922-22(a):

- (1) Las tensiones eléctricas son entre fases.
- (2) Véase la Excepción 3 de la Sección 922-22.
- (3) Para circuitos eléctricos de hasta 750 V esta separación puede reducirse a 2,5 cm.
- (4) El factor puede reducirse a 0,65 cm por kV para retenidas de ancla.
- (5) La separación adicional para tensiones eléctricas mayores a 50 kV se debe incrementar un 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 msnm.

2) Casos especiales. Los siguientes casos se refieren solamente a los tramos de estructuras por donde puedan subir trabajadores, cuando los conductores de que se trata estén energizados.

1. Cables aislados y conductores de conexión de puesta a tierra. Los conductores verticales en cables del tipo descrito en 922-4(b)(1) y los conductores de conexión de puesta a tierra, pueden instalarse, sin protección aislante adicional, en el lado de la estructura opuesto a los conductores de línea, siempre que el espacio para subir esté provisto en el lado de la estructura donde están los conductores de línea.

2. Conductores para conectar lámparas de alumbrado público. Cuando se conecten luminarias de alumbrado público directamente a líneas eléctricas, en postes que se usen exclusivamente para estas líneas, puede hacerse dicha conexión bajando conductores en línea abierta, desde la cruceta del poste al extremo de la luminaria, siempre que estos conductores queden firmemente sujetos en ambos extremos y que guarden las distancias mínimas indicadas en la Tabla 922-22(a).

3. Conductores de menos de 300 V. Los conductores eléctricos verticales o derivados de menos de 300 V a tierra, pueden llevarse en cables de conductores múltiples sujetos directamente a la superficie de la estructura o de la cruceta, en tal forma que no sufran abrasión en los puntos de sujeción.

Cada conductor de estos cables que no esté puesto a tierra efectivamente, o todo el cable en conjunto, debe tener una cubierta aislante apropiada cuando menos para 600 V.

b) Conductores de comunicación verticales y derivados

1) La separación de conductores desnudos verticales y derivados, con respecto a otros conductores de comunicación, retenidas, cables de suspensión o mensajeros, debe ser cuando menos de 7,5 cm.

2) Los conductores de comunicación aislados verticales y derivados pueden fijarse directamente a la estructura. Su separación vertical a cualquier conductor eléctrico (siempre que no se trate de conductores verticales o de conexiones a luminarias) debe ser cuando menos de 1,0 m para tensión eléctrica hasta de 8,7 kV entre fases, y de 1,5 m para tensiones mayores.

C. Separación entre conductores soportados en diferentes estructuras

922-30. Disposiciones generales. Donde sean posible, los cruzamientos de conductores deben hacerse en una misma estructura. De otra forma, la separación en cualquier dirección entre conductores que se crucen o adyacentes, soportados en diferentes estructuras, debe estar de acuerdo con los requisitos de esta Parte C.

922-31 Consideraciones. Las separaciones básicas horizontal y vertical especificadas en esta Parte C, se deben aplicar bajo las siguientes condiciones:

- a)** Las separaciones deben ser determinadas en el punto de mayor acercamiento entre los dos conductores.
- b)** Ambos conductores deben analizarse desde su posición de reposo hasta un desplazamiento ocasionado por una presión de viento de 29 kg/m², con flecha inicial y final a 16 °C y con flecha inicial y final a 50 °C sin viento. La presión de viento puede reducirse a 20 kg/m² en áreas protegidas por edificios u otros obstáculos. El desplazamiento de los conductores debe incluir la inclinación de la cadena de aisladores de suspensión con movimiento libre, cuando éstos se usen.

Se deben calcular las separaciones entre conductores en sus diferentes posiciones, desde el reposo hasta su máximo desplazamiento, con objeto de poder determinar la posición relativa que resulte con la menor separación.

- c) La dirección supuesta del viento, debe ser aquella que produzca la separación más crítica.
- d) No se requiere incrementar la flecha cuando los claros sean iguales o menores que los siguientes claros básicos y la temperatura del conductor no exceda de 50°C.
 - Hasta de 75 m para la Zona I
 - Hasta de 100 m para todas las otras zonas.

e) Cuando la temperatura máxima de los conductores sea de 50°C o menor y el claro sea mayor que el claro básico, la flecha a la mitad del claro debe ser incrementada como sigue:

- 1) Cuando el cruzamiento ocurra a la mitad del claro del conductor superior, su flecha debe ser incrementada en 1,0 cm (o 1,5 cm en la Zona I), por cada metro en exceso del claro básico. Este incremento no requiere ser mayor que la diferencia aritmética entre las flechas finales sin carga, en reposo, a temperaturas en el conductor de 50°C y 16°C, calculadas para el claro de que se trate.
- 2) Para claros a nivel, cuando el cruzamiento no se localice a la mitad del claro del conductor superior, el incremento anterior puede ser reducido multiplicando por los factores siguientes:

Distancia del punto de cruce a la estructura más cercana

Por ciento de la longitud del claro	Factor
5	0,19
10	0,36
15	0,51
20	0,64
25	0,75
30	0,84
35	0,91
40	0,96
45	0,99
50	1,00

NOTA: Interpólese para valores intermedios.

922-32. Separación horizontal. La separación horizontal en cruzamientos o entre conductores adyacentes soportados en diferentes estructuras, debe ser cuando menos de 1,50 m para tensiones eléctricas hasta 50 kV entre dichos conductores. Para tensiones eléctricas mayores, se debe incrementar esta separación en 1,0 cm por cada kV en exceso de 50. La tensión eléctrica entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos debe tomarse como la diferencia vectorial de la tensión eléctrica de ambos circuitos. Para conductores de la misma fase pero de diferentes circuitos, el conductor con menor tensión eléctrica debe considerarse como puesto a tierra. El incremento anterior en la separación debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm.

922-33. Separación vertical. La separación vertical entre conductores que se crucen o adyacentes, soportados en diferentes estructuras, debe ser cuando menos la indicada en la Tabla 922-33.

Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, las separaciones dadas en la Tabla 922-33 deben incrementarse de acuerdo con lo siguiente: para conductores en el nivel superior de 22 hasta 470 kV, la separación debe incrementarse en 1,0 cm por cada kV en exceso de 22. Para conductores en el nivel inferior de 22 hasta 470 kV, la separación adicional debe ser calculada en la misma forma. El incremento debe ser acumulativo cuando se tengan ambas condiciones y debe calcularse basándose en la tensión eléctrica máxima de operación.

Dicho incremento debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm.

Tabla 922-33. Separación vertical entre conductores soportados en diferentes estructuras (m) ⁽¹⁾

	Retenidas, cables de guarda y conductores neutros ⁽⁴⁾	Conductores de comunicaciones y mensajeros	Cables suministradores aislados de 0 a 750V ⁽²⁹⁾ ⁽³⁾	Conductores suministradores en línea abierta de 0 a 750 V y cables suministradores aislados mayores de 750V ⁽³⁾	Conductores suministradores a línea abierta de más de 750V y hasta 22 kV
Retenidas, cables de guarda y conductores neutros ⁽⁴⁾	0,60	0,60	0,60	0,60	1,20

Conductores de comunicación y mensajeros	0,60	0,60	0,60	1,20	1,80
Cables suministradores aislados de 0 a 750 V (2)(3)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Conductores suministradores en línea abierta de 0 a 750 V y cables suministradores aislados mayores de 750 V (3)	0,60	1,20	1,20	0,60	0,60
Conductores suministradores en línea abierta de más de 750 V y hasta 22 kV	1,20	1,80	1,20	1,20	0,60
Conductores suministradores de trolebuses y trenes, sus retenidas y mensajeros (5)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,80

Observaciones:

- (1) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos puestos a tierra efectivamente, así como para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra sean aisladas por una rápida desenergización de la sección bajo falla, tanto en la operación inicial del interruptor como en las subsecuentes. Las tensiones son entre fases para circuitos no efectivamente conectados a tierra.
- (2) Los cables aislados a que se refiere esta columna (o renglón) son los descritos en la sección 922-4(b)(1)
- (3) Los cables aislados a que se refiere esta columna (o renglón) son los descritos en la sección 922-4(b)(2) y (3)
- (4) Los conductores neutros a que se refiere esta columna (o renglón) son los descritos en la sección 922-4(d)
- (5) Los conductores alimentadores de trolebuses y trenes de más de 750 V, deben tener una separación mínima de 1,8 m.

D. Altura de conductores y partes vivas de equipo, sobre el suelo, agua y vías férreas

922-40. Aplicación. Los requisitos de esta Parte D se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores desnudos y cables aislados de líneas aéreas, con respecto al suelo, al agua y a la parte superior de rieles, así como a la altura mínima de partes vivas de equipo sobre el suelo.

922-41 Alturas básicas para conductores. Las alturas básicas deben ser como mínimo las indicadas en la Tabla 922-41, y se aplican bajo las siguientes condiciones:

- a) Temperatura en los conductores de 50 °C.
- b) Flecha final sin carga, en reposo.

922-42 Alturas adicionales para conductores. Las alturas básicas que se indican en la Tabla 922-41, no deben incrementarse cuando los claros sean iguales o menores que los antes citados y la temperatura del conductor no exceda de 50 °C.

a) Tensión eléctrica mayor a 50 kV a tierra. Para tensiones eléctricas entre 50 y 470 kV, la altura básica de conductores debe incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 50.

Dicho incremento debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1 000 m sobre el nivel del mar.

Excepción: En cruzamientos sobre vías de ferrocarril en la Zona I, debe aplicarse a la altura básica un incremento de 1,5 cm por cada metro del claro en exceso de 75 m.

Los incrementos anteriores no requieren ser mayores que la diferencia aritmética entre las flechas finales sin carga, en reposo, a temperaturas en el conductor de 50 °C y 15 °C, calculadas para el claro de que se trate.

922-43. Altura de partes vivas de equipo instalado en estructuras

a) Altura básica mínima. La altura básica mínima sobre el suelo, de partes vivas de equipo no protegidas, tales como terminales de transformadores y apartarrayos y tramos cortos de conductores eléctricos conectados al equipo, se indica en la Tabla 922-43.

b) Altura adicional. Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, la altura básica anterior debe incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 22. Dicho incremento debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm.

Tabla 922-41 Altura mínima de conductores sobre el suelo, agua o vías férreas (m)⁽¹⁾

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	Conductores de comunicación aislados, retenidas, mensajeros, cables de guarda, conductores neutros y cables eléctricos aislados ⁽²⁾	Conductores de comunicación desnudo, cables suministrados de 0 a 750 V	Cables suministrados aislados de más de 750 V y conductores suministrados en línea abierta de 0 a 750 V ⁽³⁾	Conductores suministrados en línea abierta de más de 750 V Hasta 22 kV	Conductores suministrados de trolebuses y trenes eléctricos y sus mensajeros	
					0 a 750 V a tierra ⁽⁴⁾	Arriba de 750 V hasta 22 kV a tierra
Vías férreas (excepto trenes electrificados)	7,2	7,3	7,5	8,1	6,7	6,7
Carreteras, calles callejones y caminos vecinales ⁽⁷⁾⁽⁸⁾	4,7	4,9	5,0	5,6	5,5	6,1
⁽¹¹⁾ Espacios no transitados por vehículos	2,9 ⁽⁶⁾	3,6 ⁽⁶⁾	3,8 ⁽⁶⁾	4,4	4,9	5,5
Agua donde no está permitida la navegación	4,0	4,4	4,6	5,2	--	--
⁽⁹⁾ Aguas navegables incluyendo ⁽¹⁰⁾ ríos, lagos, presas y canales con un área sin obstrucción de: a. Hasta 8 ha b. Mayor a 8 hasta 80 ha c. Mayor a 80 hasta 800 ha d. Más de 800 ha	5,3	5,5	5,6	6,2	--	--
	7,8	7,9	8,1	8,7	--	--
	9,6	32,0	9,9	10,5	--	--
	11,4	11,6	11,7	12,3	--	-
Terrenos públicos o privados para navegación con botes de vela.	La separación a tierra debe ser 1,5 m mayor que la indicada en la línea 5					

Cuando los conductores o cables corren a lo largo de autopistas o carreteras pero no sobre la superficie de rodamiento.

(7) Carreteras, calles y callejones en zonas urbanas	4,1	4,9	5,0	5,6	5,5	6,1
Caminos y zonas rurales donde es decir que los vehículos crucen bajo la línea.	4,1	4,3	4,4	5,0	5,5	6,1

Observaciones a la Tabla 922-41

- (1) Las tensiones eléctricas son de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra, así como para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra sean aisladas por una rápida desenergización de la sección bajo falla, tanto en la operación inicial del interruptor como en las subsecuentes. Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no-puestos a tierra efectivamente.
- (2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(d), y los cables eléctricos aislados, los descritos en el (b)(1) de la misma Sección.
- (3) Los cables aislados a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(b)(2) y (3), de cualquier tensión eléctrica.
- (4) En pasajes subterráneos, túneles o puentes, puede reducirse la altura sobre el piso o vías, indicada en esta columna. Se recomienda que la altura del conductor de contacto del trole se reduzca gradualmente desde la altura normal a la altura reducida.
- (5) Para conductores que crucen sobre vías por las que circulen solamente carros de ferrocarril o góndolas más bajos que los ordinarios de carga (6 m), la altura puede reducirse de acuerdo con la diferencia de altura entre el carro ordinario y el más alto de los que puedan circular por dichas vías; pero en ningún caso debe ser menor que la requerida en cruzamientos de calles.
- (6) Esta altura puede reducirse a 3,0 m para los cables aislados descritos en la nota 3, con tensión eléctrica hasta de 150 V a tierra, localizados a la entrada de edificios.
- (7) Donde conductores de comunicación o cables eléctricos aislados como los descritos en la nota 2, crucen o vayan a lo largo de callejones, entradas a cocheras o estacionamientos, esta altura puede reducirse a 4,5 m.
- (8) Estas alturas no consideran los posibles cambios de nivel de la superficie de carreteras, calles, callejones, entre otros, debidos a mantenimiento.
- (9) Para depósitos controlados, el área del agua y la altura de los conductores deben basarse en el más alto nivel de agua de diseño. Para otros depósitos de agua, el área a considerar debe ser la que marque el más alto nivel anual del agua, y la altura debe basarse en el nivel de aguas máximo extraordinario. La altura sobre ríos y canales debe basarse en el área más grande que resulte de considerar una longitud de 1600 m de río o canal, que incluya al cruce.
- (10) En cruzamientos sobre aguas navegables, se debe tener en cuenta, además, lo establecido en la reglamentación en materia de navegación.
- (11) Se recomienda que en terrenos donde exista frecuente paso de maquinaria agrícola con altura excesiva, la altura mínima de los conductores al suelo sea la indicada en el punto 2 de la Tabla.

Tabla 922-43. Altura sobre el suelo (m), de partes vivas de equipo instalado en estructuras⁽¹⁾

Naturaleza de la superficie bajo las partes vivas	Equipo efectivamente puesto a tierra	Partes vivas rígidas no protegidas de 0 a 750 V y casos de equipos no-puestos a tierra, conectados a circuitos de no más de 750 V	Partes vivas rígidas no protegidas de más de 750 V hasta 22 kV y casos de equipos no-puestos a tierra conectados a circuitos de más de 750 V a 22 kV
---	--------------------------------------	---	--

1. Carreteras, calles, callejones y caminos vecinales, así como terrenos sujetos al paso de vehículos de cualquier tipo (3)	4,6 3,4 ⁽²⁾ 4,0	4,9 3,6 4,3	5,5 4,3 4,9
2. Espacios no transitados por vehículos			
3. Caminos en zonas rurales donde es improbable que los vehículos crucen bajo la línea			

Observaciones a la Tabla 922-43

(1) Las tensiones eléctricas son de fase a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra, así como para aquellos otros circuitos donde las fallas a tierra sean aisladas por una rápida desenergización de la sección bajo falla, tanto en la operación inicial del interruptor como en las subsecuentes. Las tensiones eléctricas entre fases para circuitos no- conectados efectivamente a tierra.

(2) Esta altura puede reducirse a 3,0 m para las partes vivas y puntas de cables aislados como los descritos en 922-3, (b)(2) y (3), de hasta 150 V a tierra, localizadas a la entrada de edificios.

(3) Estas alturas no consideran los posibles cambios de nivel de la superficie de carreteras, calles, callejones, entre otros, debidos a mantenimiento.

E. Separación de conductores a edificios, puentes y otras construcciones

922-51. Aplicación. Los requisitos de esta Parte E se refieren a la separación de los conductores desnudos y cables aislados de una línea, con respecto a edificios, puentes, estructuras de una segunda línea próxima u otras construcciones.

922-52. Consideraciones. Las separaciones básicas horizontal y vertical especificadas en esta Parte E, se aplican bajo las siguientes condiciones;

a) Separación horizontal. Debe aplicarse con el conductor desplazado de su posición en reposo por un viento a una presión de 29 kg/m² con flecha final y a 16°C. Esta presión de viento puede reducirse a 19 kg/m² en áreas protegidas por edificios u otros obstáculos. El desplazamiento del conductor debe incluir la inclinación de la cadena de aisladores de suspensión con movimiento libre, cuando éstos se usen.

b) Separación vertical

1) Temperatura en los conductores de 50°C, con flecha final sin carga, en reposo.

2) Claros básicos como se indica a continuación:

- Hasta de 75 m para la Zona I (véase 922-82).

- Hasta de 100 m para todas las otras zonas.

c) Transición entre separaciones horizontal y vertical. En cualquier punto del edificio o construcción se debe cumplir con las separaciones mínimas horizontales y verticales que indican las tablas correspondientes y el arco comprendido en la proyección de ambas separaciones.

922-53. Separación de conductores a estructuras de otras líneas. Los conductores de una línea que pasen próximos a una estructura de una segunda línea, deben estar separados de cualquier parte de esta estructura por distancias no-menores a las siguientes:

a) Una separación horizontal de 1,50 m para tensiones eléctricas hasta 50 kV a tierra.

b) Una separación vertical de 1,40 m para tensiones eléctricas menores a 22 kV, y de 1,70 m para tensiones entre 22 y 50 kV a tierra.

