

Ministerio de Energía y Minas
Dirección General de Electricidad

Código Nacional de Electricidad

TOMO IV
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

CONTENIDO

CAPITULO 1

DEFINICIONES

1.0 Definiciones

CAPITULO 2

RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA

- 2.1 Alcance
 - 2.1.1 Campo de Aplicación
 - 2.1.2 Tensiones de Distribución Primaria
 - 2.1.3 Caída de Tensión Permisible
 - 2.1.4 Seccionamiento del Alimentador Primario

- 2.2 Red Aérea
 - 2.2.1 Elementos Utilizados en la Red Aérea
 - 2.2.2 Consideraciones para el Cálculo
 - 2.2.3 Cálculos Eléctricos
 - 2.2.4 Cálculos Mecánicos
 - 2.2.5 Distancias Mínimas de Seguridad
 - 2.2.6 Protección y Seccionamiento

- 2.3 Red Subterránea
 - 2.3.1 Naturaleza y características de los cables subterráneos
 - 2.3.2 Ejecución de las instalaciones

CAPITULO 3

SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION

- 3.1 Alcances
- 3.2 Generalidades
 - 3.2.1 Nivel de Aislamiento
 - 3.2.2 Dimensionamiento de la Potencia
 - 3.2.3 Puesta a Tierra
 - 3.2.4 Control del Ruido
- 3.3 Tipos de Subestaciones
 - 3.3.1 Subestaciones Aéreas
 - 3.3.2 Subestaciones en Caseta
 - 3.3.3 Subestaciones Compactas

- 3.4 Equipo de Transformación
 - 3.4.1 Transformadores
 - 3.4.2 Autotransformadores
- 3.5 Protección
 - 3.5.1 Protección contra Sobrecorriente
 - 3.5.2 Protección contra Sobretensiones - Pararrayos.
- 3.6 Elementos Complementarios de la Subestación
 - 3.6.1 Aisladores
 - 3.6.2 Barras
 - 3.6.3 Conexiones
 - 3.6.4 Baterías
 - 3.6.5 Tableros de Distribución
 - 3.6.6 Elementos de Corte

CAPITULO 4

RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA

- 4.1 Alcance
 - 4.1.1 Campo de Aplicación
 - 4.1.2 Tensiones de Distribución Secundaria
 - 4.1.3 Caída de Tensión Permisible
- 4.2 Red Aérea
 - 4.2.1 Elementos Utilizados en la Red Aérea
 - 4.2.2 Cálculo Eléctrico
 - 4.2.3 Cálculo Mecánico
 - 4.2.4 Distancias Mínimas de Seguridad
- 4.3 Red Subterránea
 - 4.3.1 Naturaleza y Características de los Cables Subterráneos
 - 4.3.2 Ejecución de las Instalaciones
- 4.4 Acometidas
 - 4.4.1 Generalidades
 - 4.4.2 Acometidas Aéreas
 - 4.4.3 Acometidas Subterráneas
 - 4.4.4 Instalación de Acometidas
 - 4.4.5 Medios de Desconexión
 - 4.4.6 Protección contra Sobrecorriente.

CAPITULO 5

RED DE ALUMBRADO PUBLICO

- 5.1 Alcance
- 5.2 Exigencias Generales Relativas a la Iluminación
 - 5.2.1 Factores a Tenerse en Cuenta en la Determinación de la Iluminación
 - 5.2.2 Nivel de Luminancia e Iluminación
 - 5.2.3 Uniformidad de Luminancia e Iluminación.
 - 5.2.4 Deslumbramiento

- 5.3 Exigencias Generales Relativas a la Instalación
 - 5.3.1 Conductores de la Red
 - 5.3.2 Equipos de Maniobra y Protección de la Red
 - 5.3.3 Luminarias
 - 5.3.4 Soporte de Luminarias
 - 5.3.5 Conexión de la Luminaria a la Red
- 5.4 Disposiciones Recomendables de las Unidades de Alumbrado
 - 5.4.1 Disposición en Alineamiento
 - 5.4.2 Disposición en Curvas y Discontinuidades
 - 5.4.3 Disposiciones Especiales

TABLAS

Comparación entre los Calibres Americanos y Europeos de Cables y Conductores
Normas DGE é ITINTEC Relacionados al Tomo IV del Código Nacional de
Electricidad.

INTRODUCCION

OBJETIVO

El objetivo del presente Tomo "Sistema de Distribución" es el de establecer las prescripciones consideradas necesarias para la seguridad de las personas frente a los peligros que surjan de la Operación y el Mantenimiento de las Instalaciones Eléctricas del Sistema de Distribución.

Cumpliendo con dichas prescripciones y un mantenimiento apropiado, se logra una instalación libre de peligro, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuado para el buen servicio, o para la futura expansión del uso de la electricidad.

Asimismo no está destinado a ser un compendio de especificaciones para proyectos ni un manual de instrucciones.

ALCANCES

En este Tomo se cubren los tópicos siguientes:

Definiciones. Se incluyen las definiciones de términos y expresiones que son esenciales para el uso adecuado de este Tomo. En el Tomo I se dan definiciones generales para los diferentes Tomos del Código.

- **Red de Distribución Primaria.**- Incluye los elementos de las redes primarias aéreas y subterráneas tales como conductores, cables, postes, aisladores, retenidas y accesorios, así como distancias mínimas de seguridad.
- **Subestaciones de distribución.**- Incluyen los equipos y los dispositivos de maniobra y protección tales como transformadores, disyuntores, interruptores, seccionadores.
- **Red de Distribución Secundaria.**- Incluye los elementos de las redes secundarias aéreas y subterráneas tales como conductores, cables, postes, aisladores, retenidas, acometidas y distancias mínimas de seguridad.
- **Red de Alumbrado Público.**- Incluye las exigencias relativas al alumbrado y a su instalación en vías expresas, arterias principales, vías colectoras, calles, locales, cruces, plazas, etc.

ORGANIZACIÓN DEL CODIGO

El Tomo IV está dividido en cinco (5) capítulos que cubren los aspectos relacionados al "Sistema de Distribución".

Los numerales se utilizan para indicar los capítulos, subcapítulos, acápite e incisos y las letras para mencionar los párrafos y cláusulas, conforme se detallan a continuación:

0	.....	capítulo
0.0	.....	subcapítulo
0.0.0	.....	acápito
0.0.0.0	.....	inciso
a)	.....	párrafo
i)	.....	cláusula

AMBITO DE APLICACIÓN

El presente Tomo es de cumplimiento obligatorio por las Empresas de Servicio Público de Electricidad, Empresas Privadas, Proyectistas, Montadores Electricistas, así como por toda persona natural o jurídica relacionada con trabajos en instalaciones eléctricas del Sistema de Distribución.

Corresponde a la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas la fiscalización de su estricta observancia.

Toda Autoridad Competente autorizada para aprobar proyectos y recepcionar obras e instalaciones eléctricas es responsable del cumplimiento de las prescripciones establecidas en este Tomo, así como de decidir acerca de la aprobación de equipos y materiales y de conceder Permisos Especiales en el caso de que se propongan métodos alternos cuando se tenga la certeza que lograrán resultados equivalentes.

Los proyectos eléctricos de cualquier naturaleza, deberán ser firmados por un Ingeniero Electricista o Mecánico Electricista colegiado.

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este Tomo puede ser reproducido en ninguna forma ni por cualquier medio, sin la previa autorización escrita de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas.

CAPITULO I

DEFINICIONES

Acometida (Red de Distribución Secundaria).- Parte de la instalación de una conexión comprendida desde la Red de Distribución Secundaria hasta los bornes de entrada de la caja de conexión o la caja de toma; incluye el empalme y los cables o conductores instalados.

Altura de Montaje (de una luminaria).- Distancia vertical medida entre el centro de la luminaria y la superficie de la calzada.

Alma (de un cable).- Hilo sólido o conjunto de hilos no aislados y cableados, que sirve normalmente para el transporte de la corriente eléctrica.

Armadura.- Protección metálica de un cable contra agentes mecánicos, constituida por flejes o alambres de sección circular o rectangular, bandas o trenzas colocadas axialmente sobre el cable.

Buzón.- Abertura en un sistema subterráneo en la cual el personal técnico puede entrar con el propósito de instalación de cables, transformadores, cajas de unión y otros dispositivos, y para efectuar conexiones y pruebas.

Cable Multipolar.- Cable formado por varias almas aisladas.

Cable Unipolar.- Cable formado por un alma aislada.

Caja de Conexión.- Aquella caja destinada a albergar los equipos de control, maniobra, medición y/o protección del suministro de energía a una edificación.

Caja de Derivación.- Aquella caja destinada a alimentar a partir de ella a otras conexiones.

Caja de Toma.- Conjunto de dispositivos incluida la caja que se requiere para albergarlos, destinados a conectar, proteger y/o separar la acometida del alimentador.

Candela (cd).- Unidad de intensidad luminosa en dirección perpendicular de una superficie de 1/600,000 metro cuadrado de un cuerpo negro, a la temperatura de solidificación del platino, bajo una presión de 101,325 Newtons por metro cuadrado.

Capacidad de Interrupción o Poder de Ruptura.- Corriente o potencia máxima que un contacto es capaz de abrir bajo condiciones especificadas.

Carga de Rotura (de un conductor).- Carga mecánica máxima que pueda soportar el conductor al momento de ocurrencia de su rotura.

Carga de Rotura (de un poste de concreto).- Carga que produce la falla del poste en la o las direcciones especificadas por el fabricante, obtenida de acuerdo a las normas establecidas.

Carga de Rotura (de un poste de madera).- Carga que produce la rotura del poste por flexión estática, en condiciones normalizadas (véase norma ITINTEC correspondiente)

Carga de Trabajo (de un poste).- Carga máxima, en condiciones normales de trabajo, para la cual ha sido diseñado un poste; se considera aplicada a 10cm de la punta en los postes de concreto y metálicos y a 30 cm en los postes de madera.

Carga en el Límite Elástico.- Carga máxima de flexión estática que resistirá un poste metálico o de madera sin sufrir deformaciones permanentes.

Clase (de un poste de madera).- Identifica a los postes de madera caracterizados por una misma carga de rotura, independientes del largo y especie de madera.

Conexión (Eléctrica-Red de Distribución Secundaria).- Conjunto de dispositivos e instalaciones requerido para la alimentación de un suministro; comprende la acometida y la Caja de Conexión, sea ésta Simple o en Derivación, pudiendo estar relacionado directamente con el (los) alimentador(es) y/o la(s) Caja(s) de Derivación o Toma.

Contraste.- Diferencia de luminancia de los diversos objetos que se encuentran en el campo visual.

Conductor (de un cable).- Conjunto del alma y su envoltura aislante.

Corriente de Duración de Cortocircuito (i_K).- Valor eficaz de la corriente que se presenta en el lado de entrega, cuando la parte correspondiente a la participación de la corriente continua ya ha cesado.

Corriente Nominal (I_n).- Valor eficaz de la corriente bajo condiciones nominales, a la cual se refieren las características del equipo.

Cortacircuito Fusible.- Dispositivo de protección intercalado en un circuito, que actúa cuando una sobrecorriente provoca la fusión del fusible durante un período especificado.

Cubierta Protectora.- Cubierta externa no metálica aplicada sobre la envoltura o la armadura de un cable; generalmente es de material termoplástico.

Deflexión.- Desplazamiento que experimenta la punta de un poste por acción de una carga. Está medida perpendicularmente al eje del poste en su posición inicial.

Descarga Disruptiva (referida a un aislador).- Descarga eléctrica a través del aire caracterizada por la formación de una o más chispas o arcos entre partes metálicas bajo tensión.

Deslumbramiento.- Reducción pasajera de la visibilidad; molestia o incomodidad, provocada por la presencia de una luminancia elevada o de un contraste muy fuerte dentro del campo de la visión.

Dispositivo de Bloqueo.- Dispositivo mecánico, eléctrico u otro, para prevenir la operación bajo ciertas condiciones, del mecanismo de un equipo.

Ducto.- Elemento con hueco(s) cilíndrico(s) tendido bajo tierra dentro del cual los cables son pasados con el fin de darles protección mecánica y facilitar la instalación de éstos en los cruces de las rutas o caminos, acueductos, vías férreas o similares. Puede estar constituido de materiales diversos siempre que su resistividad térmica no sobrepase los 100°C cm/W.

Equipo.- Término general que incluye material, artefactos, dispositivos, accesorios y aparatos usados como parte de una instalación eléctrica o en conexión con ésta.

Flecha de un Conductor.- Es la distancia entre la línea recta que pasa por los puntos de sujeción de un conductor entre dos apoyos consecutivos y el punto más bajo de éste mismo conductor.

Flujo Luminoso (Ø).- Potencias en forma de luz emitida por una fuente lumínica y evaluada según la eficiencia espectral relativa.

Fusible Limitador de Corriente.- Fusible que, cuando está insertado en un circuito dado, limita la corriente de cortocircuito, por su resistencia propia o por la rapidez de su acción, a un valor sustancialmente menor que el que será alcanzado en la ausencia del fusible.

Gradín Principal.- Gradín que corresponde a la tensión nominal de un transformador.

Grupo.- Identifica a conjuntos de especies de madera aptas para postes, caracterizados por rangos de esfuerzos máximos de flexión.

Intensidad de Corriente Admisible o Capacidad de Corriente (de un Conductor).- Valor de la corriente en amperes que puede transportar un conductor bajo condiciones de operación especificadas.

Intensidad Luminosa (I).- Densidad de luz dentro de un pequeño ángulo sólido, en una dirección determinada.

Intervalo entre Luminarias.- Distancia medida entre dos unidades de iluminación.

Longitud de Fuga de un Aislador.- Es la distancia medida a lo largo de la superficie del aislador entre las partes conductoras, previstas para las pruebas de tensión disruptiva.

Lumen (lm).- Unidad de flujo luminoso. Cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie de 1m², dispuesta de tal manera que cada uno de sus puntos diste un

metro de una fuente de luz teórica que emite uniformemente una candela en todas sus direcciones.

Luminancia (L) (o brillo fotométrico).- Intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de superficie.

Luminancia Media.- Promedio aritmético de las luminancias medidas en varios puntos simétricamente distribuidos en una superficie.

Luminaria.- Elemento que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas; comprende todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y las conexiones a la red de alimentación.

Lux (Lx).- Unidad de iluminación. Iluminación en un punto sobre un plano a una distancia de un metro (en dirección perpendicular) respecto a una fuente luminosa de una candela.

Neutro.- Punto común de la estrella de un sistema polifásico, o punto de un sistema simétrico el cual está normalmente al potencial cero.

Nivel de Aislamiento.- Conjunto de valores de tensión que caracterizan el aislamiento de un material o equipo, relativos a su aptitud para soportar los esfuerzos dieléctricos sin deterioro, falla ni perforación.

Nivel de Iluminación (Iluminación) (E).- Densidad de flujo luminoso repartido uniformemente sobre una superficie.

Nivel de Iluminación en Servicio.- Nivel de iluminación de una red de alumbrado público existente después de cierto tiempo de servicio y que depende de la disminución del flujo lumínico debido a las horas de servicio de las lámparas y de su estado de limpieza.

Al proyectar una instalación de alumbrado público, es necesario tomar en cuenta la disminución del nivel de iluminación, mediante la selección de lámparas con un mayor flujo lumínico proporcional.

Nivel Medio de Iluminación (Iluminación media).- Promedio aritmético de los niveles de iluminación horizontal, medidos en varios puntos simétricamente distribuidos en una superficie.

Pararrayos.- Dispositivo de protección de equipos eléctricos frente a las sobretensiones de origen interno o externo. Limita la corriente de duración de cortocircuito en amplitud y duración, así como previene la operación de disyuntores o fusibles.

Pararrayos Tipo Expulsión.- Dispositivo que limita e interrumpe la corriente de cortocircuito mediante la expulsión de gases durante su operación.

Preservación.- Aplicación de tratamientos preservadores a postes de madera para evitar o retardar la acción destructora de agentes biológicos.

Recortamiento del Haz Luminoso (de una luminaria).- Propiedad de una luminaria de suprimir en cierta medida todos los rayos luminosos emitidos por su lámpara, que hacen con el eje de la luminancia. (perpendicular al eje de la vía) un ángulo superior a un límite determinado.

Red de Alumbrado Público.- Conjunto de Unidades de Alumbrado Público, los cables o conductores requeridos para su alimentación y sus accesorios, destinado a prestar el servicio de iluminación de vías y lugares públicos de libre y permanente circulación de vehículos y/o personas.(*)

()Definición reemplazada según artículo 2° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

Red de Alumbrado Público:

Conjunto de cables y/o conductores y sus accesorios, de las instalaciones de alumbrado público, destinado a prestar servicio de iluminación de vías y/o lugares públicos.

