

**COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA
CNEE**

**NORMAS TECNICAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES
DE DISTRIBUCIÓN**

NTDOID

GUATEMALA C.A.

INDICE

TITULO I	DISPOSICIONES GENERALES
CAPITULO I	DISPOSICIONES GENERALES
Artículo 1.	OBJETIVO DE LAS NORMAS.
Artículo 2.	ALCANCE Y APLICACIÓN DE LAS NORMAS.
Artículo 3.	EXCEPCIONES.
Artículo 4.	MATERIALES Y EQUIPOS.
Artículo 5. S	ISTEMA DE MEDIDA.
Artículo 6.	SERVIDUMBRES.
Artículo 7.	CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.
Artículo 8.	IMPACTO AMBIENTAL.
CAPITULO II	DEFINICIONES
Artículo 9.	DEFINICIONES Y ACRONIMOS.
TITULO II	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO Y SEGURIDAD
CAPITULO I	LINEAS AEREAS
Artículo 10.	OBJETIVO.
Artículo 11.	RUTA.
Artículo 12.	RELACIONES ENTRE LÍNEAS.
Artículo 13.	ACCESIBILIDAD A LÍNEAS AÉREAS.
Artículo 14.	EQUIPO ELÉCTRICO CONECTADO A LA LÍNEA.
Artículo 15.	AISLAMIENTO DE LA LÍNEA.
Artículo 16.	PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS, ESTRUCTURAS Y EQUIPO
Artículo 17.	CONDUCTORES
Artículo 18.	DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD
Artículo 19.	Cargas mecánicas en líneas aéreas
Artículo 20.	Clases de construcción en líneas aéreas
CAPITULO II	SUBESTACIONES
Artículo 21	Generalidades.
Artículo 22	Seguridad en Subestaciones
Artículo 23	Sistema de Tierras en Subestaciones
Artículo 24.	Instalación de equipo eléctrico en subestaciones
CAPITULO III	LINEAS SUBTERRANEAS
Artículo 25.	Requisitos Generales:
Artículo 26.	Obra Civil para instalaciones Subterráneas.
Artículo 27.	Puesta a tierra de circuitos y equipo.
CAPITULO IV	METODOS DE PUESTA A TIERRA
Artículo 28.	Objetivo.
Artículo 29.	Punto de Conexión del conductor de puesta a tierra.
Artículo 30.	Conductor de puesta a tierra y medios de conexión.
Artículo 31	Electrodos de puesta a tierra
Artículo 32	Medios de conexión a electrodos
Artículo 33	Resistencia a tierra
TITULO III	CRITERIOS OPERACIONALES
CAPITULO I	OPERACIÓN DEL SISTEMA
Artículo 34.	Operación del Sistema de Distribución.
Artículo 35.	Costo de Inspección.
CAPITULO II	OPERACIÓN DE LINEAS Y SUBESTACIONES
Artículo 36.	Requisitos Generales.
Artículo 37	Métodos y Mecanismos de Protección.
Artículo 38.	Líneas aéreas.
Artículo 39.	Subestaciones.
Artículo 40	Líneas Subterráneas.
Artículo 41.	Distancias mínimas de aproximación:
TITULO IV	SANCIONES E INCUMPLIMIENTOS
CAPITULO UNICO	SANCIONES E INCUMPLIMIENTOS
Artículo 42.	Sanciones.
TITULO V	DISPOSICIONES FINALES
CAPITULO UNICO	DISPOSICIONES FINALES
Artículo 43.	Competencia de la Comisión.
Artículo 44.	Normas Complementarias.
Artículo 45.	Responsabilidad Técnica.
TITULO VI	DISPOSICIONES TRANSITORIAS
CAPITULO UNICO	DISPOSICIONES TRANSITORIAS
Artículo 46.	Diagnóstico de Instalaciones Existentes.
Artículo 47.	Autorización de Normas del Distribuidor.
Artículo 48.	Derogatorias.
Artículo 49.	Vigencia.

**COMISION NACIONAL DE ENERGÍA ELECTRICA
NORMAS TECNICAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE
DISTRIBUCION –NTDROID-**

RESOLUCION CNEE-47-99¹

Guatemala, 27 de octubre de 1999

LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

CONSIDERANDO:

Que la Ley General de Electricidad, Decreto 93-96 del Congreso de la República, norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.

CONSIDERANDO:

Que en el Artículo 4 de la Ley General de Electricidad, se establece que es función de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica emitir las normas técnicas relativas al sub sector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento en congruencia con prácticas internacionales aceptadas.

CONSIDERANDO:

Que el Artículo 78, inciso a, del Acuerdo Gubernativo 256-97 Reglamento de la Ley General de Electricidad establece que, corresponde a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica la elaboración de las Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución, las que incluirán todos los requerimientos necesarios para el diseño y la operación de las instalaciones de distribución, que permitan la protección de las personas y bienes, así como el régimen de inhabilitación y penalización cuando no se cumpla lo establecido en estas Normas.

POR TANTO

En ejercicio de las funciones que le confiere el Artículo 4 de la Ley General de Electricidad, Decreto número 93-96 del Congreso de la República

RESUELVE:

Emitir las siguientes:

**NORMAS TECNICAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE DISTRIBUCION
-NTDROID-**

**TITULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

**CAPITULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

Artículo 1. OBJETIVO DE LAS NORMAS. Estas Normas tienen por objeto establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para asegurar que las mejoras y expansiones de las instalaciones de distribución de energía eléctrica, se diseñen y operen, garantizando la seguridad de las personas y bienes y la calidad del servicio.

¹ Corregido por fe de erratas publicada en el Diario de Centro América el 13 de Enero del año 2000

Artículo 2. ALCANCE Y APLICACIÓN DE LAS NORMAS. Estas Normas serán de aplicación obligatoria, en la República de Guatemala, para todas las personas individuales ó jurídicas, que tengan relación con el diseño, construcción, supervisión, operación y mantenimiento de las instalaciones de distribución de energía eléctrica, incluyendo sus mejoras, ampliaciones e instalaciones temporales. Todas aquellas personas individuales o jurídicas, que diseñen y construyan obras de infraestructura civil relacionados con edificios, viviendas, condominios, alcantarillados, vías de tránsito, vías férreas, etc., deberán considerar el alcance y aplicación de estas Normas para el diseño y desarrollo de sus respectivos proyectos. Las entidades, tanto privadas como gubernamentales o municipales, encargadas de aprobar estos proyectos deberán velar por el cumplimiento de estas Normas.

Artículo 3. EXCEPCIONES. En el caso de instalaciones de emergencia y/o temporales o cuando estas Normas no sean aplicables, el distribuidor, bajo su entera responsabilidad, podrá autorizar la omisión de alguno de los requisitos exigidos en estas Normas, siempre que se garantice la debida seguridad de las personas y bienes por otros medios y/o procedimientos. Finalizada la emergencia y/o temporalidad correspondiente, la instalación deberá ser acondicionada para cumplir con todos los requisitos de las presentes Normas.

Artículo 4. MATERIALES Y EQUIPOS. En las líneas y subestaciones de distribución de energía eléctrica, deberán utilizarse materiales y equipos que cumplan con las normas nacionales y/o internacionales vigentes correspondientes tales como las normas IEC. Estos materiales y equipos deberán resistir y soportar las condiciones mínimas operativas climáticas y ambientales, tales como salinidad, polución, vientos fuertes, etc., que garanticen la calidad del servicio conforme a las normas técnicas NTSD y NTCSTS.

Artículo 5. SISTEMA DE MEDIDA. Para los valores numéricos requeridos por estas Normas debe utilizarse el Sistema Internacional de Unidades, S.I. En caso de emplearse otro sistema de medida, se deberán incluir ambos.

Artículo 6. SERVIDUMBRES. Cuando un interesado requiera la constitución de servidumbres, deberá proceder de acuerdo a la Ley General de Electricidad y su Reglamento.

Artículo 7. CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. El diseño de líneas y subestaciones de distribución de energía eléctrica deberá considerar los parámetros del servicio existente en la zona, con la finalidad de mejorar o de no deteriorar la calidad del mismo, de conformidad a las normas técnicas NTSD y NTCSTS.

Artículo 8. IMPACTO AMBIENTAL. Procédase de acuerdo a lo indicado en La Ley General de Electricidad y su Reglamento.

CAPITULO II DEFINICIONES

Artículo 9. DEFINICIONES Y ACRONIMOS. Para los efectos de estas Normas se establecen las siguientes definiciones y acrónimos, las cuales se agregan a aquellas contenidas en la Ley General de Electricidad y su Reglamento, y otras Normas técnicas emitidas y aprobadas por la Comisión. Deberá entenderse que otros términos no incluidos en estas definiciones se usan en el sentido o con el significado más aceptado en el lenguaje técnico.

ANSI: American National Standards Institute.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

Aterrizado: Conectado a o en contacto con la Tierra o conectado a alguna extensión de un cuerpo conductor que sirve en lugar de la Tierra.

Cable: Conductor con aislamiento o conductor trenzado con o sin aislamiento

Conductor: Es un material, usualmente en la forma de alambre, cable o barra, capaz de conducir una corriente eléctrica.

Conductor aislado: Conductor cubierto con un dieléctrico (NO AIRE) que tiene una resistencia de aislamiento igual o mayor que la tensión del circuito en el cual el conductor es usado.

Conductor cubierto (encerrado): Es el que tiene una cubierta aislante cuya rigidez dieléctrica nominal es desconocida, o es menor que la requerida para la tensión del circuito en el que el conductor se usa.

Conductor con pantalla: Una envoltura que encierra al conductor de un cable y provee una superficie equipotencial en contacto con el aislamiento del cable.

Conductor en línea abierta: Un tipo de construcción de línea de suministro eléctrico o de comunicación en la cual el conductor está desnudo, cubierto o aislado y sin pantalla aterrizada, soportado individualmente a la estructura ya sea directamente o con aisladores.

Conductor de soporte: Un conductor cuyo propósito es soportar otros conductores así como ser parte del circuito eléctrico.

CSA: Canadian Standards Association

CNEE o COMISION: Es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Distancia mínima de seguridad¹: Es la distancia mínima establecida entre superficies, de un objeto energizado y otro energizado o no, o persona, para garantizar que el segundo objeto o persona no se encuentre en riesgo de recibir descargas eléctricas desde el primero

Efectivamente Puesto ó Conectado a Tierra: Intencionalmente conectado a tierra a través de una conexión a Tierra o conexión de suficiente baja impedancia y de capacidad de conducción de corriente para limitar la formación de tensiones a niveles menores de aquellos que resultarían en daños a las personas o a los equipos conectados.

Estructura: Es la unidad principal de soporte, generalmente se aplica al poste o torre adaptado para ser usado como medio de suspensión de líneas aéreas de energía eléctrica.

Flecha: Es la distancia vertical medida de un conductor a la línea recta imaginaria que une los dos puntos de soporte del conductor en las estructuras. A menos que se diga lo contrario, la flecha es la que corresponde a la medida en el punto medio del vano.

Flecha inicial sin carga: La flecha de un conductor antes de aplicarle cualquier carga externa.

Flecha final: Es la flecha de un conductor bajo condiciones específicas de carga y temperatura aplicadas, después de que dicho conductor ha estado sujeto, durante un apreciable periodo de tiempo, a las condiciones de carga prescritas para la zona de carga en la que está instalado o bien después de que se le ha aplicado, durante un lapso mínimo, una carga equivalente y que ésta haya sido removida, la flecha final incluye el efecto de la deformación inelástica.

Flecha final sin carga: Es la flecha de un conductor después de que ha estado sujeto, durante un apreciable periodo de tiempo, a las condiciones de carga prescritas para la zona de carga en la que está instalado, o bien después de que se le ha aplicado, durante un lapso mínimo, una carga equivalente y que ésta haya sido removida, la flecha final sin carga incluye el efecto de la deformación inelástica.

IEC: International Electrotechnical Commission

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Línea Aérea: Es una adaptación de componentes, destinados al transporte de energía eléctrica. Está constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en espacios abiertos y que están soportados por estructuras con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

Línea de Suministro eléctrico: Son los conductores utilizados para conducir energía eléctrica incluyendo sus estructuras de soporte. Estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas.

Mensajero: Es un alambre de soporte sólido o trenzado para líneas de comunicación o de suministro eléctrico, que soporta, además de su propio peso, el peso de uno o más conductores o cables. No forma parte del circuito eléctrico.

NEC: National Electrical Code.

NESC: National Electrical Safety Code.

NFPA: National Fire Protection Association.

Normas ó NTDOID: Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.

NTCSTS: Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones.

NTSD: Normas Técnicas del Servicio de Distribución.

Persona Autorizada: Persona con conocimientos y capacidad, acreditada por un título o que ha recibido la capacitación y acreditación necesaria por el Distribuidor, para intervenir en la operación y mantenimiento de una determinada instalación eléctrica.

¹. Esta definición se refiere al mismo concepto que por usanza se ha utilizado en nuestro medio y que se le conoce como Libranza Eléctrica.

S.I.: Sistema Internacional de unidades.

Sistema de Tierra: Es un sistema de conductores, de los cuales uno de ellos o un punto de los mismos está efectivamente aterrizado, ya sea en forma sólida o a través de un dispositivo limitador de corrientes no interrumpible.

Subestación de Distribución de Energía Eléctrica ó Subestación: Es la instalación ubicada en un ambiente específico y protegido, compuesta por equipos tales como; seccionadores, interruptores, barras, transformadores, etc., a través de la cual la energía eléctrica se transmite con el propósito de conmutarla ó modificar sus características.

Tensión: A menos que se indique lo contrario, para los efectos de estas Normas tensión significa voltaje ó diferencia de potencial efectiva (rms) entre dos conductores o entre un conductor y tierra.

Vano: Distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas.

TITULO II CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO Y SEGURIDAD

CAPITULO I LINEAS AEREAS

Artículo 10. OBJETIVO. Este capítulo contiene los requisitos mínimos que deben cumplir el diseño y la construcción de líneas aéreas de distribución de energía eléctrica y sus equipos asociados, con la finalidad de obtener la máxima seguridad y protección a las personas y bienes.

Artículo 11. RUTA. La optimización de la construcción de las líneas aéreas de energía eléctrica, requiere del diseño la trayectoria de longitud mínima, sin menoscabo de la seguridad, operación, mantenimiento y accesibilidad; para lo cual, además de los factores técnicos y económicos, deberá cumplir con los requisitos siguientes:

- 11.1 **Tramos rectos** El diseño deberá dar preferencia al trazo rectilíneo.
- 11.2 **Alineación de postes.** En poblaciones urbanizadas, todas las estructuras deberán quedar alineadas y en un solo lado de la acera o calle para toda la red, en sentido longitudinal y transversal.
- 11.3 **Cruce de vías.** Minimícese el número de cruzamientos con otros derechos de vías tales como: Vías férreas, carreteras, instalaciones telefónicas o de vídeo, canales navegables, etc. Cuando sea necesario realizar los cruces de vías, estos deberán realizarse de preferencia perpendicularmente al derecho de vía.
- 11.4 **Evitar riesgos de colisión con las estructuras.** Las estructuras se deberán instalar en lugares en donde las condiciones de tránsito no sean adversas, evitando riesgos de colisión sobre las mismas.
- 11.5 **Paso sobre vivienda existente.** No deberá diseñarse y/o construirse líneas aéreas de cualquier nivel de tensión sobre viviendas.
- 11.6 **Construcción de obras civiles debajo de líneas existentes.** Dentro del derecho de servidumbre de líneas aéreas podrá construirse obras civiles, siempre y cuando:
 - A) Se cuente con la autorización del distribuidor y;
 - B) Se respeten las distancias mínimas de seguridad establecidas en estas Normas o sus referencias.
- 11.7 **Interferencias Eléctricas.** El diseño de las líneas deberá respetar los criterios así como las distancias recomendadas por normas internacionales tales como IEC, ANSI, CSA CAN3-C108.3.1-M84 u otra norma correspondiente, para evitar o minimizar las interferencias eléctricas en componentes ajenos a la red eléctrica.
- 11.8 **Accesos a inmuebles.** El distribuidor deberá prevenir la obstaculización de los accesos a los inmuebles. Si en el momento del diseño de la red, los inmuebles afectados no tuvieran definidos sus accesos, las estructuras deberán ser ubicadas frente a los límites de propiedad en donde estos colindan.
- 11.9 **Señalización de líneas.** Cuando por razones de la topografía del terreno los vanos de las líneas sean muy largos o queden a alturas considerables de la superficie del suelo, o cuando se construyan líneas aéreas en lugares de tránsito aéreo de baja altura (avionetas o helicópteros), los conductores deberán tener señalizaciones adecuadas para hacerlos visibles.

Artículo 12. RELACIONES ENTRE LÍNEAS. Cuando se considere la construcción de dos ó más líneas aéreas, o de una línea aérea con una de comunicaciones, utilizando las mismas estructuras, se deberá cumplir con los siguientes requerimientos;

- 12.1 La línea de mayor tensión deberá quedar en la parte superior;
- 12.2 Cuando se trate de líneas aéreas de suministro eléctrico y de comunicación, las primeras deberán estar en los niveles superiores y conservar su misma posición en todo su trayecto, considerando las transposiciones necesarias de los conductores;
- 12.3 La estructura deberá diseñarse con la adecuada resistencia mecánica y de tal forma, que no obstruya los trabajos de mantenimiento.
- 12.4 La distancia de seguridad de línea a línea deberá estar de acuerdo a la Tabla No. 7 de estas Normas;

Artículo 13. ACCESIBILIDAD A LÍNEAS AÉREAS. Para efectos de operación y mantenimiento, el diseño de las líneas aéreas deberá considerar que éstas sean accesibles, en cualquier época del año, al personal y equipo requerido.

Artículo 14. EQUIPO ELÉCTRICO CONECTADO A LA LÍNEA.

- 14.1 **Accesibilidad.** Las conexiones, derivaciones y el equipo eléctrico conectado a las líneas aéreas, tales como: transformadores, reguladores, interruptores, cortacircuitos fusibles, seccionadores, pararrayos, capacitores, equipos de control, etc., deberán estar dispuestos de tal forma que sean accesibles en todo momento al distribuidor o personal autorizado por él;
- 14.2 **Indicación de posición de operación.** Los interruptores, cortacircuitos, seccionadores, etc., deberán indicar claramente su posición de “abierto” o “cerrado”, ya sea que se encuentren dentro de gabinetes o estén descubiertos;
- 14.2 **Fijación de operación.** Con la finalidad de evitar operaciones indeseadas, los interruptores, seccionadores, etc., deberán estar provistos de mecanismos de seguridad que permitan asegurar su posición de “abierto” o “cerrado”;
- 14.4 **Transformadores y equipos montados en las estructuras.** La parte más baja de los transformadores y equipos montados en estructuras, deberá estar a una altura mínima sobre el nivel del suelo de acuerdo a lo establecido en la Tabla No. 10 de estas Normas;

Artículo 15. AISLAMIENTO DE LA LÍNEA.

- 15.1 Cuando no sea posible cumplir las distancias mínimas de seguridad estipuladas en estas Normas, únicamente por la presencia de árboles, vegetación ó áreas protegidas, los conductores eléctricos y otras superficies energizadas asociadas a las líneas, deberán ser protegidos o aislados para la tensión de operación;
- 15.2 Para el diseño del aislamiento de las líneas aéreas deberá seleccionarse aisladores que estén garantizados para evitar saltos de arco eléctrico en condiciones de operación, sobretensiones transitorias, humedad, temperatura, lluvia o acumulaciones de suciedad, sal y otros contaminantes que no son desprendidos de una manera natural;
- 15.3 Los aisladores podrán ser de porcelana, vidrio u otro material que tengan características mecánicas y eléctricas equivalentes o superiores que los antes mencionados. Deberán estar identificados por su fabricante ya sea con su nombre comercial, con un número de catálogo, u otro medio, de tal forma que permita determinar sus propiedades eléctricas y mecánicas a través de catálogos u otra literatura;
- 15.4 Los aisladores deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar esfuerzos mecánicos a los que están sometidos por: cargas máximas de viento, severo abuso mecánico, descargas electroatmosféricas, arcos de energía y condiciones de contaminación desfavorable (salinidad, corrosión, gases y lluvia ácida, humo, polvo, neblina, etc.), sin exceder los siguientes porcentajes de su resistencia mecánica a la ruptura;
 - A) Cantilever 40 %
 - B) Compresión 50 %
 - C) Tensión 50 %
- 15.5 El nivel de aislamiento de los aisladores. Los valores de tensión de flameo en seco de un aislador o de una cadena de aisladores cuando se prueban de acuerdo con las normas ANSI C29.1-1988 no deben ser inferiores que los presentados en la tabla “A”. En zonas en donde las descargas

electroatmosféricas son severas o existen condiciones de contaminación atmosférica alta u otra condición de contaminación desfavorable, deben usarse aisladores con tensiones de flameo en seco adecuadas a esas condiciones y no menores a los indicados en la tabla “A”.