Excepción: Cuando la tensión eléctrica no excede 300 V a tierra y los cables son de los tipos mencionados en 922-4(b), las separaciones vertical y horizontal pueden ser reducidas a un mínimo de 0,6 y 0,90 respectivamente medidas a 15°C sin deflexión por viento.

NOTA: Las separaciones entre conductores de una línea y conductores de otra línea están dadas en 922-30.

922-54. Separación de conductores a edificios y otras construcciones excepto puentes

a) Cuando los edificios pasen de 3 pisos o 15 m de altura, se recomienda que los conductores dejen un espacio libre de cuando menos 1,8 m entre el conductor más cercano y el edificio, con objeto de facilitar la colocación de escaleras en casos de incendio.

Excepción: Este requisito no se aplica cuando por limitaciones de espacio no es posible ubicar los conductores suministradores en otra disposición.

Por otra parte, las estructuras de la línea deben estar separadas de las tomas de agua contra incendio por una distancia no menor a 1 m.

b) La separación de los conductores a la superficie de los edificios y otras construcciones tales como anuncios, chimeneas, antenas y tanques de agua, no debe ser menor a la indicada en la Tabla 922-54.

c) Cuando la separación anterior no se pueda lograr, los conductores eléctricos deben ser protegidos, o aislados para la tensión eléctrica de operación.

Los cables descritos en 922-4(b)(1), se consideran como protegidos para los efectos de este requisito.

d) Para conductores eléctricos fijados a edificios, véase 922-18.

Tabla 922-54. Separación de conductores (m) a edificios y otras construcciones excepto puentes⁽¹⁾

	Conductores y cables de comunicación, retenidas, mensajeros, cables de guarda, neutros y cables eléctricos aislados ⁽²⁾	Cables suministrador de 0 a 750 V sujetos a lo indicado en 922-4(b)(1)	Partes vivas rígidas de conductores de comunicación de 0 a 750 V no-prottegidos	Cables suministradores de más de 750 V sujetos a lo indicado en 922-4 (b)(1) y (2). Conductores suministradores en línea abierta de 0 a 750 V ⁽³⁾	Conductores suministrador de línea abierta de más de 750 V y hasta 22 kV	Partes vivas rígidas no-prottegidas de más de 750 V y hasta 22 kV
Edificios Horizontal						
- A paredes salientes	1,40	1,40	1,50	1,70 ⁽⁴⁾ ⁽⁷⁾	2,30 ⁽⁵⁾	2,00 ⁽⁵⁾
- A ventanas	1,40	1,40	1,50	1,70 ⁽⁴⁾ ⁽⁷⁾	2,30 ⁽⁵⁾	2,00
-A balcones y áreas accesibles a personas ⁽⁶⁾	1,40	1,40	1,50	1,70 ⁽⁷⁾	2,30	2,00
Vertical						
- Arriba o debajo de techos y salientes no accesibles a personas ⁽⁶⁾	0,90	0,90	3,0	3,2	3,8	3,6
- Arriba o debajo de balcones y techos accesibles a personas ⁽⁶⁾	3,2	3,2	3,4	3,5	4,1	4,0
- Sobretechos accesibles a vehículos pero no sujetos a tránsito	3,2	3,2	3,4	3,5	4,1	4,0
- Sobretechos accesibles a tránsito vehículo	4,7	4,7	4,9	5,0	5,6	5,5
Anuncios, chimeneas, antenas, tanques de agua						
Horizontal	0,90	0,90	1,90	1,70 ⁽⁴⁾ ⁽⁷⁾	2,30 ⁽⁵⁾	2,00 ⁽⁵⁾
Vertical, arriba, o abajo	0,90	0,90	1,70	1,80	2,45	2,30

Observaciones:

- (1) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos puestos a tierra efectivamente, así como para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra sean aisladas por una rápida desenergización de la sección bajo falla, tanto en la operación inicial del interruptor como en las subsecuentes. Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no-puestos a tierra. Efectivamente.
- (2) Los conductores neutros a que se refiere esta columna son los descritos en 922-4(d). Los cables eléctricos aislados son los descritos en 922-3(b)(1) de cualquier tensión, así como los descritos en (b)(2) y (b)(3) de la misma Sección, en tensiones de 0 a 750 V.
- (3) Los cables aislados de más de 750 V a que se refiere esta columna, son los descritos en 922-4(b)(2) y (3).
- (4) Cuando el espacio disponible no permita este valor, la separación puede reducirse a un mínimo de 1,0 m.
- (5) Cuando el espacio disponible no permita este valor, la separación puede reducirse a un mínimo de 1,50 m. En esta condición el claro interpostal no deberá ser mayor de 50 m.
- (6) Un techo, balcón o área es considerada accesible a personas, si el medio de acceso es a través de una puerta, rampa o escalera permanente.

922-55. Separación de conductores a puentes

a) Separaciones básicas. Los conductores eléctricos que pasen abajo, arriba o cerca de un puente, deben tener separaciones vertical y horizontal no-menores a las indicadas en la Tabla 922-55.

Excepción: Este requisito no se aplica a retenidas, mensajeros, cables de guarda, neutros como los descritos en 922-4(d) y cables aislados del tipo descrito en (b)(1) de la misma Sección.

b) Protección de conductores alimentadores de trolebús ubicados abajo de puentes. Cuando el trole del transporte, al zafarse, pueda hacer contacto simultáneamente con el conductor alimentador y la estructura del puente, debe colocarse una protección de material no-conductor que evite dicho contacto.

Tabla 922-55. Separación de conductores suministradores a puentes (m)⁽¹⁾

Separación de conductores suministradores a puentes	Partes rígidas vivas no protegidas, 0 a 750 V; conductores de comunicaciones no aislados, cables suministradores de 0 a 750 V ⁽²⁾	Cables suministradores arriba de 750 V, conductores de línea abierta 0 a 750 V ⁽²⁾	Conductores suministradores arriba de más de 750 V hasta 22 kV	Partes vivas rígidas arriba de 750 V hasta 22 kV
Separación sobre puentes ⁽³⁾				
Fijados al puente	0,90	1,07	1,07	1,50
No fijados al puente	3,0	3,2	3,80	3,6
Separación lateral abajo o dentro de la estructura del puente				
a. Porciones del puente fácilmente accesibles incluyendo salientes y paredes. ⁽³⁾				
Fijados al puente	0,90	1,07	1,70	1,50
No fijados al puente	1,50	1,70	2,30	2,00
b. Partes no accesibles del puente ⁽⁴⁾				
Fijados al puente	0,90	1,07	1,70	1,50
No fijados al puente	1,20	1,40	2,00	1,80

Observaciones:

- (1) Las tensiones eléctricas son de fases a tierra para circuitos efectivamente conectados a tierra, así como para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra sean aisladas por una rápida desenergización de la sección bajo falla, tanto en la operación inicial del interruptor como en las subsecuentes. Las tensiones eléctricas son entre fases para circuitos no-puestos a tierra

- (2) Los cables aislados a que se refiere este renglón son los descritos en 922-4(b)(2) y (b)(3), y los conductores neutros son los descritos en (d) de la misma Sección.
- (3) Cuando la línea esté sobre lugares transitados, ya sea encima o cerca del puente, se aplican también los requisitos indicados en 922-40.
- (4) Los apoyos de puentes de acero, hechos sobre pilares de ladrillo, concreto o mampostería, que requieran acceso frecuente para inspección, deben considerarse como partes fácilmente accesibles.

922-56. Separaciones adicionales. Las separaciones que se indican en las anteriores Secciones de esta Parte E, no deben incrementarse cuando los claros sean iguales o menores que los citados en 922-52(b)(2) y la temperatura del conductor no exceda 50°C.

a) Tensiones eléctricas mayores a 22 kV (a tierra). Para tensiones eléctricas entre 22 y 470 kV, las separaciones horizontal y vertical deben incrementarse 1,0 cm por cada kV en exceso de 22. Dicho incremento debe aumentarse 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m snm.

b) Claros mayores al claro básico. Cuando la temperatura máxima de diseño del conductor sea de 50°C o menor, y el claro sea mayor a 100 m (o 75 m en la Zona I), debe aplicarse a la separación vertical un incremento de 1,0 cm por cada m del claro en exceso de 100 m (o 75 m en la Zona I). Dicho incremento no requiere ser mayor que la diferencia aritmética entre las flechas finales sin carga, en reposo, a temperaturas en el conductor de 50°C y 16°C, calculadas para el claro de que se trate. Para claros a nivel, cuando la separación no se localice a la mitad del claro, el incremento anterior puede ser reducido multiplicando por los siguientes factores:

Distancia del punto de cruce a la estructura más cercana, en por ciento de la longitud del claro de cruce	Factor
5	0,19
10	0,36
15	0,51
20	0,64
25	0,75
30	0,84
35	0,91
40	0,96
45	0,99
50	1,00

Observaciones:

1. En la aplicación de estos factores, el "punto de cruce" es la localización del elemento topográfico al que se determina la separación.
2. Interpólese para valores intermedios.

F. Distancia horizontal de estructuras a vías férreas, carreteras y aguas navegables

922-61. Aplicación. Los requisitos de esta Parte F se refieren a las distancias mínimas que deben guardar las estructuras de líneas aéreas, incluyendo sus retenidas y anclas, a vías férreas, carreteras y aguas navegables. Dichas distancias mínimas deben considerarse en forma horizontal y se establecen sólo desde el punto de vista de seguridad. Independientemente, deben observarse las disposiciones vigentes en materia de derechos de vía.

922-62. Distancias mínimas a vías férreas y carreteras. Cuando las líneas aéreas estén paralelas o crucen vías férreas o carreteras, las estructuras deben instalarse en el límite del derecho de vía del ferrocarril o carretera de que se trate. En ningún caso la distancia desde cualquier parte de una estructura al riel más cercano, o al límite exterior del acotamiento más próximo, debe ser menor de 3,50 m.

Se recomienda que, cuando sea posible, las estructuras queden a una distancia mayor que su propia altura, desde el riel o el límite exterior del acotamiento.

922-63. Distancia horizontal a aguas navegables. Se recomienda que la distancia horizontal de las estructuras a la zona de navegación de ríos, lagos y canales, sea mayor que la altura de las mismas estructuras.

G. Derecho de vía

922-71. Aplicación. Los requisitos de esta Parte G se refieren al derecho de vía o de paso, que deben tener las líneas aéreas en campo abierto y en zona urbana.

El derecho de vía es una faja de terreno que se ubica a lo largo de cada línea aérea, cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha y con la tensión eléctrica de operación.

Dentro del área que ocupa el derecho de vía no deben existir anuncios, obstáculos ni construcciones de ninguna naturaleza, para protección del público y de la propia línea así como para poder operar ésta con un grado de confiabilidad adecuado.

De lo anterior se exceptúan los obstáculos en zonas urbanas que son necesarios para la prestación de los servicios públicos, como instalaciones de alumbrado, líneas de comunicación y de señalización, las cuales de cualquier manera deben cumplir con las separaciones y demás requisitos incluidos en esta NOM.

Cuando se siembren árboles dentro del derecho de vía, deben ser de especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol y la línea existente.

922-72. Distancia mínima horizontal de conductores al límite del derecho de vía. La distancia horizontal mínima del conductor más cercano al límite del derecho de vía de la línea, debe ser determinada de conformidad con lo indicado en 922-52, 922-54 y 922-56.

El ancho mínimo del derecho a vía será igual al doble de la suma de las siguientes dimensiones: distancia del eje longitudinal de la línea al conductor extremo en reposo, desplazamiento lateral del conductor extremo por efecto del viento y la separación horizontal a que se refiere el párrafo anterior.

H. Cargas mecánicas en líneas aéreas

922-81. Disposiciones generales. Las líneas aéreas deben tener resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas propias y las debidas a las condiciones meteorológicas a que estén sometidas, según el lugar en que se ubique cada línea, con los factores de sobrecarga adecuados. Las condiciones meteorológicas mínimas que deben considerarse en general, se establecen más adelante en esta Parte H.

En cada caso deben investigarse y aplicarse las condiciones meteorológicas que prevalezcan en el área en que se localice la línea.

En aquellas regiones del país donde las líneas aéreas lleguen a estar sometidas a cargas mecánicas más severas que las calculadas sobre las bases señaladas en esta Parte H, por mayor recubrimiento de hielo, menor temperatura o mayor velocidad del viento, las instalaciones deben proyectarse tomando en cuenta tales condiciones de carga, conservando los factores de sobrecarga correspondientes.

De no realizarse un análisis técnico detallado, que demuestre que pueden aplicarse cargas mecánicas menores, no deben reducirse las indicadas en esta Parte de la NOM.

922-82. Zonas de cargas mecánicas. Con el propósito de establecer las cargas mínimas que deben considerarse en el cálculo mecánico de líneas aéreas, según el lugar de su instalación, el país se ha dividido en seis zonas de carga que se indican en el mapa de la Figura 922-82. Estas zonas corresponden, en términos generales, a las siguientes regiones del país:

- Zona I.** Región Norte (Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y parte de Sonora).
- Zona II.** Región Centro Norte (Durango y Aguascalientes, y parte de Zacatecas y San Luis Potosí).
- Zona III.** Región Centro Sur (Parte de Oaxaca y Chiapas).
- Zona IV.** Región Central (Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Distrito Federal, Tlaxcala, Morelos y parte de Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Guerrero).
- Zona V.** Región Costera (Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Colima, Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Yucatán y parte de Quintana Roo, Sonora, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz).
- Zona VI.** Región Especial (Parte de Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz y Quintana Roo).

Si una línea aérea cruza dos o más zonas de carga, debe soportar las cargas correspondientes a dichas zonas.

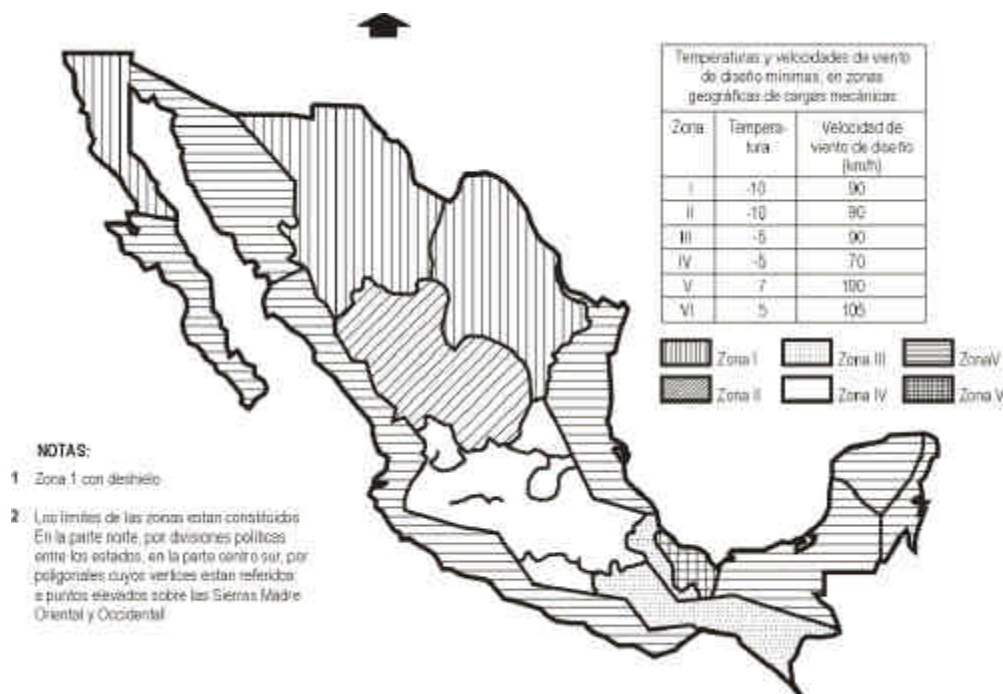


Figura 922-82
Cálculo de cargas mecánicas

922-83. Cálculo de cargas mecánicas. Las líneas aéreas deben cumplir con los valores de la siguiente tabla, que corresponden a condiciones meteorológicas mínimas de diseño para las diferentes zonas de carga mecánica (ver mapa de la Figura 922-82).

Tabla 922-83.
Condiciones meteorológicas mínimas de temperatura,

velocidad de viento y espesor de hielo, representativas de cada zona de carga mecánica

Zona de carga mecánica	Temperatura (°C)	Velocidad de viento de diseño (km/h)	Espesor de la capa de hielo (mm)	
			Sobre cables	Sobre componentes horizontales
I	- 10	90	6	8
II	- 10	90		
III	- 5	90		
IV	- 5	70		
V	7	100		
VI	5	105		
			-	-
			-	-
			-	-
			-	-

Para altitudes mayores a 2500 m snm, debe investigarse respecto a depósitos de hielo en cables y estructuras.

A falta de información pueden considerarse en cualquiera de las zonas, los espesores de hielo indicados en esta tabla para la Zona I, con una temperatura de -5°C, excepto en la propia Zona I, en que debe ser de -10°C.

922-84. Presión de viento. La presión del viento sobre las líneas aéreas se debe calcular, según la superficie de que se trate, por medio de las siguientes ecuaciones:

a) Sobre conductores. Superficies de alambres y cables $P = 0,00482 V^2$

b) Sobre estructuras. Se debe considerar que la ráfaga de viento cubre totalmente la estructura, aplicando un factor de 1,3 a la velocidad de diseño. Para estructuras de celosía plana (torres con elementos metálicos de perfil angular), se debe aplicar adicionalmente un factor de arrastre de 1,6 a la presión de viento.

Con base en lo anterior, las ecuaciones aplicables resultan:

Superficies cilíndricas (postes) $P = 0,00815 V^2$

Superficies planas (torres) $P = 0,0130 V^2$

Donde "P" es la presión de viento, en kg/m² del área proyectada y "V" es la velocidad de viento de diseño, en km/h.

La velocidad de viento de diseño es la velocidad real o actual, equivalente a la velocidad máxima indicada en los anemómetros de la zona correspondiente, dividida por 1,3.