Red de Distribución Primaria.- Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios, proyectado para operar a tensiones normalizadas de Distribución Primarias, que partiendo de un Sistema de Generación o de un Sistema de Transmisión, está destinado a alimentar/interconectar una o más Subestaciones de Distribución; abarca los terminales de salida desde el sistema alimentador hasta los de entrada a la Subestación alimentada.

Red de Distribución Secundaria.- Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios proyectado para operar a tensiones normalizadas de Distribución Secundaria, que partiendo de un Sistema de Generación o de un Sistema de Distribución Primaria, está destinado a alimentar a los consumidores, comprende la Red de Alumbrado Público y la Red de Servicio Particular (véase Norma DGE correspondiente). (*)

()Definición eliminada mediante el artículo 3° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987*

Red de Servicio Particular.- Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios, destinados al suministro de energía eléctrica al (los) predio(s) de cuya dotación eléctrica se trate (véase Norma DGE correspondiente). (*)

()Definición eliminada mediante el artículo 3° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987*

Resistencia Electromecánica (de un aislador).- Carga mecánica a la que el aislador deja de cumplir su cometido eléctrico o mecánico, cuando está sometido simultáneamente a un esfuerzo mecánico y a una tensión eléctrica, bajo condiciones especificadas.

Sobrecarga.- Exceso de carga sobre el valor nominal de plena carga.

Sobretensión.- Es cualquier tensión función del tiempo, entre una fase y tierra o entre fases, que tiene un valor o valores picos que exceden al valor pico ($U_m \sqrt{2} / \sqrt{3}$ o $U_m \sqrt{2}$ respectivamente) correspondiente a la tensión máxima del equipo.

Sistema de Distribución Primaria.- Conjunto de Redes de Distribución Primaria, Subestaciones y/o conexiones proyectado para operar a tensiones nominales normalizadas de Distribución Primaria (véase Norma DGE correspondiente). (*)

()Definición eliminada mediante el artículo 3° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987*

Sistema de Distribución Secundaria.- Conjunto de redes de Distribución Secundaria (Alumbrado Público y Servicio Particular) y las conexiones proyectado para operar a tensiones nominales normalizadas de Distribución Secundaria. (*)

()Definición eliminada mediante el artículo 3° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987*

Subestación de Distribución.- Conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, así como los elementos de Control/Interrupción/Maniobra/Protección, tanto en el lado Primario como en el Secundario destinados a la transformación de una tensión nominal de Distribución Primaria a una de Distribución Secundaria. (*)

()Definición reemplazada según artículo 2° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

Subestación de Distribución:

Conjunto de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la recibe de una red de distribución primaria y la entrega a un sub-sistema de distribución secundaria, a las instalaciones de Alumbrado Público, a otra red de distribución primaria o a usuarios alimentados a tensiones de distribución primaria o secundaria. Comprende generalmente el transformador de potencia y los equipos de maniobra, protección y control, tanto en el lado primario como en el secundario, y eventualmente edificaciones para albergarlos.

Subestación Aérea.- Subestación en la cual el equipo es de tipo externo instalado sobre el nivel del piso en uno o más postes.

Subestaciones Compactas.- Subestaciones en las cuales los transformadores y los dispositivos de protección y maniobra son herméticos y van instalados como una unidad. Pueden ser de tipo pedestal si se instalan a nivel del suelo sobre una base de concreto, o de tipo bóveda si se instalan debajo del nivel del suelo.

Subestación en Caseta.- Subestación en la cual su equipo es de tipo interior y está instalado en una construcción apropiada, en la que se ha previsto pasadizos y espacios de trabajo.

Suministro.- Abastecimiento de energía eléctrico dentro del régimen previsto en la Legislación Eléctrica vigente.

Tensión de Cortocircuito (de un transformador) (u).- Tensión en el lado primario a la frecuencia nominal, cuando el lado secundario esté puentado en cortocircuito y el lado primario registre su corriente nominal.

Tensión de Distribución Primaria.- Es la tensión nominal a la que operan las redes de distribución primaria.

Tensión de Distribución Secundaria.- Es la tensión nominal a la que operan las redes de distribución secundaria.

Tensión de Perforación (de un aislador).- Valor eficaz de la tensión a la frecuencia de servicio que bajo condiciones especificadas, produce una descarga disruptiva a través de cualquier parte del aislador.

Tensión Máxima del Sistema.- Es la tensión máxima eficaz que se presenta bajo condiciones de operación normal en cualquier instante y en cualquier punto del sistema. No incluye tensiones transitorias, tales como aquellas debidas a maniobras en el sistema; ni variaciones temporales de tensión debidas a condiciones anormales del sistema, tales como aquellas debidas a condiciones de falla o por la desconexión súbita de grandes cargas. Es recomendable que la tensión máxima no supere el 110 % de la tensión nominal correspondiente.

Tensión Máxima del Equipo (Um).- Es la mayor tensión eficaz para la cual ha sido diseñado un equipo o elemento de una instalación respecto de su aislamiento. Esta tensión es el mayor valor de la tensión máxima del sistema para la cual el equipo puede ser usado.

Tensión no Disruptiva a la Frecuencia de Servicio.- Valor eficaz de la tensión a la frecuencia de servicio que, bajo condiciones especificadas, puede aplicarse al aislamiento sin producir en este descargas disruptivas o perforación.

Tensión no Disruptiva al Impulso.- Valor de cresta de la onda de impulso que, bajo condiciones especificadas, puede ser aplicada al aislamiento sin causar descargas disruptivas o perforación.

Tensión Nominal de un Sistema.- Es la tensión eficaz con la que se denomina un Sistema y según la cual son determinadas ciertas características de su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión fase a fase. (*)

()Definición reemplazada según artículo 2° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

Tensión Nominal de un Sistema:

Es la tensión eficaz con la que se denomina un Sistema y según la cual son determinadas ciertas características de su funcionamiento y aislamiento.

Términos Primario y Secundario (para transformadores).- El término PRIMARIO está asociado con el devanado que recibe potencia de una red.

El término SECUNDARIO está asociado con el devanado que entrega potencia a una red.

Usuario.- Persona natural o jurídica que ocupa un predio y está en posibilidad de hacer uso del suministro eléctrico correspondiente. (*)

()Definición reemplazada según artículo 2° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

Usuario:

Persona natural o jurídica que ocupa un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro eléctrico correspondiente; es el responsable de cumplir con las obligaciones, técnicas y/o económicas que se derivan de la utilización de la electricidad.

Vano Gravante.- Distancia horizontal medida entre los puntos más bajos de las catenarias de dos vanos consecutivos.

Vano Medio.- Semisuma de dos vanos consecutivos.

Definiciones agregadas según el artículo 1° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

Sistema de Distribución:

Es aquel conjunto de instalaciones de entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios, comprende:

- El Sub-Sistema de Distribución Primaria,
- El Sub-Sistema de Distribución Secundaria,
- Las instalaciones de Alumbrado Público,
- Las Conexiones, y
- El Punto de Entrega.

Sub-Sistema de Distribución Primaria:

Es aquel, destinado a transportar la energía eléctrica producida por un Sistema de Generación, utilizando eventualmente un Sistema de Transmisión, y/o un Sub-Sistema de Sub-Transmisión, a un Sub-Sistema de Distribución Secundaria, a las Instalaciones de Alumbrado Público y/o a las Conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las SubEstaciones intermediarias y/o finales de transformación.

Sub-Sistema de Distribución Secundaria:

Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones (inferiores a 1 kV) desde un Sistema de Generación, eventualmente a través de un sistema de Transmisión y/o Sub-Sistema de Distribución Primaria, a las conexiones.

Instalaciones de Alumbrado Público:

Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público.

Unidad de Alumbrado Público:

Conjunto integrante de las instalaciones de Alumbrado Público, formado por la (s) luminaria (s) y la (s) lámpara (s) correspondiente (s), junto con su soporte, empalme, cables o conductores de alimentación, cortocircuito fusibles, y los accesorios de todos ellos. Incluye los postes en redes subterráneas y en redes aéreas cuando éstas sean exclusivas para alumbrado público.

CAPITULO 2

RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA

2.1 ALCANCE

2.1.1 Campo de Aplicación

Este capítulo incluye los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las redes de distribución primarias aéreas y subterráneas operadas por las empresas de servicio público de electricidad o privadas.

2.1.2 Tensiones de Distribución Primaria

Los niveles de tensión aprobados para los sistemas de distribución primaria que abastecen servicios públicos, son los indicados en la Tabla 2.I

TABLA 2-I

Tensión Nominal KV	Tensión Máxima del Sistema kV
2.3	2.4
6.6	6.9
<u>10.0</u>	<u>10.5</u>
<u>13.2</u>	<u>13.8</u>
<u>23.0</u>	<u>24.0</u>
30.0	31.5

En la elaboración de proyectos de sistemas de distribución primaria deberá tenerse en cuenta las tensiones subrayadas, según la Norma DGE correspondiente. (*)

(*) Acápito reemplazado según el artículo 5° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

2.1.2 Tensiones de Distribución Primaria

Los niveles de tensión aprobados para las Sub-Sistemas de distribución primaria que abastecen servicios públicos, son los indicados en la tabla 2-1.

Tabla 2-1

Tensión Nominal kV
10
1
3.2 / 7.62
20
22.9 / 13.2

Las tensiones de distribución primaria no considerados en la tabla anterior que se usan en instalaciones existentes, continuarán utilizándose hasta su adecuación a las tensiones normalizadas.

En la Norma de Tensiones DGE respectiva, se establecen las disposiciones específicas que deben tenerse en cuenta en los proyectos y obras de distribución primaria.

2.1.3 Caída de Tensión Permisible

La sección de los conductores deberá calcularse en tal forma que la caída de tensión desde los terminales de salida del sistema alimentador hasta el primario de la Subestación de Distribución mas lejana eléctricamente, no exceda de 3.5% para un alimentador urbano, y 6% para un alimentador rural, de la tensión nominal dada en la Tabla 2-I.

2.1.4 Seccionamiento del Alimentador Primario

Los seccionadores tipo intemperie estarán situados a una altura del suelo superior a cinco metros, serán inaccesibles en condiciones ordinarias con su accionamiento dispuesto de forma que pueda ser maniobrado sólo por el personal de servicio y serán abiertos por lo menos una vez al año. El montaje será de tal forma que no puedan cerrarse por acción de la gravedad.

Las características de los seccionadores serán las adecuadas a la tensión e intensidad máxima del circuito en donde han de situarse.

2.2 RED AEREA

2.2.1 Elementos Utilizados en la Red Aérea

2.2.1.1 Conductores

a) Naturaleza. Los Conductores podrán ser de cobre, aleación de aluminio, o de cualquier material metálico o combinación de éstos, que permitan constituir alambres o cables de características eléctricas y mecánicas adecuadas para su fin, debiendo presentar además una resistencia elevada a la corrosión atmosférica

Cuando se utilice el cobre como conductor, éste deberá tener una pureza no inferior al 99.9%.

b) Características. Se adoptarán los conductores que cumplan con las normas de fabricación ITINTEC tanto para conductores de cobre, como para conductores de aleación de aluminio y la norma de utilización DGE correspondiente. Podrán adoptarse las características garantizadas por los fabricantes.

Las secciones mínimas permitidas serán las siguientes.

	<u>Nominal</u>
Cobre	10 mm ²
Aleación de Aluminio	16 mm ²

En redes primarias se utilizarán conductores cableados desnudos o forrados. El esfuerzo mínimo de rotura será el siguiente:

Cobre duro	42 kg/mm ²
Cobre semiduro	35 kg/mm ²
Aleación de Aluminio	28 kg/mm ²

No deberán utilizarse conductores de un solo alambre.

En la Tabla 2-II se dan las características principales de los conductores eléctricos de uso común de redes primarias.

TABLA 2-II

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Material	Densidad a 20°C gr/cm ³	Resistividad a 20°C W.mm ² /m	Conductividad % IACS	Coefficiente térmico de resistencia a 20°C por °C	Modulo de elasticidad Kg/mm ²	Esfuerzo mínimo de rotura Kg/mm ²	Coefficiente de dilatación lineal a 20°C por °C
Cobre blando	8.89	0.01724	100	0.00393	10.000	25	1.7 x 10 ⁻⁵
Cobre semiduro	8.89	0.01783	96.66	0.00384	11.500	35	1.7 x 10 ⁻⁵
Cobre duro	8.89	0.01790	96.16	0.00382	12.650	42	1.7 x 10 ⁻⁵
Alineación de aluminio	2.7	0.0328	52.5	0.00360	5.700	28	2.3 x 10 ⁻⁵

c) Empalmes y Conexiones. Se realizará un empalme cuando la unión de los conductores asegure su continuidad eléctrica y mecánica y se realizará una conexión cuando la unión de los conductores asegure la continuidad eléctrica de los mismos.

Tanto el empalme como la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable, el 90% de la carga de rotura de dicho cable.

La conexión de conductores sólo podrá ser realizada en conductores sin esfuerzo mecánico, debiendo en este caso tener una resistencia mínima al deslizamiento del 20% de la carga de rotura del conductor.

Esta prohibida la ejecución de empalmes en conductores por soldadura a tope de los mismos.

No se deberá realizar más de un empalme por vano y conductor. Solamente en la operación, en el caso de reparación de una avería podrá admitirse la colocación de dos empalmes con carácter provisional.

No se admitirán empalmes de conductores en los vanos que cruzan ferrocarriles, funiculares, alambre carril en servicios públicos o particulares para el transporte de personas, en autopistas, ruta nacionales y en líneas de telecomunicaciones.

Se realizarán amarres en conductores de cobre y aleación de aluminio cuando estos sean asegurados a aisladores tipo pin

La conexión o empalme directo de conductores de diferente metal deberá efectuarse por medio de conectores bimetálicos.

2.2.1.2 Postes

- a) Naturaleza. Los postes podrán ser de concreto armado, madera, metálicos u otros materiales apropiados, ya sea de material homogéneo o combinación de varios de los citados anteriormente.

Los materiales utilizados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos y en el caso de no presentarla por si mismos, deberán recibir los tratamientos protectores para tal fin.

Se tendrá en cuenta en su diseño constructivo, la accesibilidad a todas sus partes por el personal especializado, de modo que pueda ser realizada fácilmente la inspección y conservación del poste.

- d) Características de los postes metálicos. Los postes metálicos podrán ser entre otros, del tipo troncocónico o tubular.

Los postes troncocónicos estarán compuestos preferentemente de elementos de 2m de longitud y de sección decreciente con los cuales se puedan formar postes integrales o embonables por tramos. La conicidad será determinada por la diferencia de los diámetros de la base y de la punta en relación a la longitud del poste y tendrá un valor mínimo de 9mm/m.

Los postes tubulares estarán compuestos por tramos de tubos soldados, cuyos diámetros disminuirán escalonadamente a partir de la base, de modo que se evite todo cambio brusco que pueda reducir su resistencia.

La característica mecánica del acero estructural con su valor mínimo garantizado será el dado en la Tabla 2-III.

TABLA 2-III
CARACTERISTICA MECANICAS DEL ACERO
ESTRUCTURAL

Calidad	Esfuerzo de rotura a la tracción Kg/mm²	Limite de Fluencia Kg/mm²	Alargamiento mínimo %
Acero corriente estructural	37	21	20

Para los elementos estructurales de postes metálicos se admiten los esfuerzos unitarios señalados en la Tabla 2-IV

TABLA 2-IV
ESFUERZO MAXIMO ADMISIBLE

Tipo de Esfuerzo	Kg/mm²
Tracción y flexión en perfiles	16
Tracción en bulones	11
Corte en remaches	16

Los postes metálicos fabricados con planchas laminadas en caliente será de un espesor mínimo de 2mm.

En los casos de grandes diámetros y pequeños espesores deberá comprobarse la seguridad contra el peligro de pandeo local (abollamiento).

Requerimientos adicionales. La utilización de los tubos se hará siempre en forma que resulten estancos, es decir sin comunicación de su cavidad interior con el exterior.

Los postes metálicos deben protegerse contra la acción de los agentes atmosféricos, mediante el uso de pinturas o recubrimientos metálicos. En todos los casos se recomienda la protección contra la oxidación, y en las proximidades a zonas industriales y zonas cercanas al mar también contra la corrosión.

Los postes antes de ser protegidos contra corrosión deberán ser limpiados para eliminarse la suciedad y el óxido.