**TABLA “A”
TENSIONES MINIMAS DE FLAMEO EN SECO, DE AISLADORES**

Tensión Nominal entre fases (kV)	Tensión mínima de prueba (kV)	Tensión Nominal entre fases (kV)	Tensión mínima de prueba (kV)	Tensión Nominal entre fases (kV)	Tensión mínima de prueba (kV)	Tensión Nominal entre fases (kV)	Tensión mínima de prueba (kV)
0.75	5	13.2	55	46	125	138	390
2.4	20	23.0	75	69	175	161	445
6.9	39	34.5	100	115	315	230	640

15.6 Los aisladores deberán cumplir con la Norma ANSI C29.

Artículo 16. PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS, ESTRUCTURAS Y EQUIPO. Las Puestas a tierra indicadas a continuación, deberán efectuarse de conformidad con los métodos indicados en el TITULO II, Capítulo IV de estas Normas.

- 16.1 **Conductor Neutral.** Todos los conductores utilizados como neutral en circuitos primarios, secundarios y líneas de servicio deben estar efectivamente conectados a tierra. Esto no aplica para aquellos circuitos diseñados para dispositivos de detección de fallas a tierra y con impedancia limitadora de corriente;
- 16.2 **Partes no portadoras de corriente.** Las estructuras metálicas, incluyendo postes de alumbrado; las canalizaciones metálicas; los marcos, carcasas y soportes del equipo de líneas aéreas; las cubiertas metálicas de los cables aislados; las palancas metálicas para operación de equipo, así como cables mensajeros, estarán efectivamente conectados a tierra de tal manera que durante su operación no ofrezcan peligro a las personas. Puede omitirse esta puesta a tierra en casos especiales, cuando así lo requiera la operación del equipo, siempre que existan protectores o tengan otra clase de aislamiento que impidan el contacto de personas o animales con dichas partes metálicas, o bien cuando éstas quedan fuera de su alcance, a una altura mayor de 2.5 m;
- 16.3 **Retenidas.** Las retenidas también deberán cumplir con lo indicado en el párrafo anterior, cuando formen parte de 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:
- A) Cuando las retenidas tengan uno o más aisladores, siempre que estos cumplan con lo indicado en el Artículo 20, inciso 20.4, literales E, F, & G y;
 - B) Cuando la estructura soporte exclusivamente cables aislados.

Artículo 17. CONDUCTORES

- 17.1 Los conductores deberán ser de un material o una combinación de materiales que minimicen la corrosión por causa de las condiciones ambientales;
- 17.2 Las líneas aéreas se ejecutarán como regla general, con conductores desnudos. En caso de usar conductores cubiertos de una capa aislante, ésta deberá ser resistente a las acciones atmosféricas;
- 17.3 Al seleccionar los conductores desnudos con base a su capacidad de corriente, se recomienda no sobrepasar los valores que han sido determinados con base a las propiedades físicas del material, bajo ciertas condiciones de temperatura ambiente y de elevación de temperatura del propio conductor. La tabla No. 1 muestra valores máximos de capacidad de conducción de corriente para los calibres de conductores de cobre y 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 No. 1
CAPACIDAD MÁXIMA DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE EN CONDUCTORES
DESNUDOS DE COBRE, ACSR Y ALUMINIO.

CALIBRE AWG o MCM	COBRE (*) (AMPERES)	ACSR (AMPERES)	ALUMINIO (AMPERES)	CALIBRE AWG o MCM	COBRE (*) (AMPERES)	ACSR (AMPERES)	ALUMINIO (AMPERES)
8	90	-	-	336.4	-	530	520
6	130	100	98	477.0	-	670	650
4	180	140	130	636.0	-	780	760
2	240	180	180	795.0	-	910	880
1/0	310	230	235	954.0	-	1010	970
2/0	360	270	275	1113.0	-	1110	1100
3/0	420	300	325	1351.0	-	1250	1230
4/0	490	340	375	1510.5	-	1340	1375
266.8	-	460	445	1590.0	-	1380	1600

BASES:

- 1) Temperatura total máxima en el conductor: 75°C
- 2) Temperatura ambiente: 25°C
- 3) Velocidad del viento: 0.6 m/s
- 4) Factor de emisividad: 0.5
- 5) Frecuencia: 60 Hertz
- 6) (*): Conductor de cobre duro con 97.3% de conductividad

Artículo 18. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.

18.1 Generalidades:

- A) Aplicación. Este artículo cubre las distancias mínimas de seguridad, de las situaciones más comunes, de líneas aéreas de suministro eléctrico y de comunicaciones y tiene la intención de desarrollar una doble función bajo las condiciones de operación esperadas:
 - 1) Limitar la posibilidad de contacto por personas con los circuitos o equipos;
 - 2) Impedir que las instalaciones de un distribuidor entren en contacto con, las instalaciones de otro o con la propiedad pública o privada.
- B) Medición de distancias y espaciamentos: Para referirse a la separación entre conductores y sus soportes, estructuras, construcciones, nivel del suelo, etc., se usan en este artículo los términos distancia y espaciamento. A menos que se diga otra cosa, todas las distancias deben medirse de superficie a superficie y todos los espaciamentos se deberán medir de centro a centro. Para propósito de medición de las distancias, 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, pararrayos y de equipos similares deben ser consideradas como parte de la estructura de soporte.
- C) Cables de suministro: Las distancias 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 capaces de soportar pruebas conforme a Normas aplicables.
 - 1) Cables de cualquier tensión 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 ó 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 efectivamente puesto a tierra;
 - 2) Cables de cualquier tensión 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 efectivamente conectado a tierra;
 - 3) Cables aislados sin pantalla sobre el aislamiento, que operen a tensiones no mayores de 5 kV entre fases o 2.9 kV de fase a tierra.
- D) Conductores Cubiertos (encerrados): Los conductores cubiertos deben ser considerados como desnudos para todos los requisitos de distancias, excepto en lo que se refiere al espaciamento

entre conductores de la misma fase o de diferentes circuitos, incluyendo conductores conectados a tierra. El espaciamiento para conductores cubiertos puede ser menor que el mínimo requerido para conductores desnudos, siempre y cuando sean propiedad de la misma empresa y que su cubierta provea suficiente resistencia dieléctrica para prevenir corto circuitos en caso de contacto momentáneo entre conductores, o entre éstos y el conductor conectado a tierra

E) Conductor Neutral:

1. Los conductores neutrales efectivamente conectados a tierra a lo largo de la línea, cuando estén asociados con circuitos hasta de 22 kV a tierra, pueden considerarse, para fines de fijar su distancia y altura, como conductores mensajeros o retenidas.
2. Todos los otros conductores neutrales deben tener la misma distancia y altura que los conductores de fase de sus respectivos circuitos.

F) Circuitos de corriente alterna y continua: Las disposiciones de este artículo son aplicables tanto a circuitos de corriente alterna como de corriente continua. En los circuitos de corriente continua, se deben aplicar las mismas distancias establecidas para los circuitos de corriente alterna que tengan la misma tensión de cresta a tierra.

18.2 **Distancias de seguridad verticales de conductores sobre el nivel del suelo, carreteras, vías férreas y superficies con agua.** Los requisitos de este numeral se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores y cables de líneas aéreas, respecto del suelo, agua y parte superior de rieles de vías férreas:

A) Aplicación. Las distancias verticales deben ser como mínimo las indicadas en la Tabla No.2 y se aplican bajo las siguientes condiciones:

- 1) La condición que ocasione la mayor flecha final: temperatura en los conductores de 50°C, sin desplazamiento de viento, o la temperatura máxima del conductor para la cual fue diseñada la operación de la línea sin desplazamiento de viento, cuando esta temperatura es mayor de 50°C;
- 2) flecha final sin carga, en reposo;

B) Distancias adicionales para conductores.

- 1) Para tensiones entre 22 y 470 kV, la altura básica de los conductores especificada en la Tabla No. 2 deberá incrementarse 0.01m por cada kV en exceso de 22 kV. Todas las distancias para tensiones mayores de 50 kV deben ser basadas en la máxima tensión de operación.
- 2) Para tensiones mayores de 50 kV, la distancia adicional del inciso anterior deberá aumentarse tres por ciento (3%) por cada 300 m de altura de exceso de 1,000 m sobre el nivel del mar.

TABLA No. 2
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES DE CONDUCTORES SOBRE
VIAS FERREAS, EL SUELO O AGUA

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	Conductores de comunicación aislados, retenidas aterrizadas, conductores neutros y cables eléctricos aislados (m)	Cables suministradores aislados de más de 750 V y conductores suministradores en línea abierta de 0 – 750 V (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 750 V a 22 kV. (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 22 a 470 kV. (m)
Vías férreas	7.2	7.5	8.1	8.1 + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	4.7	5.0	5.6	5.6 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	2.9	3.8	4.4	4.4 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aguas donde no está permitida la navegación	4.0	4.6	5.2	5.2 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:				
a) Hasta 8 ha	5.3	5.6	6.2	6.2/8.7/10.5 ó 12.3 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV
b) Mayor a 8 hasta 80 ha	7.8	8.1	8.7	
c) Mayor de 80 hasta 800 ha	9.6	9.9	10.5	
d) Arriba de 800 ha	11.4	11.7	12.3	

Nota: todas las tensiones son dadas de fase a tierra

18.3 Distancias de seguridad entre conductores soportados por diferentes estructuras:

- A) Generalidades. Cuando sea práctico, los cruces de conductores deben hacerse en una misma estructura. De otra forma, la distancia en cualquier dirección entre conductores que se crucen o sean adyacentes, soportados en diferentes estructuras, no deberá ser menor que la distancia requerida en la Tabla No. 3;
- B) Consideraciones. Las distancias básicas, horizontales y verticales, especificadas en este numeral, deberán ser determinadas en el punto de mayor acercamiento entre los dos conductores, considerando las posibles posiciones de los mismos dadas por el movimiento generado por las condiciones siguientes:
- 1) A 15°C, sin desplazamiento de viento, flecha inicial y final sin carga.
 - 2) Con el conductor desplazado del punto de reposo por una presión de viento de 29 kg/m², con una flecha inicial y final a 15°C.
 - 3) Flecha final, con una de las siguientes condiciones de carga, aquella que produzca la mayor flecha: a 50°C sin desplazamiento de viento o a la temperatura máxima del conductor para la cual fue diseñada la operación de la línea sin desplazamiento de viento, cuando esta temperatura es mayor de 50°C.
 - 4) La dirección supuesta del viento, será aquella que produzca la distancia más crítica.

- C) Distancia Horizontal. La distancia horizontal en cruzamientos o entre conductores adyacentes soportados por diferentes estructuras, deberá ser cuando menos de 1.50 m. Para tensiones mayores de 129 kV se deberá incrementar esta distancia en 0.01 m por cada kV de exceso de 129 kV.
- D) Distancia Vertical.
- 1) Requerimientos. La distancia vertical entre conductores que se crucen o sean adyacentes, soportados en diferentes estructuras, deberá ser cuando menos la indicada en la Tabla No. 3.
 - 2) Tensiones mayores de 22 kV. La distancia mínima de seguridad entre los conductores deberá ser incrementada por la suma de lo siguiente: para los conductores del nivel superior entre 22 y 470 kV la distancia mínima de seguridad deberá ser incrementada en 0.01m por cada kV en exceso de 22 kV. Para los conductores del nivel inferior se deberá proceder de la misma manera. Esta distancia adicional debe ser calculada considerando que para tensiones mayores de 50 kV se deberá utilizar la máxima tensión de operación y si la tensión es menor de 50 kV se deberá utilizar la tensión nominal. El anterior incremento deberá aumentarse en un 3% por cada 300m de altura de exceso de 1,000 m sobre el nivel del mar para tensiones mayores de 50 kV.

TABLA No. 3
DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES ENTRE
CONDUCTORES Y CABLES SOPORTADOS POR DIFERENTES ESTRUCTURAS

NIVEL INFERIOR	NIVEL SUPERIOR			
	Conductores neutrales que cumplen con 18.1E1, retenidas aéreas (m)	Cables y Conductores, mensajeros, retenidas de comunicación (m)	Conductores Suministradores de línea abierta De 0 a 750 V, (m)	Conductores Suministradores de línea abierta De 750 V-22 kV. (m)
Conductores neutrales que cumplen con 18.1E1, retenidas aéreas	0.60 ⁽¹⁾	0.60 ⁽¹⁾	0.60	0.60
Cables y Conductores, mensajeros, retenidas de comunicación	-----	0.60 ⁽¹⁾	1.20	1.50
Conductores Suministradores de línea abierta De 0 a 750 V	-----	-----	0.60	0.60
Conductores Suministradores de línea abierta de 750 V-22 KV.	-----	-----	-----	0.60

Notas:

- (1) La distancia puede ser reducida cuando ambas retenidas estén eléctricamente interconectadas
- (2) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos efectivamente aterrizados.

18.4 Distancias de seguridad de conductores a edificios y otras instalaciones:

A) Aplicación.

- 1) Distancias Vertical y Horizontal (Sin desplazamiento de viento): Las distancias, horizontal y vertical, especificadas en los incisos 18.4B y 18.4C, aplican para cualesquiera de las

condiciones de temperatura del conductor y cargas que produzca el mayor acercamiento. El inciso 18.4A1(i) y 18.4A1(ii) aplica por encima y a lo largo de la instalación; el inciso 18.4A1(iii) aplica debajo y a lo largo de la instalación.:

- (i) A 50° C sin desplazamiento de viento, flecha final;
 - (ii) A la temperatura máxima del conductor para la cual la línea fue diseñada para operar, si ésta es mayor a 50° C, sin desplazamiento de viento, flecha final;
 - (iii) A la temperatura mínima del conductor para la cual la línea fue diseñada, sin desplazamiento de viento, flecha inicial.
- 2) Distancia Horizontal: Debe aplicarse con el conductor desplazado de su posición en reposo, por una presión de viento de 29 kg/m² con flecha final a 15°C. El desplazamiento de los conductores deberá incluir la inclinación de la cadena de aisladores de suspensión con movimiento libre, cuando estos se usen.
- 3) Transición entre distancias horizontal y vertical: La distancia de seguridad horizontal predomina, sobre el nivel del techo o el punto superior de una instalación al punto donde la diagonal se iguala a los requerimientos de distancia de seguridad vertical. De forma similar, la distancia de seguridad horizontal predomina por encima o por debajo de las proyecciones de los edificios, anuncios u otras instalaciones al punto donde la diagonal se iguala a los requerimientos de la distancia de seguridad vertical. De este punto la distancia de seguridad de transición debe ser igual a la distancia de seguridad vertical, como se ilustra en la figura No. 2.

Excepción: Donde la distancia de seguridad horizontal es mayor que la distancia de seguridad vertical, la distancia de seguridad vertical predomina más allá del nivel del techo o punto superior de una instalación ó proyección de una instalación a el punto donde la diagonal iguala los requerimientos de la distancia de seguridad horizontal.

B) Distancia de Conductores y cables a otras estructuras de soporte. Los conductores y cables que pasen próximos a estructuras de alumbrado público, de soporte de semáforos o de soporte de una segunda línea, deben estar separados de cualquier parte de esas estructuras por distancias no menores que las siguientes:

- 1) Una distancia horizontal, sin viento, de 1.50 m para tensiones de hasta 50 kV;
- 2) Una distancia vertical de 1.40 m para tensiones menores de 22 kV y de 1.70 m para tensiones entre 22 kV y 50 kV.

Para conductores neutrales, mensajeros, retenidas y cables que tengan cubierta o pantalla metálica continua, puesta efectivamente a tierra, y la tensión no exceda de 300 V a tierra, estas distancias pueden reducirse a 0.90 y 0.60 m, respectivamente.

C) Distancia de conductores y partes energizadas a edificios, anuncios, carteleras, chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones excepto puentes.

- 1) Distancias de seguridad vertical y horizontal:
 - (i) *Distancias de seguridad.* Los conductores y partes energizadas pueden ser colocadas adyacentes a los elementos mencionados, siempre y cuando las distancias verticales y horizontales no sean menores que las indicadas en la tabla No. 4, bajo las condiciones mencionadas en el numeral 18.4A1.
 - (ii) *Distancia horizontal bajo condiciones de desplazamiento por el viento.* Cuando los conductores son desplazados de su posición de reposo por el viento, bajo las condiciones expuestas en el numeral 18.4A2, las distancias de seguridad de esos conductores y cables a los elementos antes mencionados no deben ser menores que los valores expuestos en la tabla No. 3A :

TABLA 3A
DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE CONDUCTORES Y CABLES A
EDIFICIOS, ANUNCIOS, CARTELES, CHIMENEAS, ANTENAS DE RADIO Y
TELEVISION Y OTRAS INSTALACIONES

Conductor o Cable	Distancia de seguridad horizontal requerida cuando es desplazada por el viento. m
Conductores de suministro en línea abierta , 0 a 750 V	1.1
Cables que cumplen con 18.1 C2, mayor de 750V.	1.1
Cable que cumple con 18.1 C3, mayor de 750 V	1.1
Conductores de suministro de línea abierta con tensiones superiores a 750 V hasta 22KV	1.4

- 2) Protección de Conductores de suministro y partes energizadas rígidas:
 Cuando no se puede cumplir con las distancias previstas en la tabla No. 4, estos elementos deben ser aislados.
- 3) Conductores adheridos o fijados a edificios u otras instalaciones:
 Cuando ocurra que conductores de suministro estén permanentemente fijados a un edificio u otra instalación por requerirse para la prestación del servicio, tales conductores deben llenar los siguientes requisitos cuando estén sobre o a lo largo de la instalación a la cual el conductor esté fijado.
- (i) Conductores energizados de acometidas de servicio entre 0 a 750 V, incluyendo derivaciones, deben estar aislados o cubiertos conforme artículo 18, numeral 18.1C ó 18.1D. Este requisito no aplica a conductores neutrales;
 - (ii) Conductores de más de 300 V a tierra, deberán estar protegidos, cubiertos (encerrados), aislados ó inaccesibles;
 - (iii) La distancia de seguridad de conductores a soportes deberá cumplir con lo establecido en la tabla No. 9;
 - (iv) Los Conductores de acometida para el servicio incluyendo vueltas para goteo, no deben ser accesibles con facilidad, y cuando no sean mayores de 750 V, deben tener una distancia de seguridad no menor que las siguientes:
 - (a) 2.45 m desde el punto más alto del techo o balcón sobre el que pasa.
Excepción No. 1: Si la tensión entre conductores no excede los 750 V o donde los cables cumplen con 18.1C2 y 18.1C3 y la tensión no excede los 750 V y el techo o balcón no es fácilmente accesible, la distancia de seguridad puede ser de hasta 0.90 m. Un techo o balcón es considerado fácilmente accesible a peatones si este puede ser casualmente accesado a través de puertas, ventanas, rampas o escaleras sin que la persona realice un extraordinario esfuerzo físico o emplee herramienta especial.
Excepción No. 2: Cuando un techo o balcón no es fácilmente accesible, y la acometida cumple una de las siguientes condiciones: Pasa sobre el techo de la vivienda para terminar en un accesorio de acometida, el cual no debe estar a más de 1.20 m, medido horizontalmente, de la orilla más cercana del techo; Se debe mantener una distancia mínima vertical de 0.46 m del punto más bajo de la acometida al techo y a 1.80 m medidos horizontalmente desde el accesorio de la acometida en dirección del cable de acometida, debe haber una distancia vertical mínima de 0.90 m, medidos desde el cable de acometida hacia el techo (Figura No.1).
 - i) Tensión entre conductores de 300 V ó menos, ó
 - ii) Cables de 750 V ó menos que cumplan con 18.1C2 ó 18.1C3.
 - (b) 0.90 m en cualquier dirección de ventanas, puertas, pórticos, salida de incendio o localizaciones similares.
Excepción No. 1: No aplica para conductores de acometida que cumplen con 18.1C3 sobre el nivel superior de una ventana.
Excepción No. 2: No aplica para ventanas diseñadas para no poderse abrir.