La Tabla 922-84 muestra los valores de presión de viento que resultan al aplicar estas ecuaciones, con los valores de velocidad de viento de diseño indicados en la Tabla 922-83 para las Zonas I, II, III, IV, V y VI.

Los valores de presión de viento calculados de acuerdo con las ecuaciones anteriores, son válidos para líneas con estructuras no-mayores a 30 m de altura. Para alturas mayores, estos valores de presión deben multiplicarse por el factor de incremento de presión por altura indicado en la Tabla 922-84(a).

Tabla 922-84. Presiones de viento mínimos para las diferentes zonas de carga mecánica

Zona de carga mecánica	Velocidad de viento de diseño km/h	Presión del viento en kg/m ² , sobre superficies de:		
		Cables	Estructuras	
			Cilíndricas (postes)	De celosía
I, II y III	90	39	66	105
IV	70	24	40	64
V	100	48	81	130
VI	105	53	90	143

Tabla 922-84(a). Factor de incremento de presión de viento por altura de estructura

Altura en m	Factor

30 ó menos	1,00
50	1,08
75	1,18
100	1,28
150	1,49

Nota: Para valores intermedios de altura puede interpolarse linealmente.

922-85. Cargas en los cables. Las cargas en los cables debidas al viento y al hielo, en caso de que exista, deben determinarse en la forma indicada en las anteriores Secciones 922-81 a 922-84

Para calcular la tensión mecánica máxima de los cables, se debe considerar como carga total la resultante del peso del cable y de la fuerza producida por el viento actuando horizontalmente y en ángulo recto con la línea, a la temperatura y velocidad de viento indicadas en la Tabla 922-83. En caso de existir carga de hielo en la zona, se debe revisar el cálculo para una presión reducida de viento en cables con hielo de 20 kg/m², debiéndose tomar la mayor tensión mecánica que resulte entre este valor y el correspondiente a la máxima velocidad de viento sin hielo.

922-86. Cargas en las estructuras y en sus soportes. Las cargas que actúan sobre las estructuras de las líneas aéreas y sobre el material usado para soportar los conductores y cables de guarda se calculan como sigue:

a) Carga vertical. La carga vertical sobre cimientos, postes, torres, crucetas, alfileres, aisladores y accesorios de sujeción de los conductores y cables de guarda, se debe considerar como el peso propio de éstos, más el de los conductores, cables de guarda y equipo que soporten (y, en su caso, carga de hielo), teniendo en cuenta los efectos que pueden resultar por diferencias de nivel entre los soportes de los mismos.

La carga vertical sobre un soporte debida a los conductores o cables de guarda, se debe calcular teniendo en consideración el "claro vertical" o "claro de peso", que se define como la distancia horizontal entre los puntos más bajos de las catenarias adyacentes al soporte considerado. De este modo, la carga vertical por conductor o cable de guarda, es igual al claro vertical multiplicado por el peso unitario del cable correspondiente.

b) Carga transversal. La carga transversal es la debida al viento, soplando horizontalmente y en ángulo recto a la dirección de la línea, sobre la estructura, conductores, cables de guarda y accesorios.

La carga transversal sobre la estructura, debida al viento que actúa sobre los conductores y cables de guarda, se debe calcular tomando en consideración el "claro medio horizontal" o "claro de viento", que se define como la semi-suma de los claros adyacentes a la estructura considerada. De este modo, la carga transversal por conductores y cables de guarda, es igual al claro medio horizontal multiplicado por su carga unitaria debida al viento; entendiéndose por carga unitaria de viento, el producto de la presión del viento, por el área unitaria proyectada del conductor o cable de guarda.

La carga de viento sobre estructuras de celosía (torres) de sección transversal cuadrada o rectangular, debe calcularse en función del área expuesta de una cara, más 50% de la misma, para tomar en consideración el área de la cara posterior. El por ciento indicado puede substituirse por otro basado en cálculos más precisos, o por el que se determine mediante pruebas reales efectuadas.

La carga de viento sobre postes debe calcularse considerando su área proyectada, perpendicular a la dirección del viento.

Cuando la línea cambia de dirección, la carga transversal resultante sobre la estructura, se debe considerar igual al vector suma de: la resultante de las componentes transversales de las tensiones mecánicas máximas en los conductores y cables de guarda, originada por el cambio de dirección de la línea, más la carga debida a la acción del viento actuando perpendicularmente sobre todos los cables y sobre la estructura.

Para el cálculo más exacto de la carga debida a la acción del viento en estructuras de deflexión, debe considerarse la superficie proyectada de los cables perpendicular a la dirección del viento.

c) Carga longitudinal. Es la debida a las componentes de las tensiones mecánicas máximas de los conductores o cables de guarda, ocasionadas por desequilibrio a uno y otro lado del soporte, ya sea por cambio de tensión mecánica, remate o ruptura de los mismos.

En general para líneas aéreas hasta de 34,5 kV, no es necesario considerar carga longitudinal en los soportes comprendidos en tramos rectos de línea, donde no cambia la tensión mecánica de los conductores y cables de guarda a uno y otro lado de los soportes, excepto en el caso de estructuras de remate en tangente.

d) Ruptura de cables. En la ruptura de cables para líneas de tensiones superiores a 34,5 kV, deben considerarse las siguientes hipótesis:

1) Estructuras hasta con seis conductores y con uno o dos cables de guarda: ruptura de un conductor en la posición más desfavorable, o de un cable de guarda.

Excepción: Para estructuras con dos conductores por fase: ruptura de dos conductores de la fase en la posición más desfavorable, o de un cable de guarda.

2) Estructuras con más de seis conductores pero no-más de doce y con dos cables de guarda: ruptura de dos conductores de la fase en la posición más desfavorable, o de un cable de guarda.

Para líneas de tensiones eléctricas hasta de 34,5 kV, no es necesario considerar la ruptura de conductores.

En tramos rectos de línea en donde los conductores estén soportados por medio de cadenas de aisladores de suspensión, la carga longitudinal resultante en las hipótesis de ruptura, se puede considerar igual a la tensión mecánica máxima del conductor o conductores rotos, multiplicada por un factor de reducción de 0,70 cuando existe solamente un conductor por fase y de 0,50 cuando la fase se compone de dos o más conductores. La

carga longitudinal debida a la supuesta ruptura de los cables de guarda en cualquier tipo de estructura, así como la de los conductores en las estructuras de remate o de deflexión, debe considerarse igual al 100% de la tensión mecánica máxima.

e) Aplicación simultánea de cargas. En la aplicación simultánea de cargas, debe considerarse lo siguiente:

1) Líneas de tensiones hasta de 34,5 kV

- Al calcular la resistencia transversal se debe suponer que las cargas vertical y transversal actúan simultáneamente.

- Al calcular la resistencia longitudinal no se deben tomar en cuenta las cargas vertical y transversal, sino únicamente la carga longitudinal.

2) Líneas de tensiones eléctricas superiores a 34,5 kV

- Al calcular la resistencia mecánica se debe considerar que las cargas vertical, transversal y longitudinal actúan simultáneamente, excepto en el caso de ruptura de cables en estructuras tipo H semiflexibles, donde se debe considerar la simultaneidad solamente de las cargas vertical y longitudinal.

I. Clases de construcción en líneas aéreas

922-91. Disposiciones generales. Los materiales empleados en líneas aéreas de nueva construcción, así como los utilizados en su mantenimiento, deben cumplir con los factores de sobrecarga y otros requisitos que se citan en esta Parte I, según el grado de resistencia mecánica requerida.

922-92. Clasificación. Las líneas aéreas se dividen, según su construcción, en dos clases que se designan por las letras A y B. La Clase A tiene mayor resistencia mecánica y cumple los requisitos más exigentes, que se consideran necesarios en lugares de mayor riesgo. La Clase B tiene menor resistencia mecánica que la A, pero llena los requisitos que se consideran necesarios en lugares de menor riesgo que los considerados para la Clase A.

922-93. Requisitos de materiales y componentes. Los materiales empleados en las líneas aéreas, según la clase de construcción, deben cumplir con los requisitos de seguridad que a continuación se citan:

a) Conductores

1) Tamaño nominal mínimo. Los conductores eléctricos en línea abierta, deben tener una resistencia nominal a la ruptura y un diámetro exterior no-menores a los correspondientes de conductores de cobre semi-duro de tamaño nominal indicados a continuación. Los conductores de cualquier otro material deben tener una resistencia mecánica equivalente.

Tabla 922-93 (a)(1). Tamaño nominal mínimo de conductores de cobre para líneas aéreas

Conductores Eléctricos:	Tamaño nominal mm ² (AWG)	
	Clase A	Clase B
Línea abierta	13,3 (6)	8,37 (8)
Acometidas de hasta 750 V a tierra	3,3 (12)	3,3 (12)
De comunicación en claros no mayores de 50 m	5,26 (10)	3,3 (12)

El material de los conductores debe ser resistente a la corrosión que exista en la zona en donde se instalen.

2) Flechas y tensiones. Las flechas de los conductores deben ser de tal forma que, bajo las cargas mecánicas indicadas en la Parte H de este Artículo, para la zona de que se trate, la tensión de conductor no sea mayor a 60% de su resistencia nominal a la ruptura.

Adicionalmente, la tensión mecánica a 15°C sin carga de viento y hielo, no debe exceder los siguientes por cientos de la resistencia nominal a la ruptura del conductor:

Tensión inicial sin carga 35%

Tensión final sin carga 25%

3) Empalmes, derivaciones y accesorios de remate

a. Se recomienda no instalar empalmes en cruzamientos. Si no es posible evitar su instalación, los empalmes deben tener una resistencia mecánica igual a la del conductor en que se instalen.

b. Se recomienda que las derivaciones no se hagan en el claro del cruzamiento. Si esto no es posible, las derivaciones deben hacerse en tal forma que no debiliten la resistencia mecánica de los conductores en que estén sujetas.

c. Los accesorios de remate y los herrajes de sujeción deben tener suficiente resistencia mecánica para soportar la tensión máxima resultante de la aplicación de las cargas indicadas en la Parte H de este Artículo, multiplicadas por un factor de sobre carga de 1,65.

b) Cables de guarda de acero galvanizado

1) Flechas y tensiones. Las flechas de los cables de guarda deben ser de tal forma que, bajo las cargas mecánicas indicadas en la Parte H de este Artículo. para la zona de que se trate, la tensión del cable no sea mayor a 50% de su resistencia nominal a la ruptura.

Adicionalmente, la tensión mecánica a 0°C sin carga de viento y hielo, no debe exceder los siguientes por cientos de la resistencia nominal a la ruptura del cable:

Tensión	Alta resistencia mecánica	Extra - alta resistencia mecánica
---------	---------------------------	-----------------------------------

inicial sin carga	25%	20%
final sin carga	25%	20%

2) Empalmes y accesorios de remate. Deben seguirse las recomendaciones indicadas en (a)(3)(a y c) anteriores.

c) Mensajeros. Los mensajeros deben ser cableados y no tensarse más de 60% de su resistencia nominal a la ruptura, bajo las cargas mecánicas indicadas en la Parte H de este Artículo, para la zona de que se trate.

d) Alfileres, amarres y herrajes. Los alfileres amarres y herrajes deben resistir las cargas longitudinales indicadas en 922-86, con los factores de sobrecarga adecuados. Los alfileres deben resistir las condiciones anteriores sin deformación permanente.

e) Crucetas. Deben resistir las cargas descritas en 922-86, con los factores de sobrecarga indicados en la Tabla 922-93. Además, deben cumplir con los requisitos siguientes:

1) Resistencia vertical. Deben resistir una carga adicional de 100 kg aplicada en su extremo más alejado. Para cumplir con esta disposición y para soportar otras cargas no usuales, pueden usarse tirantes torna-puntas u otros miembros auxiliares. Si las crucetas forman parte integral de las estructuras metálicas, deben aplicarse los factores de sobrecarga correspondientes a éstas.

2) Resistencia longitudinal. Deben resistir una tensión del conductor más alejado del centro del soporte, no menor a 250 kg, con temperatura mínima. Este requisito es aplicable para líneas hasta de 34,5 kV y claros no mayores a 70 m. Para tensiones eléctricas mayores a 34,5 kV, deben resistir la carga longitudinal debida a las hipótesis de ruptura de cables descrita en 922-86(d), con los factores de sobrecarga que se indican en la Tabla 922-93, aplicados a la tensión mecánica máxima de los cables.

3) Crucetas dobles. Deben usarse en remates y en estructuras para cruzamientos sobre ferrocarriles, cuando se usen aisladores tipo alfiler.

f) Postes y estructuras. Deben resistir las cargas especificadas en 922-86, con los factores de sobrecarga que se indican en la Tabla 922-93 y cumplir con los requisitos siguientes:

1) Postes de madera. Deben ser de madera seleccionada, libre de defectos que puedan disminuir su resistencia mecánica y tratada con una solución preservadora, para aumentar su duración.

El pino del país tiene una resistencia a la ruptura de aproximadamente 400 kg/cm²; sin embargo, se recomienda usar valores de resistencia obtenidos en pruebas.

2) Postes y estructuras de acero. El espesor del material que se utilice no debe ser menor a 4,0 mm. Cuando la aleación del acero no contenga elementos que la hagan resistente a la corrosión, se debe proteger con una capa exterior de pintura o metal anticorrosivo, la cual debe cumplir con la especificación correspondiente.

3) Postes de concreto. Deben ser de concreto reforzado o concreto preesforzado de acuerdo con las necesidades específicas del usuario.

g) Retenidas. Sus factores de sobrecarga, basados en la resistencia a la ruptura o en límite de fluencia, según el material, se indican en la Tabla 922-93.

h) Cimentaciones. Las cimentaciones deben ser diseñadas para resistir las cargas que les transmite la estructura. Las cargas que se indican en 922-86 multiplicadas por los factores de sobrecarga indicados en la Tabla 922-93, deben aplicarse a la estructura. Debe verificarse el diseño de los cimientos de forma que su presión sobre el suelo no exceda el valor admisible de la capacidad de carga del mismo suelo, y que la fuerza de tracción en los cimientos no supere el peso propio del cimiento, más el peso del suelo que gravita sobre él.

i) Pruebas. Se recomienda que los postes o torres y sus cimientos, se sometan a pruebas en prototipos, con métodos adecuados para garantizar su buen funcionamiento.

Tabla 922-93. Factores de sobre carga mínimos para cada clase de construcción de líneas aéreas (Los factores para madera y concreto están basados en la resistencia a la ruptura y para el acero en su límite de fluencia)

Concepto	Clase A	Clase B
----------	---------	---------

1. CRUCETAS		
1.1 Sobrecarga vertical:		
Madera (para tensiones hasta 34,5 kV)	2,0	2,0
Acero (para tensiones hasta 34,5 kV)	1,5	1,3
Acero (para tensiones mayores de 34,5 kV)	1,3	-
1.2 Sobrecarga transversal:		
Se deben aplicar los factores indicados en el inciso 2.2		
2.2		
1.3 Sobrecarga longitudinal:		
Acero (para tensiones mayores de 34,5 kV):	1,6	-
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
2. POSTES Y TORRES		
2.1 Sobrecarga vertical:		
Madera:	3,0	2,0
Sin ruptura de cables	2,8	-
Con ruptura de cables		
Concreto:	2,5	1,7
Sin ruptura de cables	2,3	-
Con ruptura de cables		
Acero:	1,3	1,1
Sin ruptura de cables	1,2	-
Con ruptura de cables		
2,2 Sobrecarga transversal:		
Madera:		
En general:	2,5	2,0
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
En deflexiones y remates:	2,0	1,7
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
Concreto:		
En general:	2	1,7
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
En deflexiones y remates:	1,8	1,5
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
Acero:		
En general:	1,8	1,5
Sin ruptura de cables	1,2	-
Con ruptura de cables		
En deflexiones y remates:	1,8	1,5
Sin ruptura de cables	1,2	-
Con ruptura de cables		
2,3 Sobrecarga longitudinal:		
Madera:		
En general:	1	-
Con ruptura de cables		
En deflexiones y remates:	2	1,7
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
Concreto:		
En general:	1	-
Con ruptura de cables		
En deflexiones y remates:	1,8	1,5
Sin ruptura de cables	1	-
Con ruptura de cables		
Acero:		
En general:	1,2	-
Con ruptura de cables		
En deflexiones y remates:	1,6	-

922-94. Clase de construcción requerida. En la Tabla 922-94 Se especifica la clase de construcción que deben tener las líneas aéreas, según su tensión eléctrica y los lugares por donde pasen o crucen. Los cruzamientos pueden ser en dos formas: de una sola línea sobre cualquiera de las condiciones que se muestran en la primera columna de la Tabla 922-94, o con otros conductores en la misma estructura.

Tabla 922-94. Clase de construcción requerida para líneas aéreas

Condiciones o líneas aéreas en los niveles inferiores	Líneas aéreas en los niveles superiores, con tensión entre fases de:			
	Hasta 15000 V	Más de 15000 hasta 34500 V		Más de 34500 V
	Zona urbana o rural	Zona urbana	Zona rural	Zona urbana o rural
Derechos de vía cercados				
Calles, carreteras, caminos y campo abierto	B	B	B	A
Carreteras principales, autopistas, vías férreas y aguas navegables	B	A	B	A
Líneas de comunicación	A	A	A	A
Líneas eléctricas con tensión eléctrica entre fases de:	B	A	A	A
- Hasta 15000 V	B	A	B	A
- Más de 15000 hasta 34500 V	-	A	B	A
- Más de 34,500 V	-	-	-	A

Observaciones a la Tabla 922-94:

- Las líneas aéreas con cables aislados de los tipos descritos en 922-3(b), pueden ser de la clase B, excepto si cruzan sobre vías férreas, carreteras principales, autopistas y aguas navegables.
- En cruzamientos de líneas, la clase de la línea superior debe ser cuando menos igual a la clase de la línea inferior; en cambio, la clase de la línea inferior debe determinarse como si la línea superior no existiera.
- Si existe conflicto entre dos líneas próximas, las estructuras de una línea que puedan llegar a tocar los conductores de otra línea, deben ser de la misma clase o superior a la de la segunda línea.