Las pinturas anticorrosivas deben garantizar por su composición de material y método de aplicación un máximo de eficacia y duración.

Se efectuara el montaje de los postes metálicos de forma que en ningún caso soporten esfuerzos para los cuales no han sido contruidos.

Los postes deberán ser manipulados cuidadosamente antes de proceder a su montaje.

Los postes metálicos serán cimentados en macizos de concreto, adecuados para dejar asegurada la estabilidad frente a las sollicitaciones actuantes y a la naturaleza del suelo.

- c) Características de los postes de concreto. Los postes de concreto, serán de concreto armado o pretensado, compactados por vibración o centrifugación. Deberán cumplir con lo establecido en las Normas ITINTEC y DGE correspondientes.

La longitud de los postes de concreto a utilizarse en redes primarias deberá ser de 9, 10, 11, 12, 13, 14 ó 15m. La carga de trabajo del poste podrá ser de 100, 200, 300, 400 ó 500 kg.

La calidad, los tipos y el modo de fabricación de los elementos constituyentes del poste serán los indicados en las Normas ITINTEC correspondientes: las características mecánicas del acero para el refuerzo metálico se dan en la Tabla 2-V.

**TABLA 2-V
CARACTERISTICAS MECANICAS DEL ACERO**

Tipo de acero	Resistencia a tracción mínima	Alargamiento mínimo
Corriente	37 Kg/mm ²	20 %
Especial	50 Kg/mm ²	18 %

La resistencia mínima a la comprensión del concreto a los 28 días no deberá ser menor de 280 kg/cm².

- d) Características de los postes de madera. Los postes de madera deberán cumplir con las Normas ITINTEC y DGE correspondiente.

Los postes serán identificados por la especie de madera, grupo, clase y su longitud, así como por el tratamiento preservador administrado, con indicación del año en que fue realizado.

Las maderas apropiadas para postes se clasifican en 5 grupos, dados en la Tabla 2-VI, de acuerdo al esfuerzo máximo de flexión, utilizando valores correspondiente a madera húmeda (por encima del valor de saturación de la fibra).

Los postes deberán ser de talla recta de tal manera que el diámetro del poste disminuya uniformemente. La forma del poste debe ser libre de codos, curvaturas y torceduras, con las tolerancias admitidas en las respectivas Normas ITINTEC.

La conicidad que es característica de las especies de madera y sus condiciones de crecimiento, no deberá ser inferior a 4mm/m, ni mayor a la calculada con los valores de las circunferencias mínimas en la punta y línea de tierra. En algunos casos, de acuerdo a estudios específicos, podrá admitirse mayor conicidad.

Los postes serán seleccionados de acuerdo al grupo y clase, de madera, que no excedan los esfuerzos y cargas de rotura consignados en las Tablas 2-VI y 2-VII.

**TABLA 2-VI
RANGO DE ESFUERZOS MÁXIMOS DE LAS MADERAS**

Grupo	Máximo Esfuerzo de Flexión (Kg/cm ²)
A	Mayor de 800
B	701 - 800
C	601 - 700
D	501 - 600
E	400 - 500

**TABLA 2-VII
CARGA DE ROTURA DE LOS POSTES DE MADERA**

Clase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Carga de rotura por flexión estática (Kg)	2,040	1,680	1,360	1,090	860	680	550	450	340	170

La fuerza de flexión actuante se considerará a 30 cm de la punta del poste.

Cimentación de los postes. Los postes deben sujetarse dentro del suelo de tal manera que considerando todas las hipótesis de carga, y las condiciones existentes del suelo, quede asegurada a su

estabilidad y se eviten movimientos inadmisibles. Sin embargo los postes de madera y de concreto pueden ser empotrados directamente siempre que se hayan realizado ensayos comprobatorios de las características reales del terreno.

La altura de los cimientos debe estar situada dentro de una capa de suelo resistente y a una profundidad no afectada por las heladas. Para cimentaciones dentro o muy cercanas de taludes, cuevas o zonas de inundaciones deben adoptarse, cuando fuera necesario, obras de reforzamiento para asegurar una estabilidad adecuada. No se permite la puesta directa de postes de madera en concreto. Los valores característicos del terreno que deberán tomarse para el cálculo de la resistencia del cimiento son los indicados en la Tabla 2-VIII

**TABLA 2-VIII
CARACTERISTICAS CONVENCIONALES DE LOS
TERRENOS**

Tipo de Terreno	Angulo de deslizamiento del terreno (con respecto a la vertical)	Coeficiente de compresibilidad R Kg/m ³
Arena fina	16°	280
Arcilla húmeda	22°	520
Arena gruesa	30°	670
Arcilla seca	30°	720
Tierra vegetal (húmeda)	36°	960
Tierra de fácil trabajo medio	48°	2,000
Tierra de fácil trabajo fuerte	55°	3,000
Las presiones máximas admisibles (σ) serán generalmente las siguientes:		
tierra muy fuerte	3 kg/cm ²	
tierra media	2 2.5 kg/cm ²	
tierra húmeda	1 1.5 kg/cm ²	

En los cálculos se deberán tomar en cuenta los siguientes pesos específicos convencionales:

Terreno	1,600 kg/m ³
Concreto	2,200 kg/m ³
Concreto armado	2,400 kg/m ³

Podrán ser tomados en cuenta valores mayores del peso específico del terreno, cuando se haya demostrado que el peso específico es superior, según las circunstancias, debe considerarse la posibilidad de que empeore la consistencia de los suelos cohesivos y disminuya en consecuencia la resistencia portante.

En presencia de aguas subterráneas, deberá considerarse la disminución del peso del concreto y de la tierra debido al empuje ascendente, tomando en cuenta el nivel más desfavorable de las aguas subterráneas.

Normalmente el concreto será elaborado con cemento que corresponda a las Normas ITINTEC arena limpia y canto rodado o piedra partida.

El concreto para cimentaciones debe tener por lo menos un contenido de cemento de 180 kg/m^3 de concreto terminado. Además para construcciones de concreto y concreto armado se deben observar las prescripciones de las Normas ITINTEC correspondientes; se recomienda la compactación del concreto con vibradores a inversión.

Las partes de acero de la cimentación que tocan el terreno, deben protegerse adecuadamente contra la oxidación.

Las durmientes y pilotes de madera deben protegerse eficazmente contra la putrefacción.

Las cimentaciones especiales, deben calcularse según técnicas y en la forma que el proyectista lo encuentre conveniente, tal que sea razonablemente adecuada.

2.2.1.3 Aisladores

Los aisladores que se utilicen en redes aéreas serán de porcelana o vidrio o de cualquier otro material de características eléctricas y mecánicas similares.

La superficie del aislador deberá ser vidriada y estará completamente libre de imperfecciones.

Las partes metálicas componentes del aislador deberán ser resistentes a la corrosión.

2.2.1.4 Retenidas.

a) Naturaleza. Las retenidas estarán constituidas por varillas, cables y accesorios de acero galvanizado o de cualquier otro material que no se corra bajo las condiciones ambientales. Las retenidas cuando se usen en postes de concreto, madera o metálicos, deberán ser adecuadas para resistir las fuerzas laterales, y para reducir la deflexión de los postes en posiciones de ángulo, terminales y en los cambios de sección del conductor en la línea.

En regiones donde exista la posibilidad de rápida oxidación, se utilizarán materiales resistentes a la corrosión.

El cable de la retenida tendrá una carga de rotura mínima de 1,750 kg.

b) Características

- i) Cuando las cargas que se aplican a los postes sean mayores a las que éstos pueden resistir, se proveerá un elemento adicional resistente, utilizando retenidas, brazos u otras instalaciones cuando los tiros de los conductores no estén balanceados, como en los casos de ángulo de línea, terminales, cambio de sección del conductor, etc.
- ii) Resistencia. Absorción de la carga mecánica del ángulo de la línea. A un ángulo de la línea, la retenida deberá soportar las cargas ocasionadas por la componente transversal del tiro en el conductor y por el efecto del viento sobre el conductor y poste sin exceder el 50% de su carga de rotura.

Absorción del tiro terminal de la línea. En el poste terminal la retenida deberá soportar la carga máxima ocasionada por el tiro longitudinal de los conductores, sin exceder el 50% de su carga de rotura.

Absorción de la carga longitudinal de retención de la línea. En el poste de retención o anclaje, la retenida deberá soportar la carga longitudinal de los conductores sin exceder el 80% de su carga de rotura.

c) Aisladores para retenidas

- i) Uso de aisladores en retenidas. Se deberán usar aisladores en cada retenida no conectada a tierra, cuando el poste en que se instala la retenida sostenga conductores a más de 300 volts a tierra, y la retenida esté expuesta a contacto con dichos conductores. El aislador más bajo deberá quedar cuando menos a 2.50 m del nivel del piso. Se exceptúan los casos en que los conductores de la línea sean de cable con cubierta metálica conectada a tierra o soportado por mensajero conectado a tierra.

Cuando una retenida no conectada a tierra pase por encima de conductores o partes activas descubiertas a más de 300 volts a tierra, se usarán dos o más aisladores, de manera que el tramo o tramos de la retenida expuesto a contacto con dichos conductores o partes activas, queden abarcados entre los aisladores.

Estos aisladores estarán a una distancia mínima de $U/75$ metros del conductor más próximo, estando éste en la posición que proporciona la distancia mínima al aislador, siendo U la tensión nominal en KV de dicho conductor.

Aisladores no requeridos. No se requieren aisladores en retenidas, donde éstas se encuentren eléctricamente conectadas a postes metálicos puestos a tierra, o a una conexión efectivamente puesta a tierra en postes de concreto y madera y donde estén efectivamente conectadas a tierra a través de cualquier sistema de redes aéreas.

- ii) Resistencia. La resistencia mecánica de los aisladores para retenidas no deberá ser menor que la requerida para la retenida en que se instalen.
- iii) Características Eléctricas. Los aisladores de tracción que se empleen en las retenidas deben ser hechos de porcelana, vidrio templado, resina u otro material que cumpla con las propiedades mecánicas y eléctricas requeridas.

La tensión disruptiva en seco de los aisladores para retenidas no deberá ser inferior al doble de la mayor tensión entre conductores de la línea en que se usen, y su tensión disruptiva bajo lluvia deberá ser por lo menos igual a dicha tensión.

- d) Tipos. Según las características propias del diseño, se podrán utilizar retenidas inclinadas, verticales y horizontales.

En los tres tipos de retenidas, se pueden aplicar retenidas múltiples ancladas a una o más varillas de anclaje.

En retenidas inclinadas, el ángulo formado entre la retenida y el poste no deberá ser menor de 20° , y su fijación al piso podrá ser con varilla de anclaje que tenga la dirección de cable retenida, o un riel de soporte inclinado unos 75° con respecto a la horizontal y en dirección opuesta a la retenida

Las retenidas verticales o inclinadas no podrán anclarse dentro de la faja correspondiente al tráfico vehicular, pista o calzada.

Se prohíbe la fijación de las retenidas a los soportes de aisladores rígidos o a los herrajes de las cadenas de aisladores.

- e) Cimentación. Cuando la fijación de la retenida sea efectuada por medio de un anclaje introducido en el terreno, la fuerza que actúa sobre el cable de retenida será contrarrestada por el peso del terreno

contenido en un tronco de pirámide, donde la base inferior es la correspondiente a la del bloque de anclaje.

Cuando no se tengan mediciones del ángulo de deslizamiento y densidad del terreno, se podrán emplear en el cálculo los valores mostrados en la Tabla 2-IX

**TABLA 2-IX
TALUD NATURAL DE LAS TIERRAS**

Clase de Terreno	Angulo de deslizamiento de la tierra (con respecto a la vertical)	Densidad del terreno Kg/m ³
Arena fina	16°	1,400
Arcilla húmeda	22°	1,800
Arena gruesa	30°	1,500
Arcilla seca	30°	1,600
Tierra vegetal (húmeda)	36°	1,600
Tierra fuerte	55°	2,000

El bloque de anclaje podrá ser de concreto, madera tratada o fierro.

2.2.1.5 Crucetas

- a) Naturaleza. Las crucetas podrán ser metálicas, de madera, concreto u otros materiales apropiados, resistentes a la corrosión. Sus características mecánicas y sus dimensiones deberán satisfacer las condiciones que se indican a continuación.
- b) Características de las crucetas metálicas. Estas crucetas serán de hierro galvanizado o pintado; fabricadas de una sola pieza con tubos y perfiles laminados, angulares o en U, de un espesor mínimo de 2 mm. Los agujeros para pernos que serán circulares, deberán estar libres de rebabas y tendrán un diámetro 1.5mm mayor que el diámetro nominal del perno que reciben.
- c) Características de la crucetas de madera. Estas crucetas deberán ser de una madera adecuada, y tendrán una sección transversal mínima 76.2mm x 76.2mm (3"x3")

La madera deberá tener la fibra recta y sana, debidamente descortezada y seca y no deberá presentar grietas longitudinales o radicales, nudos viciosos; torceduras excesivas, ni indicios de ataque de termes.

Para la protección de la intemperie, a fin de evitar ciertos desgastes superficiales, como el cuarteo, la madera puede protegerse aplicando pintura o barnices a las superficies que queden expuestas a la acción atmosférica. Estos aditivos, deberán ser suficientemente eficaces para evitar los cambios bruscos del contenido de humedad en su superficie. Las maderas a tratarse con preservadores, deberán

cumplir con las especificaciones de la correspondiente Norma ITINTEC

Estas crucetas deben encajarse en los postes correspondientes, de manera tal que la unión garantice la suficiente rigidez.

- d) Características de las crucetas de concreto. Estas crucetas serán de concreto armado vibrado y estarán previstas para su colocación por el procedimiento de ensamble, con un ojo de forma circular en el caso de postes simples o con dos ojos en el caso de postes dobles.

Tendrán superficies lisas y sin marcas de encofrado. Los extremos de la cruceta tendrán una sección cuadrada mínima de 120mm, por lado, que se mantendrá por lo menos hasta 50mm a cada lado de los agujeros para los aisladores.

El recubrimiento mínimo sobre las armaduras será de 10mm., las perforaciones para fijación de aisladores o cadenas de aisladores estarán constituidas por tubos metálicos de 20 mm de diámetro interior, libre de rebabas o curvas que impidan el paso de los pernos especificados; éstos tubos serán pasantes e irán ligados a la armadura en tal forma que se obtenga continuidad eléctrica.

- e) Criterios para su selección. En la selección de crucetas se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- i) Deberán soportar las siguientes cargas verticales: peso de los conductores relacionados a un vano gravante igual al vano medio, peso del equipo de aislamiento, peso propio, carga de montaje y accesorios. Estas cargas no deben exceder el 50% de la resistencia de rotura del material.

Excepción. Para crucetas de metal instaladas sobre postes metálicos se admitirá un 27% de sobrecarga mínima sobre las cargas verticales antes mencionadas.

- ii) Deberán resistir cualquier carga longitudinal desequilibrada a la cual queden expuestas, con un tiro del conductor desequilibrado no menor de 320 kg.

2.2.1.6 Accesorios

Se considerarán bajo esta denominación a todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al poste y al conductor a los de fijación del cable de retenida al poste, a los elementos de protección eléctrica de los aisladores y finalmente a los accesorios del conductor y crucetas.

Los accesorios serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán resistir eficazmente a la acción de la corrosión.

Las grapas de amarre del conductor deberán soportar un tiro mecánico en el cable del 90% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento.

2.2.2 Consideraciones para el Cálculo

2.2.2.1 Cargas permanentes

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los siguientes elementos: peso del poste y crucetas, peso de los conductores relacionados a un vano gravante igual al vano medio, peso del equipo de aislamiento y peso de accesorios en general.

2.2.2.2 Presiones debidas al viento

Se supondrá el viento horizontal, actuando perpendicularmente sobre la superficie batida de conductores y postes. La presión del viento sobre los elementos constituyentes de la red será la obtenida por la siguiente expresión.

$$P = K.V^2$$

Donde:

P = Presión del viento, en kg/m²

K = Coeficiente igual a 0.0042 para superficies cilíndricas y 0.007 para superficies planas.

V = Velocidad del viento en km/h, de acuerdo a los valores establecidos en la fig. 2-1.

2.2.2.3 Sobrecarga motivada por el hielo

Si se comprueba la existencia de hielo sobre los conductores para altitudes sobre el nivel del mar superiores a 3,000m se podrá considerar la sobrecarga motivada por el hielo.