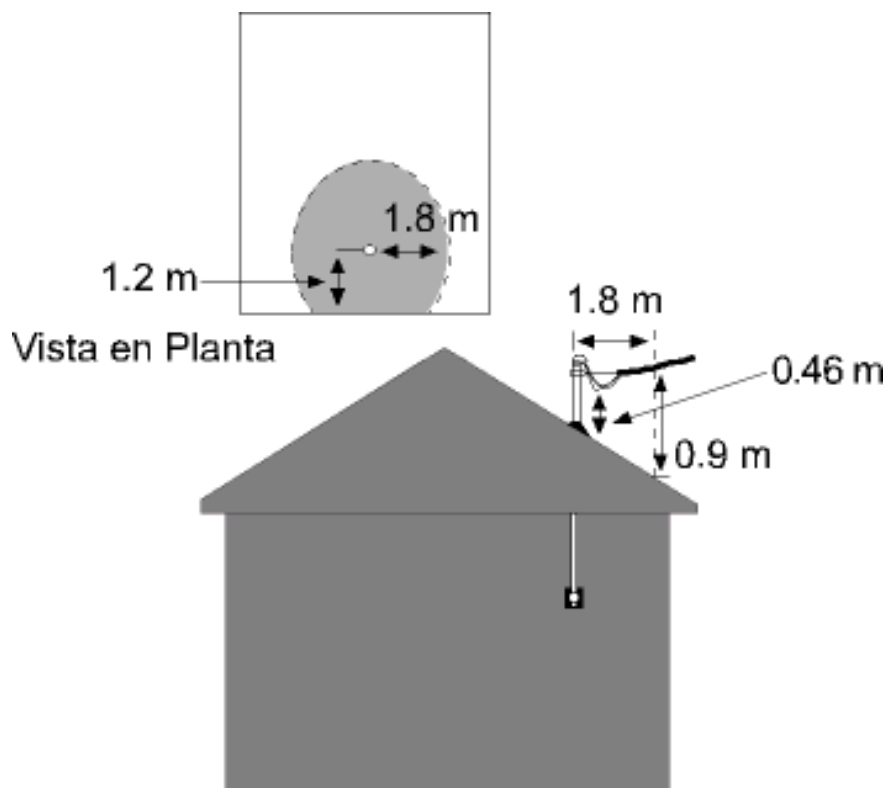


FIGURA No. 1
Distancia de Seguridad de Acometidas
de Hasta 750V.

D) Distancias adicionales para tensiones mayores de 22 kV.

- 1) Para tensiones entre 22 y 470 kV, la distancia de los conductores especificada en la Tabla No. 4 deberá incrementarse 0.01m por cada kV en exceso de 22 kV. Todas las distancias para tensiones mayores de 50 kV deben ser basadas en la máxima tensión de operación.
- 2) Para tensiones mayores de 50 kV, la distancia adicional del inciso anterior deberá aumentarse tres por ciento (3%) por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m sobre el nivel del mar.

TABLA No 4.
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD DE CONDUCTORES A EDIFICIOS Y OTRAS INSTALACIONES

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD DE		Conductores y cables de comunicación aislados, mensajeros, retenidas aterrizadas y no aterrizadas expuestas a tensiones de hasta 300 V, conductores neutrales que cumplen con 18.1 E1, cables de suministro que cumplen con 18.1 C1.	Cables Suministradores de 0 a 750 V que cumplen con 18.1C2.	Partes Rígidas Energizadas No protegidas de 0-750 V, conductores de comunicación no aislados, carcasas de equipo no aterrizado, retenidas no aterrizadas expuestas a conductores abiertos de suministro de 300 a 750 V	Cables Suministradores de más de 750V que cumplen con 18.1C2 ó 18.1C3., Conductores Suministradores en línea abierta de 0 a 750 V.	Partes Rígidas Energizadas No protegidas de 750V-22kV, carcasas de equipo no aterrizado, retenidas no aterrizadas expuestas a tensiones de 750 V a 22 kV.	Conductores Suministradores en línea abierta de 750 V-22 kV.
		m	m	m	m	m	m
Edificios	Horizontal a paredes, ventanas y áreas accesibles a personas	1.4 ^(1,2)	1.5 ^(1,2)	1.5 ^(1,2)	1.7 ^(1,4)	2.0 ^(1,2)	2.3 ^(1,5,6)
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas no accesibles a personas	0.9	1.10	3.0	3.2	3.6	3.8
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas accesibles a personas y vehículos además de vehículos pesados (Nota 3)	3.2	3.4	3.4	3.5	4.0	4.1
	Vertical arriba de techos accesibles al tránsito de vehículos pesados (Nota 3)	4.7	4.9	4.9	5.0	5.5	5.6
Anuncios, chimeneas,	Horizontal	0.9	1.07	1.5 ⁽¹⁾	1.7 ^(1,4)	2.0 ⁽¹⁾	2.3 ^(1,2,5,6)
	Vertical arriba o abajo de cornisas y otras superficies sobre las cuales pueden caminar personas	3.2	3.4	3.4	3.5	4.0	4.1
	Vertical arriba o abajo de otras partes de tales instalaciones	0.9	1.07	1.7	1.8 ⁽¹⁾	2.45	2.3

Notas:.

1. Los edificios, anuncios, chimeneas, antenas, tanques u otras instalaciones que no requieran de mantenimiento tal como pintura, lavado u otra operación que requiera personas trabajando o pasando en medio de los conductores y el edificio, la distancia mínima de seguridad puede ser reducida en 0.60 m.
2. Cuando el espacio disponible no permita alcanzar este valor, la distancia mínima de seguridad puede ser reducida en 0.60 m
3. Para efectos de estas Normas, vehículo pesado se define como aquel vehículo que excede los 2.45 m de altura.
4. La distancia mínima de seguridad en reposo no debe ser menor que el valor indicado en esta tabla. Cuando el conductor o cable es desplazado por el viento, la distancia mínima de seguridad no debe ser menor a 1.1 m , ver Artículo 18.4C1(ii).
5. La distancia mínima de seguridad en reposo no debe ser menor que el valor indicado en esta tabla. Cuando el conductor o cable es desplazado por el viento, la distancia mínima de seguridad no debe ser menor a 1.40 m , ver Artículo 18.4C1(ii).
6. En lugares donde el espacio disponible no permite alcanzar este valor, la distancia mínima de seguridad puede ser reducida a 2.00 m para conductores de hasta 8.7 kV a tierra.
7. Todas las tensiones son de fase a tierra para circuitos efectivamente aterrizados.

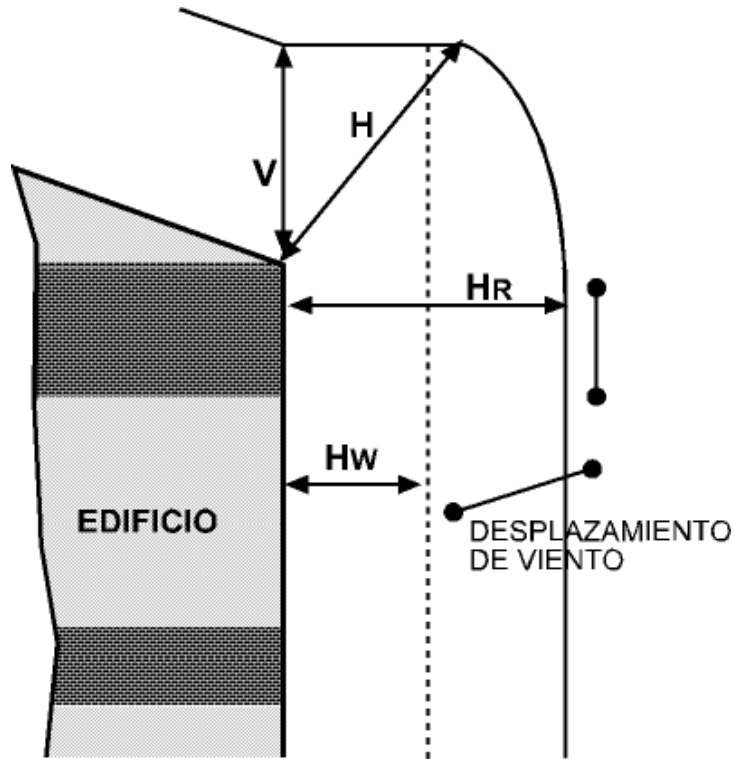


FIGURA No. 2
 Distancias Mínimas de Seguridad
 a Edificios
 HR=Distancia mínima de seguridad
 horizontal requerida cuando el conductor
 está en reposo.
 Hw= Distancia mínima de seguridad
 horizontal requerida cuando el conductor
 es desplazado, hacia el edificio, por el viento.

18.5 Distancias de seguridad entre conductores y cables soportados en la misma estructura:

- A) Aplicación: Los requisitos de este artículo establecen las distancias mínimas entre conductores de líneas aéreas, eléctricas y de comunicación, así como las que estos deben guardar a sus soportes, retenidas, cables de guarda, etc., cuando están instalados en una misma estructura. Todas las tensiones son entre conductores involucrados. A menos que se indique de otra forma, la tensión entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos, debe tomarse como el mayor valor que resulte de los siguientes:
- 1) La diferencia vectorial entre los conductores involucrados;
 - 2) La tensión de fase a tierra del circuito de más alta tensión.
- B) Distancia horizontal entre conductores y cables de línea: La distancia horizontal entre conductores y cables de línea deberá ser como sigue:
- 1) En soportes fijos: Los conductores y cables en soportes fijos (con aisladores rígidos) deben tener una distancia horizontal en sus soportes no menor que el mayor de los valores obtenidos según los subincisos 1.1 y 1.2 siguientes. Estas distancias no aplican si son cables aislados o bien si son conductores cubiertos de un mismo circuito

- 1.1 **Distancia Horizontal mínima:** La distancia horizontal entre conductores y cables, ya sean del mismo o de diferente circuito, no debe ser menor que la especificada en la Tabla No. 5.
- 1.2 **Distancia de acuerdo a la flecha:** La distancia horizontal entre soportes de conductores y cables, ya sean del mismo o de diferente circuito, no debe ser menor que el valor dado por las fórmulas 1 y 2. En caso de que el valor obtenido de la Tabla No. 5 sea mayor, debe usarse ese valor, excepto para conductores y cables del mismo circuito con tensión mayor de 50 kV.

Fórmula 1. Para conductores y cables de área transversal menor de 33.6mm² (No. 2 AWG)

$$S = 7.6*(kV) + 20.4*\sqrt{f - 610}$$

Fórmula 2. Para conductores y cables de área transversal mayor o igual a 33.6mm² (No. 2 AWG)

$$S = 7.6*(kV) + 8*\sqrt{2.12*f}$$

En donde:

S = La distancia en mm

kV = Es la tensión entre los dos conductores y cables para los que se calcula la distancia;

f = Es la flecha aparente en mm, del conductor de mayor flecha en el vano.

La tabla No. 6 muestra las distancias que se obtienen al aplicar las fórmulas 1 y 2 anteriores, en algunos valores de flecha y tensión eléctrica de conductores y cables.

TABLA No. 5
DISTANCIA HORIZONTAL MINIMA DE SEPARACION ENTRE CONDUCTORES
DEL MISMO O DE DIFERENTE CIRCUITO EN SUS SOPORTES FIJOS

CLASE DE CIRCUITO	DISTANCIA MINIMA DE SEGURIDAD EN cm	NOTAS
Línea de comunicación abierta	15 7.5	No aplica a transposiciones Permitido en casos donde el espacio entre pines es menor de 15 cm
Conductores eléctricos del mismo circuito: • De 0 a 8.7 kV. • De 8.7 a 50 kV. • Mayor de 50 kV.	30 30 más 1.0 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV. No hay valor especificado	
Conductores eléctricos de diferentes circuitos: • De 0 a 8.7 kV. • De 8.7 a 50 kV. • De 50 a 814 kV.	30 30 más 1.0 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV. 72.5 más 1.0 cm por cada kV de exceso de 50 kV.	Para todas las tensiones mayores de 50 kV, la distancia de separación deberá ser incrementada en 3 % por cada 300 m en exceso de 1,000 m sobre el nivel del mar. Todas las distancias para tensiones mayores de 50 kV Deberán ser basadas en la máxima tensión de operación.

TABLA No 6
 DISTANCIA HORIZONTAL MINIMA DE CONDUCTORES EN SUS SOPORTES FIJOS, DEL MISMO O DE
 DIFERENTE CIRCUITO DE ACUERDO CON SU FLECHA

Tensión nominal Entre fases KV	S en m (Fórmula 1)					S en m (Fórmula 2)				
	Para flecha "f" en m de:					Para flecha "f" en m de:				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
13.8	0.51	0.71	0.86	0.98	1.09	0.47	0.55	0.62	0.69	0.74
34.5	0.66	0.87	1.02	1.14	1.25	0.63	0.71	0.78	0.84	0.90

C) Distancia Vertical entre conductores de línea: La distancia vertical entre conductores de línea localizados en diferentes niveles de una misma estructura, debe ser cuando menos la indicada en los incisos siguientes:

1) Distancia básica de conductores, del mismo o de diferentes circuitos:

Las distancias indicadas en la Tabla No. 7 deben aplicarse a conductores con tensiones hasta 50 kV.

Excepción No.1: Los conductores soportados por bastidores verticales, o por ménsulas separadas verticalmente deben cumplir con los requerimientos del artículo 18, numeral 18.5 D.

Excepción No.2: Este requisito no se aplica a conductores cubiertos del mismo circuito.

2) Distancias Adicionales:

Las distancias que se indican en la Tabla No. 7, deben incrementarse de acuerdo con las condiciones citadas a continuación. Los incrementos serán acumulables cuando sea aplicable más de una de estas condiciones.

2.1) Tensiones entre conductores mayores de 50 kV;

- i) Para tensiones entre 50 y 814 kV, la distancia entre conductores de diferentes circuitos debe ser incrementada 0.01 m por cada kV en exceso de 50 kV;
- ii) El incremento en distancia para tensiones mayores de 50 kV, especificado en el punto anterior debe aumentarse 3 % por cada 300 m de altura en exceso de 1,000 metros sobre el nivel del mar;
- iii) Todas las distancias para tensiones superiores a 50 kV, deben determinarse con base a la tensión máxima de operación.

2.2) Distancias de acuerdo a la flecha:

Los conductores soportados a diferentes niveles en la misma estructura, deben tener una distancia vertical en sus soportes, de tal forma que la distancia mínima entre ellos, en cualquier punto del vano, no sea menor que la establecida en los puntos siguientes. Para propósitos de esta determinación el conductor superior tiene su flecha final a la máxima temperatura para la cual el conductor es diseñado para operar. El conductor inferior estará a las mismas condiciones pero sin carga eléctrica.

Excepción: Este requerimiento no aplica a conductores de la misma empresa, cuando los conductores son del mismo tamaño y tipo y son instalados a la misma tensión y flecha.

- i) Para tensiones menores de 50 kV entre conductores, se puede aplicar el 75% de la distancia entre soportes indicada en la Tabla No. 7.
- ii) Para tensiones mayores de 50 kV entre conductores, el valor especificado en el punto i) anterior, debe incrementarse de acuerdo con lo indicado en el punto 2.1 anterior.

TABLA No 7
DISTANCIAS DE SEGURIDAD VERTICAL ENTRE CONDUCTORES, EN SUS SOPORTES

CONDUCTORES Y CABLES EN NIVELES INFERIORES	CONDUCTORES Y CABLES EN NIVELES SUPERIORES			
	CABLES DE SUMINISTRO QUE CUMPLEN CON 18.1C1,2 ó 3, CONDUCTORES NEUTRALES QUE CUMPLEN CON 18.1E1 (m)	CONDUCTORES DE SUMINISTRO ABIERTOS		
		De 0 A 8.7 kV (m)	MAS DE 8.7kV A 50 Kv (m)	
		MISMA EMPRESA (m)	DIFERENTE EMPRESA (m)	
De Comunicación ▪ En general	1.00	1.00	1.00	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
Eléctricos con tensión entre conductores de:				1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
• Hasta 750 V	0.41	0.41 ⁽¹⁾	0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
• Más de 750 V Hasta 8.7 kV		0.41 ⁽¹⁾	0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
• Más de 8.7 kV a 22 kV - si se trabaja con línea energizada - Si no se trabaja con línea energizada			0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV. 0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
• Más de 22 kV sin exceder 50 kV			0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.	0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.

Nota:

(1) Cuando los conductores son operados por empresas diferentes, una distancia vertical no menor a 1.00 m es recomendada.

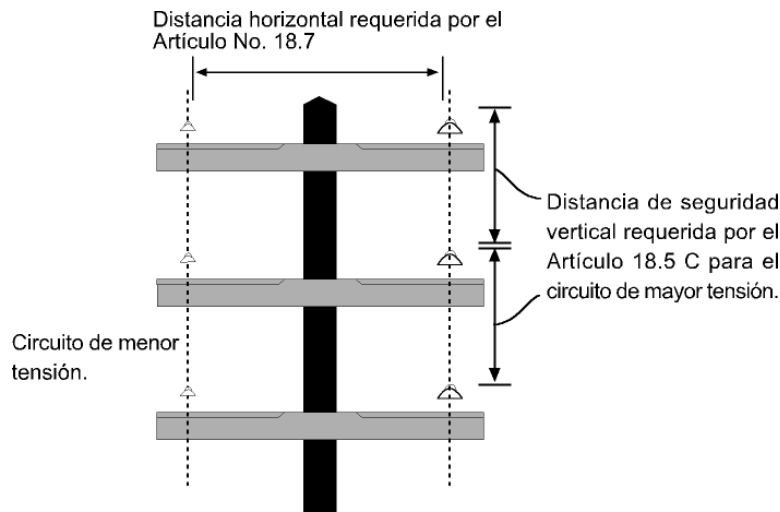


FIGURA No. 3
 Distancia de Seguridad Vertical entre Conductores en sus Soportes.

D) Espaciamiento entre conductores soportados en bastidores verticales:

Los conductores pueden instalarse a una menor distancia vertical que la indicada anteriormente, cuando estén montados en bastidores verticales ó 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:

- 1) La tensión entre conductores no debe ser mayor de 750 V, excepto cuando los cables y conductores cumplan los requerimientos del artículo 18, numeral 18.1C1 o 18.1C2;
- 2) Todos los conductores deben ser del mismo material;
- 3) El espaciamiento vertical entre conductores no debe ser menor que el indicado en la Tabla No. 8.

TABLA No. 8
ESPACIAMIENTO VERTICAL MÍNIMO ENTRE CONDUCTORES SOPORTADOS EN BASTIDORES VERTICALES

Longitud del vano	Espaciamiento vertical mínimo entre conductores
m	m
Hasta 45	0.10
De 45 a 60	0.15
De 60 a 75	0.20
De 75 a 90	0.30

Excepción: Si los conductores tienen separadores intermedios adecuados, el espaciamiento vertical puede ser como mínimo 0.10 m en cualquier caso.

E) Distancia de separación mínima en cualquier dirección de conductores de línea a soportes o la estructura, a otros conductores verticales o derivados y retenidas sujetos a la misma estructura:

- 1) En soportes fijos: La distancia no debe ser menor que la indicada en la Tabla No. 9
- 2) En aisladores de suspensión: Cuando se usen aisladores de suspensión que puedan oscilar libremente, la distancia mínima debe ser incrementada lo necesario para que, cuando la cadena de aisladores forme su máximo ángulo de diseño con la vertical, la distancia no sea menor que la indicada en la tabla No. 9. El máximo ángulo de diseño debe ser basado en una presión de viento de 29 kg/m² sobre el conductor y a una flecha final de 15° C.