J. Retenidas

922-101. Disposiciones generales

- En postes de madera y de concreto se debe considerar que las retenidas, llevan la resultante de la carga total en la dirección en que actúen.
- En líneas que crucen sobre vías férreas, las estructuras adyacentes deben ser lo suficientemente fuertes para resistir las cargas transversal y longitudinal señaladas en la parte H de este Artículo, con el factor de sobrecarga que corresponda a la clase "A" de construcción. Este requisito puede ser cubierto con la ayuda de retenidas transversales y longitudinales opuestas a la vía.
- Se recomienda usar para las retenidas, cables de acero y herrajes adecuados, que protejan al poste y mantengan al cable en la posición correcta.
- El cable de acero, herrajes y aisladores que se utilicen deben tener una resistencia mecánica no-menor a la requerida para la retenida.
- En lugares expuestos al tránsito de vehículos y peatones, el extremo anclado de todas las retenidas fijadas al piso, debe tener un resguardo suficientemente visible y fuerte, no-menor a 2,50 m de longitud.

922-102. Aisladores para retenidas (en líneas de distribución)

- Resistencia mecánica.** La resistencia mecánica de ruptura de los aisladores para retenidas, no debe ser menor que la resistencia de ruptura del cable de la retenida en que se instalen.
- Tensión eléctrica de flameo.** La tensión eléctrica de flameo en seco de los aisladores, debe ser cuando menos el doble de la tensión eléctrica nominal entre fases de la línea en que se usen, y su tensión eléctrica de flameo en húmedo, cuando menos igual a dicha tensión.
- Uso de aisladores en retenidas**
 - Ningún aislador debe quedar a una altura menor de 2,50 m del nivel del piso.
 - Cuando una retenida no-puesta a tierra efectivamente, pase cerca de conductores o partes descubiertas energizadas a más de 300 V, debe proveerse un medio aislante adecuado de manera que el tramo de la retenida expuesto a contacto con dichos conductores o partes energizadas, quede comprendido entre la parte aislada. Véase 922-9(c), referente a puesta a tierra de retenidas.
 - Para retenidas instaladas en líneas suministradoras abiertas de 0 a 300 V debe instalarse un aislador apropiado, o bien conectarse a tierra como se establece en 921-21(b).

922-105. Puesta a tierra

Para disposiciones de puesta a tierra, véase el Artículo 921.

ARTÍCULO 923 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS**A. Instalación y aplicación de cables subterráneos en la vía pública**

923-1. Objetivo y Campo de aplicación. Este Artículo contiene requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones subterráneas para redes eléctricas, de comunicación y sus equipos asociados, para salvaguardar a las instalaciones y a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento, conservando o mejorando el entorno ecológico del lugar donde se lleven a cabo.

Esta Parte A aplica a instalaciones subterráneas en la vía pública, las cuales deben estar en conformidad con las normas de la compañía suministradora y con las disposiciones establecidas en los siguientes párrafos.

923-2. Definiciones

Banco de ductos: Conjunto formado por dos o más ductos.

Bóveda: Recinto subterráneo de amplias dimensiones, accesible desde el exterior, donde se colocan cables y sus accesorios y equipo, generalmente de transformación y donde se ejecutan maniobras de instalación, operación y mantenimiento por personal que pueda estar en su interior.

Canalización subterránea (obra civil para instalaciones subterráneas): Es la combinación de conducto, bancos de ductos, registros, pozos, bóvedas y cimentación de subestaciones que forman la obra civil para instalaciones subterráneas.

Conducto: Canal cerrado (o tubo) que se utiliza para alojar uno o varios cables.

Empalme: Unión destinada a asegurar la continuidad eléctrica entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

Equipo subterráneo: El diseñado y construido para quedar instalado dentro de pozos o bóvedas y el cual debe ser capaz de soportar las condiciones a que estará sometido durante su operación.

Equipo sumergible: Aquel equipo hermético que por características de diseño, puede estar inmerso en cualquier tipo de agua en forma intermitente.

Equipo tipo pedestal: Aquel que está instalado sobre el nivel del terreno, en una base plataforma con cimentación adecuada y que forma parte de un sistema eléctrico subterráneo.

Estructura de transición: Aquellos tramos de cable que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales, generalmente conectadas a líneas aéreas, y que se soportan en postes o estructuras.

Línea subterránea: Aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico o de comunicación, colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrados, en ductos o en cualquier otro tipo de canalización.

Pozo: Recinto subterráneo accesible desde el exterior, donde se colocan equipos, cables y sus accesorios para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento por personal que pueda estar en su interior.

Registro: Recinto subterráneo de dimensiones reducidas, donde se coloca algún equipo, cables y accesorios y para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

Transición de línea: Tramo de cable soportado en un poste u otro tipo de estructura, provisto de una terminal que conecta una línea aérea a subterránea.

Terminal de cable: Dispositivo que distribuye los esfuerzos dieléctricos del aislamiento en el extremo de un cable.

923-3. Cables subterráneos. Los requisitos mínimos a satisfacer los cables subterráneos en vía pública son los siguientes:

a) Diseño y construcción. El diseño, construcción y materiales de los cables subterráneos deben estar de acuerdo con la tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica, corriente eléctrica de cortocircuito, elevación de temperatura y condiciones mecánicas y ambientales a que se sometan durante su instalación y operación.

Cuando los cables estén expuestos a ambientes húmedos y corrosivos es conveniente que sean diseñados y se usen con cubiertas protectoras.

Cuando técnicamente el diseño lo permita, debe evitarse el uso de materiales en las pantallas y cubiertas de los cables que, en contacto directo o como resultado de su combustión sean dañinos para la salud de los seres vivos.

b) Pantallas sobre el aislamiento. Los cables que operen a una tensión eléctrica de 5 kV entre fases o mayor, deben tener una pantalla semiconductor en contacto con el aislamiento y una pantalla metálica no-magnética en contacto con dicha pantalla semiconductor.

El material de la pantalla metálica debe ser resistente a la corrosión o bien estar adecuadamente protegido.

Excepción: *Tramos cortos usados como barra de amarre que no hagan contacto con superficies o materiales puestos a tierra.*

c) Conexión de puesta a tierra de las pantallas metálicas. Las pantallas o cubiertas metálicas de los cables deben estar puestas a tierra. Las pantallas metálicas pueden ser seccionadas siempre y cuando cada sección sea puesta a tierra.

Excepción: *Puede omitirse esta conexión de puesta a tierra sólo cuando así lo requiera la operación de los cables y siempre que existan protecciones que impidan el contacto de personas con las mismas partes metálicas o que queden fuera de su alcance.*

Las conexiones de las pantallas metálicas hacia los cables para su puesta a tierra, deben asegurar un buen contacto, evitando que se aflojen o se suelten. Estas pueden hacerse por medio de conectores del mismo metal u otro

material adecuado para el propósito y las condiciones de uso, o por medio de soldadura, cuidando que ésta y los fundentes aplicados sean los adecuados.

Los conectadores para unir las pantallas metálicas de cables en empalmes y terminales deben ser los adecuados para asegurar un buen contacto mecánico y eléctrico, usando el tamaño y material conveniente a fin de evitar pérdidas de energía por calentamientos. Estos conectadores pueden ser del tipo para soldar o a presión. En el caso de conductores de tamaño nominal 8,37 mm² (8 AWG) y menores, la conexión puede hacerse trezando adecuadamente los conductores o mediante un conectador de tornillo adecuado.

d) Tensiones inducidas en la pantalla metálica. Se recomienda que las tensiones inducidas en condiciones normales de operación, no sean mayores a 55 V.

e) Instalación de cables en canalizaciones subterráneas

- 1) Debe evitarse que los cables sean doblados con radios menores al mínimo señalado por el fabricante (en ningún caso este radio debe ser menor a 12 veces el diámetro externo del cable) durante su manejo, instalación y operación.
- 2) Las tensiones de jalado y las presiones sobre las paredes, que se presenten durante la instalación de los cables, no deben alcanzar valores que puedan dañar a los mismos. Deben limitarse a los recomendados por el fabricante.
- 3) Los ductos deben limpiarse previamente a la instalación de los cables.
- 4) Cuando se use lubricante durante el jalado de los cables, éste no debe afectar a los cables ni a los conductos.
- 5) En instalaciones verticales o con pendientes, los cables deben soportarse adecuadamente para evitar deslizamientos y deformaciones debido a su masa.
- 6) Los cables eléctricos y de comunicación no deben instalarse dentro del mismo conducto.
- 7) Cuando en un banco se instale más de un circuito debe analizarse la capacidad de conducción de corriente, con el objeto de reducir las pérdidas de energía por agrupamiento de conductores.

f) Instalación de cables en registros, pozos y bóvedas

1) Soportes

- a. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas deben quedar fácilmente accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propia masa, curvaturas o movimientos durante su operación.
- b. Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas; mantenerlos separados en claros específicos y ser adecuados al medio ambiente.
- c. Los cables deben quedar soportados cuando menos 10 cm arriba del piso, o estar adecuadamente protegidos.

Excepción: Este requisito no se aplica a conductores neutros y de puesta a tierra.

- d. La instalación debe permitir el movimiento del cable sin que haya concentración de esfuerzos destructivos.

2) Separación entre cables eléctricos y de comunicación

- a. Los pozos de visita deben reunir los requisitos siguientes respecto a las dimensiones. Debe mantenerse un espacio de trabajo limpio, suficiente para desempeñar las labores. Las dimensiones del área de trabajo horizontales deben ser como mínimo de 0,9 m y las verticales deben ser como mínimo de 1,8 m.
- b. No deben instalarse cables eléctricos y de comunicación dentro de un mismo registro, pozo o bóveda.
- c. Cuando no sea posible cumplir con el punto anterior, se pueden instalar en un mismo registro, pozo o bóveda, cables eléctricos y de comunicación, siempre que se cumpla con los siguientes requisitos:
 1. Que exista acuerdo entre las partes involucradas.
 2. Que los cables queden soportados en paredes diferentes, evitando cruzamientos.
 3. Si no es posible instalarlos en paredes separadas, los cables eléctricos deben ocupar niveles inferiores a los de comunicación.
 4. Deben instalarse permitiendo su acceso sin necesidad de mover a los demás.
 5. Que la separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación propia del suministrador, dentro del registro, pozo o bóveda, sea la indicada en la Tabla 923-3(f)-(1).

Tabla 923-3(f)-(1). Separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación propia del suministrador dentro de un mismo registro, pozo o bóveda

Tensión eléctrica entre fases (kV)	Separación en m
Hasta 15	0,15
Más de 15 hasta 50	0,23
Más de 50 hasta 120	0,30
Más de 120	0,60

Excepción 1: Estas separaciones no se aplican a conductores de puesta a tierra.

Excepción 2: Estas separaciones pueden reducirse previo acuerdo entre las partes involucradas, siempre y cuando se instalen barreras o protecciones adecuadas.

NOTA: Cuando ambos tipos de cables queden colocados en la misma pared del recinto se recomienda que los cables de electricidad ocupen niveles inferiores a los de comunicación.

d. Identificación. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas, deben estar permanentemente identificados por medio de placas, o algún otro tipo de identificación, como se indican en la Figura 923-3(f)-(2).

El material de identificación debe ser resistente a la corrosión y a las condiciones del medio ambiente.

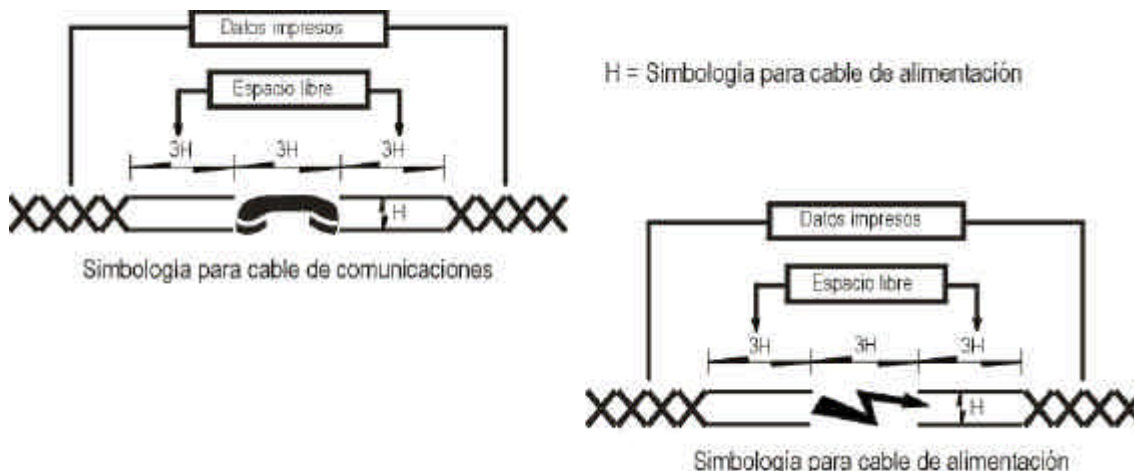


Figura 923-3(f)-(2)

g) Protección contra fuego. Aunque no es requisito la condición a prueba de fuego, de acuerdo con las prácticas de confiabilidad de servicio normal de las empresas, puede proporcionarse una protección contra fuegos externos.

h) Cables de comunicación conteniendo circuitos especiales de alimentación. A los circuitos especiales que operen en tensiones eléctricas mayores a 400 V a tierra y usados para alimentar energía solamente a equipos de comunicaciones, pueden considerarse como cable de comunicaciones bajo las condiciones siguientes: (los cables deben tener pantallas conductoras o pantallas que deben estar puesta a tierra y cada uno de tales circuitos debe llevarse en un conductor individualmente encerrado con una pantalla puesta a tierra)

- 1) Los circuitos en los cables deben ser operados y su mantenimiento por personal calificado.
- 2) las terminales de los circuitos deben ser accesibles sólo a personal calificado.
- 3) los circuitos de comunicación sacados de los cables, si no terminan en una estación repetidora u oficina terminal, deben protegerse de manera que en el evento de una falla dentro del cable, la tensión eléctrica en el circuito de comunicación no exceda 400 V a tierra.
- 4) los aparatos terminales para la alimentación de energía deben ser arreglados para que las partes vivas sean inaccesibles, cuando los circuitos de alimentación estén energizados.
- 5) los cables deben identificarse con placas en cada registro, pozo de visita o bóveda.

i) Puesta a tierra y conexiones

- 1) Las pantallas de aislamiento del cable y empalmes deben ser puestos a tierra.
- 2) Las cubiertas y pantallas que estén puestas a tierra en los pozos y bóvedas deben ser conectadas una tierra común.
- 3) Los cables de conexión y de puesta a tierra deben ser de material resistente a la corrosión y adecuados al ambiente o bien estar protegidos de éste.

j) Cables submarinos

- 1) **Trayectoria.** Los cables submarinos deben ir enterrados en una trinchera de un metro de profundidad, hasta que se alcancen 10 m de calado en zonas de arena, o estar protegidos con medias cañas de material resistente a la corrosión y de suficiente resistencia mecánica, en zonas de roca.
- 2) **Empalmes.** Los cables submarinos en su tramo marino al ser instalados no deben tener empalmes hechos en campo. Solo se deben instalar con empalmes hechos en fábrica.
- 3) **Protección.** La armadura del cable debe diseñarse para soportar adecuadamente los esfuerzos mecánicos a que debe estar sujeto el cable durante la instalación y operación. La armadura debe estar protegida contra la corrosión para cumplir adecuadamente su función durante la vida útil del cable.

Los cables de reserva deben almacenarse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

923-4. Estructuras de transición de líneas aéreas en vía pública a cables subterráneos o viceversa

a) Protección. Las estructuras de transición de cables eléctricos deben estar provistas de una protección mecánica que rodee completamente al cable hasta una altura mínima de 2,45 m sobre el nivel del suelo y cuando menos hasta una profundidad de 30 cm dentro del mismo suelo.

Cuando la protección conste de un tubo (*conduit*) o cubierta metálica, ésta debe ser puesta a tierra de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

Los cables deben subir verticalmente desde el suelo y sólo con la desviación que sea necesaria para fijarlos en la estructura, sin que se rebase el radio de curvatura permisible de los cables.

b) Instalación. La instalación de las estructuras de transición debe hacerse de tal manera que el agua no permanezca dentro de la protección mecánica de los cables.

Los cables deben estar soportados de forma que se evite su daño o el de las terminales.

Los cables deben instalarse o fijarse de forma que se evite el daño de los mismos en los extremos de la protección mecánica, debido al movimiento relativo entre ésta y el cable.

Las estructuras de transición de cables deben localizarse en el poste o estructura en la posición más segura, teniendo en cuenta el espacio para que suban las personas y el posible riesgo de daño por vehículos.

c) Estructuras de transición en equipos tipo pedestal. Los cables que lleguen a transformadores, interruptores u otros equipos instalados en pedestal, deben colocarse y arreglarse dentro del registro que corresponde a la acometida al equipo, de manera que no se dañen sus cubiertas.

La entrada de los cables a equipos instalados en pedestal deben mantenerse a la profundidad adecuada para su clase de tensión eléctrica hasta que queden protegidos abajo del pedestal, a menos que se coloque una protección mecánica adecuada.

923-5. Terminales en vía pública

a) Disposiciones generales. Además de lo indicado en 110-14 debe cumplirse con lo siguiente:

- 1) Las terminales de los cables deben ser diseñadas para resistir los esfuerzos mecánicos, térmicos ambientales y eléctricos esperados durante su operación.
- 2) La separación entre partes vivas de una terminal o de diferentes terminales o con respecto a su propia estructura debe ser la adecuada para la tensión eléctrica de aguante al impulso por rayo (nivel básico de aislamiento al impulso - NBAI), de la terminal. Cuando las terminales se coloquen en postes, la separación entre partes vivas debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 922-12(a)(1)
- 3) Las terminales deben diseñarse para evitar la penetración de humedad hacia el cable.
- 4) En aquellos lugares donde la separación entre partes con diferente potencial eléctrico se reduzca abajo de la adecuada para la tensión y NBAI, deben proporcionarse barreras aislantes o terminales completamente aisladas que reúnan los requisitos equivalentes a las separaciones.
- 5) **Altura.** Las partes vivas de las terminales no deben quedar a alturas menores que las indicadas en la Tabla 923-5(a).