2.2.2.4 Desequilibrio de tracciones

a) Desequilibrado de postes de anclaje. Se considerará un esfuerzo equivalente al 50% de las tracciones unilaterales de los conductores, distribuido en el eje del poste a la altura de los puntos de fijación de los conductores.

b) Desequilibrio en postes terminales. Se considerará un esfuerzo equivalente al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores, aplicado en el punto de fijación del correspondiente conductor al poste. Además se tendrá en cuenta la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

c) Desequilibrios muy pronunciados. En los postes de cualquier tipo que tengan un fuerte desequilibrio de los vanos contiguos, deberá

analizarse el desequilibrio de tiros de los conductores en la hipótesis de tiro máximo de los mismos. Si el resultado de este análisis fuera más desfavorable que los valores fijados anteriormente se aplicarán los valores resultantes de dicho análisis.

2.2.2.5 Esfuerzos longitudinales por rotura de conductores

- a) En postes de alineamiento y de ángulo. Se considerará el esfuerzo unilateral, correspondiente a la rotura de un solo conductor. Este esfuerzo se considerará aplicado en el punto que produzca la sollicitación mas desfavorable para cualquier elemento del poste, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que aquel esfuerzo sea excéntrico. El valor del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será: 50% del esfuerzo máximo del conductor.
- b) En postes de anclaje. Se considerará el esfuerzo correspondiente a la rotura de un conductor en las líneas con un solo conductor por fase y circuito, sin reducción alguna de su esfuerzo. Este esfuerzo se considerará aplicado en forma análoga que en los postes de alineamiento y de ángulo.
- c) En postes terminales. Serán calculados de una manera similar a los postes de anclaje.

2.2.2.6 Esfuerzos resultantes de ángulo

En este tipo de poste, se tendrá además en cuenta el esfuerzo resultante de ángulo de las tracciones de los conductores.

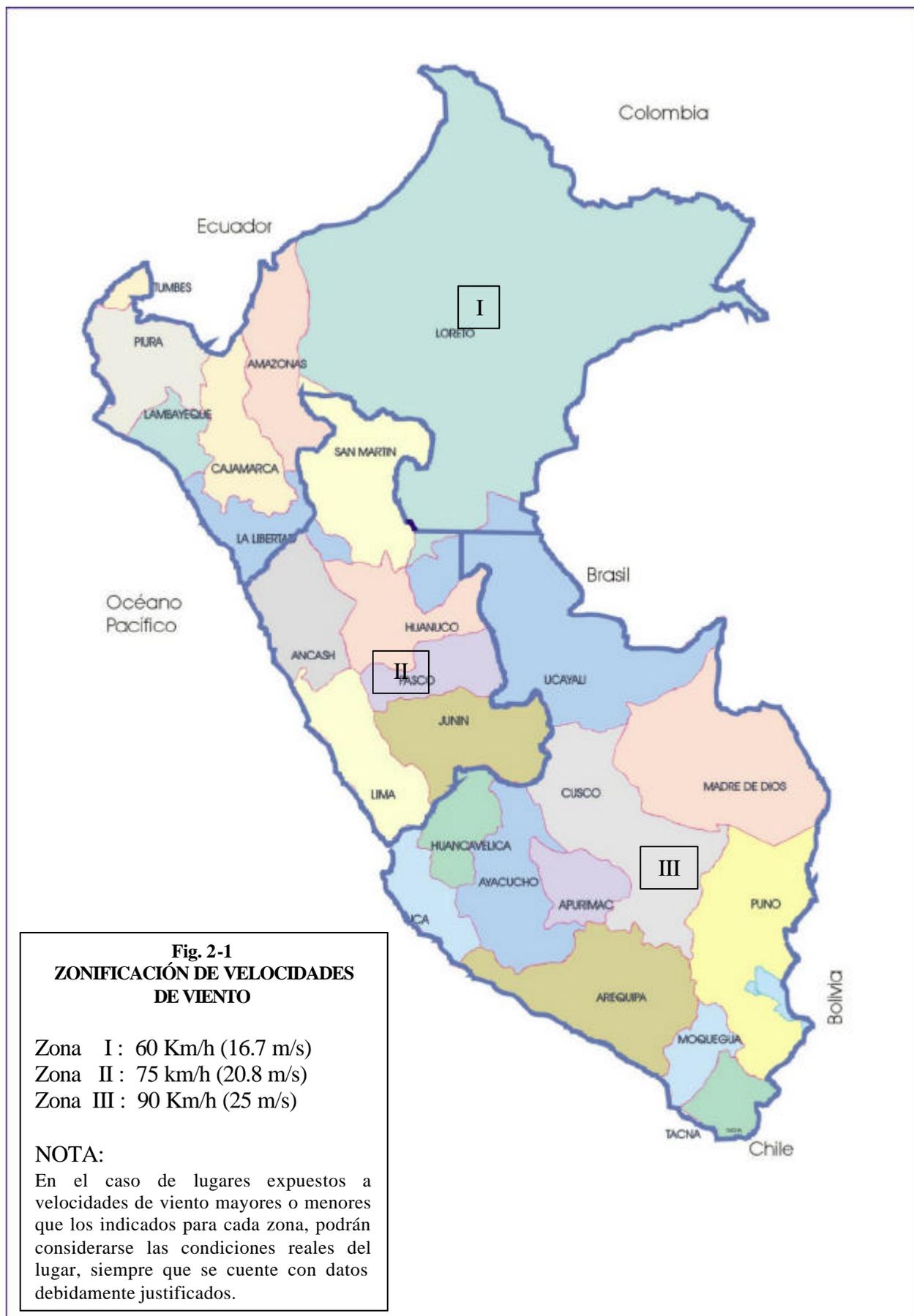
2.2.3 Cálculos Eléctricos

2.2.3.1 Régimen eléctrico de funcionamiento

La sección del conductor deberá elegirse de manera tal que el calentamiento por efecto Joule no produzca una disminución inadmisibles de su rigidez mecánica y térmica de cortocircuito.

2.2.3.2 Densidad de corriente admisible en los conductores.

Las densidades de corriente máximas en régimen permanente no sobrepasarán los valores señalados en las Tablas 2-X y 2-XII. Para una temperatura ambiente diferente a 30°C, se deberán aplicar los factores de corrección dados en las Tablas 2-XI y 2-XIII.



TABLAS 2-X
DENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE EN CONDUCTORES
DESNUDOS
Amperes/mm²

Temperatura ambiente 30°C
 Temperatura máxima del conductor 75°C
 Velocidad transversal del viento 2 km/h

Sección Nominal (mm ²)	Cobre	Aleación de Aluminio
10	10.10	
16	8.90	6.56
25	7.60	5.68
35	6.45	4.85
50	5.45	4.00
70	5.00	3.63
95		3.20
120		2.30

TABLA 2-XI

FACTORES DE CORRECCION EN CONDUCTORES DESNUDOS
PARA
TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE DE 30°C
TEMPERATURA MAXIMA DEL CONDUCTOR: 75°C

Temperatura ambiente (°C)	25	30	35	40	45	50
Factor de Corrección	1.06	1.00	0.94	0.89	0.82	0.76

TABLA 2-XII
DENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE EN
CONDUCTORES FORRADOS
amperes/mm²

Temperatura ambiente 30°C
 Temperatura máxima del conductor 75°C
 Velocidad transversal del viento 2 km/h

Sección Nominal (mm ²)	Cobre
10	8.30
16	7.50
25	6.12
35	5.20
50	4.40
70	4.05

TABLA 2-XIII

**FACTORES DE CORRECCION EN CONDUCTORES FORRADOS
PARA
TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE DE 30°C
TEMPERATURA MAXIMA DEL CONDUCTOR: 75°C**

Temperatura ambiente (°C)	20	25	30	35	40	45	50
Factor Corrección	1.14	1.07	1.00	0.92	0.82	0.71	0.58

2.2.3.3 Resistencia de Difusión máxima de la puesta a tierra

La resistencia de difusión de la puesta a tierra para el caso de que se produjera un paso de corriente a tierra a través del poste no excederá de los valores que se obtengan con los criterios siguientes:

- a) En el caso de líneas equipadas con elementos de protección de una sensibilidad necesaria para detectar fallas francas a tierra en cualquier punto de la línea y con capacidad para desconectar la línea averiada en un tiempo muy breve, el dimensionamiento de la resistencia de difusión de la puesta a tierra se hará considerando como umbral de funcionamiento del dispositivo de protección, el 50% como máximo de la intensidad de corriente originada por la perturbación.

Dentro de este criterio y en zonas frecuentadas, la resistencia de difusión de la puesta a tierra de los postes no será superior a 25 ohms. En el caso de que este valor fuese difícil de obtener, se admitirá un valor de resistencia superior, siempre que se aumente el aislamiento del poste.

En las zonas de pública concurrencia, además de cumplirse lo anterior, será obligado el empleo de electrodos de difusión o tomas de tierra en anillo cerrado, enterrado alrededor del empotramiento del poste, a un metro de distancia de las aristas del macizo de la cimentación si la hubiere, o de la superficie exterior del poste sino hubiere macizo.

- b) En el caso de líneas no equipadas con protección prevista para desconexión rápida, la caída de tensión motivada por la corriente de falla, a través de la resistencia de la toma de tierra, será de 125 V como máximo.

Deberá obtenerse una resistencia de difusión máxima de 25 ohms en la puesta a tierra de todos los postes que contengan interruptores, seccionadores y otros dispositivos de maniobra

debiendo estar conectadas a tierra las carcasas y partes metálicas de las mismas.

2.2.4 Cálculos Mecánicos

2.2.4.1 Conductores

- a) Esfuerzo máximo admisible. En ningún caso deberá ser mayor al 40% del esfuerzo mínimo de rotura del conductor. Los esfuerzos máximos admisibles para el cobre y aleación de aluminio son dados en la Tabla 2-XIV

TABLA 2-XIV
ESFUERZOS MAXIMOS ADMISIBLES

Material Conductor	Esfuerzo máximo admisible en conductores cableados Kg/mm ²
Cobre duro	16.8
Cobre semiduro	14.0
Aleación de Aluminio	11.2

Los esfuerzos máximos a considerarse en los conductores, según su altitud de instalación, son los siguientes:

- i) De 0 a 2,000 m.s.n.m., sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de viento, a una temperatura mínima de 5°C.
- ii) De 2,001 a 3,000 m.s.n.m., sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de viento, a una temperatura mínima de -10°C
- iii) Mayor de 3,000 m.s.n.m, sometidos a la acción de su peso propio, sobrecarga de viento, sobrecarga de hielo (si se comprueba su existencia), a una temperatura mínima de -15°C.
- b) Comprobación de fenómenos vibratorios. En caso de que en la zona que atraviese la línea se prevean vibraciones de los conductores, se deberá comprobar el esfuerzo longitudinal de los mismos a efecto de reducir la amplitud de la vibración, si es posible dentro de la satisfacción de otras exigencias de este Tomo, o de introducir amortiguadores.
- c) Flechas máximas de los conductores. Se determinará la flecha máxima de los conductores sometidos a la acción de su peso propio a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Esta temperatura no será en ningún caso inferior a 40°C.

Para el cálculo de la flecha rigen las características de materiales para conductores indicados en la Tabla 2-II.

2.2.4.2 Postes

- a) Criterios de agotamiento. El cálculo de la resistencia mecánica y estabilidad de los postes cualquiera que sea su naturaleza y la de los elementos de que están constituidos, se realizan suponiendo aquellos sometidos a los esfuerzos que se fijan a continuación y con los factores de seguridad señalados en 2.2.4.2 d)

Los criterios de agotamiento a considerarse en el cálculo mecánico de los postes, serán según los casos:

- i) Rotura (descohesión)
 - ii) Fluencia (Deformaciones permanente)
 - iii) Inestabilidad (pandeo o inestabilidad general)
- b) Características resistentes de los diferentes materiales. Las característica básico de los materiales será la carga de rotura o el límite de fluencia según los casos, con su valor mínimo garantizado.

Las características resistentes del acero estructural utilizado en los postes metálicos son dadas en la Tabla 2-III, considerándose el límite de fluencia de los aceros igual al límite elástico convencional. Para la madera y el concreto, se adoptarán los valores de resistencia mecánica dados en 2.2.1.2 c) y d).

En el cálculo de los postes metálicos que puedan presentar fenómenos de inestabilidad por pandeo, el proyectista podrá emplear cualquier método sancionado por la técnica, siempre que cuente con una amplia experiencia de su aplicación, confirmada además por ensayos; para el caso de no ser así, el cálculo debe ser realizado de manera que los esfuerzos admisibles sean obtenidos de la forma siguiente:

$$W.F / S \leq d_f / c$$

Donde:

- F** = Fuerza de compresión en el elemento, en kg.
- S** = Area de la sección transversal considerada en mm²
- d_f** = Limite de fluencia del material, en kg/mm²
- c** = Factor de seguridad, dado en 2.2.4.2 d)
- W** = Coeficiente de pandeo en función del grado de esbeltez
(l) dado en la Tabla 2-XV para el acero corriente de 37 kg/mm²
- λ** = Grado de esbeltez del elemento considerado que a su vez, es la relación entre la longitud libre de pandeo y el radio de giro (r)
- r** = Radio de giro de la sección considerada, que es la raíz cuadrada de la relación del momento de inercia (J) y el área de la sección (S)

Los límites de agotamiento de los elementos estructurales en postes metálicos se dan en la Tabla 2-IV

c) Hipótesis de cálculo. Todos los postes se dimensionarán de acuerdo a las hipótesis de cálculo mostradas en la Tabla 2-XVI, según el tipo de poste.

d) factores de seguridad. Los factores de seguridad de los postes se aplicarán considerando la primera y segunda hipótesis de cálculo como hipótesis normales y la tercera y cuarta como hipótesis anormales.

En este sentido todas las fuerzas aplicadas se reducirán por momentos a una equivalente aplicada a 10cm. de la punta del poste para postes metálicos normales y de concreto, y 30 cm. para postes de madera, afectándose con los factores que se indican a continuación.

i) Postes metálicos. Los factores de seguridad mínimos referidos al límite de fluencia del material serán de 1.5 y 1.1 para las hipótesis normales y anormales respectivamente de las fuerzas de tracción o compresión, cortadura y pandeo

ii) Postes de concreto armado. El factor de seguridad mínimo a la rotura de los postes será igual a 2 para las hipótesis normales y 1.5 para las anormales.

iii) Postes de madera. El factor de seguridad mínimo referido a la carga de rotura será de 3 para las hipótesis normales y 2 para las anormales.

e) Cimentación. Los bloques de cimentación deben ser comprobados con las fuerzas calculadas de las hipótesis de cálculo de los postes, de acuerdo con las prescripciones expuestas de 2.2.1.2 e). Para el cálculo se consideran los pesos propios de las cargas permanentes especificadas en 2.2.2.1 así como también el peso propio del bloque de cimentación.

Para los postes empotrados en roca o en mampostería no se aplican las prescripciones de 2.2.1.2 e), sino que se debe cumplir que el empotramiento sea el necesario para soportar los esfuerzos con factores de seguridad mínimos al vuelco de 1.5 en hipótesis normales y de 1.25 en hipótesis anormales.