TABLA No. 9
DISTANCIA DE SEPARACION MINIMA EN CUALQUIER DIRECCION DE CONDUCTORES DE LINEA A SOPORTES O A LA ESTRUCTURA, A OTROS CONDUCTORES VERTICALES O DERIVADOS Y RETENIDAS SUJETAS A LA MISMA ESTRUCTURA

LINEA AEREA	LINEAS DE COMUNICACIÓN		LINEAS DE SUMINISTRO		
	EN ESTRUCTURAS DE SOPORTE		TENSION ENTRE FASES		
	SOLO LINEAS DE COMUNICACIÓN	LINEAS DE COMUNICACIÓN Y ELÉCTRICAS	0 a 8.7 kV.	8.7 a 50 kV.	50 a 814 KV.
	cm	cm	cm	cm	cm
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 kV.	Valor no especificado
• De diferente circuito	7.5	7.5	15 ⁽⁵⁾	15 más 1cm por cada kV en exceso de 8.7	58 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
RETENIDAS Y MENSAJEROS SUJETOS A UNA 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	15 ⁽¹⁾	15	15 más 0.65 por cada kV en exceso de 8.7	41 más 0.65 cm por cada kV en exceso de 50
• Otros	7.5	15 ⁽¹⁾	15	15 más 1cm por cada kV en exceso de 8.7	58 más 1 cm por cada kV En exceso de 50
SUPERFICIES DE CRUCETAS	7.5 ⁽²⁾	7.5 ⁽²⁾	7.5 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	7.5 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 8.7 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾	28 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 50
SUPERFICIES DE ESTRUCTURAS					
• Que soporten líneas de comunicación y eléctricas	- - -	12.5 ⁽²⁾	12.5 ⁽³⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾	12.5 más 0.50 cm por cada kV En exceso de 8.7 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	33 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 50
• Otros	7.5 ⁽²⁾	- - -	7.5	7.5 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 8.7 ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	28 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 50

NOTAS:

- (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 distancia, cuando se sujeten con soportes colocados en la base o lados de las crucetas o en la superficie de postes;
- (3) Esta distancia solamente se aplica a conductores eléctricos soportados debajo 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.
- (4) Para conductores de circuitos con tensión mayor de 50 kV, la distancia adicional se debe incrementar 3% por cada 300 m de altura en exceso de 1000 m sobre el nivel del mar. Todas las distancias para tensiones superiores a 50 kV, deben determinarse con base en la tensión máxima de operación.
- (5) Para circuitos de 750 V ó menos, esta distancia puede reducirse a 7.5 cm.
- (6) Un conductor neutro que esté efectivamente conectado a tierra 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 ó menos y cables eléctricos de cualquier tensión, de los tipos descritos en el numeral 18.1 inciso B), esta distancia puede reducirse a 2.5 cm;

- (8) En los circuitos con conductor neutro efectivamente conectado a tierra, que cumpla con lo indicado en el numeral 18.1 inciso D), puede utilizarse la tensión de fase a neutro para determinar la distancia entre los conductores de fase y la superficie de las crucetas.
- F) Distancias de separación entre circuitos de diferente nivel de tensión en la misma cruceta. Circuitos de suministro eléctrico, de los niveles de tensión indicados en la tabla No. 7, pueden ser instalados sobre el mismo crucero de soporte con circuitos de la siguiente clasificación de tensión sólo si se cumple uno ó más de las siguientes condiciones:
- 1) Si los circuitos ocupan posiciones sobre lados opuestos de la estructura;
 - 2) Si las distancias no son menores que los espacios requeridos para escalar y poder darle mantenimiento a las líneas;
 - 3) Si los conductores del circuito de mayor tensión ocupan la posición externa y los conductores del circuito de menor tensión ocupan la posición interna.

18.6 Distancias de seguridad vertical sobre el suelo para equipo de servicio eléctrico instalado en estructuras:

- A) Altura básica mínima. La altura básica mínima sobre el suelo, de partes energizadas de equipo no protegidas, tales como terminales de transformadores y pararrayos y tramos cortos de conductores eléctricos conectados al equipo, se indica en la Tabla No. 10.
- B) Alturas adicionales para conductores. Para tensiones mayores a 22 kV, la altura básica de los conductores deberá incrementarse 0.01m por cada kV de exceso. Dicho incremento deberá aumentarse tres por ciento (3%) por cada 300 m de altura de exceso de 1000 m sobre el nivel del mar.
- C) Tensión de fase a tierra. Todas las tensiones 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.
- D) Cambios de nivel de la superficie. Estas alturas no consideran los posibles cambios de nivel de la superficie de carreteras, calles, callejones, etc., debidos a mantenimiento vial.

**TABLA No. 10
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES SOBRE EL SUELO PARA EQUIPO DE SERVICIO ELECTRICO INSTALADO EN ESTRUCTURAS**

Naturaleza de la superficie bajo las partes energizadas	Equipo con la carcasa efectivamente aterrizada	Partes Energizadas Ríidas No protegidas de 0 a 750 V y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de no más de 750 V	Partes Energizadas Ríidas No protegidas de 750 V a 22 kV y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de más de 750 V a 22 kV.	Partes Energizadas Ríidas No protegidas de más de 22 kV y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de más de 22 kV.
	(m)	(m)	(m)	(m)
Áreas accesibles solo a peatones	3.4	3.6 ⁽¹⁾	4.3	4.3 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Áreas a ser transitadas por vehículos	4.6	4.9	5.5	5.5 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.

Notas:

- (1) Esta distancia puede ser reducida a 3.00 m para partes energizadas aisladas con una tensión máxima de 150 V a tierra.

18.7 Espacio para escalar:

Los siguientes requisitos se aplican únicamente a las partes de las estructuras utilizadas por los trabajadores para escalar.

A) Localización y Dimensiones:

- 1) Debe dejarse un espacio para escalar con las dimensiones horizontales especificadas en el inciso E) de este numeral enfrente de cualquier conductor, cruceta y otras partes similares
- 2) El espacio para escalar se requiere solamente en un lado ó esquina del soporte;
- 3) El espacio para escalar debe extenderse verticalmente arriba y debajo de cada nivel de conductores, como se indica en los incisos E) y F) de este numeral, pero puede cambiarse de un lado o esquina del soporte a cualquier otro.

B) Partes de la estructura en el espacio para escalar:

Cuando las partes de la estructura estén en un lado ó esquina del espacio para escalar, no se considera que obstruyan dicho espacio.

C) Localización de las crucetas respecto del espacio para escalar:

Se recomienda que las crucetas se localicen en el mismo lado de la estructura. 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 escalar:

Equipos eléctricos como transformadores, reguladores, capacitores, mufas, pararrayos e interruptores deben ser instalados fuera del espacio para escalar, cuando se localicen bajo los conductores;

E) Espacio para escalar entre conductores:

El espacio para escalar entre conductores debe tener las dimensiones horizontales indicadas en la tabla No. 11. Estas dimensiones tienen el propósito de dejar un espacio para escalar de 0.60 m libre de obstáculos, siempre que los conductores que limitan dicho espacio estén protegidos con una cubierta aislante adecuada a la tensión existente. El espacio para escalar debe dejarse previsto longitudinal y transversalmente a la línea y extenderse verticalmente no menos de 1.0 m arriba y debajo 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 escalar debe extenderse verticalmente cuando menos 1.5 m arriba del conductor eléctrico más alto

Excepción No. 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 equipo, a menos de que estén desenergizados.

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

F) Espacio para escalar frente a tramos longitudinales de línea no soportados por crucetas:

El ancho total del espacio para escalar 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 este numeral). El ancho del espacio para escalar 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 escalar, 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 encuentra el espacio para escalar, 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 el numeral 18.1 B), de cualquier tensión, 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 de 1.2 m arriba o abajo del tramo de línea.

G) Espacio para escalar 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 escalar.

TABLA No. 11
DISTANCIA HORIZONTAL MINIMA ENTRE CONDUCTORES
QUE LIMITAN EL ESPACIO PARA ESCALAR

TIPO DE CONDUCTORES QUE LIMITAN EL ESPACIO PARA ESCALAR	TENSION DE LOS CONDUCTORES (1)	DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE CONDUCTORES (3)		
		EN ESTRUCTURAS QUE SOPORTEN SOLO		EN ESTRUCTURAS QUE SOPORTEN
		CONDUCTORES DE COMUNICACIÓN	CONDUCTORES ELECTRICOS	CONDUCTORES ELECTRICOS ARRIBA DE CONDUCTORES DE COMUNICACION
		(m)	(m)	(m)
Conductores de comunicación	De 0 a 150 V Más de 150 V	0.60		(Nota 2)
Cables eléctricos aislados	Todas las tensiones		0.60	0.60
Conductores de línea abierta	De 0 a 750 V 750 V a 15 kV. 15 kV A 28 kV. 28 kV A 38 kV. 38 kV A 50 kV. 50 KV A 73 kV. Más de 73 kV.		0.60 0.75 0.90 1.00 1.17 1.40 Más de 1.40	0.60 0.75 0.90 1.00 1.17 1.40

NOTAS:

- (1) Todas las tensiones son entre los dos conductores que limitan el espacio para escalar, excepto para conductores de comunicación, en los que la tensión es a tierra. Cuando los conductores son de diferente circuito, la tensión entre ellos debe ser la suma aritmética de las tensiones de cada conductor a tierra, para un circuito conectado a tierra, o de fase a fase si se trata de un circuito no conectado a tierra.
- (2) El espacio para escalar debe ser el mismo que el requerido para los conductores eléctricos colocados inmediatamente arriba, con un máximo de 0.75 m
- (3) Para la utilización de estas distancias, los trabajadores deben tener presentes las normas de operación y seguridad correspondiente a la tensión de la línea de que se trate.

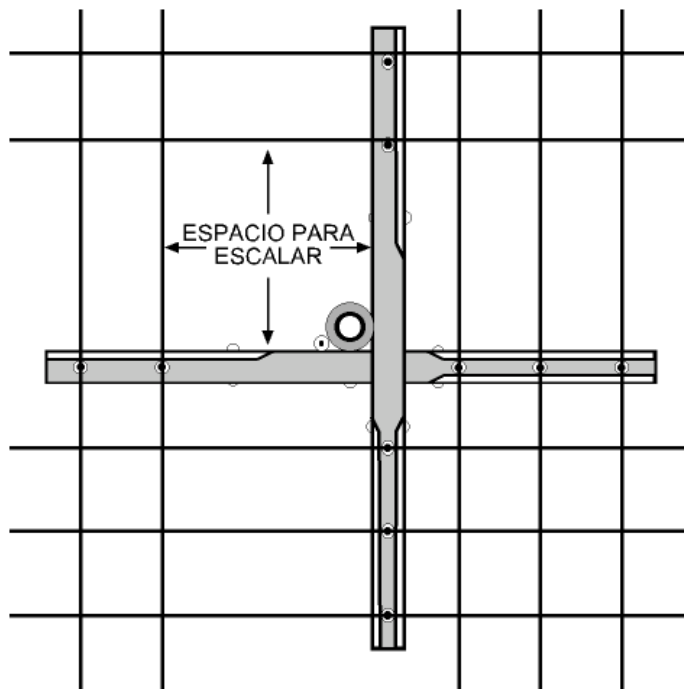


FIGURA No. 4
Espacio para Escalar

18.8 Espacios para trabajar:

A) Localización:

- 1) Deben dejarse espacios para trabajar localizados a ambos lados del espacio para escalar.

B) Dimensiones:

- 1) *A lo largo de la cruceta.* El espacio para trabajar debe extenderse desde el espacio para escalar 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 escalar (véase artículo 18, numeral 18.7E). Esta dimensión debe medirse horizontalmente desde la cara externa de la cruceta;
- 3) *Verticalmente.* El espacio para trabajar debe tener una altura no menor que la señalada en el artículo 18, numeral 18.5C, para la distancia vertical de conductores soportados a diferentes niveles en la misma estructura.

C) Localización de conductores verticales y derivados respecto del espacio para trabajar:

- 1) 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 escalar; de no ser esto posible, pueden colocarse en el mismo lado para escalar; siempre que queden separados de la cruceta por una distancia no menor que el ancho del espacio para escalar requerido para los conductores de mayor tensión. Los conductores verticales dentro de tubo conduit adecuado, pueden quedar colocados sobre el lado para escalar de la estructura.

D) Localización de crucetas transversales respecto de los espacios para trabajar:

Las crucetas transversales pueden usarse bajo las condiciones indicadas en los siguientes subincisos 1 y 2 y siempre que se mantenga el espacio para escalar, definido en el artículo 18 numeral 18.7.

- 1) *Altura normal del espacio para trabajar.* Debe dejarse el espacio lateral para trabajar conforme la altura indicada en la tabla No. 7 entre los conductores derivados sujetos a la cruceta

transversal y los conductores de línea. Esto puede realizarse incrementando el espacio entre las otras crucetas de soporte de líneas.

- 2) *Altura reducida del espacio para trabajar.* Cuando ninguno de los circuitos involucrados excede de 8.7 kV a tierra ó de 15 kV entre fases y se mantienen las separaciones del artículo 18 numeral 18.5 B1.1 y B1.2, los conductores soportados en la cruceta transversal pueden colocarse entre las líneas adyacentes que tienen un espaciamiento vertical normal, aún cuando dicha cruceta obstruya el espacio normal para trabajar, siempre que se mantenga un espacio para trabajar no menor de 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 puede ser aún reducido a 30 cm, siempre que se cumplan las dos siguientes condiciones:
- (i) Que no existan más de dos crucetas de línea y de crucetas transversales;
 - (ii) Que la seguridad en las condiciones de trabajo sea restituida mediante la utilización de equipo de protección y otros dispositivos adecuados para aislar y cubrir los conductores de línea y el equipo en donde no se está trabajando.

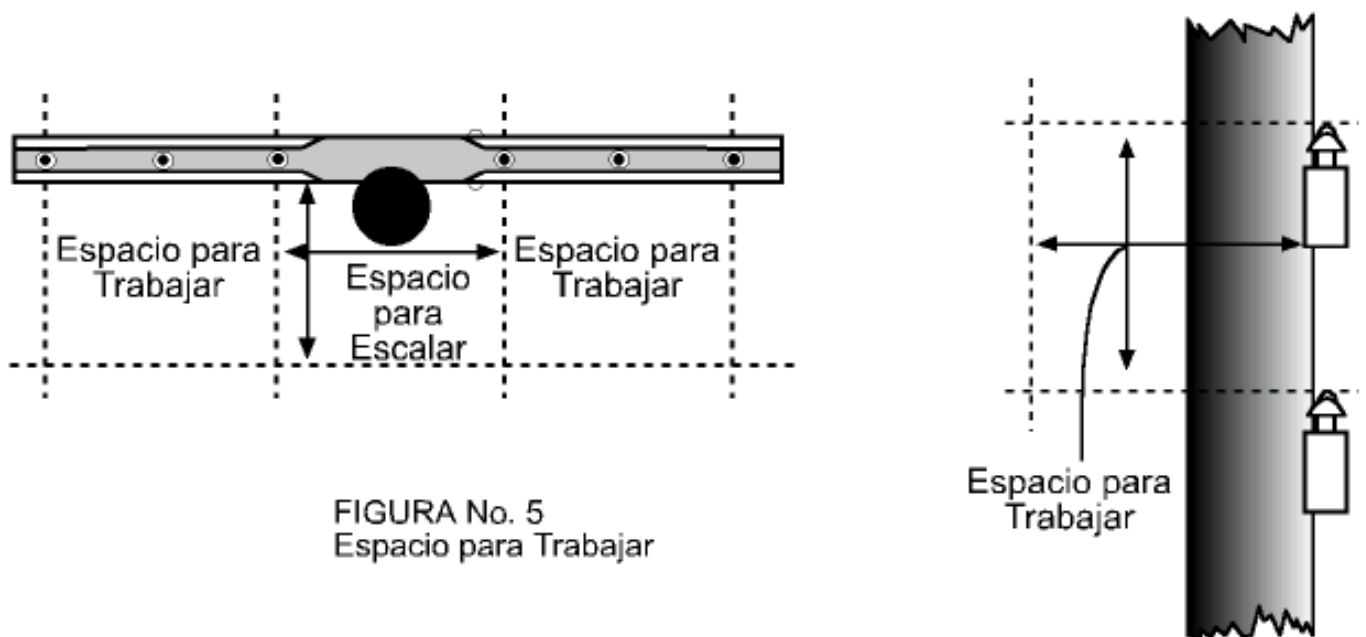


FIGURA No. 5
Espacio para Trabajar

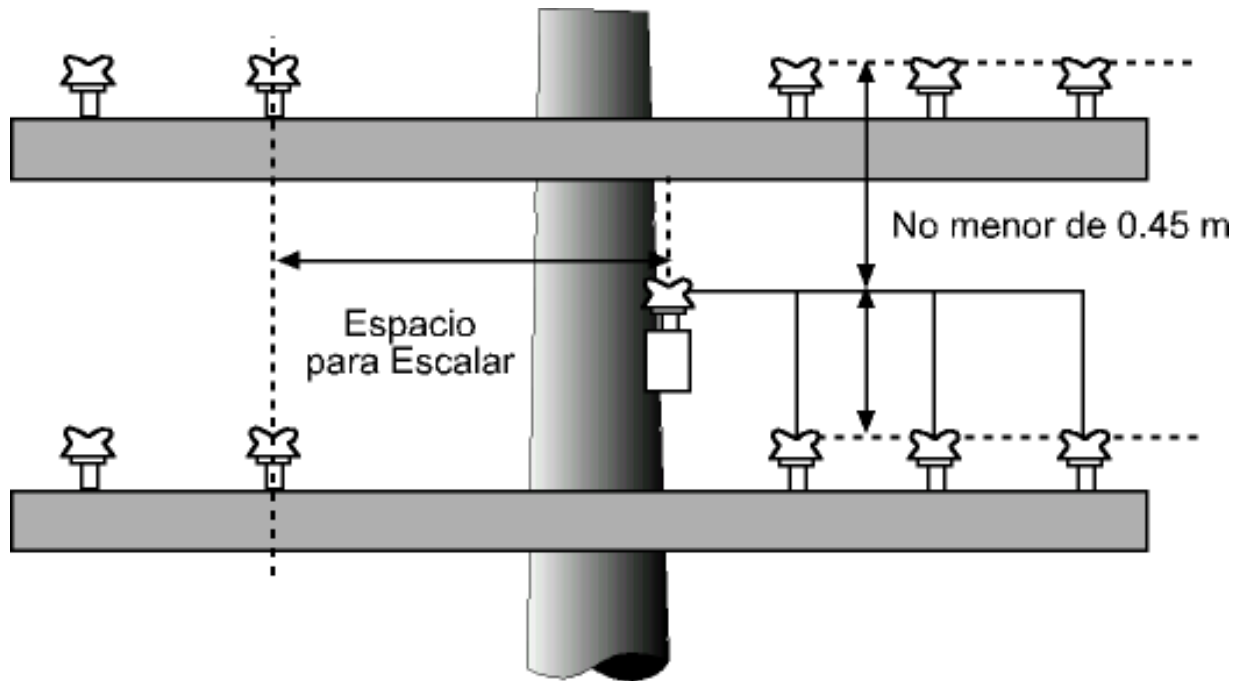


FIGURA No. 6
Altura reducida del espacio para trabajar

18.9 Distancias de las estructuras de soporte a otros objetos:

- A) Aplicación: Los requisitos de este numeral se refieren a las distancias mínimas que deben guardar las estructuras de soporte de las líneas aéreas, incluyendo sus retenidas y anclas a carreteras y vías férreas.
- B) A calles, caminos y carreteras.
- 1) *Distancia Horizontal de estructuras a orillas de calles o carreteras.* Las estructuras incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más separado posible de la orilla de la calle o carretera. En el caso de que existan bordillos y que la distancia vertical mínima de la superficie de la calle o carretera al equipo o accesorio soportado por la estructura sea de 4.60 m, la estructura deberá colocarse lo más separado posible de la orilla del bordillo y nunca a menos de 0.15 m.
 - 2) *Distancia Horizontal de estructuras a esquinas de calle.* Las estructuras incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más lejos posible del inicio de la curvatura.
- C) A Vías férreas: Cuando las líneas aéreas estén paralelas o crucen vías férreas, todos los elementos de la estructura de soporte tales como, cruceros, retenidas y equipo adherido, que estén a menos de 6.7 m sobre el riel más cercano, debe cumplir con los numerales siguientes:
- 1) Distancia horizontal no menor de 3.6 m del riel más cercano;
 - 2) La distancia anterior puede reducirse por un acuerdo escrito con el propietario de la vía férrea.