Tabla 923-5(a). Altura mínima de partes vivas de terminales (m)

Lugar de instalación	En líneas con tensión eléctrica entre conductores	
	Hasta de 750 V	De 750 a 22000 V
Expuesto a tránsito de vehículos.	5,0	5,6
No expuesto a tránsito de vehículos.	3,8	4,4

Observaciones:

1. Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, las alturas especificadas en la última columna deben incrementarse 1 cm por cada kV en exceso de 22 kV.
2. Cuando se instalen terminales de baja tensión en paredes, la altura mínima debe ser de 2,9 m.

6) Conexión a terminales. La conexión de los conductores a terminales debe asegurar un buen contacto sin dañar a los mismos conductores, no deben existir conexiones flojas o sueltas. La conexión puede hacerse con zapatas soldadas, de presión o con cualquier otro medio que asegure una amplia superficie de contacto. Las zapatas deben sellarse para evitar el ingreso de humedad hacia el cable. Las zapatas y los conductores deben ser del mismo metal a menos que el accesorio sea adecuado para el propósito y las condiciones de uso.

7) Cuando se utilicen soldaduras fundentes o compuestos, éstos deben ser adecuados para tal uso y no deben dañar a los conductores o al equipo.

b) Soportes. Las terminales de los cables deben instalarse de forma que mantengan su posición de instalación. Cuando sea necesario, los cables deben soportarse de manera que no sufran daños por transferencia de esfuerzos mecánicos hacia las terminales, al equipo o a la estructura.

c) Identificación. Los cables o terminales de las estructuras de transición deben estar permanentemente identificados por medio de placas o algún otro tipo de identificación.

d) Separación en gabinetes o bóvedas

- 1) Las terminales deben estar con una separación adecuada entre conductores y hacia tierra, de acuerdo con el tipo de terminal a utilizar.
- 2) En las partes vivas expuestas dentro de gabinetes, debe mantenerse la separación o usarse barreras aislantes adecuadas para las tensiones eléctricas y tensión de aguante que se requiera.
- 3) Para terminales en bóvedas, se permiten partes vivas sin aislar siempre que se proporcionen los medios de protección adecuados.

e) Conexión de puesta a tierra. Las partes conductoras de las terminales (excepto las partes vivas), el equipo al que se fijan y las estructuras conductoras que soportan a las terminales, deben ser puestos a tierra. Véase el Artículo 250.

923-6. Empalmes y accesorios para cables en vía pública

a) Disposiciones generales. Los empalmes y accesorios para cables en vía pública:

1) Deben soportar los esfuerzos mecánicos, térmicos, eléctricos y del medio ambiente a que estén expuestos durante su operación.

NOTA: Los empalmes terminales y accesorios que se usen en líneas subterráneas deben cumplir con las pruebas y requisitos que se indican en las normas de producto correspondientes.

2) Deben ser compatibles al tipo de cable y a las condiciones del medio ambiente, para evitar efectos dañinos en sus componentes.

3) Deben soportar sin dañarse, la magnitud y duración de corrientes eléctricas de falla que se presenten durante su operación, instalándose de tal manera que cuando uno falle no afecte a las otras instalaciones.

4) Deben evitar la penetración de humedad dentro de los cables.

5) Deben quedar localizados dentro de los registros, pozos, bóvedas y gabinetes.

923-7. Equipo subterráneo en vía pública

a) Disposiciones generales

1) **Equipo subterráneo.** Se considera como equipo subterráneo el siguiente:

a. Transformadores, interruptores, indicadores de falla, barras conductoras, entre otros, instalados para la operación de las líneas eléctricas subterráneas.

b. Repetidoras, bobinas de carga y otras, instaladas para la operación de las líneas subterráneas de comunicación.

c. Equipo auxiliar, como bombas, salidas para alumbrado o contactos entre otros, instalados como complemento de las líneas subterráneas eléctricas o de comunicación.

2) **Ubicación de equipos eléctricos y de comunicación.** Los equipos eléctricos y de comunicación no deben instalarse en un mismo pozo o bóveda. Cuando no sea posible cumplir esta disposición, será necesario un acuerdo entre las partes involucradas.

3) **Sujeción de equipos dentro de pozos o bóvedas.** Los equipos deben ser colocados dentro de los pozos o bóvedas, en soportes u otros dispositivos que los fijen y resistan su masa y el de las cargas a que estén sometidos, así como los esfuerzos que se presenten durante su operación.

b) Características

1) Los equipos subterráneos deben seleccionarse e instalarse de acuerdo con las condiciones térmicas, químicas, mecánicas y ambientales del lugar.

2) Los equipos incluyendo dispositivos auxiliares, fusibles y contactos deben diseñarse para soportar los efectos de condiciones normales, de emergencia y de falla que se presenten durante su operación.

3) Los equipos subterráneos que se instalen dentro de pozos y bóvedas deben ser del tipo sumergible. Asimismo, aquellos que sean susceptibles de un proceso de corrosión, deben tener una protección adecuada para evitar este problema.

4) Cuando se conecten o desconecten partes vivas utilizando herramientas, debe contarse con espacio suficiente a tierra o entre fases, o colocar barreras adecuadas.

5) Los interruptores deben tener indicado en forma visible y permanente: (1) el diagrama unifilar de su operación; (2) la posición de sus contactos y (3) la dirección de operación de las palancas o mecanismo activador.

NOTA: La palanca o mecanismo de control de los interruptores debe operar en una dirección para abrir y en otra para cerrar con objeto de evitar confusiones.

6) El equipo que pueda ser operado a control remoto o en forma manual, debe tener un medio de bloqueo local que impida su operación, para evitar riesgos al trabajador.

7) Los equipos tipo pedestal deben estar cerrados con llave o provistos con un dispositivo para candado.

8) El acceso a partes vivas con tensiones eléctricas mayores a 600 V, requieren de una barrera o puerta con llave, para evitar la entrada de personas no-calificadas.

9) También se recomienda el uso de señales de advertencia visibles al abrir la primera barrera.

10) Los equipos tipo pedestal deben colocarse sobre una base de concreto.

11) Las cajas, cámaras u otros dispositivos de los equipos que contengan fusibles, interruptores u otras partes susceptibles de producir gases, deben estar construidas en tal forma que resistan las presiones interiores que se produzcan para no causar daños a personas u otros equipos próximos.

c) Localización. Los equipos y sus estructuras no deben obstruir el acceso o salida del personal en los pozos de visita o bóvedas.

Los equipos de pozos de visita o bóvedas no deben instalarse a distancias menores a 0,20 m de la parte de atrás de escaleras fijas y no deben interferir con su uso.

Los equipos deben acomodarse en los pozos de visita o bóvedas de tal forma que permitan la instalación, operación y mantenimiento de todas las partes de sus estructuras.

Los interruptores de operación manual o eléctrica deben accionarse en forma segura, esto puede realizarse con dispositivos auxiliares portátiles que se fijen temporalmente.

Los equipos no deben interferir con estructuras de drenaje.

Los equipos no deben obstaculizar la ventilación de estructuras o gabinetes.

d) Instalación. Todos los equipos deben contar con dispositivos de suspensión adecuados a su masa, para facilitar su instalación y montaje.

Las partes vivas deben quedar instaladas, aisladas o protegidas, de tal manera que se evite el contacto accidental de personas con el equipo y del agua también.

Los dispositivos de operación, inspección y pruebas deben estar visibles y fácilmente accesibles cuando el equipo se encuentre instalado en su posición definitiva y sin tener que remover ninguna conexión permanente.

Las partes vivas deben aislarse o protegerse de la exposición a líquidos conductores u otros materiales que puedan presentarse en la estructura que contiene el equipo.

Cuando los controles de los equipos sean accesibles a personal no-calificado, deben asegurarse con pernos, candados o sellos.

e) Conexión de puesta a tierra. Los tanques, gabinetes y cubiertas metálicas de los equipos deben ser puestos a tierra como se indica en el Artículo 250.

f) Identificación. Los equipos instalados en pozos o bóvedas deben contar con placas o algún otro medio que los identifique permanentemente para su correcta instalación y operación.

923-8. Instalación en túneles

a) Disposiciones generales. Las instalaciones en túneles, de cables y equipos eléctricos y de comunicación, deben cumplir con los requisitos aplicables de la Parte F del Artículo 710.

b) Protección a las personas. Cuando el túnel sea accesible al público o cuando se requiera que entre personal para instalar, operar y mantener los cables y el equipo, el diseño del túnel debe incluir medios de protección a las personas y, donde sea necesario, barreras, detectores, alarmas, ventilación, bombas y dispositivos de seguridad adecuados. Los medios de protección que deben considerarse son los siguientes:

- 1) Contra atmósferas venenosas o asfixiantes.
- 2) Contra fuego, explosión, altas temperaturas y fallas de tuberías de presión.
- 3) Contra tensiones eléctricas inducidas.
- 4) Contra posible inundación del túnel.
- 5) Medios seguros de salida rápida del túnel, cuando menos en dos direcciones.
- 6) Espacios libres de trabajo, con una dimensión mínima horizontal de 0,9 m y vertical de 1,80 m, dejando una distancia mínima libre de 0,60 m con respecto al paso de vehículos o máquinas en movimiento.
- 7) Banquetas libres de obstáculos para el tránsito de trabajadores dentro del túnel.
- 8) Equipos de protección para prevenir a los trabajadores de riesgos debidos a la operación de vehículos u otras maquinarias en los túneles.
- 9) Banquetas sin obstrucciones para los trabajadores dentro del túnel.

c) Protección a las instalaciones. En túneles que contengan instalaciones eléctricas y de comunicación deben considerarse medidas de protección contra el medio desfavorable en que se encuentren. Estas medidas pueden ser:

- 1) Contra el efecto de la humedad o la temperatura.
- 2) Contra el efecto de líquidos y gases.
- 3) Contra el efecto de la corrosión.

923-9. Puesta a tierra

Para disposiciones para puesta a tierra, véase el Artículo 921

B. Obra civil

923-10. Trayectoria

a) Disposiciones generales

1) La obra civil para instalaciones subterráneas debe seguir en lo posible, una trayectoria recta entre sus extremos; cuando sea necesario puede seguir una trayectoria curva, siempre que el radio de curvatura sea lo suficientemente grande para evitar el daño de los cables durante su instalación.

Nota: Se recomienda que el cambio máximo de dirección en un tramo recto de un banco de ductos aplicando el dobléz natural de éstos, no sea mayor a cinco grados.

2) Si la trayectoria de las instalaciones subterráneas sigue una ruta paralela a otras canalizaciones o estructuras subterráneas ajenas, no debe localizarse directamente arriba o abajo de dichas canalizaciones o estructuras; cuando esto no sea posible, debe cumplirse con la separación indicada en la Tabla 923-12(b).

3) En cada caso debe formarse un comité con un representante por cada institución que haga uso del suelo para instalaciones subterráneas con la finalidad de optimizar el uso del mismo, reglamentando la ubicación de las instalaciones subterráneas en la vía pública, atendiendo en lo aplicable lo indicado por esta NOM. Véase la Figura. 923-10(a)(3).

I Zonificación de instalaciones en banquetas

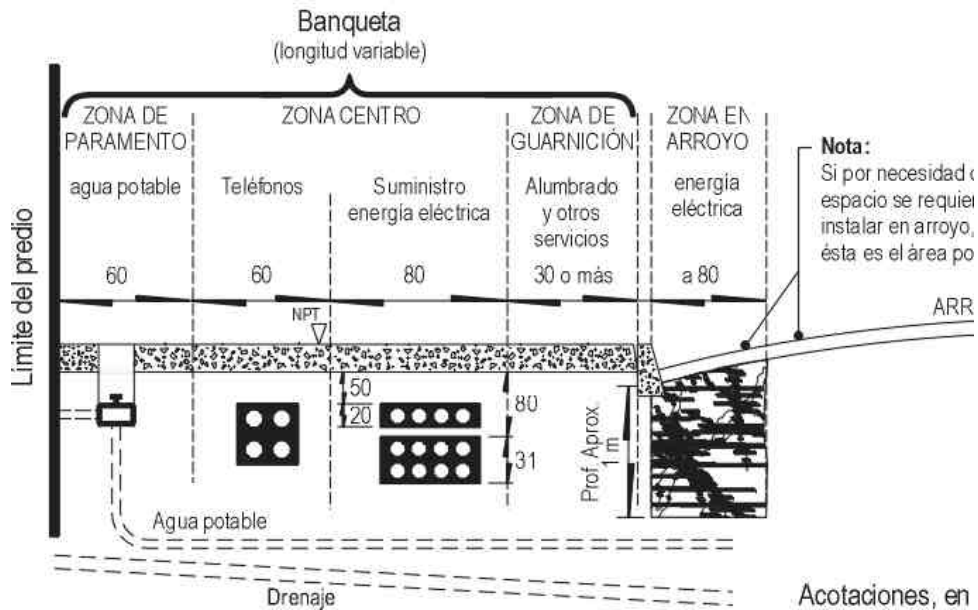


Figura 923-10 (a)(3)

b) **Riesgos naturales del terreno.** Debe evitarse en lo posible que la trayectoria de las canalizaciones subterráneas atraviese terrenos inestables (pantanosos, lodosos, entre otros) o altamente corrosivos. Si es necesario construir a través de estos terrenos, debe hacerse de tal manera que se evite o reduzca al mínimo el movimiento o la corrosión.

c) **Autopistas y calles**

1) **Calles.** Cuando los bancos de ductos deban enterrarse a lo largo de calles en donde no existan banquetas, debe utilizarse como trayectoria la guarnición.

2) **Autopistas.** Cuando los bancos de ductos deban enterrarse a lo largo de autopistas, éstos deben ubicarse dentro del derecho de vía a 1,0 m fuera del acotamiento, como se indica en la Figura 923-10(c).

Figura 923-10(c)

d) **Túneles y obra civil para túneles y puentes** debe dañe lo menos posible. seguros para la de las estructuras lo señalado en la Parte

e) **Cruzamientos de vías pavimentadas,** la de instalaciones cuando la vía del



puentes. La localización de la instalaciones subterráneas en hacerse previendo que el tráfico la Asimismo, deben tenerse accesos inspección y mantenimiento tanto como de la obra civil y cumplir con F del Artículo 710.

vías de ferrocarril. En los de ferrocarril ubicados en calles profundidad mínima de la obra civil subterráneas debe ser de 90 cm; ferrocarril esté localizada en calles

o caminos no pavimentados, la profundidad mínima debe ser de 1,3 m.

En caso de requerirse registros, pozos de visita o bóvedas, éstos deben localizarse en el derecho de vía.

Cuando existan condiciones especiales o si el proyecto propuesto interfiere con instalaciones existentes, las partes involucradas deben acordar los requerimientos a cumplir.

NOTA: Cuando no sea posible cumplir con las profundidades marcadas en este punto, éstas se pueden reducir previo acuerdo entre las partes involucradas, pero en ningún caso los bancos de ductos o alguna protección de éstos debe estar expuesta a la carpeta de agregados donde se hacen trabajos de mantenimiento y limpieza.

f) **Cruzamientos submarinos.** Los cruzamientos submarinos deben ser instalados siguiendo una trayectoria tal, que estén protegidos de la erosión ocasionada por la acción de las olas o las corrientes submarinas. Su trayectoria no

debe atravesar zonas de anclaje de embarcaciones. Cuando esto no pueda evitarse, su trayectoria debe señalarse mediante boyas que formen un canal dentro del cual estarán los cables que integran el cruzamiento subterráneo.

g) Cimentaciones. Las canalizaciones subterráneas no deben instalarse directamente abajo de cimentaciones de edificios o de tanques de almacenamiento. Cuando esto no sea posible, la estructura del banco de ductos debe diseñarse para prevenir la aplicación de cargas perjudiciales sobre los cables.

923-11. Profundidad. La Tabla 923-11 indica la profundidad mínima a la que deben instalarse los ductos o bancos de ductos, siempre que se cumplan los requisitos que se indican en 923-12(a)(3). Esta profundidad debe considerarse con respecto a la parte superior de los ductos o su recubrimiento.

Tabla 923-11. Profundidad mínima de los ductos o bancos de ductos

Localización	Profundidad mínima (m)
En lugares no-transitados por vehículos.	0,3
En lugares transitados por vehículos.	0,5
Bajo carreteras.	1,0
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril Ubicadas en calles pavimentadas.	0,9
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril Ubicadas en calles o caminos no-pavimentados.	1,27

Observaciones:

1. Cuando se instalen cables para diferentes tensiones eléctricas en una misma trinchera, los cables de mayor tensión deben estar a mayor profundidad.
2. Los cables submarinos deben enterrarse en una trinchera de 1 m de profundidad hasta alcanzar 10 m de calado en zonas de arena. En zonas de roca debe protegerse con medias cañas de fierro; en partes más profundas deben ir depositadas en el lecho marino a fondo perdido.
3. Cuando no sea posible cumplir con estas profundidades, éstas pueden reducirse previo acuerdo entre las partes involucradas.

923-12. Separación de otras instalaciones subterráneas

a) Disposiciones generales. La separación entre el sistema de canalizaciones subterráneas y otras estructuras subterráneas ubicadas en forma paralela debe tener el ancho necesario para permitir el mantenimiento de los sistemas sin dañar las estructuras paralelas. Un banco de ductos que cruce sobre otra estructura debe tener una separación suficiente que evite el daño de ésta, estas separaciones deben ser determinadas por las partes involucradas.