En casos de postes directamente empotrados en terreno normal la profundidad de empotramiento en metros, si es que no se poseen datos del mismo, será la siguiente:

Postes de concreto, metálicos de madera: $H/10 + 0.60$
donde H = altura total del poste en m

TABLA 2-XV

**COEFICIENTE DE PANDEO W EN FUNCIÓN DEL GRADO DE
ESBELTEZ l PARA ACERO CORRIENTE DE 37 kg/mm²**

l	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	l
20	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	20
30	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13	30
40	1.14	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	40
50	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	50
60	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40	60
70	1.41	1.42	1.44	1.45	1.46	1.48	1.49	1.50	1.52	1.53	70
80	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.68	1.69	80
90	1.71	1.73	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88	90
100	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.05	2.07	2.09	100
110	2.11	2.14	2.16	2.18	2.21	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39	110
120	2.43	2.47	2.51	2.55	2.60	2.64	2.68	2.72	2.77	2.81	120
130	2.85	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.17	3.22	3.26	130
140	3.31	3.36	3.41	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	140
150	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00	4.06	4.11	4.16	4.22	4.27	150
160	4.32	4.38	4.43	4.49	4.54	4.60	4.65	4.71	4.77	4.82	160
170	4.88	4.94	5.00	5.05	5.11	5.17	5.23	5.29	5.35	5.41	170
180	5.47	5.53	5.59	5.66	5.72	5.78	5.84	5.91	5.97	6.03	180
190	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42	6.49	6.55	6.62	6.69	190

HIPÓTESIS CALCULO DE POSTES

A) Postes situados en altitudes de 0 a 3,000 m

Tipo de poste	Primera Hipótesis	Tercera Hipótesis	Cuarta Hipótesis
Alineamiento	Cargas permanentes (2.2.2.1) Viento (2.2.2.2)	-----	Cargas permanentes Rotura de conductores (2.2.2.5 a)) Temperatura (2.2.4.1a))
Angulo	Cargas permanentes viento Resultante de ángulo (2.2.2.6) Temperatura (2.2.4.1 a))	-----	Cargas permanentes Rotura de conductores (2.2.2.5 a)) Temperatura (2.2.4.1 a))
Anclaje	Cargas permanentes viento Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones (2.2.2.4 a)) Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Rotura de conductores (2.2.2.5 b)) Temperatura (2.2.4.1 a))
Terminal	Cargas permanentes Viento Desequilibrio de tracciones (2.2.2.4 b)) Temperatura (2.2.4.1 a))	-----	Cargas permanentes Rotura de conductores (2.2.2.5 c)) Temperatura (2.2.4.1 a))

A) Postes situados en altitudes mayores de 3,000 m (Continuacion de la tabla 2-XVI)

Tipo de poste	Primera Hipótesis	Segunda Hipótesis	Tercera Hipótesis	Cuarta Hipótesis
Alineamiento	Cargas permanentes (2.2.2.1) Viento (2.2.2.2)	Cargas permanentes Hielo Temperatura	-----	Cargas permanentes Hielo (2.2.2.3) Rotura de conductores (2.2.2.5 a)) Temperatura
Angulo	Cargas permanentes Viento Resultante de ángulo (2.2.2.6) Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Hielo Temperatura (2.2.4.1 a))	-----	Cargas permanentes Hielo (2.2.2.3) Rotura de conductores (2.2.2.5 a)) Temperatura
Anclaje	Cargas permanentes Viento Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Hielo Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Hielo (2.2.2.3) Desequilibrio de tracciones (2.2.2.4 a)) Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Rotura de conductores (2.2.2.5 b)) Temperatura (2.2.4.1 a))
Terminal	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones (2.2.2.4 b)) Temperatura (2.2.4.1 a))	Cargas permanentes Hielo (2.2.2.3) Desequilibrio de tracciones (2.2.2.4 b)) Temperatura (2.2.4.1 a))	----- -----	Cargas permanentes Rotura de conductores (2.2.2.5 c)) Temperatura (2.2.4.1 a))

2.2.4.3 Aisladores

a) Requerimientos mecánicos

- i) Los aisladores de suspensión y los de tipo espiga, deben soportar adecuadamente las cargas máximas transversales ocasionadas por la acción del viento sobre el conductor y el aislador, y la acción de la componente transversal del tiro del conductor en los ángulos de la línea, así como las cargas verticales ocasionadas por el peso del conductor, sin exceder el 33% de su carga de rotura.
- ii) Los aisladores tipo espiga en los cruces de carreteras o vías férreas, deben soportar el tiro longitudinal ocasionado por la rotura de un conductor adyacente sin exceder el 40% de su carga rotura.
- iii) Los aisladores de suspensión deben soportar el tiro máximo del conductor, sin exceder el 40% de su carga de rotura.

b) Requerimientos eléctricos

- i) Condición de operación eléctrica. Los aisladores para circuitos monofásicos conectados directamente a circuitos trifásicos (sin intercalación de transformadores) deben tener tensiones disruptivas no menores que las requeridas para aisladores en circuitos trifásicos.

Cuando se instalen aisladores y conductores, deberá tenerse la precaución de prevenir, tal como lo establece la buena práctica moderna, la formación de cualquier arco que pueda dañar o quemar cualquier parte del poste, aisladores o conductores, ocasionando la caída del conductor.

- ii) Altitud y temperatura de servicio. Para las redes de distribución ubicadas sobre los 1,000m de altitud y para una temperatura de servicio que tenga un valor máximo que supere los 40°C, se requerirá un mayor aislamiento.

Para efectos de la selección del nivel de aislamiento, se deberá multiplicar la tensión nominal de servicio por los siguientes factores:

Para una temperatura máxima t , en °C

$$F_t = \frac{273 + t}{313}$$

Para una altitud H , en metros

$$F_h = 1 + 1.25(H - 1,000) \times 10^{-4}$$

- iii) Nivel de aislamiento. La tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia de servicio que debe tener un aislador, no deberá ser menor a:

$$U_c = 2.1 (U + 5)$$

Donde:

U = Tensión nominal de servicio, en kv

U_c = Tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia de servicio, en kv.

- iv) Relación de la tensión disruptiva en seco con respecto a la tensión de perforación. Los aisladores serán diseñados de forma tal que su tensión disruptiva en seco no sea mayor que el 75% de su tensión de perforación a la frecuencia de servicio.
- v) Condiciones de operación severas. Donde se tengan condiciones de operación severas tales como las que se describen a continuación, se deberá incrementar el nivel de aislamiento de los aisladores, de acuerdo a las condiciones y a la experiencia local:
- Donde prevalecen la caída de rayos
 - Donde se tenga atmósfera contaminada (causada por emanaciones químicas, humos, polvo de cemento, niebla salina u otras partículas extrañas)
 - Donde se tiene una temporada seca con una fuerte acumulación de polvo, seguida por humedad.

2.2.4.4 Retenidas

- a) Requerimientos mecánicos. Los requerimientos mecánicos a los cuales se van a estar sometidas la retenidas, dependen de la función que cumpla el poste al cual van unidos.

Cuando se calculen retenidas para postes metálicos con capacidad de deflexión reducida, los postes mantendrán toda la carga de trabajo que les es permitida y las retenidas tomarán la carga restante.

En postes de madera o concreto, cuando se empleen retenidas para satisfacer los requerimientos de resistencia de los postes, se calcularán las retenidas para soportar la carga total en la dirección en que éstas actúan y para que el poste trabaje solamente a compresión.

- b) Compatibilidad de resistencia mecánica de los elementos. La resistencia mecánica de los elementos que componen la retenida no deberá ser menor que la requerida por el cable de retenida.
- c) Cimentación. Será ejecutada de acuerdo al tipo de terreno, con las prescripciones dadas en 2.2.1.4 d)

El dimensionamiento del bloque de anclaje para la fijación del cable de retenida al terreno deberá cumplir la siguiente relación:

$$d^3 \geq R / 1.5 L$$

Donde:

- R = Tiro de la retenida (kg)
- d = Diámetro o ancho del bloque de anclaje (cm)
- L = Longitud del bloque de anclaje (cm)

2.2.4.5 Crucetas

Las crucetas deberán ser calculadas bajos las mismas hipótesis de cálculo de los postes de acuerdo a la función que desempeñen, considerándose los factores de seguridad prescritos en 2.2.1.5 e).

2.2.4.6 Accesorios

Los accesorios de la línea sometidos a tiro mecánico por los conductores o por los aisladores deberán tener un factor de seguridad mecánica mínimo de 3 respecto a su carga de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobare sistemáticamente mediante ensayos, el factor de seguridad podrá reducirse a 2.5

En el caso de accesorios especiales, como los que pueden emplearse para limitar los esfuerzos transmitidos a los postes, deberán justificarse plenamente sus características así como la permanencia de los mismos.

2.2.5 Distancias Mínimas de Seguridad

Las distancias mínimas de seguridad deberán ser medidas entre las partes más cercanas en consideración.

El conductor neutro de un circuito deberá tener la misma separación como la de los conductores de fase del circuito al cual pertenecen.

Cuando los conductores neutros estén efectivamente puestos a tierra a lo largo de la línea y pertenezcan a circuitos con tensiones entre fases hasta los 15kv, podrán tener las mismas separaciones que los circuitos de 0-750 V entre fases. Los conductores eléctricos deberán guardar las distancias mínimas siguientes.

2.2.5.1 Entre conductores eléctricos

a) Del mismo circuito. Conductores del mismo circuito instalados en postes fijos deben tener una separación vertical, horizontal o angular uno del otro, no menor que los valores requeridos señalados a continuación en (i) ó (ii) según la situación lo exija.

i) La separación mínima en sus postes y en cualquier punto del vano deberá ser la siguiente:

- Para tensiones inferiores o igual a 11,000 V : 0.40m
- Para tensiones superiores a 11,000 V : 0.40m + 0.01 m/kv
en exceso de 11 kv

ii) La separación mínima en metros a la mitad del vano debe ser el valor dado por las siguientes formulas. Si los requerimientos señalados en (i) proporcionan una separación mayor, éstas serán aplicadas.

- Para conductores menores de 35 mm²

$$0.0076 U + 0.65 \sqrt{f - 0.60}$$

- Para conductores de 35 mm² ó mayores:

$$0.0076 U + 0.37 \sqrt{f}$$

Donde f es la flecha máxima en metros, sin viento y U es la tensión de la línea en Kv.

b) De diferentes circuitos

i) De la misma tensión. Serán consideradas las mismas distancias dadas en 2.2.5.1 a)

ii) De distinta tensión. En estos casos se situarán a mayor altura los conductores de tensión más elevada. En caso que fuera preciso sobrellevar la línea existente, la modificación de la línea ya instalada será de responsabilidad del nuevo instalador.

Donde dos circuitos son instalados sobre el mismo o diferentes postes y un circuito se encuentra encima del otro, la distancia vertical entre conductores de diferentes circuitos en cualquier punto, bajo condiciones de trabajo normal, no deberá ser menor que los valores dados en la Tabla 2-XVIII. Además se cumplirán las siguientes disposiciones en los casos de cruzamiento y paralelismo.

En cruzamientos se tendrá en cuenta lo siguiente:

Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los postes de cruce de la línea inferior tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o postes.

En casos en que por circunstancias singulares sea preciso que la línea de menor tensión cruce por encima de la de tensión superior, será preciso recabar la autorización expresa, teniendo presente en el cruce todas las prescripciones y criterios ya expuestos.

Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transmisión o de distribución de energía, a distancias iguales o menores que la altura del poste más alto, entre las líneas más próximas (véase fig.2-2). Serán exceptuadas de esta prescripción las zonas de acceso a centrales generadoras y estaciones transformadoras.

El tendido de conductores de diferente tensión sobre los mismos postes se permitirá cuando sean de iguales frecuencias.

TABLA 2-XVIII
SEPARACION VERTICAL MINIMA ENTRE CONDUCTORES
DE DIFERENTES CIRCUITOS
(véase fig.2-2).

Conductor de mayor tensión	Cuando los circuitos son paralelos por lo menos un vano * (b)	Cuando los circuitos se cruzan y ambos se instalen en el mismo poste (f)	Cuando los circuitos se cruzan y ambos se instalen en diferentes postes (d)
Superior a 650 V y no mayor de 30,000 V	1.20 m.	1.00 m.	1.20 m.

(*) Se entiende que existe paralelismo cuando dos o mas líneas próximas siguen sensiblemente la misma dirección, aunque no sea rigurosamente paralelas.

2.2.5.2 A estructuras

- a) De otras estructuras. Las distancias mínimas desde cada estructura, edificio, postes de líneas de comunicaciones o de energía, diferentes a la línea bajo consideración hasta cualquier posición que pueda alcanzar el conductor durante sus movimientos de meneo y ondulatorios, se dan en la Tabla 2- XIX siguiente:

TABLA 2-XIX

**DISTANCIAS MÍNIMAS A ESTRUCTURAS PARA TENSIONES
MAYORES A 650V Y MENORES A 30,000V**

(Véase figs. 2-2 y 4-1)

- (A) Verticalmente encima de cualquier parte del techo o estructura similar, normalmente no accesible pero sobre la cual pueda pararse una persona**4.00 m.**
- (B) Verticalmente encima de cualquier techo o estructura similar, sobre la que no se pueda parar una persona.....**3.50 m.**
- (C) En cualquier dirección desde paredes planas u otras estructuras normalmente no accesibles.....**2.00 m.**
- (D) En cualquier dirección desde cualquier parte de una estructura normalmente accesible a personas incluyendo abertura de ventanas, balcones o lugares de estadía similares.....**2.50 m.**

b) De la estructura soportadora: La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y sus estructuras soportadoras no será inferior a $0.1 + U/150$ metros con un mínimo de 0.20 m donde U es la tensión nominal en kv.

2.2.5.3 A la superficie del terreno

Para los propósitos de este inciso, el término "terreno" incluye todas las áreas elevadas y no techadas accesibles al tránsito o lugares concurridos como terrazas, patios, plataformas o puentes y paraderos.

La altura de los postes será la necesaria para que los conductores con su máxima flecha vertical queden situados por encima del punto considerado a distancias mínimas señaladas en la Tabla 2-XX siguiente:

**TABLA 2-XX
DISTANCIAS MÍNIMAS SOBRE LA SUPERFICIE DEL TERRENO**

(véase fig.2-2 c)).

Tension KV	Disposición	Carreteras y Avenidas m	Calles y Caminos m	Areas no transitables por vehículos m
1 a 15	Al cruce	7.00	6.00	4.50
	A lo largo	6.00	5.50	4.50
15 a 30	Al cruce	7.00	7.00	5.00
	A lo largo	6.50	6.00	5.00

La distancia de conductores sobre el terreno señalado para áreas no transitables por vehículos, se aplicará solamente cuando la configuración del terreno no permita ser atravesado por éstos.

La distancia de conductores de líneas rurales sobre el terreno pueden ser menores en 0.50m de las que se señalan para calles y caminos.

Además se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones en caso de paralelismo a estas vías de comunicación como:

Se prohíbe la instalación de postes de redes primarias en las zonas de influencia de las carreteras, a distancias inferiores a las que se indican a continuación, medidas horizontalmente desde el eje de la calzada y perpendicularmente a ésta (véase fig.2-2 (a)).

En arterias de tráfico interprovincial	:	20m
En arterias vecinales de poco tráfico	:	15 m

2.2.5.4 A otros

- a) De telecomunicaciones. Serán consideradas como líneas eléctricas de tensión secundaria y su cruzamiento no será menor de 1.80 m

Se evitará siempre que se pueda, el paralelismo con las redes primarias; cuando ello no sea posible se mantendrá entre los conductores mas próximos de una y otra línea una distancia a la altura superior a la altura del poste más alto.

- b) Sobre ferrocarriles

la altura mínima de los conductores sobre la rasante de las cabezas del riel sin electrificar será como mínimo de 7m.

Los ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses. La altura mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 3m.