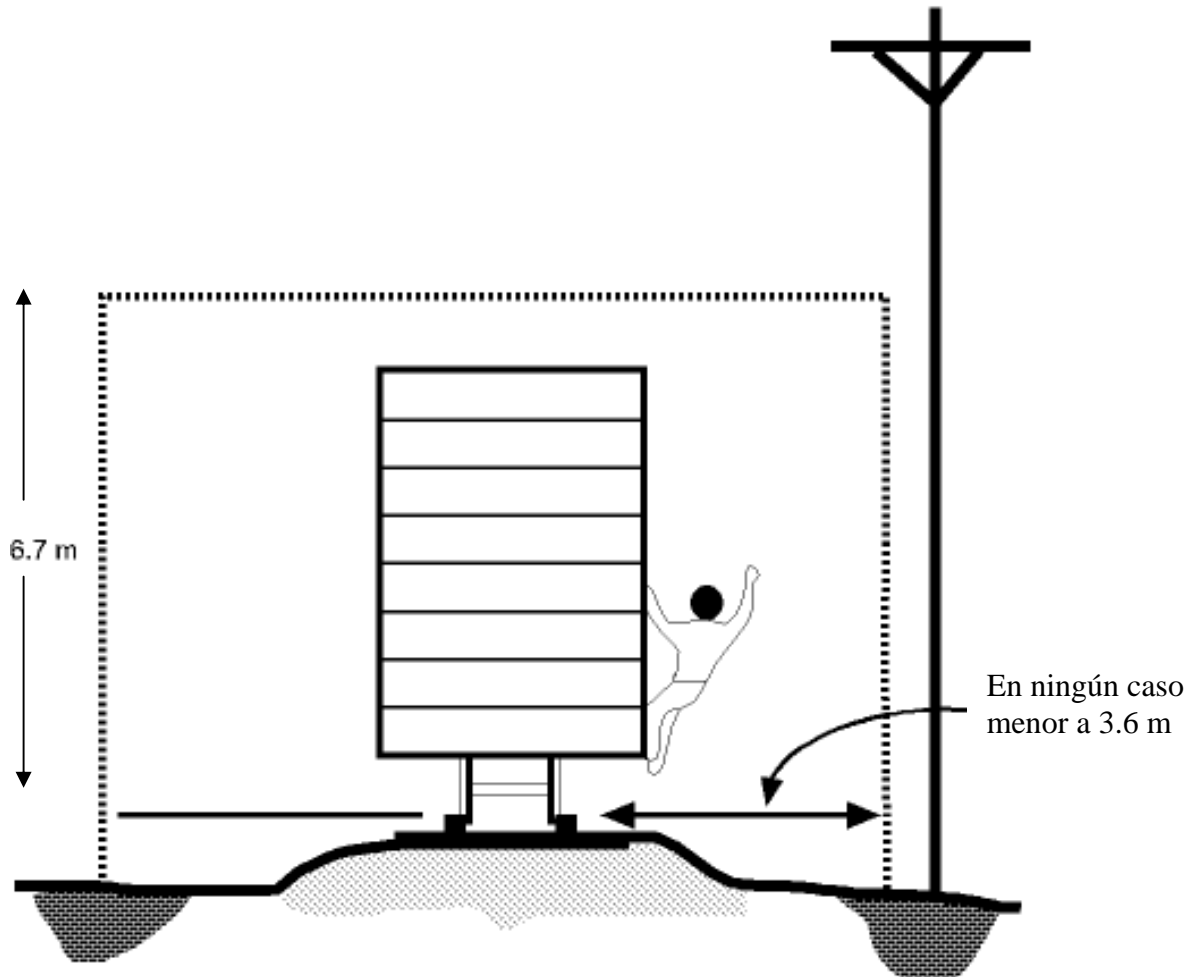


Figura No.7

Distancia Mínima de Seguridad de Estructuras de Soporte a Vías Férreas

Artículo 19. Cargas mecánicas en líneas aéreas.

19.1 Generalidades. Las líneas aéreas deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas propias y las debidas a las condiciones meteorológicas a que estén sometidas, según el lugar en que se ubiquen, con los factores de sobrecarga adecuados.

En cada caso deberán 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 este artículo, por menor temperatura ó mayor velocidad del viento, las instalaciones deberán diseñarse 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 deberán reducirse las indicadas en este artículo.

19.2 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 3 zonas de carga, en las cuales se calculará la presión ejercida por el viento como la correspondiente a una velocidad no menor de las que se indican a continuación:

- Zona 1 = 80 kilómetros por hora
- Zona 2 = 100 kilómetros por hora
- Zona 3 = 120 kilómetros por hora

La localización geográfica de las tres zonas se indica en la figura No. 8

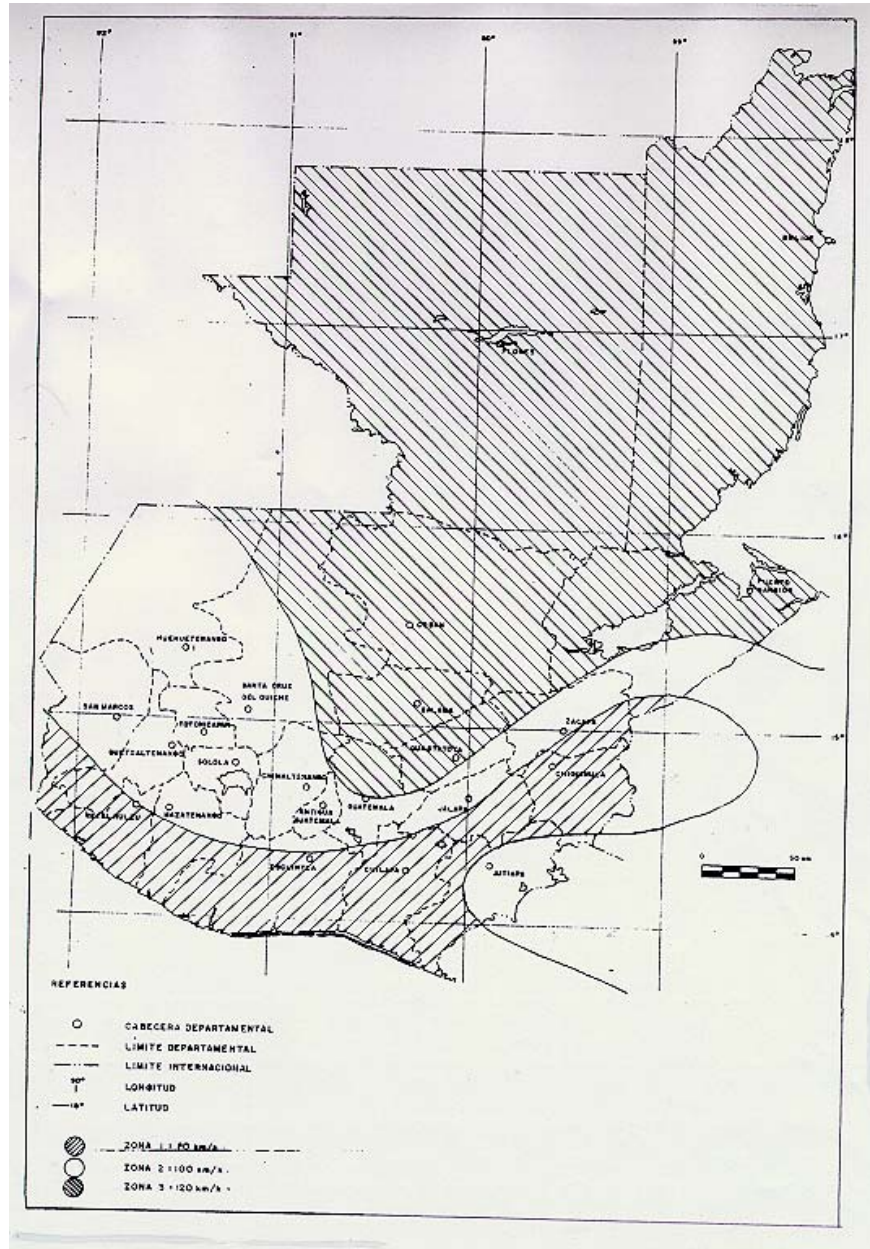


Figura No.8 Zonas de Viento Máximo

En el país existen 4 zonas de temperatura, en las cuales se supondrá que los conductores estarán sometidos a las siguientes temperaturas mínimas y máximas:

- Zona 1 = mínima 10° C; máxima 50° C
- Zona 2 = mínima -5° C; máxima 40° C
- Zona 3 = mínima 0° C; máxima 50° C
- Zona 4 = mínima 0° C; máxima 40° C

La localización geográfica de las cuatro zonas se indica en la figura No. 9.

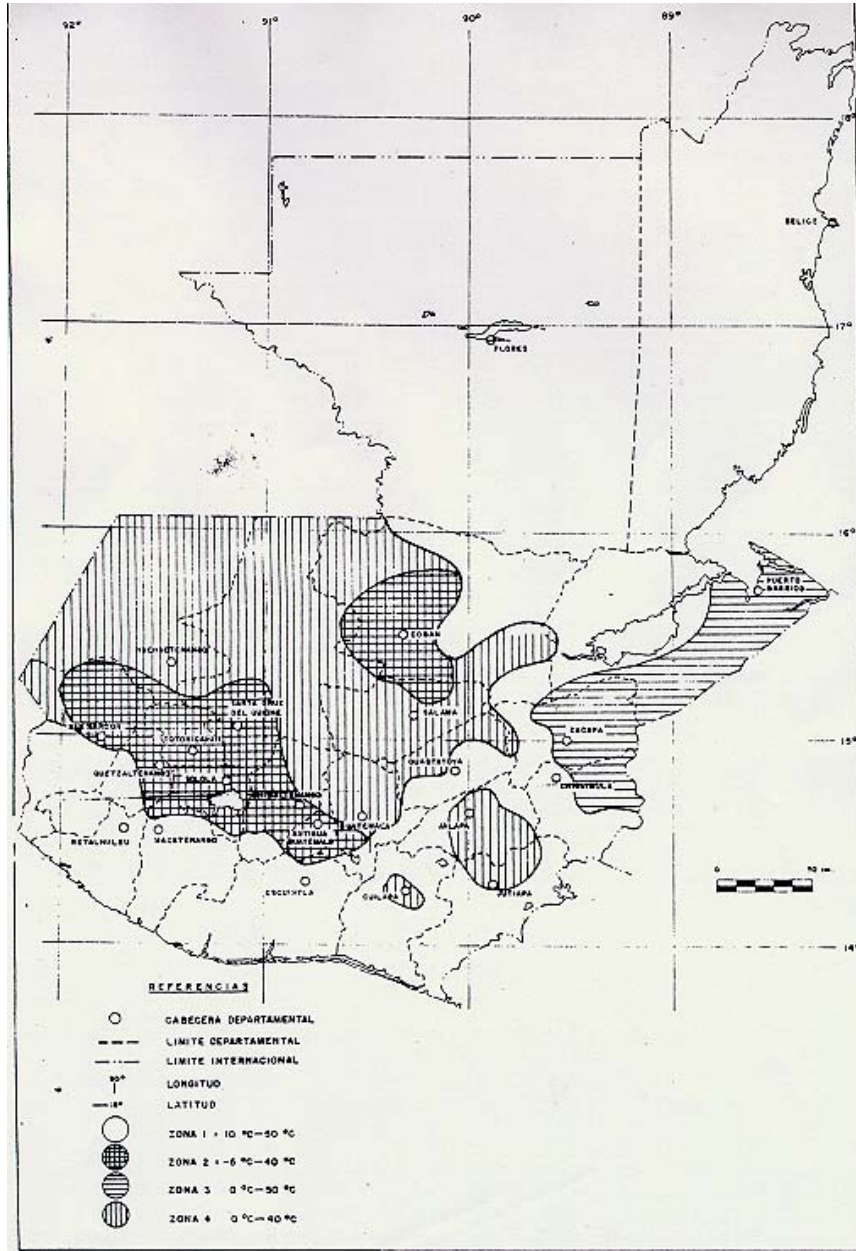


Figura No. 9 Zonas de Temperatura

19.3 Presión del viento: La presión del viento sobre superficies cilíndricas se debe calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$P = 0.00482 V^2$$

Donde “P” es la presión de viento, en kilogramos por metro cuadrado del área proyectada y “V” es la velocidad del viento de diseño en kilómetros por hora.

La tabla No. 12 muestra los valores de presión de viento que resultan al aplicar esta fórmula, con los valores de velocidad de viento de diseño.

TABLA No. 12.
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 cilíndricas
1	80	31
2	100	48
3	120	69

19.4 Cargas en los cables: Las cargas en los cables debidas al viento, deberán determinarse en la forma indicada en 19.1 y 19.3

Para calcular la tensión mecánica máxima de los cables, se deberá 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 del viento indicadas en 19.2.

19.5 Cargas en las estructuras y 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, aisladores y accesorios de sujeción de los conductores y cables de guarda, se deberá considerar como el peso propio de éstos más el de los conductores, cables de guarda y equipo que soporten, teniendo en cuenta los efectos que puedan resultar por diferencias de nivel entre los soportes de los mismos.

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 cable de guarda, se deberá calcular tomando en consideración el “vano medio horizontal” ó “vano de viento” que se define como la semisuma de los vanos 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 del viento, el producto de la presión del viento, por el área unitaria proyectada del conductor o cable de guarda.

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.

C) Carga longitudinal: Es la debida a las componentes de las tensiones mecánicas máximas de los conductores o cables, 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, 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) Aplicación simultanea de cargas: En la aplicación simultanea de cargas deberá considerarse lo siguiente:

1) Al calcular la resistencia a las fuerzas transversales, se supondrá que las cargas vertical y transversal actúan simultáneamente.

- 2) Al calcular la resistencia a las fuerzas longitudinales para la aplicación de retenidas, no se tomarán en cuenta las cargas vertical y transversal;
- 3) En casos en que sea necesario, deberá hacerse un análisis de resistencia tomando en cuenta la aplicación simultánea de las cargas vertical, transversal y longitudinal.

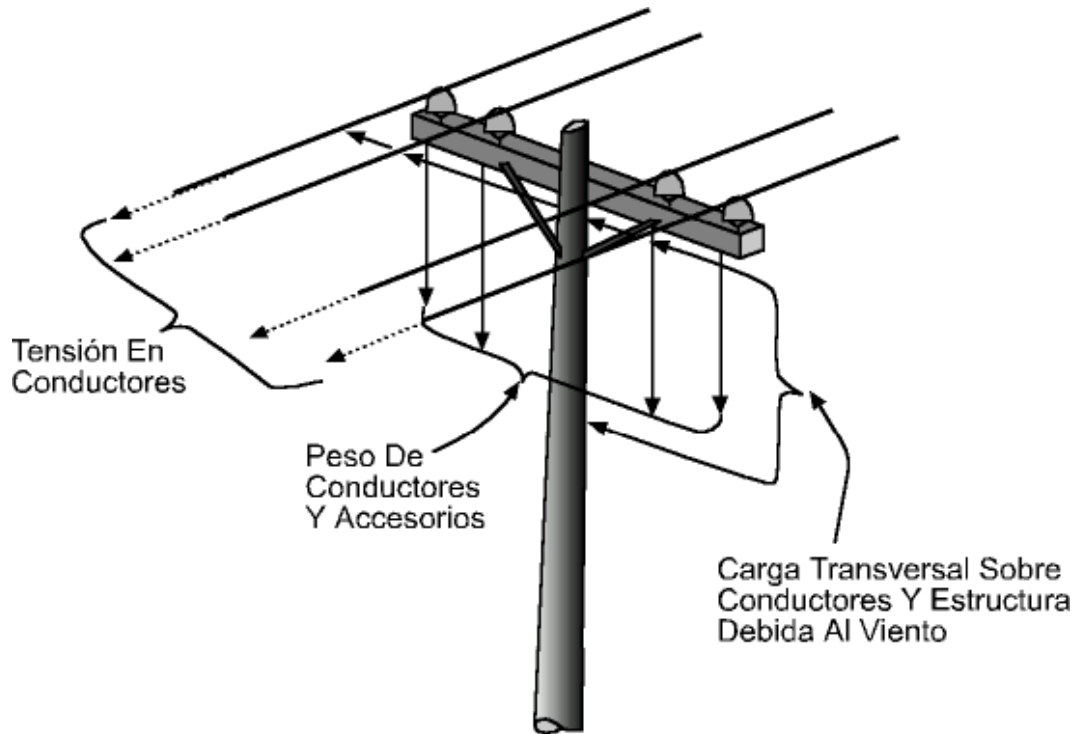


Figura No.10
Fuerzas que producen Carga Sobre
Estructuras de Soporte

Artículo 20. Clases de construcción en líneas aéreas. Con el objeto de establecer los coeficientes de seguridad y otros requisitos que las líneas aéreas deben cumplir en diferentes lugares y condiciones que representen peligro a las personas y bienes, como en cruzamientos, campo abierto, etc, las líneas aéreas se dividirán, en cuanto a su construcción, en dos clases que se denominan por las letras B y C. La clase B tiene mayor resistencia mecánica y llena los requisitos más exigentes, que se consideran necesarios en lugares de mayor riesgo. La clase C tiene menor resistencia mecánica que la B, pero llena los requisitos que se consideran necesarios en lugares de menor riesgo que los considerados para la clase B.

20.1 **Las Estructuras.** Las estructuras de las líneas aéreas deberán ser diseñadas para soportar las cargas indicadas en el numeral 19.5 multiplicadas por los apropiados factores de sobrecarga indicados en la tabla No. 13 sin exceder los límites permitidos. Las estructuras de las líneas aéreas deberán ser construidas para que tengan la capacidad de resistir las cargas estáticas y dinámicas a que estarán sujetas las líneas en condiciones normales y excepcionales. El diseño deberá estar basado en prácticas normalizadas de Ingeniería Estructural y deberá considerar la configuración de los conductores y el efecto de las distintas fuerzas que actúan sobre estos. Como mínimo las estructuras deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- A) **Postes de concreto:** Deberán ser de concreto reforzado o pretensados por los procesos centrifugado y/o vibrado.
- B) **Postes de madera:** Deberán ser de madera seleccionada, libre de defectos que pudieran disminuir su resistencia mecánica y tratada con una solución preservadora, para aumentar su duración.

Todos los postes deberán ser curados, taladrados y con los agujeros y cortes hechos antes del tratamiento.

- C) Postes y estructuras de acero: El espesor del material que se utilice no deberá ser menor de cuatro (4) mm. Cuando la aleación de acero no contenga elementos que la hagan resistente a la corrosión se deberá proteger con una capa exterior de pintura o metal galvanizado que garantice la durabilidad;
- 20.2 Las cimentaciones: Las cimentaciones deberán ser diseñadas para resistir las cargas que le transmite la estructura. El diseño de los cimientos deberá verificar 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 cemento, más el peso del suelo que gravita sobre él.
- 20.3 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.
- 20.4 Retenidas.
- A) En postes de madera y concreto se deberá considerar que las retenidas llevan la resultante de la carga total en la dirección en que actúen;
 - B) Se recomienda usar para las retenidas cables de acero y herrajes adecuados que protejan la estructura y mantengan al cable en la posición correcta;
 - C) El cable de acero, herrajes y aisladores que se utilicen deben tener una resistencia mecánica no menor que la requerida para la retenida;
 - D) Los hilos, cables metálicos o barras, empleados para los tirantes deberán ser galvanizados si son de acero, o de otro material igualmente resistente a la corrosión; La sección del tirante deberá ser de por lo menos 30 mm^2 .
 - E) La resistencia mecánica de los aisladores que se utilicen para retenidas, no debe ser menor que la resistencia de ruptura del cable de la retenida en que se instalen;
 - F) La tensión de flameo en seco de estos aisladores, debe ser cuando menos el doble de la tensión nominal entre fases de la línea en que se usen, y su tensión de flameo en húmedo, cuando menos igual a dicha tensión;
 - G) Ningún aislador debe quedar a una altura menor de 2.50 m del nivel del suelo;
 - H) Cuando una retenida no conectada efectivamente a tierra, pase cerca de conductores o partes descubiertas energizadas a más de 300 voltios, debe proveerse un medio aislante adecuado de manera que el tramo de la retenida expuesto a contacto con dichos conductores o partes energizados, quede comprendido entre la parte aislada.
- 20.5 Herrajes. Deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar la tensión máxima resultante de la aplicación de las cargas correspondientes. Se recomienda que los herrajes a utilizar sean de preferencia por inmersión en caliente.
- 20.6 Factores de Sobrecarga: Las estructuras, cruceros, retenidas, fundiciones y anclas deberán ser diseñadas para soportar las cargas adecuadas multiplicadas por los factores de sobrecarga apropiados descritos en las tablas siguientes.

TABLA No. 13
FACTORES DE SOBRECARGA PARA ESTRUCTURAS¹, CRUCEROS, RETENIDAS, CIMIENTOS Y ANCLAS PARA SER UTILIZADOS CON LOS FACTORES DE RESISTENCIA DE LA TABLA No. 14.

FACTORES DE SOBRECARGA		
	CLASE B	CLASE C
Cargas verticales	1.50	1.50
Cargas Transversales		
Viento	2.50	2.20 ⁴
Tensión del conductor	1.65 ²	1.30 ⁵
Cargas Longitudinales		
En los cruces:		
En general	1.10	No se requiere
En remates	1.65 ²	1.30 ⁵
En otras partes:		
En general	1.00	No se requiere
En remates	1.65 ²	1.30 ⁵

- 1 Incluye postes
- 2 Para retenidas y anclas asociadas con estructuras que únicamente soportan conductores y cables de comunicación, este factor puede reducirse a 1.33.
- 3 Donde las cargas verticales reducen significativamente la tensión en un miembro de la estructura, un factor de sobrecarga de 1.0 debe ser usado para el diseño de dicho miembro
- 4 Este factor puede ser reducido a 1.75 para estructuras de madera y concreto reforzado (no pretensado), cuando no son estructuras de cruce.
- 5 Para estructuras de metal y concreto pretensado, cruceros, retenidas, fundiciones y anclas, use un valor de 1.10.