NOTA: Cuando un banco de ductos cruce un pozo de visita, una bóveda o por el techo de túneles de tránsito vehicular, éstos pueden estar soportados directamente en el techo, si las partes involucradas están de acuerdo.

b) Separaciones mínimas. La separación mínima entre ductos o bancos de ductos, y entre ellos y otras estructuras se indica en la Tabla 923-12(b)

Tabla 923-12(b). Separación mínima entre ductos o bancos de ductos y con respecto a otras estructuras subterráneas

Medio separador	Separación mínima m
Tierra compactada	0,30
Tabique	0,10
Concreto	0,05

Observaciones:

1. Para cables submarinos la separación debe ser de 1,5 veces la profundidad.
2. Previo acuerdo entre las partes involucradas, pueden reducirse estas separaciones.

c) Separación de instalaciones de drenaje, tuberías de agua, vapor o combustible. Los ductos o bancos de ductos de líneas eléctricas y de comunicación, no deben quedar en contacto con ninguna de estas instalaciones; su separación debe ser tan grande como sea posible, a fin de permitir trabajos de reparación o mantenimiento. En el caso de cruzamientos sobre dichas instalaciones, deben colocarse en ambos lados soportes adecuados para evitar que el peso de los ductos pueda dañar a las instalaciones. La separación mínima entre ductos o bancos de ductos de líneas eléctricas y de comunicación con instalaciones de combustible debe ser 1 m.

d) Terrenos rocosos. Cuando el terreno sea rocoso y no permita respetar la profundidad mínima, el banco de ductos debe hacerse de concreto con la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos a que se encuentran sometidos. El banco de ductos puede colocarse inmediatamente bajo del piso terminado.

923-13. Excavación y material de relleno

a) Trincheras. El fondo de las trincheras debe estar limpio, relativamente plano y compactado a 90% para banquetas y a 95% para calles. Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el ducto o banco de ductos debe colocarse sobre una capa protectora de material de relleno limpio y compactado.

b) Material de relleno. El relleno debe estar libre de materiales que puedan dañar a los ductos o bancos de ductos y compactado a 90%.

923-14. Ductos y sus acoplamientos

a) Disposiciones generales

- 1) El material de los ductos debe ser resistente a esfuerzos mecánicos, a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio donde quede instalado.
- 2) El material y la construcción de los ductos debe seleccionarse y diseñarse en forma que la falla de un cable en un ducto, no se extienda a los cables de ductos adyacentes.
- 3) Los ductos o bancos de ductos deben estar diseñados y construidos para soportar las cargas exteriores a que pueden quedar sujetos, de acuerdo con los criterios que se establecen en 923-16, excepto que la carga de impacto puede ser reducida un tercio por cada 30 cm de profundidad, de forma que no necesita considerarse carga de impacto cuando la profundidad es de 90 cm o mayor.
- 4) El acabado interior de los ductos debe estar libre de asperezas o filos que puedan dañar los cables.
- 5) El área de la sección transversal de los ductos debe ser tal que de acuerdo con su longitud y curvatura, permita instalar los cables sin causarles daño.

b) Instalación

- 1) En alta tensión eléctrica debe usarse un ducto por cable y en baja tensión un ducto por circuito. Cuando se instalen tres cables de baja tensión en un ducto, la suma de sus diámetros no debe ser igual al diámetro interior del ducto.
- 2) Los ductos incluyendo sus extremos y curvas, deben quedar fijos por el material de relleno, envolvente de concreto, anclas u otros medios, en tal forma que se mantengan en su posición original bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación de los cables u otras condiciones.
- 3) Los tramos de ductos deben quedar unidos de forma que no queden escalones entre uno y otro tramo. No deben usarse materiales que puedan penetrar al interior de los ductos, formando protuberancias al solidificarse y que puedan causar daño a los cables.
- 4) Cuando se tengan condiciones tales que se requiera usar tubos con revestimiento exterior, el revestimiento de éstos debe ser resistente a la corrosión y debe ser inspeccionado y probado, verificando que el revestimiento sea continuo y esté intacto antes de rellenar; debe tenerse la precaución de no dañar el revestimiento al hacer el relleno y compactado.
- 5) Cuando se tengan bancos de ductos instalados en puentes metálicos, el banco de ductos debe tener la capacidad de permitir la expansión y contracción de la estructura del puente. Los bancos de ductos que pasen a través de los estribos del puente deben instalarse de forma que se evite o resista cualquier hundimiento debido a un asentamiento del suelo.
- 6) Los ductos a la entrada de registros, pozos, bóvedas y otros recintos, deben quedar en terreno perfectamente compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en los mismos.
- 7) El extremo de los ductos dentro de los registros, pozos, bóvedas y otros recintos, debe tener los bordes redondeados y lisos para evitar daño a los cables.
- 8) Se recomienda que los ductos se instalen con una pendiente de 0,25% como mínimo, para facilitar el drenado.
- 9) Para evitar la posibilidad de que por los ductos entren líquidos, gases o animales, se recomienda utilizar sellos que impidan su paso. Esta medida puede complementarse con la instalación de dispositivos de ventilación y drenaje.

923-15. Registros, pozos de visita y bóvedas

a) Localización. La localización de los registros, pozos y bóvedas debe ser tal que su acceso desde el exterior, quede libre y sin interferir con otras instalaciones. Debe evitarse, en lo posible, que en carreteras queden localizados en la carpeta asfáltica y en vías de ferrocarril en el terraplén.

b) Protección. Cuando los registros, pozos y bóvedas estén con el acceso abierto, deben colocarse medios adecuados de protección y advertencia para evitar accidentes.

c) Desagüe. En los registros, pozos y bóvedas, cuando sea necesario debe instalarse un medio adecuado de desagüe. No debe existir comunicación con el sistema de drenaje.

d) Ventilación. Cuando los pozos, bóvedas y túneles tengan comunicación con galerías o áreas cerradas transitadas por personas, deben tener un sistema adecuado de ventilación hacia el exterior.

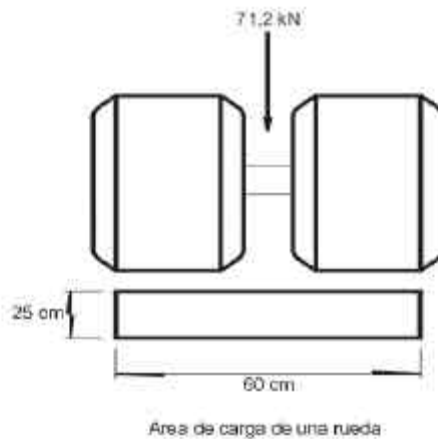
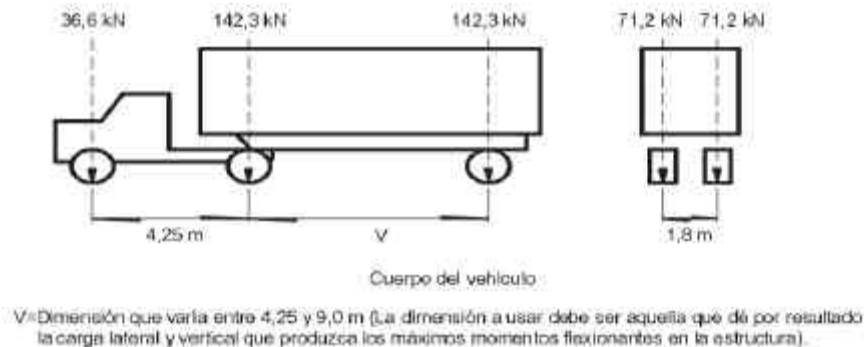
e) Detección de gases. Cuando se requiera entrar en algún pozo o bóveda, debe ventilarse previamente, si se sospecha que existen en el ambiente gases explosivos o tóxicos, debe determinarse y comprobarse mediante equipo adecuado si el ambiente es tolerable por el ser humano.

f) Obstrucción de accesos. Los accesos a registros pozos de visita o bóvedas no deben ser obstruidos por construcciones, estructuras, instalaciones provisionales, equipos semifijos o cualquier otra instalación.

923-16. Resistencia mecánica. Los registros, pozos y bóvedas deben estar diseñados y construidos para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre su estructura.

Las cargas estáticas incluyen el peso propio de la estructura, el del equipo, el del agua sobre la cubierta interior, el del hielo y otras cargas que tengan influencia sobre la misma estructura.
 Las cargas dinámicas incluyen principalmente el peso de vehículos en movimiento y cargas por impacto que actúen sobre la estructura.

a) En las zonas de tránsito de vehículos debe tenerse en cuenta, para el cálculo, el vehículo más pesado que pueda transitar por el lugar y debe considerarse que su masa se reparte en cuatro ruedas, pero que sólo una de ellas transmite su carga a la cubierta y a la estructura del registro, pozo o bóveda, en un área de 25 x 60 cm; excepto el caso en que, por las dimensiones del recinto, la estructura y su cubierta deban soportar la carga transmitida por dos ruedas separadas 2 m en línea transversal al eje del vehículo.



a) Área de carga de una rueda

Figura 923-16 (a). Características del vehículo para determinar la carga dinámica

NOTA: Como referencia, la carga dinámica que puede considerarse para el cálculo anterior, corresponde a un vehículo cuyo masa y dimensiones se indican en la Figura 923-14(a).

- b) En zonas que no tienen tránsito de vehículos debe considerarse una carga dinámica mínima de 14363 N/m² (15,5 kPa)
- c) Las cargas dinámicas deben incrementarse en 30% por impacto.
- d) Cuando en los registros, pozos y bóvedas se coloquen anclas para el jalado de los cables, éstas deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas, con un factor de seguridad mínimo de 2.

923-17. Dimensiones. Las paredes interiores de los registros deben dejar un espacio libre cuando menos igual al que deja su tapa de acceso, y su altura debe ser tal que permita a una persona trabajar desde el exterior o parcialmente introducida en ellos.

En los pozos y bóvedas, además del espacio ocupado por cables y equipo, debe dejarse espacio libre suficiente para trabajar. La dimensión horizontal de este espacio debe ser cuando menos de 0,9 m y la vertical de 1,8 m.

En el caso de líneas de comunicación, las dimensiones mínimas de dicho espacio deben ser: la horizontal de 0,8 m y la vertical de 1,2 m.

923-18. Acceso a pozos y bóvedas

- a) El acceso a los pozos debe tener un espacio libre mínimo de 56 x 65 cm si es rectangular, o de 84 cm de diámetro si es circular. En el caso de líneas de comunicación dicho espacio debe ser de 40 x 50 cm si es rectangular. El acceso debe estar libre de protuberancias que puedan lesionar al personal o que impidan una rápida salida.
- b) El acceso a pozos y bóvedas no debe ser localizado directamente sobre los cables o equipo. Cuando el acceso interfiera con algún obstáculo, puede quedar localizado sobre los cables, si se cumple con alguna de las siguientes

medidas: (1) una señal de advertencia adecuada; (2) una barrera de protección sobre los cables; ó (3) una escalera fija.

c) En bóvedas puede tenerse otro tipo de aberturas localizadas sobre el equipo, para facilitar su operación desde el exterior.

923-19. Tapas. Las tapas de los registros, pozos y bóvedas deben ser de masa y diseño para que asienten y cubran los accesos, así como para evitar que puedan ser fácilmente removidas sin herramientas. Cuando las tapas de bóvedas y pozos para acceso del personal sean ligeras, deben estar provistas de aditamentos para la colocación de candados. Las tapas deben ser de un diseño tal que no puedan caer accidentalmente dentro de los registros, pozos o bóvedas. No deben tener protuberancias dentro de los pozos de visita suficientemente grandes para tener contacto con los cables o equipos.

Las tapas y sus soportes deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas que se mencionan en 923-16.

Las tapas deben ser antiderrapantes y tener una identificación visible desde el exterior que indique el tipo de instalación o la empresa a la que pertenecen.

En el caso de transformadores instalados en bóvedas, las tapas deben contar con una rejilla apropiada para permitir la ventilación. La separación del enrejado no debe permitir el paso de objetos que puedan dañar a los cables o equipos.

923-20. Puertas de acceso a túneles y bóvedas

a) Las puertas de acceso deben localizarse de forma que se provea un acceso seguro.

b) Las puertas de acceso del personal a las bóvedas no deben localizarse o abrir directamente sobre el equipo o cables. Las aperturas de otros tipos (no para acceso del personal) en las bóvedas, pueden ubicarse sobre el equipo para facilitar el trabajo, reemplazo o instalación del mismo.

c) Cuando las puertas de túneles y bóvedas dentro de edificios estén accesibles al público, deben estar cerradas con llave, a menos que personal calificado impida la entrada al público.

d) Estas puertas deben diseñarse de forma que una persona pueda salir rápidamente, aun cuando la puerta esté cerrada desde el exterior.

923-21. Protección en áreas de trabajo

a) Tráfico de peatones y vehículos

1. Antes de iniciar cualquier trabajo que pueda poner en peligro al público o a los trabajadores, deben colocarse avisos preventivos o barreras normalizadas, o conos fosforescentes, de tal manera que sean perfectamente visibles al tráfico que se acerca al lugar de trabajo; en estos mismos casos, el personal de piso a cargo de estos trabajos debe usar chalecos de color fosforescente y debe poner en funcionamiento los faros giratorios del vehículo. Durante la noche adicionalmente deben utilizarse señales luminosas o reflejantes. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones de tráfico lo justifiquen, una persona debe dedicarse exclusivamente a advertir al tráfico sobre los riesgos existentes, utilizando banderolas rojas o señales luminosas según sea de día o de noche. Los preventivos mencionados deben estar a una distancia adecuada considerando la topografía y configuración de las vías de circulación en el área de trabajo, así como la velocidad de circulación.

2. Se recomienda que los avisos sean de la siguiente manera:

- En los "avisos de precaución" el fondo de color ámbar con señales y letreros de advertencia color negro.

- En los "avisos de peligro" el fondo de color blanco con señales y letreros de advertencia color rojo.

3. Durante el día, los hoyos, cepas, registros sin tapa u obstrucciones, deben identificarse con señales de peligro, tales como avisos preventivos y acordonamiento, conos fosforescentes o barreras. Durante la noche deben usarse señales luminosas o reflejantes. De ser necesario dejar desatendido temporalmente algún hoyo o cepa, debe colocarse una tapa provisional, para evitar accidentes al público.

4. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones del tráfico lo justifiquen, debe solicitarse el auxilio de las autoridades de tránsito competentes, para advertir al tráfico sobre los riesgos existentes.

b) Trabajadores

1. Cuando por razón de los trabajos se expongan partes energizadas o en movimiento, deben colocarse avisos preventivos y guardas, para advertir a los otros trabajadores en el área.

2. Cuando se trabaje en áreas con secciones múltiples muy semejantes, como es el caso de una sección de una subestación, la sección de trabajo debe marcarse en forma notoria, acordonándola o usando barreras, con avisos preventivos, a fin de evitar contactos accidentales con partes energizadas tanto de la propia sección de trabajo como de secciones adyacentes.

c) Conductores

Todo trabajador que encuentre cables o alambres que representen peligro, debe informar de la situación peligrosa a su jefe inmediato, colocando avisos preventivos y debe quedarse a vigilar. De estar facultado y contar con los medios necesarios debe corregir la condición que representa peligro.

ARTÍCULO 924 - SUBESTACIONES

924-1. Objetivo y campo de aplicación. Este Artículo contiene requisitos que se aplican a las subestaciones de usuarios (véase 110-30 y 110-31), y a las instalaciones que forman parte de sistemas instalados en la vía pública.

Estos requisitos se aplican a toda instalación, en el caso de instalaciones temporales (que pueden requerirse en el proceso de construcción de fábricas o en subestaciones que están siendo reestructuradas o reemplazadas), la

autoridad competente puede eximir al usuario del cumplimiento de alguno de estos requisitos, de acuerdo con la justificación que exista para ello y siempre que se obtenga la debida seguridad por otros medios.

924-2. Medio de desconexión general. Toda subestación de acometida debe tener en el lado primario (acometida), un medio de desconexión general. El medio de desconexión general debe ser de operación simultánea para las subestaciones siguientes:

a) Compactas

Excepción: En subestaciones compactas con un solo transformador que requieran ampliarse y no cuenten con espacio suficiente, se permite colocar un segundo transformador en el mismo medio de desconexión general, siempre que tenga su propio medio de protección.

b) Abiertas o pedestal mayores a 500 kV

924-3. Resguardos de locales y espacios. Los locales y espacios en que se instalen subestaciones deben tener restringido y resguardado su acceso; por medio de cercas de tela de alambre, muros o bien en locales especiales para evitar la entrada de personas no-calificadas. Los resguardos deben tener una altura mínima de 2,10 m.

Excepción: En subestaciones tipo pedestal y compactas es suficiente una delimitación de área.

924-4. Condiciones de los locales y espacios. Los locales donde se instalen subestaciones deben cumplir con lo siguiente:

a) Deben estar hechos de materiales no-combustibles.

b) No deben emplearse como almacenes, talleres o para otra actividad que no esté relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.

c) No debe haber polvo o pelusas combustibles en cantidades peligrosas ni gases inflamables o corrosivos.

d) Deben tener ventilación adecuada, para que el equipo opere a su temperatura nominal y para minimizar los contaminantes en el aire bajo cualquier condición de operación.

e) Deben mantenerse secos.

924-5. Instalación de alumbrado. Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5, véase adicionalmente lo indicado en 110-34(d).

Tabla 924-5. Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270 55
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	270
Pupitres de distribución o de trabajo	110
Cuarto de baterías	55
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	11
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	160
Áreas de maniobra	110
Áreas de tránsito de personal y vehículos	22
General	

Excepción 1: No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos.

Excepción 2: Las subestaciones de usuarios de tipo poste o pedestal quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta Sección y pueden considerarse, iluminadas con el alumbrado existente para otras áreas adyacentes.

a) Receptáculos y unidades de alumbrado. Los receptáculos para conectar aparatos portátiles deben situarse de manera que, al ser utilizados, no se acerquen en forma peligrosa a cordones flexibles o a partes vivas.