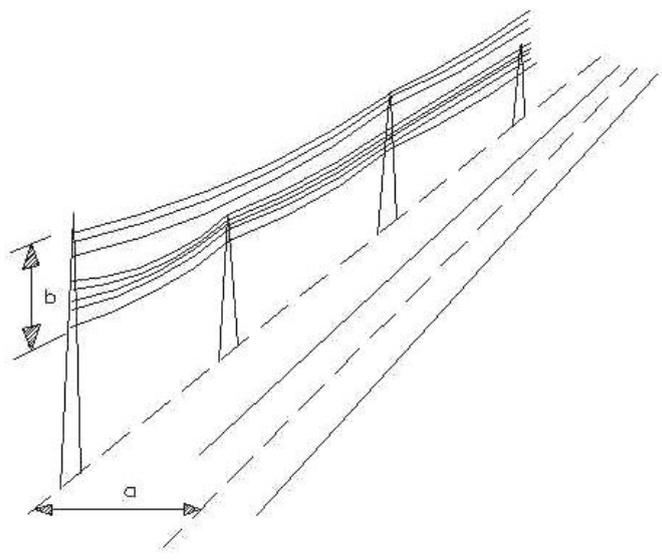
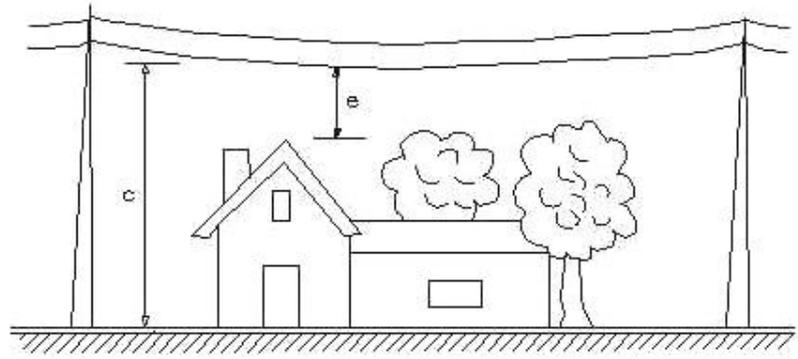
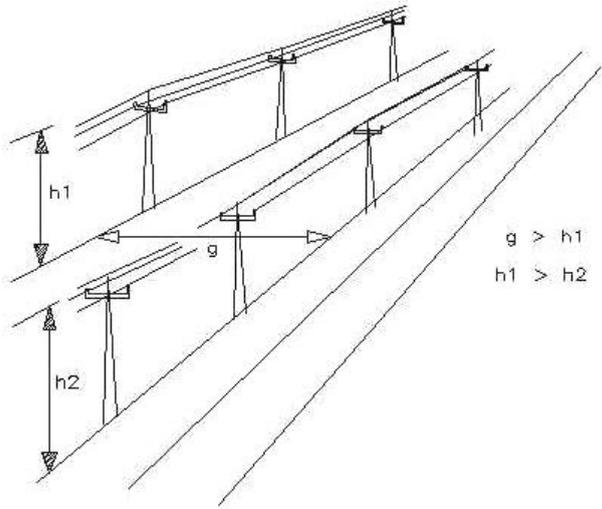
- c) Sobre cursos de aguas

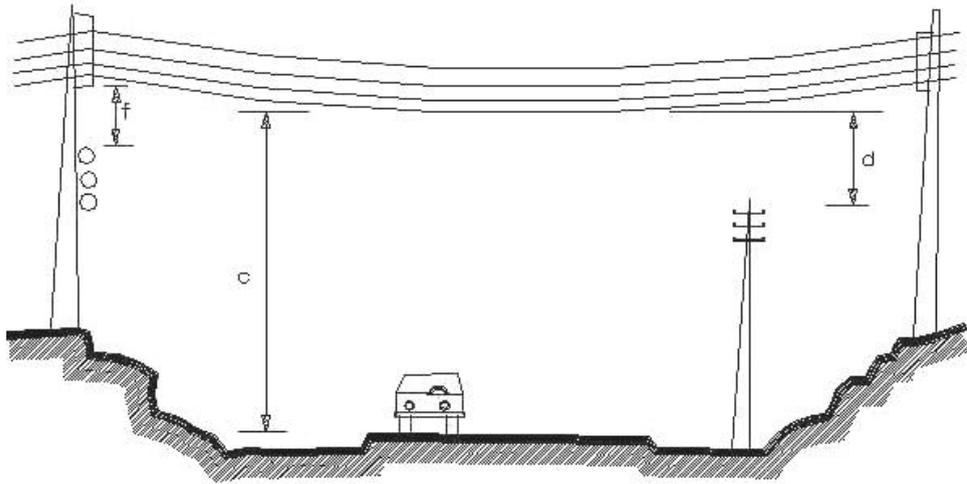
- i) Navegables. En los cruzamientos con cursos de aguas, navegables o flotables, la altura mínima en metros de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

$$7 + 0.015 U(m)$$

U = Tensión nominal de la línea en kV

- ii) No navegables. La altura mínima no será menor que las consideraciones sobre caminos secundarios.





- d) Bosques, árboles y arbolados. Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de arboles con los conductores de una línea eléctrica, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de poda de arbolado a ambos lados de la línea cuya anchura será la necesaria para que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de flecha máxima, su separación del arbolado no sea inferior a 2m.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos arboles que constituyan un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que por inclinación o caída fortuita o provocada, puedan alcanzar los conductores en su posición normal.

El concesionario de la línea estará obligado a exigir periódicamente que se efectúen las operaciones de corte y poda necesarios en la zona de protección señalada.

- e) De teleféricos y cables transportadores. El cruce de una línea eléctrica con teleféricos o cables transportadores deberá efectuarse siempre superiormente, salvo casos razonadamente muy justificados que expresamente se autoricen.

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica y la parte más elevada del teleférico, teniendo en cuenta las oscilaciones, lo cables del mismo durante su explotación normal y la posible sobrelevación que pueda alcanzar por reducción de carga en caso de accidente será igual a 4m, igualmente esta distancia mínima será conservada para la distancia horizontal entre

el órgano más próximo del teleférico y los postes de la línea eléctrica en el vano de cruce.

- f) De retenidas. Las distancias de seguridad que requieren las retenidas horizontales son las siguientes:

Retenidas sobre	Distancia (m)
- Líneas férreas	8.50
- Carreteras, calles	5.50
- Veredas	4.50
- Vías de acceso a garajes residenciales	3.00

Los cables de retenida deberán estar separados de los conductores una distancia no menor de 16cm cuando estén amarrados a postes diferentes.

2.2.6 Protección y Seccionamiento

La protección y seccionamiento de la Red de Distribución Primaria se hará según se especifica en 2.1.4, 3.5 y 3.6.6

2.2 Red Subterránea

2.3.1 Naturaleza y Características de los Cables Subterráneos

2.3.1.1 Condiciones generales

Además de lo indicado en el presente acápite se adoptarán las condiciones generales de los materiales a utilizarse en los cables subterráneos indicados en las Normas DGE e ITINTEC. Podrán también adoptarse las características garantizadas por los fabricantes.

2.3.1.2 Tensión nominal

Las tensiones nominales de los cables entre un conductor y la cubierta metálica o tierra (E_0) y entre conductores de distinta fase (E), así como la tensión máxima admisible del cable, están dadas en las Tablas 2-XXI, 2-XXII y 2-XXIII.

TABLA 2-XXI
TENSIONES NOMINALES DE LOS CONDUCTORES PARA
CABLES CON AISLAMIENTO DE PAPEL IMPREGNADO

Tensión Nominal E (kV)	Características de los Cables		Tensión máxima admisible en servicio permanente (kV)
	Campo Radial	Campo no Radial	
	Tensión Nominal Eo (kV)	Tensión Nominal Eo/E (kV)	
1	0.6	0.6/1	1.2
3	2.3	2.3/3	3.6
6	3.6	3.6/6	7.2
10	6	6/10	12
10	6	8.7/10	12
15	8.7	8.7/15	17.5
15	8.7	12/15	17.5
20	12		24
20	15		24
30	18		36
30	26		36

TABLA 2-XXII
TENSIONES NOMINALES DE LOS CONDUCTORES PARA CABLES
CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO (PVC)

Tensión Nominal E (kV)	Características de los Cables		Tensión máxima admisible en servicio permanente (kV)
	Campo Radial	Campo no Radial	
	Tensión Nominal Eo (kV)	Tensión Nominal Eo/E (kV)	
1	0.6	0.6/1	1.2
3	2.3	2.3/3	3.6
6	3.6	3.6/6	7.2
10	6	--	12
15	8.7	--	17.5
20	12	--	24

TABLA 2-XXIII

**TENSIONES NOMINALES DE CONDUCTORES PARA CABLES
CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO (Polietileno)**

Tension Nominal E (kV)	Características de los cables		Tension máxima admisible en servicio permanente (kV)
	Campo Radial	Campo no Radial	
	Tension Nominal Eo (kV)	Tension Nominal Eo/E (kV)	
0.6	0.6	0.6	0.63
0.6 – 2	2	2	2.1
2 – 5	5	-	5.3
5 – 8	8	-	8.4
8 – 15	15	-	15.8
15 – 25	25	-	26.3
25 – 28	28	-	29.4
28 – 35	35	-	26.8

2.3.1.3 Almas

- a) Características. Las almas serán de cobre electrolítico recocido, cableadas y estarán aisladas con papel impregnado o material termoplástico.

Las almas cableadas podrán ser circulares o sectoriales y en ambos casos podrán ser compactadas.

- b) Sección mínima. Las almas tendrán una sección adecuada a intensidades de corriente previstas, y en todo caso no inferior a 16 mm² para cables multipolares y a 25 mm² para cables unipolares.

En adición a los requerimientos de dimensión determinada por la corriente normal que conduce el cable, todo conductor usado en cable subterráneo, tendrá un alma de una sección adecuada para transportar la corriente máxima de falla que fluirá en el tiempo requerido hasta que los elementos de protección operen.

2.3.1.4 Aislamiento

El aislamiento estará constituido por cintas de papel impregnado en una materia aislante o por material termoplástico. Estos aislamientos deberán cumplir con las normas respectivas.

2.3.1.5 Cubiertas protectoras

- a) Pantalla. Los cables de campo eléctrico radial llevarán una cubierta conductora o semiconductor sobre el aislante de cada conductor.
- b) Cubiertas metálicas. Los cables con aislamiento de papel impregnado estarán protegidos mediante una cubierta continua metálica axial al cable que será de plomo o aleación de éste. Los cables con aislamiento termoplástico llevarán dicha cubierta metálica cuando lo requieran
- c) Armaduras. Los cables podrán llevar una armadura flexible de metal duro (hierro, acero, etc) destinada a proteger al cable contra acciones mecánicas exteriores.
- d) Cubiertas exteriores. Los aislamientos, las cubiertas metálicas y armaduras estarán protegidos por una cubierta de material termoplástico.

2.3.1.6 Capacidad térmica de los cables

Las temperaturas máximas admisibles en los conductores para cables con aislamiento de papel y termoplástico en régimen permanente y en caso de cortocircuito por un corto período de tiempo, están dados en la Tabla 2-XXIV.

2.3.1.7 Capacidad de corriente de los cables directamente enterrados

- a) Las capacidades de corriente de los cables subterráneos indicadas en las tablas han sido establecidas bajo condiciones normales de operación, las mismas que corresponden a:

- i) Según la clase de servicio

Para un período de operación continua de 10 horas como máximo predominantemente a plena carga; seguido de otro período de al menos la misma duración, con una carga máxima del 60% de la plena carga.

En caso de carga permanente y constante, los valores de capacidad de corriente indicados en las tablas deberán reducirse en el factor de 0.75

- ii) Según la disposición de los cables

Un cable multipolar tendido por separado; tres cables unipolares en disposición horizontal o en triángulo.

- iii) Según parámetros preestablecidos

- | | |
|---|-------------|
| - Resistividad térmica del suelo | 100°C cm,/W |
| - Profundidad del tendido | 0.70 m |
| - Temperatura del suelo a la profundidad de tendido | 20°C |

TABLA 2-XXIV

**CAPACIDAD TERMICA DE LOS CONDUCTORES PARA
CABLES CON AISLAMIENTO DE PAPEL Y
TERMOPLASTICO**

Tensión Nominal E (kV)	Tipo de Aislamiento	Temperatura del conductor (°C)	
		En servicio normal	En cortocircuito
1	Papel	80	160
	PVC	80	160
	Polietileno	75	150
3 – 6	Papel	80	160
	PVC	70	160
	Polietileno	75	150
8 – 5	Papel	65	155
	PVC	65	155
	Polietileno	75	150
15 – 25	Papel	65	155
	PVC	60	150
	Polietileno	75	150
28 – 35	Papel	60	140
	Polietileno	75	150

- b) Las Tablas 2-XXV al 2-XXX proporcionan la capacidad de corriente de los cables tendidos bajo tierra de acuerdo a las condiciones normales especificadas en el párrafo a) anterior.
- c) Cualquier otra condición (u otras condiciones) fuera de las especificadas en 2.3.1.7 a) implicará regímenes de operación fuera de las condiciones normales, por lo que los valores de capacidad de corriente dados, deberán ser afectados de los factores de corrección siguientes, según sea el caso:
- i) Factor de corrección relativo a la temperatura del suelo. Es dado por la Tabla 2-XXXI en función de la Temperatura del suelo a la profundidad de instalación del cable y la temperatura máxima admisible en los conductores (véase 2.3.1.6)
 - ii) Factor de corrección relativo a la resistividad térmica del suelo. Es dado por la Tabla 2-XXXII en función de la resistividad térmica del suelo y del tipo y sección del cable. En la Tabla 2-XXXIII se dá también la resistividad del suelo según su composición y humedad.
 - iii) Factor de corrección relativo a la proximidad de otros cables. Es dado por la Tabla 2-XXXIV en función del número de cables

multipolares o de sistemas de cables unipolares. Este factor es establecido considerando la proximidad de otros cables o de sistemas de cables unipolares de la misma sección y que transportan la misma potencia.

- iv) Factor de corrección relativo a la profundidad de tendido. Es dado por la Tabla 2-XXXV en función de la profundidad de tendido y de la tensión nominal y sección de los cables utilizados.

2.3.1.8 Capacidad de corriente de los cables tendidos en ductos

- a) La capacidad de corriente de los cables tendidos en ductos es establecida según las condiciones normales especificadas en 2.3.1.7 a) i) y a ii), y los parámetros siguientes:

- Temperatura del suelo	20°C
- Resistividad térmica del suelo	100°C cm/W
- Profundidad del tendido	1.20 m
- Resistividad térmica del material que constituye el ducto	100°C cm/W

- b) La capacidad de corriente de los cables en ductos se obtendrá multiplicando los valores de las Tablas 2-XXV al 2-XXX por los factores dados en Tabla 2-XXXVI

- c) Cualquier otra condición (u otras condiciones) fuera de las especificadas, en 2.3.1.8 a), implicara regímenes de operación fuera de las condiciones normales, por lo que los valores de capacidad de corriente obtenidos según 2.3.1.8 b) deberán ser afectados de los factores de corrección siguientes según el caso:

- i) Factor de corrección relativo a la temperatura del suelo. Dado por la Tabla 2-XXXI

- ii) Factor de corrección relativo a la resistividad térmica del suelo. Es dado por la Tabla 2-XXXII

- iii) Factor de corrección relativo a la proximidad de otros cables tendidos en ductos. Es dado por la Tabla 2-XXXVII. Este factor es establecido considerando la proximidad de otros cables o de sistemas de cables unipolares de la misma sección que transportan la misma potencia.

- iv) Factor de corrección relativo a la profundidad de tendido y a la variación de la resistividad térmica del material que constituye el ducto. Este factor de corrección puede ser considerado como igual a 1, para las profundidades de tendido que no excedan 1.20

m y para resistividades térmicas del material que constituye el ducto que no sobrepase los 100° C.cm/W

2.3.2 Ejecución de las Instalaciones

2.3.2.1 Empalmes y Accesorios

- a) Los empalmes y conexiones de los cables subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento, así como de su cubierta metálica, cuando exista.
- b) Los empalmes, materiales y accesorios, deberán resistir los esfuerzos mecánicos, térmicos, ambientales y eléctricos que puedan suceder durante su operación.
- c) Los empalmes serán de un material tal que cada componente de éste y del cable esté protegido de los efectos dañinos de los otros componentes del cable o empalme.
- d) Los empalmes mantendrán la integridad estructural de los cables al cual son aplicados y resistirán la magnitud y duración de la corriente de falla que ocurra durante su operación

2.3.2.2 Terminales

- a) Los terminales de los cables serán construidos de tal manera que cumplan con los requerimientos de 2.3.2.1 b) a d)
- b) Los terminales deberán evitar el acceso de la humedad al aislamiento del cable cuando tal penetración es perjudicial al mismo.
- c) Cuando las separaciones entre partes de diferente potencial son inferiores a las adecuadas para la tensión, se proveerán barreras aislantes o terminales aislados completamente, tal que den una seguridad equivalente a las separaciones.
- d) Los terminales estarán asegurados y soportados de modo que se mantengan instalados en su posición; cuando sea necesario serán instalados de modo que se evite la transmisión de esfuerzo mecánico que dañen o flexionen a los terminales, equipos o estructuras.
- e) Todas las superficies conductoras expuestas de los dispositivos terminales que no sean partes activas y equipos al cual están unidos, estarán efectivamente puestos a tierra. Las estructuras conductoras que soportan terminales de cable estarán efectivamente puestas a tierra.