TABLA No. 14
FACTORES DE RESISTENCIA PARA, ESTRUCTURAS, CRUCEROS, RETENIDAS, CIMIENTOS Y ANCLAS, PARA SER UTILIZADOS CON LOS FACTORES DE SOBRECARGA DE LA TABLA No. 13

	CLASE B	CLASE C
Factores de resistencia		
Estructuras de metal y concreto pretensado	1.0	1.0
Estructuras de madera y concreto reforzado	0.65	0.85
Cable de retenida	0.9	0.9
Ancla de retenida y cimientos	1.0	1.0
Factores de resistencia para estructuras cuyos elementos estén instalados a 18.0 m ó más sobre el nivel del suelo		
Estructuras de metal y concreto pretensado	1.0	1.0
Estructuras de madera y concreto reforzado	0.75	0.75
Cable de retenida	0.9	0.9
Ancla de retenida y cimientos	1.0	1.0

CAPITULO II SUBESTACIONES

Artículo 21 Generalidades. Al decidir sobre la ubicación de una subestación de distribución y además de considerar los factores técnicos, económicos y climáticos de diseño, deberán cumplirse los siguientes requerimientos:

- 21.1 **Seguridad Pública.** Se deberá instalar rótulos de advertencia de peligro o riesgo a la seguridad del público por la presencia de la subestación y las actividades asociadas a ella. Se deberá instalar rótulos con advertencias sobre los riesgos por: contactos eléctricos (especialmente por niños), potencial de paso y de contacto, incremento de tránsito, derrame de químicos, explosiones, incendio y otros que se consideren necesarios. La puerta de acceso deberá tener fijada en la parte exterior y en forma completamente visible, un rótulo con la leyenda "PELIGRO ALTA TENSION". Para el caso de subestaciones circulares por cercas o mallas metálicas, se deberá instalar éste rótulo en cada lado de la malla;
- 21.2 **Impacto ambiental.** Se deberá proceder de acuerdo a La Ley General de Electricidad y su Reglamento y a Normas que se establezcan para este fin y deberá escogerse la opción que represente el mínimo impacto al medio ambiente;

- 21.3 Ubicación. El diseño deberá considerar el adecuado acceso de las líneas aéreas con el objetivo de minimizar la necesidad de servidumbres de paso. Las Subestaciones deberán ubicarse en terrenos que no estén sujetos a inundación, derrumbes u otra situación previsible que pueda poner en peligro la seguridad de las personas y de las instalaciones. En caso de no ser posible, se deberán tomar las medidas de seguridad correspondientes a efecto de minimizar los riesgos y efectos sobre las personas y bienes;
- 21.4 Continuidad del servicio. El diseño deberá considerar que para efectos de mantenimiento de los dispositivos de protección exista un dispositivo de respaldo con las características técnicas adecuadas, que permita mantener la continuidad del servicio;
- 21.5 Ampliaciones. El diseño de la subestación deberá considerar las posibles ampliaciones y las necesidades de mantener el servicio eléctrico durante los períodos de construcción;
- 21.6 Medio de protección y desconexión: Toda subestación deberá tener un medio de protección y desconexión que garantice la confiabilidad del sistema;
- 21.7 Capacidad interruptiva y coordinación de protecciones.
- A) Los dispositivos de interrupción de corriente deberán ser de la capacidad interruptiva adecuada. Esta capacidad deberá estar de acuerdo con la potencia máxima de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de ubicación de la subestación, tomando en cuenta el aumento de la potencia futura;
 - B) Toda falla interna en una subestación se deberá eliminar lo más rápidamente posible, de tal manera que se deje fuera de servicio un mínimo de elementos.

Artículo 22 Seguridad en Subestaciones

- 22.1 Generalidades. Los locales y espacios en que se instalen subestaciones deberán estar resguardados respecto de su acceso:
- A) Barreras de Protección: Deberán emplearse barreras de protección tales como: cercas, mallas o muros perimetrales, con candado en las puertas u otros recursos apropiados, para mantener al público alejado de las subestaciones. Las barreras de protección deberán tener una altura mínima de 2.10 m;
 - B) Rótulos de Advertencia: Deberá disponerse de rótulos completamente visibles, preferiblemente con símbolos y texto, previniendo al público del peligro, el texto de los rótulos deberán estar escritos en idioma español;
 - C) Acceso a personal no autorizado: Las instalaciones en que sea posible entrar en contacto con partes con tensión, deberán ser inaccesibles a personas ajenas al servicio;
 - D) Indicaciones importantes al público: En las instalaciones se pondrán en lugares visibles, las siguientes indicaciones:
 - 1) las instrucciones relativas a los primeros auxilios que deban darse a las víctimas de accidentes causados por la corriente eléctrica;
 - 2) el diagrama unifilar y de planta de conjunto de la subestación; e
 - 3) instrucciones sobre disposiciones especiales que sea necesario observar durante el servicio;

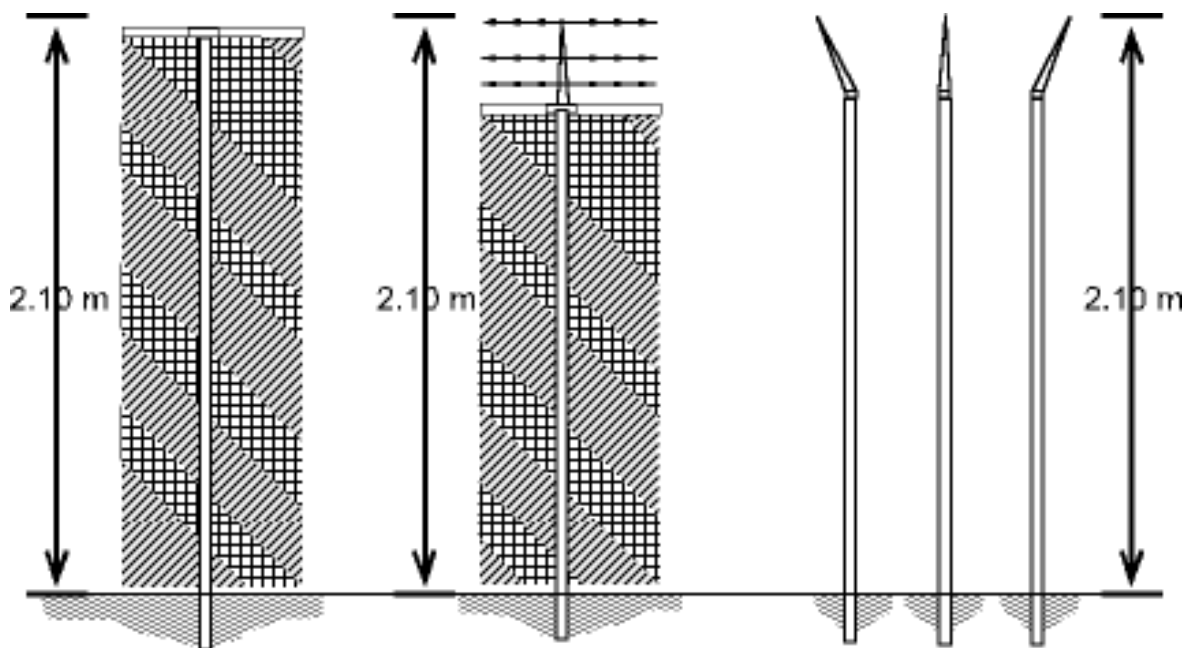


FIGURA No. 11
Distintos Tipos de Barreras de Protección
en Subestaciones

22.2 Distancias mínimas de seguridad: Se deberá mantener una distancia mínima de seguridad para evitar que ocurran daños personales y materiales por contacto de líneas eléctricas energizadas con personas, equipos, instalaciones o superficies. En una subestación se deberá prevenir el contacto entre:

- A) Componentes energizados y trabajadores (personas en general);
- B) Componentes energizados entre sí, por ejemplo, línea a línea;
- C) Componentes energizados y tierra;
- D) Componentes energizados y edificios u otras estructuras;
- E) Componentes energizados u otras instalaciones conductoras.
- F) Distancias mínimas de seguridad a partes energizadas descubiertas:

Todas las partes energizadas que operen a una tensión mayor de 150 voltios a tierra sin recubrimiento aislante adecuado, deberán protegerse de acuerdo con su tensión contra el contacto accidental de personas, ya sea que se usen resguardos especiales o bien localizando las partes energizadas respecto a los sitios donde pueden circular, o trabajar personas, a una altura y con una distancia horizontal igual o mayor que las indicadas en la Tabla No. 15, columnas 3 y 4 respectivamente.

TABLA No. 15
DISTANCIAS MINIMAS A PARTES ENERGIZADAS DESCUBIERTAS

1 Máxima Tensión de diseño entre fases	2 Nivel Básico de Aislamiento al Impulso (BIL)	3 Altura mínima	4 Distancia Horizontal mínima	5 Distancia mínima de resguardo a partes energizadas
kV	kV	m	m	m
0.151-0.6	--	2.64	1.02	0.050
2.4	--	2.67	1.02	0.076
7.2	95	2.69	1.02	0.101
15	95	2.69	1.02	0.101
15	110	2.74	1.07	0.152
25	125	2.77	1.09	0.177
25	150	2.82	1.14	0.228
35	200	2.90	1.22	0.304
48	250	3.00	1.32	0.406
72.5	250	3.00	1.32	0.406
72.5	350	3.18	1.50	0.584
121	350	3.18	1.50	0.584
121	550	3.53	1.85	0.939
145	350	3.18	1.50	0.584
145	550	3.53	1.85	0.939
145	650	3.71	2.03	1.117
169	550	3.53	1.85	0.939
169	650	3.71	2.03	1.117
169	750	3.91	2.24	1.320
242	550	3.53	1.85	0.939
242	650	3.71	2.03	1.117
242	750	3.91	2.24	1.320
242	900	4.19	2.51	1.600
242	1050	4.52	2.84	1.930

Nota:

- 1) Los valores de la columna 5 no fijan un requisito para diseñar el equipo, sino que fijan una norma misma para la instalación del resguardo. Por ejemplo, no es su propósito que se apliquen al espacio entre las partes energizadas y paredes de celdas metálicas, compartimientos o similares, ni al espacio entre barras colectoras y sus soportes, ni entre cuchillas y sus bases, ya que en estos casos intervienen múltiples factores que deciden el diseño del fabricante.

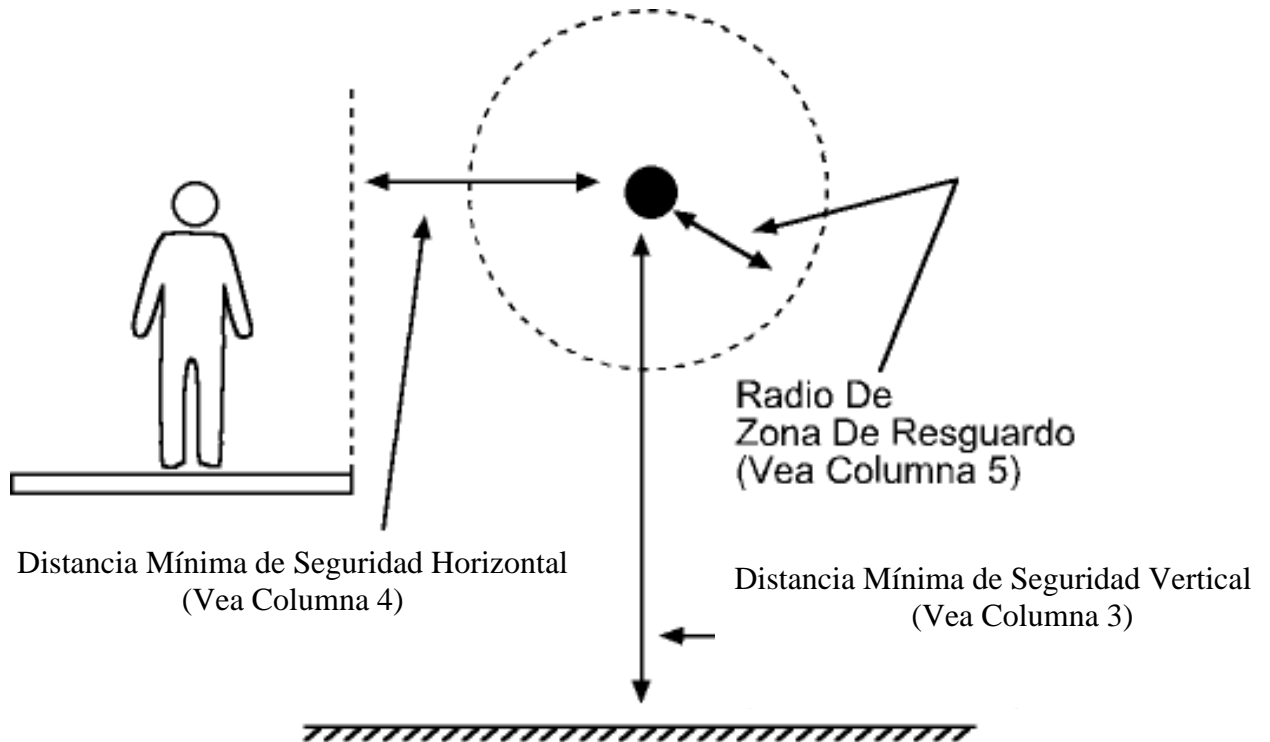


FIGURA No. 12
Distancias Mínimas A
Partes Energizadas Descubiertas

- G Zona de Seguridad para Barreras de Protección:
Cuando se instalen cercas, mallas o muros perimetrales como barreras de protección para personal no autorizado, deben ser ubicadas de tal forma que las partes energizadas expuestas queden fuera de la zona de seguridad tal como se ilustra en la figura No. 13 y en la Tabla No. 16.

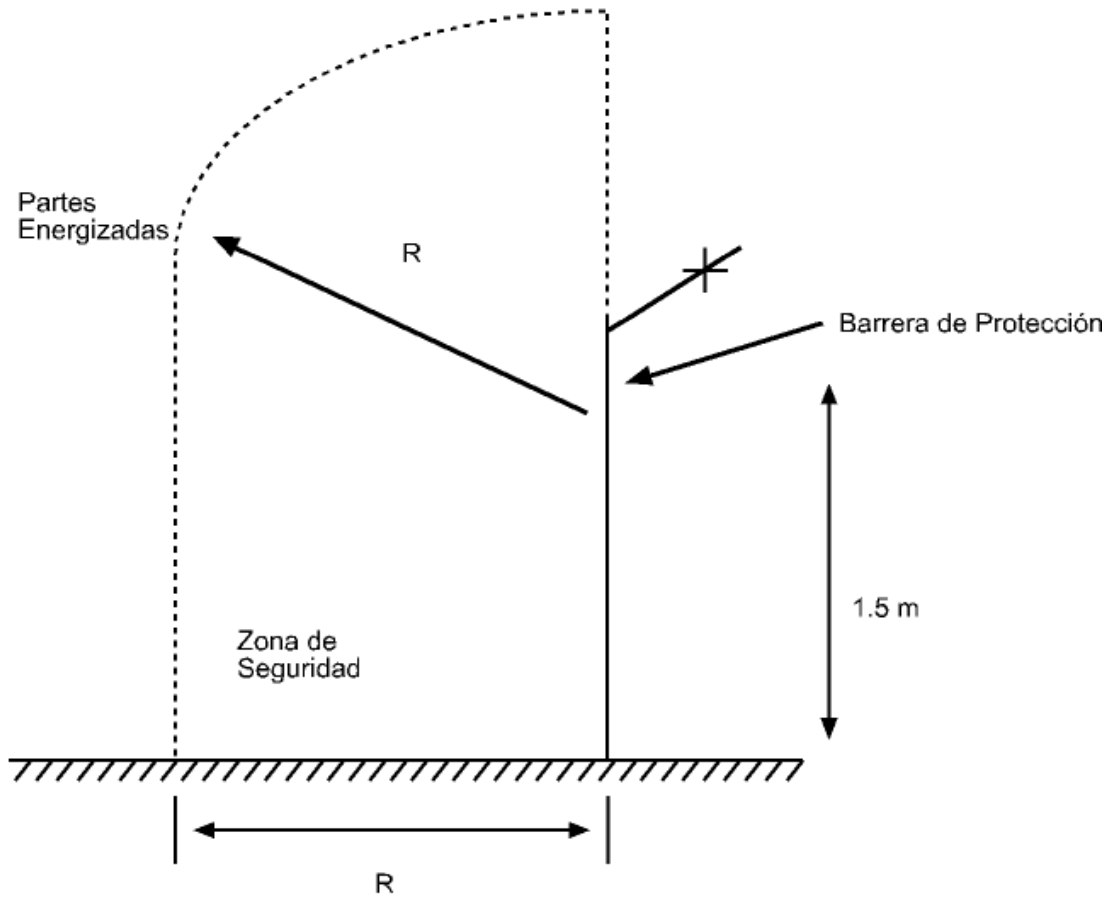


FIGURA No. 13
Zona De Seguridad Para Barreras De
Protección Es Subestaciones.

TABLA No 16
VALORES A SER USADOS CON LA FIGURA No. 13

Tensión Nominal entre fases	Nivel Básico de Aislamiento al Impulso	Distancia "R"
kV	BIL	m
0.151 – 7.2	95	3.0
13.8	110	3.1
23	150	3.1
34.5	200	3.2
46	250	3.3
69	350	3.5
115	550	4.0
138	650	4.2
161	750	4.4
230	825	4.5
230	900	4.7
345	1050	5.0
500	1175	5.3

- 22.3 **Iluminación:** Los locales o espacios, interiores o exteriores, donde esté localizado el equipo eléctrico, deberán tener medios de iluminación artificial con intensidades adecuadas para las funciones que en cada caso se tengan que cumplir. Deberá proporcionarse suficiente iluminación en el frente y atrás del tablero para que pueda ser fácilmente operado y los instrumentos leídos correctamente. Los medios de iluminación deberán mantenerse listos para utilizarse en cualquier momento y por el tiempo que sea necesario.
- 22.4 **Salidas:** Cada local y cada ambiente de trabajo alrededor del equipo deberá tener vías de salida suficientemente seguras, las que deberán mantenerse libres de toda obstrucción y deberán disponer de iluminación de emergencia;
- 22.5 **Protección contra incendios:** Los requisitos para la prevención y protección contra incendios en una subestación deberán estar conforme lo reglamentado por las normas NFPA, ASTM, NEC y otras normas internacionales aplicables; adicionalmente se deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:
- A) Se deberá disponer de dispositivos extinguidores de incendio apropiados;
 - B) Los extinguidores de incendio deberán instalarse en lugares fácilmente accesibles en caso de siniestro;
 - C) Los extinguidores deberán revisarse periódicamente, como mínimo una vez por año, para comprobar su buen estado de funcionamiento;
 - D) Se evitará por medios apropiados que se originen y propaguen incendios;
 - E) Cada distribuidor y gran usuario deberá preparar un manual de protección contra incendios para usarlo en subestaciones y salas de control, que sea más amplio y cubra sus necesidades específicas;
 - F) En subestaciones de gran tamaño e importancia, y en especial, las de alta tensión, se recomienda el uso de sistemas de protección contra incendio de tipo fijo, que operen automáticamente por medio de detectores de fuego que, al mismo tiempo, accionen alarmas;
 - G) Para el equipo que contenga aceite, se deberá 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 concreto entre transformadores y entre éstos y otras instalaciones vecinas, cuando el equipo opere en alta tensión;
 - 3) Separar los equipos que contienen líquidos inflamables (aceite) de otros equipos y edificios para limitar daños por una eventual explosión o incendio.

Artículo 23 Sistema de Tierras en Subestaciones. Las conexiones a tierra indicadas a continuación, deberán efectuarse de conformidad con los métodos indicados en el TÍTULO II, Capítulo IV de estas Normas.

- 23.1 **Generalidades:** Las subestaciones deberán tener un adecuado sistema de tierras al cual deberán estar conectados todos los elementos de la instalación que requieran la Puesta a tierra para:
- A) Proveer un circuito de muy baja resistencia para la circulación de las corrientes a tierra ya sean debidas por falla a tierra del sistema o la operación de un pararrayos;
 - B) Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación que puedan ser peligrosas para el personal, considerando que las tensiones tolerables por el cuerpo humano deben ser mayores que las tensiones resultantes en la red de tierras;
 - C) Facilitar la operación de los dispositivos de protección adecuados, para la eliminación de las fallas a tierra;
 - D) Proveer mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.
- 23.2 **Disposición Física:** El cable que forme el perímetro exterior de la red de tierras, deberá ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo de la subestación. La red de tierras deberá estar constituida por cables colocados paralela y perpendicularmente, con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando mallas. En cada cruce de conductores de la red de tierras, éstos deberán conectarse rígidamente entre sí y en los puntos adecuados conectarse a electrodos de una longitud y diámetro mínimos de 2.40 m y 12.5 mm respectivamente, clavados verticalmente y/o contruidos de tal manera que garanticen el nivel

de conductividad en el futuro. El diseño del sistema de tierras deberá considerar las cajas de registro necesarias para efectos de medición y mantenimiento.