Las unidades de alumbrado deben situarse de manera que puedan ser controladas, repuestas y limpiadas desde lugares de acceso seguro. No deben instalarse usando conductores que cuelguen libremente y que puedan moverse de modo que hagan contacto con partes vivas de equipo eléctrico.

b) Circuito independiente. En subestaciones, el circuito para alumbrado y receptáculos debe alimentar exclusivamente estas cargas y tener protección adecuada contra sobrecorriente independiente de los otros circuitos.

c) Control de alumbrado. Con objeto de reducir el consumo de energía y facilitar la visualización de fallas en el área de equipos, barras y líneas, el alumbrado debe permanecer al mínimo valor posible, excepto en los momentos de maniobras.

d) Eficiencia. Para optimizar el uso de la energía, se recomienda proporcionar mantenimiento e inspeccionar las luminarias y sus conexiones.

924-6. Pisos, barreras y escaleras

a) Pisos. En las subestaciones los pisos deben ser planos, firmes y con superficie antiderrapante, se debe evitar que haya obstáculos en los mismos. Los huecos, registros y trincheras deben tener tapas adecuadas.

El piso debe tener una pendiente (se recomienda una mínima de 2,5%) hacia las coladeras del drenaje.

b) Barreras. Todos los huecos en el piso que no tengan tapas o cubiertas adecuadas y las plataformas de más de 50 cm de altura, deben estar provistos de barreras, de 1,20 m de altura, como mínimo. En lugares donde se

interrumpa una barrera junto a un espacio de trabajo, para dar acceso a una escalera, debe colocarse otro tipo de barrera (reja, cadena).

c) Escaleras. Las escaleras que tengan cuatro o más escalones deben tener pasamanos. Las escaleras con menos de cuatro escalones deben distinguirse convenientemente del área adyacente, con pintura de color diferente u otro medio. No deben usarse escaleras tipo "marino", excepto en bóvedas.

924-7. Accesos y salidas. Los locales y cada espacio de trabajo deben tener un acceso y salida libre de obstáculos.

Si la forma del local, la disposición y características del equipo en caso de un accidente pueden obstruir o hacer inaccesible la salida, el área debe estar iluminada y debe proveerse un segundo acceso y salida, indicando una ruta de evacuación.

La puerta de acceso y salida de un local debe abrir hacia afuera y estar provista de un seguro que permita su apertura, desde adentro. En subestaciones interiores, cuando no exista espacio suficiente para que el local cuente con puerta de abatimiento, se permite el uso de puertas corredizas, siempre que éstas tengan claramente marcado su sentido de apertura y se mantengan abiertas mientras haya personas dentro del local.

La puerta debe tener fijo en la parte exterior y en forma completamente visible, un aviso con la leyenda:

"PELIGRO ALTA TENSIÓN ELÉCTRICA".

924-8. Protección contra incendio. Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se fijen en esta Sección, debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios.

a) Extintores. Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones. Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco.

Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperatura mayores que los indicados por el fabricante.

En las subestaciones de tipo abierto o pedestal instalados en redes de distribución no se requiere colocar extintores de incendio.

b) Sistemas integrados. En tensiones eléctricas mayores de 69 kV, se recomienda el uso de sistemas de protección contra incendio tipo fijo que operen automáticamente por medio de detectores de fuego que, al mismo tiempo, accionen alarmas.

c) Contenedores para aceite. En el equipo que contenga aceite, se deben tomar alguna o algunas de las siguientes medidas:

1) Proveer medios adecuados para confinar, recoger y almacenar el aceite que pudiera escaparse del equipo, mediante recipientes o depósitos independientes del sistema de drenaje.

2) Construir muros divisorios, de tabique o concreto, entre transformadores y entre éstos y otras instalaciones vecinas, cuando el equipo opere a tensiones eléctricas iguales o mayores a 69 kV.

3) Separar los equipos en aceite con respecto a otros aparatos, por medio de barreras incombustibles o bien, por una distancia suficiente para evitar la proyección de aceite incendiado de un equipo hacia los otros aparatos.

924-9. Localización y accesibilidad

a) Los tableros deben colocarse donde el operador no esté expuesto a daños por la proximidad de partes vivas o partes de maquinaria o equipo en movimiento.

b) No debe haber materiales combustibles en la cercanía.

c) El espacio alrededor de los tableros debe conservarse despejado y no usarse para almacenar materiales, de acuerdo con lo indicado en 710-40.

d) El equipo de interruptores debe estar dispuesto de forma que los medios de control sean accesibles al operador.

924-10. Dispositivo general de protección contra sobrecorriente. Toda subestación debe tener en el lado primario, un dispositivo general de protección contra sobrecorriente para la tensión eléctrica y corriente del servicio, referentes a la corriente de interrupción y a la capacidad nominal o ajuste de disparo, respectivamente.

En subestaciones con dos o más transformadores, o en subestaciones receptoras con varias derivaciones para transformadores remotos u otras cargas, véase 380-22.

Excepción: En ampliaciones de subestaciones compactas aplicar la Excepción de 924-2.

924-11. Requisitos generales del sistema de protección del usuario. La protección del equipo eléctrico instalado en la subestación de un usuario no debe depender del sistema de protección del suministrador.

Las fallas por cortocircuito en la instalación del usuario no deben ocasionar la apertura de las líneas suministradoras, lo cual puede afectar el servicio a otros usuarios, para tal fin el usuario debe consultar con el suministrador con objeto de obtener la coordinación correspondiente.

924-12. Equipo a la intemperie o en lugares húmedos. En instalaciones a la intemperie o en lugares húmedos, el equipo debe estar diseñado y construido para operar satisfactoriamente bajo cualquier condición atmosférica existente.

924-13. Consideraciones ambientales

a) Las subestaciones con tensiones eléctricas mayores a 69 kV deben considerar la limitación de los esfuerzos sísmicos y dinámicos que soporta el equipo a través de sus conexiones.

b) Los equipos deben ser capaces de soportar los esfuerzos sísmicos que se le transmiten del suelo a través de sus bases de montaje y que resultan de las componentes de carga vertical y horizontal, más la ampliación debida a la vibración resonante.

c) El proyecto de las subestaciones urbanas con tensiones eléctricas mayores a 69 kV deben considerar el efecto del impacto ambiental, de manera que sus inconvenientes se reduzcan a un nivel tolerable.
En las subestaciones ubicadas en áreas urbanas se deben tomar medidas tendientes a limitar el ruido audible a 60 dB.

d) No se permiten gasolineras a menos de 100 m del perímetro de las subestaciones mayores de 34,5 kV.

924-14. Instalación y mantenimiento del equipo eléctrico. El equipo de las subestaciones debe ser instalado y mantenido para reducir al mínimo los riesgos de accidentes del personal, así como el consumo de energía.

a) Equipo de uso continuo. Antes de ser puesto en servicio, debe comprobarse que el equipo eléctrico cumple con los requisitos establecidos en los diferentes Artículos aplicables de esta NOM.

Posteriormente, debe ser mantenido en condiciones adecuadas de funcionamiento, haciendo inspecciones periódicas para comprobarlo. El equipo defectuoso debe ser reparado o reemplazado.

b) Equipo de uso eventual. Se recomienda que el equipo o las instalaciones que se usen eventualmente, sean revisados y probados antes de usarse en cada ocasión.

Los equipos deben soportarse y fijarse de manera consistente a las condiciones de servicio esperadas. Los equipos pesados como transformadores quedan asegurados por su propio peso, pero aquellos donde se producen esfuerzos por sismo o fuerzas dinámicas durante su operación, pueden requerir medidas adicionales. Véase 924-13.

924-15. Partes con movimientos repentinos. Todas las partes que se muevan repentinamente y que puedan lastimar a personas que se encuentren próximas, deben protegerse por medio de resguardos.

924-16. Identificación del equipo eléctrico. Para identificar al equipo eléctrico en subestaciones se recomienda pintarlo y numerarlo, usando placas, etiquetas o algún otro medio que permita distinguirlo fácilmente, tanto respecto de su funcionamiento como del circuito al que pertenece. Es conveniente establecer un método de identificación uniforme en todo el equipo instalado en una subestación o en un grupo de instalaciones que correspondan a un mismo usuario.

Esta identificación no debe colocarse sobre cubiertas removibles o puertas que puedan ser intercambiadas.

924-17. Transformadores de corriente. Los circuitos secundarios de los transformadores de corriente deben tener medios para ponerse en cortocircuito y conectarse a tierra simultáneamente. Cuando exista relación múltiple y con salidas no conectadas, éstas se deben poner en cortocircuito.

924-18. Protección de los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos

a) Conexión de puesta a tierra. Los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos (transformadores de corriente y de potencial) deben tener una referencia efectiva y permanente de puesta a tierra. Véase 250-121.

b) Protección mecánica de los circuitos secundarios cuando los primarios operen a más de 6600 V. Los conductores de los circuitos secundarios deben alojarse en tubo (*conduit*) metálico permanentemente puesto a tierra, a menos que estén protegidos contra daño mecánico y contra contacto de personas.

924-19. Instalación de transformadores de potencia y distribución. Los requisitos siguientes aplican a transformadores instalados al nivel del piso, en exteriores o interiores:

a) Instalación. Deben cumplirse las disposiciones establecidas en 450-8.

b) Transformadores que contengan aceite. En la instalación de transformadores que contengan aceite deben tenerse en cuenta las recomendaciones sobre protección contra incendio que se indican en 924-8.

c) Edificios de subestaciones. En edificios que no se usen solamente para subestaciones, los transformadores deben instalarse en lugares especialmente destinados a ello de acuerdo con lo indicado en 450-9 y que sean solamente accesibles a personas calificadas.

d) Selección de los transformadores. Deben trabajar lo más próximo a 100% de su capacidad.

924-20. Medio aislante. Deben tomarse las medidas siguientes:

a) Cumplir con lo establecido en 450-25 y en áreas peligrosas, debe cumplir adicionalmente con lo indicado en el Capítulo 5.

b) Los líquidos aislantes deben ser biodegradables, no dañinos a la salud.

924-21. Ajuste de la protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de transformadores (excepto los de medición y control) debe cumplir con lo establecido en 450-3.

924-22. Locales para baterías. Los locales deben ser independientes con un espacio alrededor de las baterías para facilitar el mantenimiento, pruebas y reemplazo de celdas, cumpliendo con lo siguiente:

a) Local independiente. Las baterías se deben instalar en un local independiente.

Dentro de los locales debe dejarse un espacio suficiente y seguro alrededor de las baterías para la inspección, el mantenimiento, las pruebas y reemplazo de celdas.

b) Conductores y canalizaciones. No deben instalarse conductores desnudos en lugares de tránsito de personas, a menos que se coloquen en partes altas para quedar protegidos. Para instalar los conductores aislados puede usarse canalización metálica con tapa siempre que están debidamente protegidos contra la acción deteriorante del electrolito.

En los locales para baterías, los conductores con envolturas barnizadas no deben usarse.

c) Terminales. Si en el local de las baterías se usan canalizaciones u otra cubierta metálicas, los extremos de los conductores que se conecten a las terminales de las baterías deben estar fuera de la canalización, por lo menos a una distancia de 30 cm de las terminales, y resguardarse por medio de una boquilla aislante.

El extremo de la canalización debe cerrarse herméticamente para no permitir la entrada del electrolito.

d) Pisos. Los pisos de los locales donde se encuentren baterías y donde sea probable que el ácido se derrame y acumule, deben ser de material resistente al ácido o estar protegidos con pintura resistente al mismo. Debe existir un recolector para contener los derrames de electrolito.

e) Equipos de calefacción. No deben instalarse equipos de calefacción de flama abierta o resistencias incandescentes expuestas en el local de las baterías.

f) Iluminación. Los locales de las baterías deben tener una iluminación natural adecuada durante el día.

En los locales para baterías, se deben usar luminarias con portalámparas a prueba de vapor y gas protegidos de daño físico por barreras o aislamientos. Los receptáculos y apagadores deben localizarse fuera del local.

924-23. Puesta a tierra

Para disposiciones para puesta a tierra, véase el Artículo 921.

ARTÍCULO 930 - ALUMBRADO PÚBLICO

A. Disposiciones generales

930-1. Objetivo y campo de aplicación. El objetivo de este Artículo es establecer las disposiciones para proporcionar una visión rápida, precisa y confortable durante las horas de la noche en vialidades y zonas públicas. Estas cualidades de visión pueden salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes, facilitando y fomentando el tráfico vehicular y peatonal.

NOTA: El cumplimiento de este artículo no exime ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras Normas Oficiales Mexicanas.

930-2. Definiciones

Alumbrado Público. Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.

Confort visual. Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

Deslumbramiento. Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Iluminancia (Luminosidad) (E). La iluminancia en un punto de una superficie, se define como el flujo luminoso que fluye hacia el exterior de un elemento de la superficie, dividido por el área de ese elemento. Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).

Luminancia (L). La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

930-3. Clasificación del alumbrado público. El nivel de iluminancia o la luminancia requeridas en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada:

a) Autopistas. Vialidades con alto tránsito vehicular de alta velocidad con control total de acceso y sin cruces al mismo nivel.

b) Carreteras. Vialidades que interconectan dos poblaciones con cruces al mismo nivel.

c) Vías principales y ejes viales. Vialidades que sirven como red principal para el tránsito de paso; conecta áreas de generación de tráfico y vialidad importante de acceso a la ciudad. Generalmente tiene alto tránsito peatonal y vehicular nocturno y puede tener circulación vehicular en contra flujo. Típicamente no cuenta con pasos peatonales.

d) Vías colectoras o primarias. Son vialidades que sirven para conectar el tránsito entre las vías principales y las secundarias.

e) Vías secundarias. Vialidades usadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales e industriales, se clasifican a su vez en:

TIPO A - Vía de tipo residencial con alto tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de moderado a alto, y con moderada existencia de comercios.

TIPO B - Vía de tipo residencial con moderado tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de bajo a moderado y con moderada existencia de comercios.

TIPO C - Vía de acceso industrial que se caracteriza por bajo tránsito peatonal nocturno, moderado tránsito vehicular y baja actividad comercial.

f) Túneles. Para la clasificación de la estructura de los túneles, se deben tener en cuenta sus características dimensionales y su alineación geométrica.

1) Túnel Corto. Es el túnel recto cuya longitud total de un extremo a otro, a lo largo de su eje central, es igual o menor a la distancia mínima de seguridad de frenado. Un túnel corto puede tener hasta 25 m de largo, sin que necesite alumbrado durante el día, siempre que sea recto o el tráfico no sea muy intenso.

2) Túnel Largo. Es el túnel cuya longitud total es mayor a la distancia mínima de seguridad de frenado, o bien, aquel que por su alineación o curvatura impida observar al conductor la salida del mismo. En los túneles largos necesariamente existen zonas de umbral, transición, interior, nuevamente transición y umbral.

3) Túnel unidireccional. Es aquella estructura que consiste en dos recintos separados, cada uno de los cuales está diseñado para el flujo de tráfico en una sola dirección. Este tipo de túnel puede ser de uno o varios carriles.

4) Túnel bidireccional. Es aquella estructura que consiste de un solo recinto común diseñado para el flujo de tráfico en ambas direcciones. En este tipo de túnel, el nivel de luminancia en la zona interior, debe ser mayor a la correspondiente del túnel unidireccional.

5) Paso superior o paso inferior. Una estructura es considerada paso superior o paso inferior, cuando la longitud del mismo no excede el ancho de la vialidad superior o inferior, respectivamente.

6) Vía de acceso. Es el área externa de la vialidad que conduce al túnel.

7) Portal. Es el plano de entrada al interior del túnel.

8) Zona de entrada o umbral. Es la zona interior inicial del túnel donde se realiza la transición de un alto nivel de iluminación natural hasta el inicio de las zonas de transición y es igual a la distancia mínima de seguridad de frenado menos 15 m. La luminancia del túnel en esta zona durante el día debe ser relativamente alta con el fin de proporcionar visibilidad durante el proceso de adaptación del ojo, conforme el conductor se interne en el túnel.

9) Zona de transición. Es la zona después de la de umbral que permite al conductor la apropiada adaptación de la visión y debe disminuir gradualmente hasta la zona interior. La longitud de esta zona es igual a la distancia mínima de frenado.

10) Zona interior. Es la zona dentro del túnel que le sigue a la zona de transición, donde se completa la adaptación del ojo. El nivel de luminancia en esta zona debe mantenerse constante.

g) Los estacionamientos se clasifican:

1) Por su construcción

- a. Abiertos.
- b. Cerrados.

2) Por su actividad. Estos niveles reflejan la actividad vehicular y peatonal, normalmente identificados por los siguientes ejemplos:

- a. Alta
 - Eventos deportivos de importancia.
 - Eventos cívicos y culturales de relevancia.
 - Centros comerciales regionales.
 - Restaurantes.
- b. Media
 - Centros comerciales locales.
 - Eventos cívicos, culturales o recreacionales.
 - Áreas de oficinas.
 - Áreas de hospitales.
 - Áreas de terminales aéreas, terrestres y de transbordo.
 - Complejos residenciales
- c. Baja
 - Centros comerciales pequeños.
 - Áreas industriales.
 - Áreas escolares.
 - Iglesias.
 - Otras actividades.

B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado

930-4. Disposiciones generales. Se permite que las autopistas y carreteras puedan estar o no iluminadas, sin embargo se deben iluminar los tipos restantes de clasificaciones de alumbrado público indicados en 930-3.

A excepción de pasos a desnivel peatonales, alumbrado de emergencia e instalaciones temporales, no se permite el uso de lámparas incandescentes, fluorescentes, tungsteno – halógeno, vapor de mercurio y luz mixta para el alumbrado público.

930-5. Especificaciones auxiliares

a) Reflectancia del pavimento. Se deben considerar las características reflectivas del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad, las cuales son mostradas en la Tabla 930-5(a).

b)

Tabla 930-5(a). Características reflectivas del pavimento

Clase	Qo	Descripción	Tipo de reflectancia
R ₁	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R ₂	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60 % de grava de tamaño mayor a 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular

R ₃	0,07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R ₄	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

NOTA: Q₀ representa el coeficiente de luminancia media.

b) Distancia mínima de seguridad de frenado. En un túnel la distancia mínima de seguridad de frenado es aquella requerida para que un conductor pueda detener su vehículo con seguridad, a fin de no impactarse con objetos que se encuentren dentro del túnel. Dicha distancia varía de acuerdo a la velocidad de circulación permitida la cual se indica en la Tabla 930-5(b).