TABLA 2-XXV

CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN CABLE MULTIPOLAR CON AISLAMIENTO DE PAPEL Y DIRECTAMENTE ENTERRADO

Por ejemplo: NKY



Sección nominal mm ²	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
	Tres conductores	Tres conductores	Tres conductores	Tres conductores	Tres conductores	Tres conductores
	A	A	A	A	A	A
6	56	--	--	--	--	--
10	74	69	68	--	--	--
16	97	90	87	87	--	--
25	133	117	119	119	--	--
35	161	143	144	144	110	--
50	190	171	170	170	130	155
70	234	212	210	210	160	190
95	281	257	250	250	200	225
120	321	293	285	285	235	255
150	362	332	325	325	270	295
185	409	377	365	365	310	330
240	474	437	425	425	350	380
300	532	493	485	485	405	--
400	601	561	550	550	--	--

TABLA 2-XXVI

**CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN SISTEMA DE CABLES
UNIPOLARES CON AISLAMIENTO DE PAPEL DISPUESTOS
HORIZONTALMENTE Y DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

Por ejemplo: NKY



Sección nominal	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 ó 12/20 kV	18/30 kV
mm²	A	A	A	A
25	170	145	140	135
35	202	167	165	150
50	239	215	200	185
70	291	265	245	230
95	347	315	290	270
120	392	355	330	310
150	437	400	370	345
185	492	450	410	385
240	563	510	470	435
300	629	560	520	485
400	709	640	590	550
500	780	700	655	600

TABLA 2-XXVI**CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES CON AISLAMIENTO DE PAPEL DISPUESTOS EN TRIÁNGULO Y DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

Por ejemplo: NKY



Sección nominal mm²	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 ó 12/20 kV	18/30 kV
A	A	A	A	A
25	147	142	132	130
35	175	169	158	147
50	207	200	187	175
70	254	245	230	215
95	304	293	275	255
120	345	333	315	290
150	387	373	350	330
185	438	422	400	370
240	508	489	460	425
300	571	549	520	480
400	655	630	590	550
500	732	703	655	610

TABLA 2-XXVIII
CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN CABLE
MULTIPOLAR CON AISLAMIENTO
TERMOPLASTICO Y DIRECTAMENTE ENTERRADO



Por ejemplo : NYSY, NYY

Sección Nominal	3.6/6 kV Tres conductores	6/10 kV Cuatro conductores
mm ²	A	A
6	58	-
10	76	-
16	98	100
25	126	133
35	158	160
50	187	189
70	230	230
95	275	275
120	313	312
150	352	350
185	397	394
240	460	455
300	518	512
400	587	584

TABLA 2-XXIX
CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA
UN SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES
CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO DISPUESTO
HORIZONTALMENTE Y DIRECTAMENTE ENTERRADOS



Por ejemplo : NYSY, NY Y

Sección nominal mm ²	3.6/6 kV	6/10 kV	12/20 kV	18/30 kV
	A	A	A	A
16	120	115	--	--
25	159	155	120	105
35	190	185	145	125
50	223	217	170	150
70	272	264	210	180
95	323	313	250	215
120	364	353	285	240
150	396	384	320	270
185	443	429	355	300
240	505	490	405	340
300	560	543	450	380
400	610	590	505	420
500	--	--	560	460

TABLA 2-XXX

**CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN SISTEMA DE
CABLES UNIPOLARES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO
DISPUESTO EN TRIANGULO Y DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

Por ejemplo : NYSY, NY Y



Sección nominal mm ²	3.6/6 kV	6/10 kV	12/20 kV	18/30 kV
	A	A	A	A
16	110	108	--	--
25	140	138	110	100
35	167	164	135	115
50	198	193	160	140
70	242	236	195	170
95	289	281	235	200
120	328	318	270	225
150	366	354	300	250
185	413	399	335	280
240	478	460	385	320
300	536	515	430	355
400	605	579	485	400
500	--	--	540	440

TABLA 2-XXXI
**FACTORES DE CORRECCIÓN RELATIVOS A LA
TEMPERATURA DEL SUELO**

Máxima temperatura admisible de los conductores del cable °C	Temperatura del suelo °C									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
80	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71
75	1.13	1.09	1.05	1.00	0.95	0.90	0.85	0.79	0.73	0.67
70	1.14	1.09	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63
65	1.15	1.10	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58
60	1.16	1.11	1.06	1.00	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50

TABLA 2-XXXII

**FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE
RELATIVOS A LA RESISTIVIDAD TERMICA DEL SUELO**

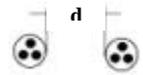
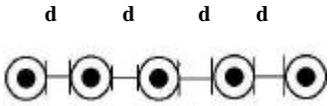
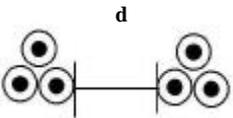
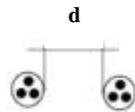
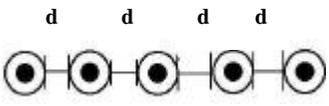
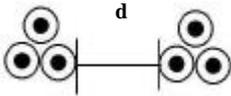
Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del suelo °C cm/W								
	50	70	80	100	120	150	200	250	300
Cables multipolares con aislamiento termoplástico									
Hasta 25	1.18	1.10	1.07	1.00	0.95	0.89	0.80	0.74	0.69
35 - 95	1.24	1.12	1.08	1.00	0.94	0.87	0.77	0.70	0.65
120 - 300	1.25	1.13	1.08	1.00	0.93	0.86	0.76	0.69	0.64
Sistemas de cables unipolares con aislamiento termoplástico									
6 - 500	1.39	1.17	1.11	1.00	0.92	0.83	0.73	0.65	0.60
Cables multipolares con aislamiento de papel									
Hasta 25	1.19	1.09	1.06	1.00	0.96	1.91	0.83	0.77	0.73
35 - 95	1.20	1.10	1.07	1.00	0.96	0.90	0.81	0.75	0.71
120 - 300	1.23	1.12	1.08	1.00	0.95	0.88	0.79	0.73	0.68
Sistemas de cables unipolares con aislamiento de papel									
Hasta 25	1.25	1.13	1.07	1.00	0.97	0.91	0.84	0.78	0.74
35 - 95	1.26	1.14	1.08	1.00	0.97	0.90	0.83	0.76	0.72
120 - 300	1.28	1.16	1.09	1.00	0.96	0.89	0.81	0.74	0.70

TABLA 2-XXXIII

RESISTIVIDAD TERMICA DEL SUELO EN °C cm/W SEGÚN COMPOSICION Y GRADO DE HUMEDAD

Composición	GRADO DE HUMEDAD				
	Muy húmedo saturado	Húmedo	Semi-húmedo	Seco	Muy seco
Arcilla y humus (tierra de cultivo) de fácil compactación	50	60	80	120	120
Arena y arcilla con algo de humus, Semicompactado	60	80	100	150	180
Arena y arcilla con piedras pequeñas. Terrenos calcáreos de poca compactación	--	100	120	180	220
Arena, algo de arcilla y piedras medianas, sin compactación.	--	--	150	200	250
Arena y piedras grandes, imposibles de compactar	--	--	--	250	280
Acumulación de rocas en la que no existe retención de arena o arcilla.	--	--	--	--	300

TABLA 2-XXXIV
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA PROXIMIDAD DE OTROS
CABLES TENDIDOS BAJO EL SUELO

Número de cables multipolares o de sistemas de cables unipolares	2	3	4	5	6	8	10
Cables multipolares Aislamiento termoplástico  $d = 7\text{cm.}$	0.82	0.76	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53
Sistemas de cables unipolares Dispuestos horizontalmente Aislamiento termoplástico  $d = 7\text{cm.}$	0.82	0.73	0.68	0.65	0.62	0.58	0.56
Sistemas de cables unipolares Dispuestos en triángulo Aislamiento termoplástico  $d = 7\text{cm.}$	0.78	0.78	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63
Cables multipolares Aislamiento de papel  $d = 25\text{cm.}$	0.86	0.77	0.71	0.67	0.64	0.60	0.57
Sistemas de cables unipolares dispuestos horizontalmente Aislamiento de papel  $d = 7\text{cm.}$	0.85	0.74	0.70	0.67	0.65	0.61	0.60
Sistemas de cables unipolares Dispuestos en triángulo Aislamiento de papel  $d = 25\text{cm.}$	0.85	0.77	0.73	0.69	0.67	0.64	0.62

Nota.- Para cables de tension nominal 12/20 y 30kV. Multipolares con aislamiento de papel tendidos en proximidad con otros similares y a una distancia de 7 cm, se tendrán en cuenta los siguientes coeficientes de reducción: para dos cables, de 0.9; para cuatro cables, 0.8; para seis cables, 0.7.

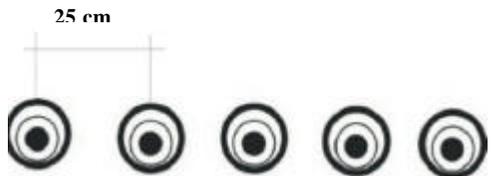
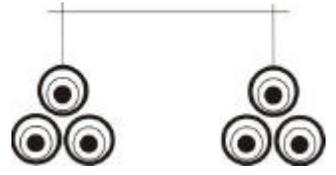
TABLA 2-XXXV
FACTORES DE CORRECCION DE LA
CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS
A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO

Profundidad de Tendido (m)	(Sección mm ²)	
	Hasta 300	Mayor 300
0.50	1.02	1.03
0.60	1.01	1.02
0.70	1.00	1.00
0.80	0.98	0.97
1.00	0.96	0.95
1.20	0.95	0.94
150	0.94	0.92

TABLA 2-XXXVI
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE
CORRIENTE RELATIVOS AL TENDIDO EN DUCTOS

Tendido en ductos	Sección mm ²	Cable multipolar	Sistema De cables unipolares
<u>Un solo ducto</u> 	Hasta 50 70 - 150 185 - 400 500 o más	0.81 0.80 0.79 -	0.81 0.79 0.76 0.69
Tres ductos (no ferroso) <u>En línea horizontal</u>  <u>En triángulo</u> 	Hasta 50 70 - 150 185 - 400 500 o más	- - - -	0.82 0.80 0.77 0.70 0.83 0.81 0.78 0.71

TABLA 2-XXXVII
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE
RELATIVOS ALA PROXIMIDAD DE OTROS CABLES
TENDIDOS EN DUCTOS

Número de cables o de Sistemas	Cables multipolares					Sistema de cables unipolares		
	2	3	4	5	6	2	3	4
<p><u>Un solo ducto:</u></p> 	0.91	0.85	0.81	0.78	0.76	0.87	0.79	0.75
<p><u>Tres ductos (no ferroso) en línea horizontal 25 cm.</u></p> 	-	-	-	-	-	0.89	0.81	0.77
<p><u>En triángulo 40 cm.</u></p> 	-	-	-	-	-	0.88	0.80	0.76

2.3.2.3 Subidas a postes

Se evitará en cuanto sea posible, colocar subidas de cables de comunicación y de energía, en un mismo poste. En los casos en que sea necesario hacerlo se procurará que ambas subidas queden en lados opuestos del poste.

Cuando las subidas queden en postes instalados en las calles o caminos, se procurará que su posición sea de la más segura contra daños de tránsito.

- a) Protección mecánica. Todas las subidas de cables de sistemas subterráneos, deberán ser protegidas contra daños mecánicos hasta su entrada a cajas o aparatos, hasta una altura no menor de 2.40 m sobre el piso mediante una cubierta apropiada, se exceptúa de esta cubierta a los cables con armadura de cintas o flejes de acero.

Las cubiertas protectoras podrán ser tubos o canales cerrados de metal, de abertura suficiente para el fácil paso de los cables no tendrán ángulos agudos.

Los extremos de la cubierta y otros extremos de abertura a través del cual el cable pasa, serán revestidos o perfilados de forma tal que no causen desgaste al aislamiento o envoltura de los cables. Donde se empleen revestimientos ellos serán fijados seguramente.

- b) Conexión a tierra de los tubos de subida. Los tubos o canales metálicos de protección de las subidas de cables de energía cuando sean accesibles a personas deben conectarse a tierra, a menos que los cables estén provistos de una cubierta metálica conectada a tierra o que los conductores del mismo estén conectados a tierra
- c) Terminales. Los terminales de cables subterráneos que estén conectados a redes aéreas, deben cumplir con 2.3.2.2 y con los siguientes requisitos.
 - i) Protección contra humedad. Debe colocarse una protección que impide la entrada de humedad al cable.
 - ii) Aislamiento de terminales. Los terminales deben estar aislados de la cubierta conectada a tierra. Además, los conductores de cables multipolares deben estar adecuadamente separados en los terminales y aislados uno de otro.

Estos requisitos pueden satisfacerse usando cabezas terminales u otros dispositivos equivalentes apropiadas.

- d) La altura mínima de la conexión del cable subterráneo a la red aérea se da en la Tabla 2-XXXVIII siguiente:

TABLA 2-XXXVIII
ALTURA MINIMA DE LA CONEXIÓN DEL CABLE SUBTERRANEO
A LA RED AEREA CON RELACION AL SUELO

Localización del poste	ALTURA MÍNIMA (metros)	
	1,000 a 15,000 V	Más de 15,000 V
En el lado expuesto al tránsito de vehículos.	5.00	5.50
En el lado no expuesto al transito de vehículos.	3.50	4.00

2.3.2.4 Cables directamente enterrados

a) Ubicación y trazo

- i) Los cables serán instalados directamente enterrados cuando el trazado de las canalizaciones se realice a lo largo de vías públicas y en lugares como aceras, jardines, etc, fuera de la zona destinada al servicio de circulación vehicular, y donde la apertura de zanjas no sea inconveniente.
- ii) Los cables deberán ser instalados en una línea lo más recta posible. Cuando sea necesario realizar curvas, éstas deberán tener un radio suficientemente grande como para evitar daño al cable.
- iii) Los sistema de cables deberán ser trazados de tal manera que permitan un acceso seguro para la construcción, inspección y mantenimiento.
- iv) La ubicación de estructuras a lo largo del trazo proyectado del cable, deberá ser determinada, hasta cuando sea esto posible, antes de proceder a la operación de abrir zanjas, surcos o efectuar perforaciones.

- b) **Obstáculos naturales.** Deben evitarse trazos a través de un suelo inestable como lodo, tierras movedizas, suelos corrosivos u otros obstáculos naturales, Si la colocación de cables en terrenos de esa naturaleza es necesaria, los cables deben ser fabricados e instalados de tal manera que estén protegidos contra esos riesgos. Estas medidas de protección deberán ser compatibles con otras instalaciones en el área.

c) **Otras condiciones**

- i) Piscinas de natación. No se instalarán cables de suministro eléctrico a una distancia menor de 1.5m de una piscina de natación o del equipo auxiliar de ésta.
- ii) Edificios y otras estructuras. No deberá instalarse un cable directamente debajo de un edificio o estructura similar. Cuando un cable tenga que ser instalado debajo de una construcción, ésta será convenientemente soportada para evitar transferencia de una carga dañina al cable.
- iii) Rieles de ferrocarril. Debe evitarse la instalación longitudinal de un cable debajo del sector afirmado con cascajo de una línea férrea.

Cuando un cable tenga que instalarse en este sector, su profundidad no debe ser menor de 1.50m con respecto a la cara inferior de la traviesa.

Cuando un cable cruza una vía férrea, debe aplicarse las distancias mínimas señaladas en 2.3.2.5

- iv) Autopistas y calles. Debe evitarse la instalación de cables longitudinalmente, debajo de las superficies transitadas de calles y autopistas. Si esto debe ser colocado en la berma, o si no resulta posible, dentro de los límites de una vía de tráfico.
- v) Cruces submarinos. Los cruces submarinos de cables deben ser trazados e instalados de manera que queden protegidos de la erosión causada por acción de las mareas o corrientes marinas. No deben ser instalados en sectores donde normalmente anclan barcos.

d) **Instalación**

- i) Zanjado. El fondo de la zanja en la cual se coloca un cable directamente enterrado debe conformarse por tierra relativamente suave, bien compactada o por arena.

Si la excavación se lleva a cabo en roca o suelo rocoso, deberá colocarse el cable sobre una capa protectora o relleno compactado.

No debe aplicarse compactación mecánica antes que el cable sea cubierto con una de arena o tierra cernida de 10 a 15 cm de espesor.

- ii) Zanjado mecánico. El zanjado mecánico del cable en suelo que contiene rocas u otro material sólido debe efectuarse de tal

manera, que los materiales sólidos no pueden dañar al cable durante o después del trabajo efectuado.

El equipo de zanjado mecánico para cables así como la misma operación en si debe ser tal que el cable no sufra daños debido a flexión, presión lateral o excesiva tensión mecánica.

iii) Perforación. Cuando un sistema de cables deba ser instalado mediante perforación y las condiciones del suelo y superficie son tales que materiales sólidos puedan dañar al cable, éste deberá protegerse adecuadamente.

iv) Profundidad de instalación. La profundidad mínima de instalación de los cables directamente enterrados será de 0.70 m, salvo lo dispuesto en 2.3.2.5 para los cruzamientos.

En zonas donde existan condiciones de congelamiento que puedan dañar el cable, deberá considerarse mayor profundidad.

v) Señalización. Para advertir la presencia del cable cuando se efectúen posteriores trabajos en el subsuelo, sobre la capa superior de arena o tierra cernida que cubre al cable, se pondrá una hilera continua de ladrillos o placas de cemento del mismo ancho que éstos, a una distancia no menor de 0.10 m por encima del cable, instalándose una cinta de señalización a 0.20 m de la base del ladrillo, donde se indicará la presencia del cable.