23.3 Puesta a tierra de partes no conductoras:

- A) Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente del equipo eléctrico, deberán conectarse a tierra en forma permanente, tales como cubiertas de tableros, tanques de transformadores e interruptores, así como las defensas metálicas del equipo eléctrico, incluyendo cercas y mallas perimetrales;
- B) Con excepción de equipo instalado en lugares húmedos o lugares peligrosos las partes metálicas que no conducen corriente, pueden no conectarse a tierra, siempre que sean normalmente inaccesibles o que se protejan por medio de resguardos. Estos deben impedir que se puedan tocar inadvertidamente las partes metálicas mencionadas y simultáneamente, algún objeto conectado a tierra;
- C) Las estructuras de acero de la subestación, en general, deberán conectarse a tierra.

23.4 Incremento de potencial a tierra: El incremento del potencial a tierra en una subestación cuando la corriente de falla es drenada a tierra no debe representar peligro para el personal que se encuentre dentro de la subestación o a aquellos en su perímetro o que toquen su cerca perimetral. Los potenciales de paso y de contacto en las proximidades de la subestación deberán estar en niveles seguros. Los efectos de transferencia de potencial deberán ser estudiados y limitados. Para todos estos aspectos se seguirán las indicaciones de la norma IEEE Std 80.

Artículo 24. Instalación de equipo eléctrico en subestaciones.

24.1 Transformadores de Corriente: Los circuitos secundarios de transformadores de corriente deben tener medios para ponerse en cortocircuito, conectarse a tierra simultáneamente y aislar los transformadores del equipo normalmente conectado a ellos, mientras el primario esté conectado al circuito alimentador. No se permite el uso de dispositivos de sobrecorriente en el secundario.

24.2 Transformadores de potencial: Los circuitos secundarios de transformadores de potencial deben estar provistos de algún medio de desconexión seguro, que evite la posibilidad de energizar el lado de alta tensión debido a una retroalimentación accidental desde los circuitos secundarios.

24.3 Protección de los circuitos secundarios de transformadores para instrumento.

- A) *Puesta a tierra.* Los circuitos secundarios de transformadores para instrumento (transformadores de corriente y de potencial) deberán estar conectados efectivamente y permanentemente a tierra en algún punto del circuito.
- B) *Protección Mecánica.* Cuando los circuitos primarios operen a más de 600 voltios, los conductores de los circuitos secundarios deberán alojarse en un tubo metálico rígido permanentemente conectado a tierra, a menos que estén adecuadamente protegidos contra daño mecánico y contra contacto de personas.

24.4 Transformadores de potencia y de distribución.

- A) En la instalación de transformadores que contengan aceite deberán tomarse en cuenta las recomendaciones sobre protección contra incendios que se indican en el artículo 22.5 G;
- B) Los transformadores deberán instalarse en lugares con ventilación apropiada y que sean solamente accesibles a personas autorizadas;
- C) Los líquidos aislantes de los transformadores deberán ser ambientalmente aceptables y no deberán ser nocivos a la salud;
- D) Los tanques, carcasas o estructuras metálicas de los transformadores que estén conectados a circuitos de más de 150 voltios a tierra, deberán conectarse a tierra permanentemente.

24.5 Interruptores, restauradores, seccionadores y fusibles:

- A) *Ubicación:* Todos los interruptores manuales ó automáticos, cuchillas y fusibles deberán ser accesibles para las personas autorizadas que los operan y deberán colocarse y marcarse de modo que pueda identificarse fácilmente el equipo que controlan. Los interruptores deberán tener un seguro para sus posiciones de abierto y cerrado o de un letrero cuando no sea posible instalar el seguro. Para equipos que sean operados a control remoto y automáticamente, el circuito de control deberá contar con un medio de inhibición local para evitar operaciones accidentales y permitir la operación manual.
- B) *Indicación:* Deberá ser posible verificar la operación efectuada por un interruptor o una cuchilla, exceptuando los fusibles, por inspección visual de la posición de los contactos de las cuchillas o por el uso de lámparas y/o banderas indicadoras para señalar la posición actual del equipo.

- C) *Protección contra incendios.* Los interruptores en aceite deberán separarse entre sí, o de otros aparatos, como medida de protección contra incendio.,
 - D) Se deberá instalar un interruptor que pueda operarse manualmente, en forma local o remota
 - 1) En algún punto conveniente de la alimentación a equipo eléctrico importante;
 - 2) En el punto de alimentación de cada uno de los circuitos alimentadores;
 - 3) En la entrada de subestaciones de usuarios en el punto de conexión del sistema suministrador;
 - 4) Como medio de protección, en casos especiales.
 - E) En general todos los circuitos que alimenten transformadores, grupos de aparatos y equipo auxiliar de las subestaciones, y todos los circuitos que salgan del local de éstas, deberán protegerse contra sobrecorriente mediante cortacircuitos fusible o interruptores automáticos de capacidad suficiente para interrumpir la corriente máxima de cortocircuito a que puedan estar sometidos, excepto en los siguientes casos:
 - 1) Conductores puestos a tierra;
 - 2) Los circuitos de los transformadores de corriente;
 - 3) Otros circuitos en los que su apertura pueda originar peligro a la persona o a los bienes.
- 24.6 Tableros de Mando Control y Protección:
- A) *Localización y accesibilidad.* Los tableros deberán colocarse donde el operador no esté expuesto a daños por la proximidad de partes energizadas o partes de maquinaria o equipo en movimiento;
 - 1) Los materiales combustibles deben estar alejados de los tableros.
 - 2) El espacio alrededor de los tableros deberá conservarse despejado y no usarse para almacenar materiales;
 - 3) Deberá preverse espacio para trabajar;
 - 4) Los instrumentos, relevadores y otros dispositivos que requieren lectura o ajuste, deberán ser colocados de manera que estas labores puedan efectuarse fácilmente desde el espacio dispuesto para trabajar
 - B) *Material.* Los tableros deberán ser de material no inflamable y resistente a la corrosión;
 - C) *Arreglo e identificación.* Las conexiones y el alambrado en los tableros deberán efectuarse en un orden determinado y en forma de que su relación con el equipo sea fácilmente identificable;
 - D) *Puesta a tierra.* Las partes metálicas que no conduzcan corriente deberán conectarse efectiva y permanentemente a tierra.
- 24.7 Sala de baterías.
- A) *Generalidades.* En los ambientes que contienen acumuladores que puedan desprender gases explosivos se deberán adoptar las siguientes precauciones:
 - 1) Los corredores de servicio deberán tener por lo menos 0.80m de ancho y 2.00 m de altura.
 - 2) Se deberán instalar rótulos de advertencia dentro y fuera de la sala de baterías, prohibiendo, fumar, usar flamas abiertas y el uso de herramientas que produzcan chispas o fuentes de ignición;
 - 3) Deberá disponerse de equipo de seguridad adecuado, para usarse durante el mantenimiento o instalación de baterías. El equipo de seguridad personal deberá ser como mínimo el siguiente:
 - (i) Anteojos o careta;
 - (ii) Guantes resistentes al ácido;
 - (iii) Delantal protector y protector de zapatos;
 - (iv) Tomas de agua o garrafón portátil con agua o agentes neutralizadores de ácido para enjuague de ojos y piel.
 - (v) Espacios para ubicar recipientes para desechar residuos contaminantes
 - B) *Ubicación:* Las baterías deberán ser instaladas en un local independiente;
 - C) *Ventilación:* La ventilación, natural o artificial, deberá ser apropiada para evitar la acumulación de una mezcla explosiva;
 - D) *Iluminación:* De no contarse con dispositivos contra explosiones;
 - 1) No deberá instalarse en el interior de estos ambientes: interruptores, tomacorrientes ni ningún otro aparato que pueda producir chispas, llamas o que tengan elementos incandescentes descubiertos;
 - 2) El alumbrado se hará exclusivamente con lámparas eléctricas del tipo protegido y controladas desde fuera del ambiente

CAPÍTULO III LINEAS SUBTERRÁNEAS

Artículo 25. Requisitos Generales:

- 25.1 Líneas Subterráneas. En áreas densamente pobladas y/o de alta circulación de vehículos donde la disposición de las líneas aéreas representen un riesgo inaceptable y donde las distancias mínimas de seguridad no puedan cumplirse, se deberán diseñar instalaciones subterráneas bajo los tres siguientes puntos de vista; seguridad de las personas, seguridad de bienes e instalaciones y continuidad del servicio. El diseño y construcción deberá basarse en normas internacionales para el efecto, tales como ANSI o la norma Canadiense CSA C22.3 No 7-94; . Adicionalmente a lo requerido en las Normas arriba indicadas, se deberá cumplir con los siguientes requerimientos:
- 25.2 Localización y Accesibilidad. Las instalaciones subterráneas deberán quedar localizadas en tal forma que no interfieran con otras instalaciones o propiedades y que se puedan localizar e identificar en forma notoria. Los cables y equipos deberán quedar adecuadamente acomodados con la provisión de espacio de trabajo suficiente y distancia adecuada, de tal manera que el personal autorizado pueda rápidamente tener acceso para mantenimiento y examinarlos o ajustarlos durante su operación.
- 25.3 Planos de las Instalaciones: El propietario de las instalaciones subterráneas deberá tener en su poder planos actualizados de la instalación en los cuales indique la localización precisa en el terreno, de las instalaciones subterráneas y las características generales de las mismas, estos planos deberán proveerse a quién, con justificación, los solicite;

Artículo 26. Obra Civil para instalaciones Subterráneas. La obra civil para instalaciones subterráneas deberá 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. Si la trayectoria sigue una ruta paralela a otras canalizaciones o estructuras subterráneas ajenas, no deberá localizarse directamente arriba o debajo de dichas canalizaciones o estructuras;

Artículo 27. Puesta a tierra de circuitos y equipo.

- 27.1 Métodos. Los métodos a ser utilizados en la puesta a tierra de circuitos y equipo están indicados en el TÍTULO II, Capítulo IV de estas Normas.
- 27.2 Partes conductoras que deben ponerse a tierra. Los cables blindados, el marco de soporte y carcasa de equipo (incluyendo equipo tipo encapsulado), postes metálicos de iluminación, materiales conductores, tuberías y resguardos elevados que encierran líneas de suministro eléctrico deberán estar efectivamente aterrizados.
- 27.3 Circuitos.
- A: Neutrales: Neutrales primarios, secundarios y comunes deben estar efectivamente puestos a tierra;
 - B: Pararrayos: Los pararrayos deben estar efectivamente puestos a tierra.

CAPÍTULO IV MÉTODOS DE PUESTA A TIERRA

Artículo 28. Objetivo. El objetivo de éste capítulo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, para usarlos en lugares donde la puesta a tierra es requerida como uno de los medios para salvaguardar al público y los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico. Este capítulo solamente se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de las líneas eléctricas, los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deberán estar conectados a tierra, se encuentran en otros capítulos (TÍTULO II, CAPÍTULOS I,II,III)de estas Normas.

Artículo 29. Punto de Conexión del conductor de puesta a tierra.

29.1 Sistemas de corriente alterna:

- A) *Hasta 750 V.* La Puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de 4 hilos, o de un sistema monofásico de 3 hilos, , deberá hacerse al conductor neutro. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la Puesta a tierra deberá hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado.

La Puesta a tierra deberá hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.

- B) *Más de 750 V.* Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla) la Puesta a tierra deberá hacerse al neutro, en la fuente de alimentación. Si se desea conexiones adicionales a lo largo de la trayectoria del neutro, se puede hacer cuando éste sea uno de los conductores del sistema.
- C) *Conductor de puesta a tierra separado.* Si se usa un conductor de puesta a tierra separado, añadido a un cable subterráneo, deberá ser conectado en el transformador de alimentación y en los accesorios del cable cuando se requiera que estos vayan conectados a tierra. Este conductor deberá estar colocado en el mismo ducto que los conductores del circuito.

29.2 Cable mensajero y retenidas:

- A) *Cable mensajero:* Los cables mensajeros deberán conectarse a los conductores de puesta a tierra en los postes o torres, a los intervalos máximos indicados a continuación.

- 1) Cuando el cable mensajero es adecuado para conductor de puesta a tierra del sistema, (véase artículo No. 32) cuatro (4) conexiones como mínimo, en cada 1.6 Km de línea, sin incluir las tierras en los servicios a usuarios.
- 2) Cuando el cable mensajero no es adecuado para conductor de puesta a tierra del sistema, 8 conexiones como mínimo en cada 1.6 Km de línea, sin incluir las tierras en los servicios a usuarios.

- B) *Retenidas.* Las retenidas que requieran estar conectadas a tierra deberán conectarse a:

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

- 29.3 Puesta a tierra de cercas metálicas: Toda cerca metálica que se cruce con líneas de suministro eléctrico deberá 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 deberá aterrizar en el extremo más cercano al cruce con la línea.

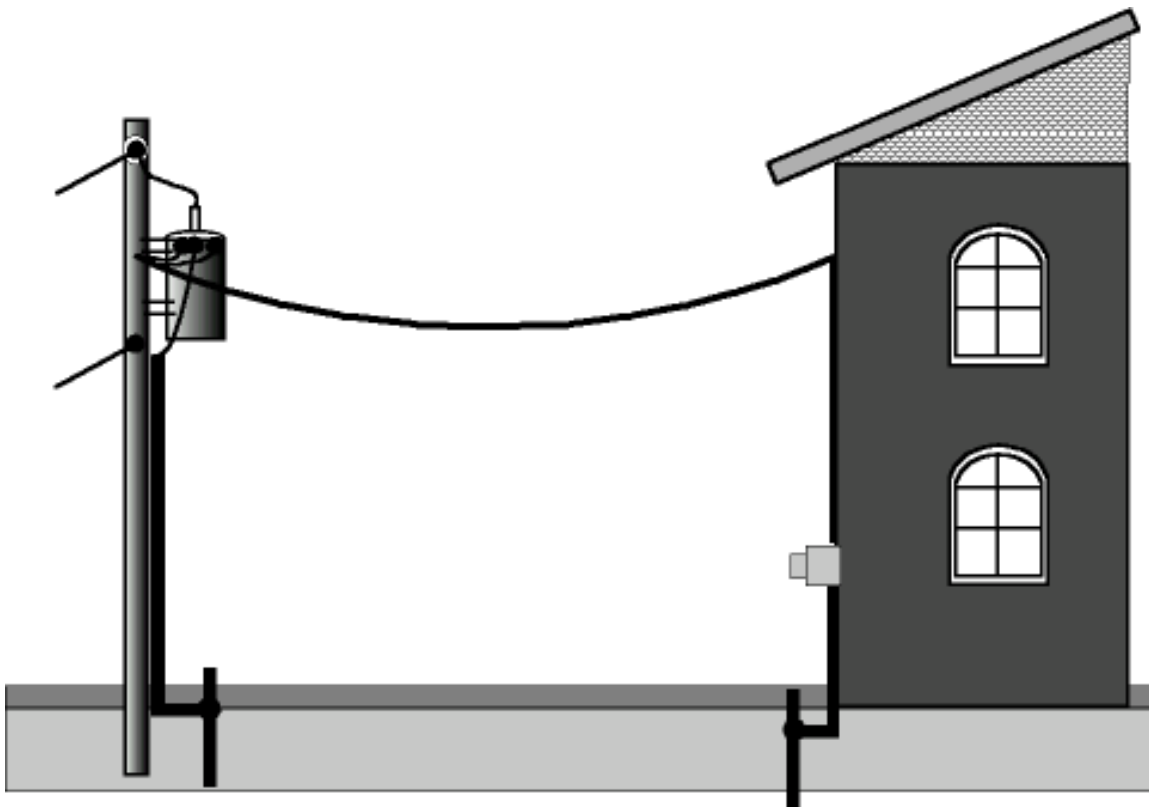


FIGURA No. 14
Puesta a tierra en la Fuente y
en la Carga

Artículo 30. Conductor de puesta a tierra y medios de conexión.

30.1 Composición de los conductores de puesta a tierra:

En todos los casos, los conductores de puesta a tierra deberán ser de cobre u otros metales o aleaciones que minimicen la corrosión durante su vida útil prevista. De ser posible, no deberán tener empalmes; si los empalmes son inevitables, deberán estar fabricados y conformados de tal forma que no se incremente notablemente la resistencia del conductor y también deberán tener adecuadas características mecánicas y de resistencia a la corrosión. La estructura metálica de un edificio o de otra construcción, puede servir como conductor de puesta a tierra y como un aceptable electrodo a tierra;

30.2 Desconexión del conductor de puesta a tierra:

En ningún caso deberá insertarse un dispositivo de desconexión en el conductor de puesta a tierra.

30.3 Medios de conexión:

La conexión del conductor de puesta a tierra y los diferentes elementos a que está unido, deberá hacerse por medios que igualen las características del propio conductor y que sean adecuadas para la exposición ambiental. Estos medios incluyen soldaduras y conectores mecánicos o de compresión.

30.4 Capacidad de corriente y resistencia mecánica:

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 deberá tener una capacidad de corriente de corto tiempo adecuada para la corriente de falla, que puede 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 corriente permanente del conductor de puesta a tierra no deberá ser menor que la corriente a plena carga del transformador u otra fuente de alimentación.

B) Para sistemas de corriente alterna con múltiples conexiones a tierra.

El conductor de puesta a tierra para un sistema de corriente alterna con tierras en más de un lugar, excluyendo las tierras en los servicios a usuarios, deberá tener una capacidad de corriente continua en cada localización, cuando menos igual a un quinto de la capacidad de los conductores del sistema al que esté unido.

C) Para Pararrayos.

El conductor de puesta a tierra deberá tener una adecuada capacidad de corriente de corto tiempo bajo las condiciones de corriente excesiva causada por una onda. En ningún caso, el conductor de puesta a tierra de un pararrayos individual debe ser de área de sección transversal menor de 13.30 mm² (No. 6 AWG) de cobre ó 21.15 mm² (No. 4 AWG) de Aluminio.

D) Para equipo, mensajeros y retenidas.

El conductor de puesta a tierra para equipo, canalizaciones, mensajeros, retenidas, cubiertas metálicas de cables y otras envolventes metálicas de conductores, deberá tener la capacidad de corriente de corto tiempo adecuada para la corriente de falla disponible y el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si no se provee protección contra sobrecorriente o falla, la capacidad de corriente del conductor de puesta a tierra deberá determinarse con base en las condiciones de diseño y operación del circuito, pero no deberá ser de área de sección transversal menor de 8.37 mm² (No. 8 AWG) de cobre.

E) Límite de la capacidad de corriente:

El conductor de puesta a tierra no necesita tener mayor capacidad de corriente que cualquiera de las siguientes:

- 1) La de los conductores de fase que suministrarían la corriente de falla a tierra;
- 2) La corriente máxima que puede circular por el conductor, hacia el electrodo a que esté unido. Para un conductor simple de puesta a tierra, ésta corriente sería igual a la tensión de suministro dividida entre la resistencia del electrodo (aproximadamente)

F) Resistencia Mecánica.

Todo conductor de puesta a tierra deberá tener resistencia mecánica adecuada para las condiciones a que esté sometido, dentro de los límites razonables. Además los conductores de puesta a tierra sin protección deberán tener una resistencia a la tensión no menor que la del área de sección transversal de 8.37 mm² (No. 8 AWG) de cobre suave.

G) Protección de conductores de puesta a tierra.

- 1) Los conductores de puesta a tierra para sistemas conectados a tierra en un solo punto y aquellos conductores expuestos a daño mecánico deberán protegerse. Sin embargo no requieren protegerse donde no estén fácilmente accesibles al público, ni donde conecten a tierra circuitos o equipo con múltiples conexiones a tierra.
- 2) Cuando se requiera protección, los conductores de puesta a tierra deberán protegerse por medio de protectores adecuados al riesgo razonable a que estén expuestos. Se recomienda que los protectores se extiendan por los menos 2.50m arriba del suelo o plataforma en que los conductores son accesibles al público.
- 3) Los protectores para conductores de puesta a tierra de equipo de protección contra descargas atmosféricas, deberán 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.

Artículo 31. Electrodo de puesta a tierra. Cuando se utilicen electrodos artificiales, estos deberán penetrar, tanto como sea posible por debajo de un nivel de humedad permanente.