Tabla 930-5(b). Distancia mínima de seguridad de frenado

Velocidad del Tráfico km/h	Distancia mínima de seguridad de frenado (m)
50	80
65	90
80	140
90	165
95	200
105	220

930-6. Niveles de luminancia e iluminancia. Se permite que las necesidades visuales a lo largo de las vialidades tipo autopistas, carreteras, vías principales, primarias y secundarias, puedan darse en términos de la iluminancia o de la luminancia.

La relación entre los valores de luminancia e iluminancia se derivan de condiciones generales para pavimentos secos y vialidades rectas. Esta relación no se aplica a los promedios.

Para autopistas con doble carril por sentido de circulación, donde el sistema de iluminación pueda diferir entre uno y otro, los cálculos deben realizarse para cada sentido en forma independiente.

Para autopistas, los valores mínimos se aplican tanto a la vialidad como a las rampas de acceso.

a) Niveles de luminancia

1) Vialidades. Las necesidades visuales del entorno a lo largo de una vialidad en función de la luminancia deben ser los descritos en la Tabla 930-6(a) que se muestra a continuación.

Tabla 930-6(a). Valores mantenidos de luminancia

Clasificación de vialidades	Luminancia promedio mínima	Uniformidad de luminancia		Relación de luminancia de deslumbramiento
		L _{prom} /L _{mín}	L _{max} /L _{min}	
	L _{prom} (cd/m ²)			L _d /L _{prom}
Autopistas y carreteras	0,4	3,5 a 1	6 a 1	0,3 a 1
Vías de acceso controlado y Vías rápidas	1,0	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1
Vías principales y ejes viales	1,2	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1
Vías primarias o colectoras	0,8	3 a 1	5 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo A	0,6	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo B	0,5	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria industrial Tipo C	0,3	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1

L_d = Luminancia de deslumbramiento.

2) Túneles. Las Tablas 930-6(b) indican la forma para determinar los niveles de luminancia que deben mantenerse en túneles.

El nivel de luminancia en la zona de entrada o umbral del túnel para iluminación diurna o nocturna, debe determinarse teniendo en cuenta las condiciones indicadas en la Tabla 930-6(b)-1 y 2 y en la Figura 930-6(b)-1.

Tabla 930-6(b)-1. Nivel de luminancia de pavimento, promedio mínimo mantenido en la zona de entrada o umbral de túneles vehiculares (cd/m^2)

Características del túnel	Velocidad del tráfico (km/h)	Orientación		
		Norte	Este - Oeste	Sur
Vialidad abierta				
escena tipo 1	100	300	410	550
escena tipo 2 $L_{TH} \times 0,8^*$	80	250	350	470
escena tipo 3 $L_{TH} \times 0,9^*$	60	260	240	255
túnel urbano	100	260	240	255
rampa T	80	220	220	220
escenas tipo 4, 5 y 6	60	195	210	180
túnel de montaña	100	240	260	270
escena tipo 7	80	200	220	230
escena tipo 8	80	180	190	200

Observaciones:

1. L_{TH} = Luminancia de umbral o de entrada
2. Los valores mostrados en esta tabla deben observarse únicamente para la luminancia en la zona de entrada o umbral.
3. * estos factores representan la reducción permitida en los valores de la luminancia L_{TH} debido a la luminancia resultante de la configuración del portal. Las diferentes escenas se indican en la Figura 930-6(b)-1

Tabla 930-6(b)-2 . Tabla de por cientos de aplicación a los valores indicados en la Tabla 930-6(b)-1

			Salida visible				Salida no visible			
			Penetración de luz de día				Penetración de luz de día			
			Buena		Pobre		Buena		Pobre	
			Reflectancia de las paredes				Reflectancia de las paredes			
Longitud del túnel	Volumen de tráfico	Ciclistas	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja
< 25 m	Ligero	No	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Pesado	No	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
25-100 m	Ligero	No	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	50 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Pesado	No	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %
		Si	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
101-250 m	Ligero	No	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pesado	No	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %



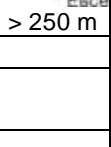
	Ligero	No	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
										
										
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pesado	No	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Figura 930-6(b)(1). Tipos de escena indicados en la Tabla 930-6(b)(1)

Los niveles de luminancia en el interior del túnel para condiciones de luz diurna, deberá cumplir con lo establecido en la Tabla 930-6(b)(3).

Tabla 930-6(b)-3. Nivel de luminancia promedio mínimo mantenido sobre la vialidad en la zona interior durante el día (cd/m²)

Luminancia promedio en la superficie de la zona interior cd/m ²			
Distancia de frenado	Flujo de tráfico		
	BAJO < 2,400 promedio anual de tráfico diario	MEDIO > 2,400 < 24,000 promedio anual de tráfico diario	PESADO > 24,000 promedio anual de tráfico diario
160 m	6	8	10
100 m	4	6	8
60 m	3	4	6

Para la Iluminación nocturna en el interior del túnel los niveles de luminancia a lo largo del túnel durante la noche deberá ser como mínimo de 2,5 cd/m². las vitalidades de entrada y salida del túnel deberán tener un nivel de luminancia no menor a 1/3 del nivel del interior del túnel al menos por una distancia mínima a la de seguridad de frenado.

Las paredes laterales del túnel arriba de 3 m por encima de la superficie de rodamiento del mismo, deberá tener un nivel mínimo de luminancia de 1/3 con respecto al existente en la vialidad.

Relaciones de uniformidad. Las tolerancias de la relación de uniformidad relativa a los niveles de luminancia en las diferentes zonas del túnel deberá ser de 2 a 1, promedio a mínimo, y 3,5 a 1, máximo a mínimo. Estas tolerancias se aplican a los carriles en una sola dirección y se calculan en una sección transversal para túneles bidireccionales.

b) Niveles de iluminancia. Los niveles de iluminancia deben satisfacer los requerimientos indicados en las Tablas 930-6(c) a la 930-6(f), según aplique.

La Tabla 930-6(c) muestra los valores de iluminancia en función de las características de reflectancia del pavimento.

Tabla 930-6(c). Valores mínimos mantenidos de iluminancia promedio (lx)

Clasificación de vialidades	Clasificación del pavimento			Uniformidad de la iluminancia E _{prom} /E _{min}	Andadores	
	R ₁	R ₂ y R ₃	R ₄		Iluminancia promedio horizontal mínima	Iluminancia vertical promedio para seguridad ⁽¹⁾
Autopistas y carreteras	4	6	5	3 a 1	---	---

Vías de acceso controlado y vías rápidas	10	14	13	3 a 1		
Vías principales y ejes viales	12	17	15	3 a 1	10	22
Vías primarias y colectoras	8	12	10	4 a 1		
Vías secundaria residencial Tipo A	6	9	8	6 a 1		
Vías secundaria residencial Tipo B	5	7	6	6 a 1	10	22
Vías secundaria industrial Tipo C	3	4	4	6 a 1	6	11
Andadores alejados de vialidades	---	---	---	---	5	5
Túneles de peatones	---	---	---	---	43	54

(1) Medido a una altura de 1,6 m.

Tabla 930-6(d). Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida con superpostes

Clasificación de vialidades	Iluminancia horizontal E_{prom} (lx)
Autopistas y carreteras	6
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14
Vías principales y ejes viales	17
Vías primarias o colectoras	12

Observaciones:

1. Uniformidad mínima de iluminancia 6 a 1 (promedio a mínimo), para todas las clasificaciones de vialidades a los niveles de iluminancia recomendados anteriormente.

Estos valores de diseño se aplican solamente a la porción de rodamiento de vialidades. Los intercambios (distribuidores) se analizan individualmente con el propósito de establecer los niveles de iluminancia y uniformidad.

Tabla 930-6(e). Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida para estacionamientos abiertos

Nivel de actividad	Área general de estacionamiento y peatonal	
	Mínimo sobre el pavimento lx	Uniformidad E_{prom}/E_{min}
Alta	10,0	4 a 1
Media	6,0	4 a 1
Baja	2,0	4 a 1

Tabla 930-6(f). Valores mantenidos mínimos de iluminancia para estacionamientos cerrados

Turno	Área general de estacionamiento y peatonal lx	Rampas y esquinas lx	Accesos lx	Escaleras Rango de iluminancias lx
Diurno	54,0	110,0	540,0	100-150-200
Nocturno	54,0	54,0	54,0	100-150-200

NOTAS:

1. Aplicable para cualquier nivel de actividad.
2. La relación mínima de iluminancia en todos los casos es 4 a 1 (E_{prom}/E_{min}).

C. Especificaciones de los componentes

930-7. Luminarias. Las luminarias a instalarse deberán estar aprobadas (véase 110-2) y cumplir con los siguientes incisos:

- a) **Luminarias.** Toda luminaria empleada en alumbrado público debe estar aprobada y construida y diseñada específicamente para los requerimientos y necesidades propias del alumbrado público, y deben ser adecuadas para lugares húmedos, mojados o a la intemperie dependiendo del lugar donde se instalen.
- b) **Coefficientes de utilización.** Las luminarias para el alumbrado de vialidades deben cumplir con los coeficientes de utilización para los que fueron aprobados (véase 110-2).
- 930-8. Balastros.** Los balastros a emplear en las instalaciones de Alumbrado Público deben estar aprobados (véase 110-2), deben ser de bajas pérdidas, electromagnéticos o electrónicos para lámparas de vapor de sodio en alta presión o aditivos metálicos y adicionalmente deben:
- a) Factor de potencia mayor a 90%.
- b) La corriente eléctrica de arranque de línea debe ser menor o igual a la nominal de línea medida, a menos que se cuente con las protecciones especificadas.
- c) La tensión eléctrica nominal de operación de los balastros debe ser la especificada en su aprobación (véase 110-2)
- d) Operar satisfactoriamente para variaciones de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal de alimentación, en cuanto a los límites establecidos por los trapezoides correspondientes para vapor de sodio en alta presión.
- e) Operar satisfactoriamente para variaciones $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal de alimentación para lámparas de aditivos metálicos
- 930-9. Fotocontroladores.** El uso de fotocontroladores en los sistemas de alumbrado público es obligatorio para vialidades tipo autopistas y carreteras, vías principales, primarias y secundarias. Los fotocontroladores deben ser de un tipo aprobado (véase 110-2). Los fotocontroladores se pueden sustituir por un dispositivo electrónico de control tipo encendido-apagado aprobado.
- 930-10. Cables de alimentación.** Los conductores a instalar deben estar aprobados. Las instalaciones para el alumbrado público se deben realizar de acuerdo con lo descrito en esta NOM.
- 930-11. Aislamientos.** Los aislamientos a emplear en las instalaciones de alumbrado público deben ser los previstos en esta NOM.
- 930-12. Canalizaciones**
- a) **Canalizaciones aprobadas.** Las canalizaciones empleadas en alumbrado público deben estar aprobadas (véase 110-2).
- b) **Otros requerimientos.** Cuando se instalen cables en canalizaciones, estas deben cumplir con los requerimientos aplicables de los Artículos 922, 923, 331, 345 a 351 y los requisitos aplicables correspondientes del Artículo 370.
- 930-13. Soportes de la luminaria.** Cuando una luminaria se instala en ambientes húmedos o mojados o a la intemperie, los soportes metálicos de la luminaria, como postes, ménsulas, abrazaderas, tornillos, u otros elementos similares, deben ser de metal inherentemente resistente a la corrosión y cumplir con lo siguiente:
- a) **Ménsulas o brazos, y abrazaderas.** Cuando se utilicen, ménsulas, abrazaderas o elementos similares, deben ser de acero con algún recubrimiento resistente a la corrosión, o material inherentemente resistente a la corrosión.
- b) **Postes.** Cuando se utilicen postes para el Alumbrado Público, deben cumplir con las disposiciones aplicables de los Artículos 922 y 410.
- c) **Tornillería.** La tornillería empleada para la sujeción de luminarias, debe tener la resistencia mecánica para soportar el peso del luminaria y sus soportes y tener un recubrimiento para resistir la corrosión que se pudiera presentar en el lugar.
- 930-14. Portalámparas.** Los portalámparas deben estar aprobados (véase 110-2).
- 930-15. Protecciones.** Las protecciones a emplear en las instalaciones de alumbrado público son las previstas en esta NOM según lo establecido en el Artículo 240.

D. Métodos de alambrado

- 930-16. Métodos de alambrado.** Las instalaciones para el alumbrado público se deben realizar de acuerdo con lo descrito a continuación:
- a) **Disposiciones generales**
- 1) Los conductores de alimentación deben ser continuos, sin empalmes ni derivaciones de la acometida a la luminaria.
 - 2) Cuando se presente la necesidad de hacer un empalme o una derivación, éstos deben quedar alojados en un registro.
 - 3) Se deben asegurar los empalmes entre los cables de la luminaria y los de alimentación tanto eléctrica como mecánicamente, y el material usado para aislarlos, debe tener una clase térmica al menos igual a la de los cables para la alimentación de la luminaria.
 - 4) Cuando los conductores de alimentación pasen a través de un orificio debe estar libre de rebabas o filos cortantes.
 - 5) Se debe limpiar el interior de toda canalización, para evitar que queden desperdicios de materiales, que puedan dañar el forro de los conductores.
 - 6) La alimentación a la luminaria debe realizarse con cable con aislamiento tipo THHW, o similar de tamaño nominal mínimo de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG), para 600 V, y con resistencia térmica del aislamiento de al menos 90°C , a menos que el marcado de la luminaria indique usar cables de mayores dimensiones y características
- b) **Instalación en postes**

- 1) Cuando una luminaria esté instalada en postes de distribución de concreto, madera o metálicos deben mantener una distancia mínima de seguridad según lo especificado en esta NOM entre el conductor de distribución más bajo y la parte superior de la luminaria o del soporte metálico de ésta.
- 2) Cuando se usen postes metálicos para soportar luminarias y conductores de alimentación confinados, se deben cumplir las condiciones establecidas en 410-15(b).
- 3) El cable de alimentación para postes de distribución debe ir por el interior de la ménsula.
- 4) La instalación de bajadas y alimentación del control para el circuito de alumbrado público, se debe hacer en tubo (*conduit*) metálico.

c) Instalaciones subterráneas. Los requisitos generales para la aplicación de esta Sección están contenidos en el Artículo 923 y además deben cumplir con lo siguiente:

- 1) Las canalizaciones en banquetas, no se deben iniciar previa a la existencia de guarniciones, a menos que se instalen a una distancia mínima de 90 cm con respecto al paño exterior de la guarnición.
- 2) Cuando estén colocadas en los cruceros, se deben instalar antes de iniciar la construcción del pavimento.
- 3) Se deben construir de tal forma que por ningún motivo queden alojadas por debajo de cimentaciones de cualquier tipo, principalmente cuando éstas correspondan a equipo, maquinaria o edificaciones, ni donde haya vapores corrosivos o inflamables.

930-17. Método de protección y desconexión. El alumbrado público debe contar con medios de protección, conexión y desconexión, con el fin de aislar fallas eléctricas que causen daños al equipo, y para permitir las labores de mantenimiento y servicio de la instalación.

Para proteger, conectar y desconectar el equipo, se deben utilizar interruptores termomagnéticos de operación simultánea, de navajas con fusibles, interruptores automáticos, o dispositivos de similares características, como se ejemplifica en la Figura 930-17.

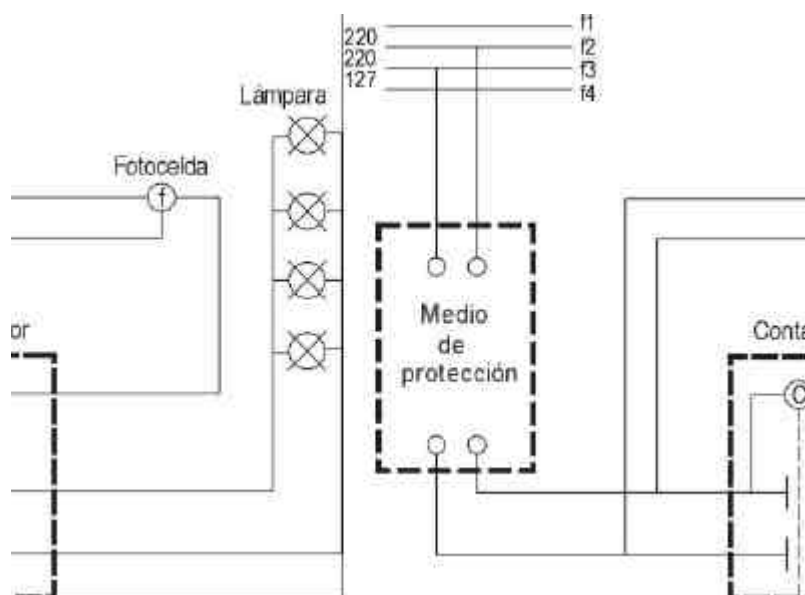


Figura 930-17

930-18. Puesta a tierra. La instalación de puesta a tierra del sistema de alumbrado, debe ajustarse a lo indicado en el Artículo 250 y conforme a lo dispuesto en 410-17 al 410-19.

La colocación del cable para el sistema de tierra debe ser de las características señaladas en 250-91 (b) y de tamaño nominal de acuerdo a lo indicado en 250-95. El cable de puesta a tierra debe ser continuo, sin empalmes y en su caso utilizando conectores aprobados.

La colocación de conexión del electrodo se debe hacer en el lugar y a la profundidad señalados. La conexión del cable al electrodo se debe realizar con abrazaderas o conectores adecuados, de acuerdo a lo indicado en 250-92(a).

930-19. Ubicación de la luminaria. La estructura del alumbrado público debe de cumplir con los siguientes requisitos:

- a) **Separación de lugares accesibles.** Las luminarias para alumbrado de vialidades primarias y secundarias, deben tener una separación medida horizontalmente mayor a 1,5 m de ventanas, pórticos y otros lugares accesibles al público en general.
- b) **Daño físico.** Cada luminaria debe ubicarse de tal manera que no provoque o reciba daño físico de o hacia vehículos o peatones.