El electrodo de puesta a tierra deberá ser permanente y adecuado para el sistema eléctrico de que se trate. En todos los casos, los electrodos de puesta a tierra deberán ser de cobre u otros metales o aleaciones que minimicen la corrosión durante su vida útil prevista. Toda la superficie externa de los electrodos deberá ser conductora, esto es, que no tenga pintura, esmalte u otra cubierta aislante. La

cantidad y tamaño de los electrodos a seleccionar deberá considerar sus limitaciones de descarga de corriente y no deberán ser menores de 2.40 m de longitud y 12.5 mm de diámetro;

Artículo 32. Medios de conexión a electrodos Hasta donde sea posible, las conexiones a los electrodos deberán ser accesibles. Los medios para hacer estas conexiones deberán proveer la adecuada sujeción mecánica, permanencia y capacidad de conducción de corriente, tal como los siguientes:

- A) Una abrazadera, accesorios o soldadura permanentes y efectivos;
- B) Un conector de bronce con rosca, que penetre bien ajustado en el electrodo;
- C) Los electrodos artificiales o las estructuras conectadas a tierra deberán separarse por lo menos 3.00 m de líneas de tuberías usadas para la transmisión de líquidos o gases inflamables que operen a altas presiones (10.5 kg/cm² ó más), a menos que estén unidos eléctricamente y protegidos catódicamente como una sola unidad.
- D) Cualquier recubrimiento de material no conductor, tal como esmalte ó moho que esté presente sobre las superficies de contacto de electrodos en el punto de la conexión, deberá ser removido completamente donde se requiera, a fin de conservar una buena conexión.

Artículo 33. Resistencia a Tierra. El sistema de tierras deberá consistir de uno o más electrodos conectados entre sí. Este sistema deberá tener una resistencia a tierra suficientemente baja, para minimizar los riesgos a las personas, en función de la tensión de paso y de contacto.

- 33.1 Sistema de un solo electrodo. La resistencia a tierra de una conexión individual a través de un electrodo deberá ser lo más cercana a cero ohmios, y en ningún caso deberá ser mayor de 25 Ohmios. Cuando la resistencia es mayor de 25 ohmios, deberán usarse dos o más electrodos hasta alcanzar este valor. El valor citado, es el máximo admisible medido en época seca;
- 33.2 Sistemas multiaterrizados. El neutro de los sistemas de distribución de energía eléctrica deberá estar conectado a un electrodo de puesta a tierra en cada transformador de distribución y a un número suficiente de puntos adicionales, de tal manera que se tenga no menos de cuatro conexiones a tierra en cada 1.6 Km de línea, sin incluir las conexiones a tierra de los usuarios.
- 33.3 Sistema subterráneo. Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es de 5 ohmios.
- 33.4 Subestaciones. El objetivo es que el máximo incremento de potencial a tierra sea menor de 5,000 voltios. La Tabla No. 17 da los valores máximos permitidos de la resistencia de la red de tierras en una subestación, en función de su capacidad.

**TABLA No. 17
VALORES MAXIMOS PERMITIDOS DE RESISTENCIA DE RED DE
TIERRAS DE UNA SUBESTACION EN FUNCION DE SU CAPACIDAD**

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION (MVA)	RESISTENCIA DE LA RED DE TIERRAS (Ohmios)
< 1	3
1 – 10	2
10 – 50	1
50 – 100	0.5
> 100	0.2

TÍTULO III CRITERIOS OPERACIONALES

CAPÍTULO I OPERACIÓN DEL SISTEMA

Artículo 34. Operación del Sistema de Distribución.

- 34.1 Operación de la Distribución. La operación del sistema de distribución deberá realizarse de acuerdo con las Normas de coordinación del AMM. Adicionalmente deberá considerarse y cumplirse con los siguientes requisitos:
- A) Eficiencia: El distribuidor deberá revisar sus prácticas operativas con el propósito de mejorar su eficiencia en despachos de carga, material, equipo usado y métodos de trabajo;
 - B) Seguridad: El distribuidor tiene la obligación de velar tanto por la seguridad de su personal como por la del público en general. Por lo tanto deberá cumplir con las regulaciones de seguridad eléctrica indicadas en estas Normas, así como las establecidas en normas internacionales tales como ANSI, IEC, NFPA, NESC y NEC. El distribuidor deberá contar con un programa de capacitación de seguridad para los trabajadores que puedan estar expuestos a riesgos y peligros y deberá inculcarles una actitud consiente de seguridad. Dado que el Distribuidor tiene los conocimientos necesarios sobre la seguridad de instalaciones eléctricas de distribución, éste deberá por lo tanto disponer de material didáctico sobre el tema, el cual pondrá a disposición de su personal y del público en general;
- 34.2 Seguridad Pública: Toda autoridad civil o militar que encuentre cables, postes u otro elemento del sistema de distribución de energía eléctrica que represente peligro a las personas, debe informar de ésta situación a la empresa responsable de las instalaciones eléctricas y debe quedarse a vigilar. De estar autorizado y contar con los medios necesarios, deberá corregir la condición que representa peligro.
- 34.3 Mantenimiento. El Distribuidor deberá esmerarse en conservar en buen estado su sistema, no solo por seguridad, sino también, para el buen funcionamiento del sistema. Esto deberá incluir un programa regular de revisión de la totalidad de sus instalaciones en períodos no mayores de cinco años y deberá contemplar como mínimo las siguientes revisiones:
- A) Distancias mínimas de seguridad. El Distribuidor debe establecer un programa de inspección para verificar que las distancias mínimas de seguridad, establecidas en los Artículos 18 y 22 de estas Normas se cumplan.
 - B) La integridad estructural de las líneas. El Distribuidor debe establecer un programa de inspección para verificar que los postes no estén deteriorados, que mantengan su vertical; que las bases de las torres no se han movido y que los cables de las retenidas cumplan su función.
 - C) Sistema de Tierras. El Distribuidor deberá establecer un programa de inspección y medición de su sistema de tierras para asegurarse que las conexiones están en buen estado y que sus valores no han superado los límites permitidos;
 - D) Vegetación próxima a los conductores. El distribuidor deberá realizar inspecciones regulares para verificar que ramas de árboles y vegetación en general, no representen peligro para las líneas aéreas. Los trabajos de inspección y mantenimiento de las instalaciones con respecto a la remoción de la vegetación a efecto de lograr las distancias mínimas de seguridad especificadas en estas Normas, que garanticen la seguridad de las personas e instalaciones eléctricas, deberá llevarse a cabo atendiendo lo indicado en la constitución de Servidumbre, según la Ley General de Electricidad y su Reglamento.
 - E) Inspección de las líneas y subestaciones. El distribuidor deberá realizar inspecciones regulares para verificar equipo defectuoso y las condiciones de cables, aisladores, herrajes y equipo en general;
 - F) Reemplazo de transformadores sobrecargados. Es también recomendable que el distribuidor desarrolle programas para reemplazar transformadores sobrecargados, e instituya un programa de apretado de la tornillería de los herrajes en general.

- G) Coordinación de los esquemas de protección. Se recomienda establecer programas conjuntos de mantenimientos de las protecciones eléctricas para verificar la coordinación de los esquemas de protección en los puntos de interconexión entre el Transportista y el Distribuidor.

Artículo 35. Costo de Inspección. En los puntos de conexión entre los participantes, los costos de inspecciones programadas serán cubiertas por el propietario del equipo.

Todos los participantes tienen derecho a solicitar una inspección no programada del equipo del sistema al cual están conectados. Las inspecciones pueden ser realizadas de acuerdo a procedimientos normales o de una manera más detallada si específicamente así es requerido. Si se encuentra que el equipo está defectuoso, la inspección no programada se considerará justificada y el costo de la misma deberá ser cubierto por el propietario del equipo dañado, quien deberá corregir el defecto. Si el equipo es encontrado dentro de los parámetros aceptables, el costo de la inspección no programada deberá ser cubierta por el participante que solicitó la inspección. Los resultados de estas revisiones o inspecciones, deberán estar a disposición de la Comisión en el momento en que ésta los requiera.

CAPÍTULO II OPERACIÓN DE LINEAS Y SUBESTACIONES

Artículo 36. Requisitos Generales. Con el objeto de proteger de daños, al personal de las empresas propietarias de las instalaciones así como al público en general, durante las fases de construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones del servicio de distribución, se deberá cumplir con como mínimo con las siguientes reglas básicas de seguridad, en lo que corresponda. Para situaciones no cubiertas en este capítulo deberá actuarse de acuerdo a lo descrito en la Parte 4, secciones 40 a 44 del NESC.

- 36.1 El distribuidor deberá informar a cada uno de sus trabajadores cuando estos sean contratados, de las normas de seguridad que gobiernan las líneas eléctricas, subestaciones y su equipo asociado;
- 36.2 Los trabajadores deberán ser informados de procedimientos a seguir en caso de emergencias y las instrucciones relativas a los primeros auxilios que deban darse a las víctimas de accidentes causados por la corriente eléctrica. Copia de estos procedimientos deberán estar a la vista de los trabajadores en los vehículos así como otros lugares donde la naturaleza del trabajo desarrollado lo requiera.

Artículo 37 Métodos y Mecanismos de Protección.

- 37.1 El acceso a lugares en donde se encuentre equipo en movimiento o energizado deberá ser restringido únicamente a personal autorizado.
- 37.2 Diagramas y planos que muestren el arreglo así como la ubicación de líneas y equipo eléctrico de la porción del sistema por el cual se es responsable, deberá ser mantenido en archivo que sea rápidamente accesible a personal autorizado. Esta información debe estar disponible a la Comisión cuando ésta así lo requiera.
- 37.3 Mecanismos y equipo de protección así como la ropa de trabajo debe ser revisada constantemente para asegurarse que se encuentra en condiciones seguras de operar.
- 37.4 Antes de ejecutar trabajos sobre líneas, el trabajador debe realizar inspecciones o pruebas preliminares para determinar las condiciones existentes.
- 37.5 Los trabajadores deben utilizar ropa adecuada de acuerdo a la tarea asignada y al medio ambiente. Cuando se trabaja en la vecindad de líneas o equipo energizado, los trabajadores deben evitar tener en sus ropas artículos metálicos expuestos.
- 37.6 Si para ciertos trabajos es necesario recurrir a personas que no tengan preparación especial, deberá instruírseles en forma clara y precisa sobre la labor que les corresponda ejecutar y deberá mantenerse una estrecha vigilancia mientras trabajen.

Artículo 38. Líneas aéreas.

- 38.1 Frecuencia de Inspección. Las líneas aéreas y su equipo asociado deberán ser inspeccionados con la frecuencia que la experiencia demuestre que sea necesario, siempre y cuando este tiempo no sea mayor a 5 años;

- 38.2 Instalando estructuras cerca de líneas energizadas. Cuando se instale, mueva o remueva una estructura cerca de líneas energizadas, se deberán tomar las precauciones adecuadas para evitar contacto de la estructura con la línea energizada, además los trabajadores deben usar ropa adecuada para estos trabajos.
- 38.3 Chequeando estructuras antes de escalarlas. Antes de escalar una estructura, se deberá verificar que la estructura es capaz de soportar la tensión o desbalance adicional a que estará sometida, si se comprueba que la estructura no es segura para escalar, se debe evitar escalarla a menos que se asegure con retenidas u otro medio adecuado.
- 38.4 Instalando y removiendo cables. Al momento de instalar o remover cables es necesario que el Distribuidor tome las medidas de precaución necesarias, para evitar poner en riesgo a los transeúntes y al tráfico vehicular.
- 38.5 Líneas fuera de servicio temporalmente. Las líneas aéreas que se encuentren temporalmente fuera de servicio deberán ser mantenidas y controladas como si ellas estuvieran en servicio;
- 38.6 Registro de defectos o problemas en las líneas. Cualquier defecto o problema que sea detectado a través de pruebas, inspecciones u otro medio y que por alguna razón no sea corregido inmediatamente, deberá ser reportado y registrado en un libro o archivo magnético habilitado exclusivamente para el control de este tipo de evento. Esta información deberá estar a disposición de la Comisión en el momento en que ésta los requiera;
- 38.7 Líneas con Historial de problemas. Las líneas aéreas y equipo asociado que tengan un historial de registros que demuestren problemas o defectos que pueden, razonablemente, suponer que podrían poner en peligro la seguridad de las personas y/o de las instalaciones deberá ser inmediatamente reparada, desconectada o aislada.

Artículo 39. Subestaciones.

- 39.1 Equipo para trabajar en partes energizadas. Los trabajos en estas instalaciones deberán ser ejecutados por personal capacitado y provisto de equipo de protección especial adecuado a la tensión de que se trate, tales como: guantes, mangas, cubiertas de hule, herramientas aisladas, dispositivos para prueba y para Puesta a tierra, pértigas, canastillas o plataformas aisladas, etc. El equipo deberá ser inspeccionado periódicamente y conservado en buenas condiciones;
- 39.2 Trabajos en instalaciones sin tensión. Los trabajos en estas instalaciones aún cuando no estén con tensión, deberán ser ejecutados por personal capacitado y provisto de equipo de protección apropiado. Cuando se ejecuten trabajos en parte de estas instalaciones que no están con tensión, se deberán tomar medidas para evitar, al personal, todo peligro que provenga de las instalaciones vecinas que hubieran quedando con tensión.
- 39.3 Acceso a personas ajenas al servicio. En el caso de que por alguna razón sea necesario hacer que las instalaciones de las subestaciones sean momentáneamente accesibles para personas ajenas al servicio, se deberán tomar medidas para impedir que corran peligro.
- 39.4 Visitas a la Subestación. En el caso de que las instalaciones de las subestaciones ofrezcan peligros, las visitas serán admitidas previa autorización, solamente en pequeños grupos, guiados por personal autorizado.

Artículo 40 Líneas Subterráneas.

- 40.1 Aviso a propietarios de Instalaciones cercanas: Deberá informarse con anticipación a los propietarios o encargados de la operación de otras instalaciones acerca de las nuevas construcciones o cambios en las instalaciones existentes que puedan afectar adversamente a las primeras;
- 40.2 Entorno Ecológico: Cuando la realización de los trabajos de mantenimiento afecte el entorno ecológico, éste deberá restituirse tan pronto sean terminados los trabajos.
- 40.3 Protección en áreas de trabajo:
- A) Antes de iniciar cualquier trabajo que pueda poner en peligro al público o a los trabajadores, deberán colocarse avisos preventivos, barreras normalizadas o conos fosforescentes, de tal manera que sean perfectamente visibles al tránsito de vehículos y peatones que se acercan al lugar de trabajo; en estos casos, el personal a cargo de los trabajos deberá usar chalecos de color fosforescente y deberán poner en funcionamiento los faros giratorios del vehículo o cualquier otro dispositivo de señalización. Durante la noche, adicionalmente, deberán utilizarse señales luminosas o reflejantes. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones de tránsito lo

justifiquen, una persona deberá dedicarse exclusivamente a advertir a los transeúntes sobre los riesgos existentes;

- B) Durante el día, los agujeros, zanjas, registros sin tapa u obstrucciones deberán identificarse con señales de peligro, tales como avisos preventivos y acordonamiento, conos fosforescentes o barreras. Durante la noche deberán usarse señales luminosas o reflejantes. De ser necesario dejar desatendido temporalmente algún agujero, deberá colocarse una tapa provisional para evitar accidentes al público;
- C) Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones del tránsito lo justifiquen, deberá solicitarse el auxilio de las autoridades de tránsito competentes, para advertir a los transeúntes sobre los riesgos existentes;
- D) Cuando por razón de los trabajos se expongan partes energizadas o en movimiento, deberán colocarse avisos preventivos y guardas, para advertir a los otros trabajadores en el área.

Artículo 41. Distancias mínimas de aproximación: Los trabajadores de las empresas distribuidoras no deben aproximarse, o permitir que se aproximen otras personas, a cualquier objeto conductor a una distancia menor que la permitida por la Tabla No.18, a menos que cumpla con uno de los siguientes requisitos:

- 1) La línea o parte de ella está desenergizada;
- 2) El trabajador está aislado de la línea energizada. Equipo de protección aislado de acuerdo a la tensión de operación debe ser utilizado por el trabajador.

TABLA No. 18
DISTANCIAS MINIMAS DE APROXIMACION DEL TRABAJADOR PARA
TRABAJAR EN PARTES ENERGIZADAS EXPUESTAS DE CORRIENTE ALTERNA

TENSIÓN DE FASE A FASE (kV)	DISTANCIA MINIMA DE APROXIMACION FASE A TIERRA (m)	DISTANCIA MINIMA DE APROXIMACION FASE A FASE (m)
0 - 0.300	Evitar contacto	Evitar contacto
0.301 - 0.750	0.31	0.31
0.751 - 15	0.65	0.67
15.1 - 36	0.77	0.86
36.1 - 46	0.84	0.96
46.1 - 121	1.00	1.29
138 - 145	1.09	1.50
161 - 169	1.22	1.71
230 - 242	1.59	2.27
345 - 362	2.59	3.80
500 - 550	3.42	5.50
765 - 800	4.53	7.91

A) Factores de Corrección por altura.

Las distancias dadas en la tabla No. 18 deben ser utilizadas para elevaciones de hasta 900 msnm, para elevaciones mayores deben utilizarse los factores de corrección indicados en la tabla No. 19.

TABLA No. 19
Factores de Corrección por Altitud

Altitud (msnm)	Factor de Corrección
900	1.00
1200	1.02
1500	1.05
1800	1.08
2100	1.11
2400	1.14
2700	1.17
3000	1.20
3600	1.25
4200	1.30

TITULO IV
SANCIONES E INCUMPLIMIENTOS

CAPITULO UNICO
SANCIONES E INCUMPLIMIENTOS

(Corregido por fe de erratas publicada en el Diario de Centro América el 13 de Enero del año 2000)

Artículo 42. Sanciones. El Distribuidor deberá cumplir con lo establecido en la Ley General de Electricidad y su Reglamento y con los requerimientos de estas Normas. El incumplimiento con, los estándares y medidas de seguridad de las instalaciones de distribución establecidas en estas normas, resultará en sanciones, aplicadas por la Comisión, de acuerdo con lo establecido en La Ley General de Electricidad y su Reglamento u otro reglamento que la Comisión establezca para este fin.

TITULO V
DISPOSICIONES FINALES

CAPITULO UNICO
DISPOSICIONES FINALES

(Corregido por fe de erratas publicada en el Diario de Centro América el 13 de Enero del año 2000)

Artículo 43. Competencia de la Comisión. Será competencia de la Comisión en lo concerniente a estas Normas, sin que ello sea limitativo:

- 43.1 La fiscalización de su fiel cumplimiento;
- 43.2 La revisión, ampliación y actualización de estas Normas y la emisión de normas complementarias;
- 43.3 La interpretación de estas Normas en caso de divergencias o dudas y la resolución de los casos no previstos;

Artículo 44. Normas Complementarias. En todo lo que no esté expresamente indicado en estas Normas, prevalecen los requisitos vigentes de las normas internacionales ANSI o IEC equivalente, NESC, NEC, ASTM y NFPA, en lo que corresponda.

Artículo 45. Responsabilidad Técnica. Toda actividad técnica relacionada con estas Normas, deberá ser realizada, supervisada y/o avalada por un Ingeniero Electricista o Mecánico Electricista, colegiado activo.

**TITULO VI
DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**CAPITULO UNICO
DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

(Corregido por fe de erratas publicada en el Diario de Centro América el 13 de Enero del año 2000)

Artículo 46. Diagnóstico de Instalaciones Existentes. El distribuidor deberá presentar a la Comisión en el término de 18 meses a partir de la vigencia de estas Normas, el informe del diagnóstico de sus instalaciones acompañado de su respectivo plan de mantenimiento y adecuación de sus instalaciones existentes de servicio de distribución de energía eléctrica para garantizar la seguridad de las personas y bienes.. Las instalaciones existentes que fueron construidas cumpliendo en su oportunidad con normas anteriores a la presente, no necesitan ser modificadas para cumplir con ésta; excepto cuando sea requerido por razones de seguridad u otra causa establecida en las Normas.

Artículo 47. Autorización de Normas del Distribuidor. En un plazo no mayor de 18 meses, a partir de la entrada en vigencia de estas Normas, los Distribuidores deberán someter a la aprobación de la Comisión, sus normas relacionadas con el diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas, redes y subestaciones de distribución de energía eléctrica. Si en el futuro, el distribuidor desea realizar modificaciones o ampliaciones a sus normas, deberá solicitar a la Comisión la respectiva aprobación.

Artículo 48. Derogatorias. Se derogan todas las disposiciones y normas técnicas que contradigan estas Normas.

Artículo 49. Vigencia. Estas Normas entran en vigencia al siguiente día de su publicación en el Diario de Centro América.