2.3.2.5 Cables en ductos.

a) Uso y material

- i) Se utilizarán ductos para cruzadas de cables o en zonas urbanas de difícil acceso para efectuar reparaciones o sustituciones en el futuro.
- ii) El material de los ductos será resistente a la corrosión y adecuado para el medio ambiente en que se instale.
- iii) El material de los ductos será tal que la falla de un cable en un ducto no dañe a éste, al extremo de causar daño a los cables instalados en ductos adyacentes.
- iv) El acabado interior de los ductos deberá estar libre de puntas agudas o protuberancias que puedan dañar el cable.

b) Instalación

- i) Trazo. En su instalación se procurará que constituyan tramos rectos en lo posible. Cuando existan obstáculos en la ruta y por tanto se haga indispensable formar curvas, éstas deben ser suaves y no exceder del 1% de desviación (es decir, una desviación máxima de 1 cm, por cada metro), para evitar que al jalar el cable roce con las paredes de los ductos, siendo permitido hacer una curva solamente en un sentido. Si no es posible cumplir con estos requisitos, será necesario prever un buzón extra en el lugar. Cuando sea necesario drenar los ductos, se les dará una ligera inclinación del nivel de aproximadamente 1/1000. Este desnivel se hará alternativamente hacia arriba y hacia bajo de buzón a buzón, dando lugar a que corra el agua que pueda penetrar en los ductos.
- ii) Profundidad de instalación. La parte superior del ducto, deberá estar localizada a una profundidad no menor de 0.60 m; los ductos ingresarán en la vereda una longitud no menor de 0.50m medidos del filo de la vereda. En cruce con ferrocarriles esta profundidad deberá ser no menor de 1m, con respecto a la cara inferior de la traviesa.
- iii) Sujeción. Antes de la instalación de los ductos se construirá un solado de concreto simple de 5cm. de espesor de mezcla 1:8. En las curvas y terminales estarán adecuadamente sujetos por rellenos de concreto para mantenerlos en su posición, cuando se realice el tirado del cable. Cuando haya peligro de hundimiento se usarán ductos debidamente reforzados o se colocarán sobre bases suficientemente resistentes.
- iv) Unión de ductos. Las uniones formarán una superficie interior continua lisa entre las secciones de los ductos unidos, tal que el cable no sea dañado cuando sea tirado a través de ella.
- v) Ductos en puentes. Los ductos que se instalen en puentes tendrán la capacidad de resistir la expansión y contracción del puente. Los ductos que pasan a través de los linderos de los puentes, estarán instalados en forma tal que eviten o resistan cualquier corte debido a asentamientos del piso.
- vi) Ductos de reserva. En las cruzadas se preverán las reservas mínimas en la forma siguiente: 1 vía en cruzadas de hasta 3 cables, 2 vías en cruzadas de 4 hasta 6 cables.
- vii) Pase de cables. Antes de instalar los cables deberá realizarse primero la limpieza de ductos.

No deberán pasar a la vez varios cables por el mismo ducto, aunque la instalación en estas condiciones no ofrezca dificultades mecánicas durante la tracción.

viii) Empalmes de cables. No se hará ninguna conexión o empalme en otro lugar que no sea las cámaras o buzones.

En todos los buzones deberá dejarse el suficiente cable para que éste pueda fijarse después en los soportes correspondientes, o en su caso, para que pueda realizarse cómodamente el empalme.

2.3.2.6 Cables instalados al aire

Para el caso de cables instalados en canaletas ver el punto referente a "Cables de Energía en Instalaciones Industriales" del Tomo V

2.3.2.7 Consideraciones para el uso de cámaras y buzones.

- a) Resistencia mínima. Las cámaras y buzones deberán construirse en forma que ofrezcan suficiente resistencia para soportar, con un margen amplio de seguridad, las cargas que normalmente se les imponga.
- b) Dimensiones. Las cámaras o buzones de inspección deberán cumplir con los siguientes requisitos.
 - i) Ancho. La dimensión mínima interior horizontal, no deberá ser menor de un metro.
 - ii) Espacio para trabajar. Además del espacio ocupado por cables y equipo, deberá dejarse suficiente espacio para trabajar. La dimensión horizontal mínima de este espacio será de 0.90m y su altura no menor de 1.80 m, la altura podrá reducirse cuando los bordes de la entrada a la cámara no disten más de 0.30 m de las paredes de la misma. Las dimensiones especificadas aquí no son obligatorias para cámaras o buzones de registro o de traspaso donde exista un número reducido de ductos.

Cuando un lado del espacio de trabajo es un muro no ocupado y el opuesto es usado solamente para soportar cables, se podrá reducir el espacio de trabajo entre estos dos muros hasta 0.75m.

En buzones que contienen solamente cables o equipos de comunicaciones o ambos a la vez, se podrá reducir una de las dimensiones horizontales del espacio de trabajo hasta 0.60m siempre y cuando la otra dimensión horizontal se aumente de tal manera que la suma de las dos dimensiones no sea menor de 1.80m.

- c) Aberturas de acceso. Las aberturas circulares de acceso a un buzón que contiene cables de suministro, no deberán tener un diámetro menor de 0.65m. Las aberturas circulares de acceso de buzones que contienen solamente cables de comunicación, o de suministro pero provistos de una escalera fija que no obstruye la abertura, pueden tener un diámetro no menor de 0.60m.

Las aberturas de acceso rectangulares deben tener dimensiones mínimas de 0.65 x 0.55 m

Las aberturas deben estar libres de partes salientes que puedan causar daño al personal u obstaculizar una salida rápida.

Las dimensiones anteriores no son obligatorias para cámaras de registro o cámara de inspección, con un número reducido de ductos.

- d) Ventilación. Debe ser prevista una adecuada ventilación para buzones, bóvedas y túneles, si las aberturas de éstos se encuentran en áreas cerradas usadas por el público.

Si las bóvedas o túneles contienen transformadores, disyuntores, etc., deberán someterse al sistema de ventilación o limpieza periódica.

Esto no será aplicado en áreas cerradas que se encuentran bajo agua u otras situaciones donde estas medidas resultarían poco prácticas.

- e) Evacuación de aguas y desagües. Si el desagüe de las cámaras está comunicado con el drenaje de la ciudad o con algún otro sistema de drenaje, se tomarán las precauciones necesarias para evitar la entrada del agua o gases del drenaje a la cámara.

- f) Trampas. Mientras las cámaras de inspección estén abiertas, deberán colocarse medios adecuados de protección para el público o trabajadores vecinos

- g) Tapas. Cuando no se trabaja en buzones o cajas de traspaso, éstas deberán permanecer cerradas en forma segura por tapas de peso suficiente o de diseño adecuado, para que no pueda ser removidas fácilmente sin herramientas. Las tapas deberán ser diseñadas adecuadamente y empotradas de tal manera que no puedan caerse al buzón o introducirse dentro del buzón hasta el punto de hacer contacto con cables o equipos.

- h) Acceso. Las aberturas de bóvedas y buzones deberán ser ubicadas de tal manera que brinden un acceso seguro. En carreteras se

deberán ubicar fuera de la pista asfaltada, si éstos es prácticamente factible. En lo posible se ubicarán fuera de la zona de intersección de calzadas y franjas de cruce para peatones, para reducir los peligros motivados por el tráfico, para las personas que trabajan en o alrededor de ellas.

Las aberturas de acceso para el personal en bóvedas o buzones, no deben ser ubicadas directamente encima de cables o equipos. Si estas aberturas interfieren con sardineles, etc., podrán ser ubicadas encima de los cables si se provee una de las siguientes medidas:

- i) Una señal de advertencia claramente visible
 - ii) Una barrera protectora encima del cable
 - iii) Una escalera fija. En bóvedas u otros tipos de aberturas podrán ser ubicadas encima de equipos, para facilitar los trabajos con éstos.
- i) Puertas de acceso. Las puertas de acceso a bóvedas y túneles de servicio público deberán permanecer cerradas, salvo que exista la presencia permanente del personal de servicio que impida la entrada de personas no autorizadas.
- Estas puertas deberán ser diseñadas de tal manera, que una persona que se encuentre en el interior pueda salir aunque la puerta se encuentre cerrada desde fuera.
- j) Requerimientos para escaleras. Las escaleras fijas deberán ser protegidas contra la corrosión.
- k) Protección mecánica. Los cables de suministro y equipos deberán ser instalados o resguardados a través de rejillas en el interior de la bóveda, de tal manera que se evite cualquier daño causado por objetos que cargan o sean arrojados.
- l) Identificación. Las tapas de buzones y cajas de traspaso deberán estar provistas de marcas de identificación que indiquen el propietario o tipo de servicio público.
- m) Otros. Los empalmes y terminales de cables de sistemas suministradores deberán protegerse de modo que ninguna de las partes desnudas que conduzcan corriente y no estén conectadas a tierra, queden expuestas a contactos accidentales dentro de la cámara.

2.3.2.8 Clasificación de los terrenos.

Se deberán clasificar los terrenos en donde instalen los cables de energía para determinar la capacidad real de corriente.

Para efecto del calculo de la capacidad de corriente, se tomará en cuenta lo siguiente:

- a) Cuando un cable es instalado parcialmente en ductos en una longitud continua mayor de 10 veces la profundidad de enterramiento del mismo, deberá considerarse como si la totalidad del cable estuviese colocado en ductos
- b) En el tendido en medio de diferente resistividad térmica, al proceder a la selección de la misma sección para todo el tramo del cable, es decisivo el sistema de tendido más desfavorable.

2.3.2.9 Protección y seccionamiento

Se colocarán cortacircuitos fusibles adecuados para la protección de las derivaciones en el inicio de las mismas, siempre que exista una reducción de la intensidad de corriente admisible en éstas, ya sea debido a cambio de tipo de conductor, a reducción de sección o a distintas condiciones de instalación y siempre que no exista protección anterior, que por sus características, sirva para la protección de la derivación.

2.3.2.10 Puesto a tierra

- a) Partes conductoras que se conectarán a tierra.
 - i) Envolturas y pantallas de cables
 - ii) Estructuras de equipo y cajas.
 - iii) Los ductos y protecciones de los conductores verticales, que sean de un material conductor el cual está expuesto a posible contacto con conductores de tensión mayor a 300 V a tierra.

Esta prescripción no se aplica a partes que están a 2.40m sobre superficies realmente accesibles o están aisladas o resguardadas de otra manera; tampoco es aplicada a ductos o resguardos de cables verticales que contengan cables con sus pantallas y envolturas efectivamente conectadas a tierra.

- b) Uso de la tierra como parte del circuito. Los circuitos no serán diseñados para usar la tierra normalmente como un conductor en ninguna parte del circuito.

2.3.2.11 Continuidad del neutro

La continuidad del conductor neutro quedará asegurada en todo momento. El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes:

- a) Interruptores o seccionadores de varios polos que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la

conexión de éste antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.

- b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haber sido previamente el neutro.

2.3.2.12 Distancias mínimas de seguridad

- a) Entre ejes de ducto. Ver distancias dadas en la tabla 2-XXXVI
 - b) Entre ejes de cables directamente enterrados, de la misma tensión. Se instalarán a una distancia no menor de 0.07 m (ancho de un ladrillo)
 - c) Entre ejes de cables directamente enterrados de diferentes tensiones. Cuando cables de diferentes tensiones ocupen una misma zanja, es preferible que lo hagan en capas paralelas y espaciadas verticalmente a una distancia no menor de 0.30m instalado a mayor profundidad de los cables de mayor tensión y más arriba los de menor tensión, respetando la profundidad mínima de enterramiento.
 - d) Entre un eje de ducto y:
 - i) Una canalización de agua. El ducto estará instalado lo más lejos posible de toda canalización de agua a fin de protegerlo de ser dañado durante las obras de reparación del acueducto
 - ii) Una canalización de desagüe. El ducto estará instalado lo más lejos posible de toda canalización de desagüe a fin de protegerlo durante las obras de reparación de la canalización de desagüe.
 - iii) Una canalización telefónica. Se deberá mantener una distancia no menor de 0.05m de concreto ó 0.10m de ladrillo ó 0.30m de tierra bien apisonada. Cuando los ductos son de concreto es suficiente la separación formada por el espesor de los ductos
 - iv) Una canalización de gas. Los ductos se situarán a no menos de 0.50m y deberá tenerse especial cuidado de que exista una buena ventilación del ducto que contiene el cable de energía.
- Ambas canalizaciones no deberán entrar al mismo buzón
- v) Un depósito subterráneo o canalización de petróleo, gasolina, kerosene u otro combustible derivado del petróleo. Los ductos tendrán suficiente separación de toda tubería o depósito de combustible, tal que permita el uso de equipos de

mantenimiento. El ducto y la canalización de combustible no entrarán al mismo buzón.

- e) Entre un cable directamente enterrado y:
- i) Una canalización de agua. Se considera una distancia mínima de 0.30m ó tan grande como se necesaria, tal que permita el acceso y mantenimiento de una u otra canalización fácilmente sin daño a la otra.
 - ii) Una canalización de desagüe, El cable estará instalado lo más lejos posible de toda canalización de desagüe, no teniendo una separación no menor de 0.30m. Cuando un cable cruce debajo de una canalización de desagüe, ésta será soportada adecuadamente para prevenir cualquier transferencia dañina de carga al cable.
 - iii) Una canalización telefónica. Se considerará una distancia no menor de 0.30m. Si por alguna razón la distancia se reduce, los cables de energía y los de la telecomunicación han de protegerse con planchas no inflamables, placas o tubos, extendiéndose por lo menos a 0.50m más allá de ambos extremos del punto de aproximación, considerándose una separación de 0.10m de ladrillo ó 0.05 de concreto.
 - iv) Una canalización de gas. Deberán tener una separación no menor de 0.50m.
 - v) Un depósito subterráneo o canalización de petróleo, gasolina, kerosene u otro combustible derivado del petróleo. Los cables se situarán a una distancia no menor de 0.50m de las tuberías de combustible, ya sea que sigan la misma dirección o se crucen

CAPITULO 3

SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION

3.1 ALCANCES

El presente capítulo trata sobre los requerimientos mínimos que deben cumplir los equipos, accesorios y componentes de las subestaciones de distribución.

Las relaciones de transformación a utilizarse preferentemente en subestaciones de distribución, según los niveles de tensión recomendados en 2.1.2 y 4.1.2, se dan en la Tabla 3-1 siguiente:

TABLA 3-I
RELACIONES DE TRANSFORMACION

Tensión Mayor KV	Tensión Menor kV
30	13.8
30	10.5
13.2	10.5
13.2	0.40 - 0.23
13.2	0.23
10	0.40 - 0.23
10	0.23

3.2 GENERALIDADES

3.2.1 Nivel de Aislamiento

- El nivel de aislamiento para el equipo eléctrico en general debe ser seleccionado teniendo en cuenta los valores dados en las Tablas 3-II. (Serie I) y 3-III (Serie II)
- Cuando el equipo sea empleado en altitudes mayores de 1000m el nivel de aislamiento deberá incrementarse en 1.25% por cada 100m

3.2.2 Dimensionamiento de la Potencia

Para el dimensionamiento de la potencia de las subestaciones de distribución se deberá tener en cuenta, entre otras, las consideraciones siguientes:

- El diagrama de carga diario, estacional y anual para considerar su incidencia en las características de pérdida más conveniente para el transformador.

- b) La sobrecarga a la que va a estar sometido el transformador, de acuerdo a 3.4.1.5 b)
- c) La determinación del número y disposición de las conexiones de los transformadores
- d) La altitud a la cual se instala la subestación, de acuerdo a 3.4.1.5 a) y 3.2.1 c)
- e) Los niveles de potencia para transformadores de distribución de acuerdo a 3.4.1.2

3.2.3 Puesta a Tierra

La puesta a tierra de las subestaciones deberá cumplir con las disposiciones que se dan a continuación y con las normas DGE vigentes.

3.2.3.1 Instalaciones que deben ponerse a tierra

- a) El tanque, estructura del transformador y otras masas metálicas (rejillas, mallas, etc)
- b) Los tubos metálicos que cubren a los conductores (tubos de plomo y de acero); su continuidad eléctrica debe ser asegurada en todas las partes
- c) Las partes de los dispositivos eléctricos que pueden entrar accidentalmente en contacto con partes bajo tensión.

TABLA 3-II
NIVELES DE AISLAMIENTO PARA EL EQUIPO ELECTRICO
Serie I (basada en la práctica corriente en la mayor parte de Europa y algunos otros países) (*)

Tensión máxima del equipo Um KV (eficaz)	Tensión no disruptiva al impulso (onda 1.2/50 ms) kV (pico)		Tensión no disruptiva a la frecuencia de servicio KV (eficaz)
	Lista 1	Lista 2	
3.6	20	40	10
7.2	40	60	20
12.0	60	75	28
17.5	75	95	38
24.0	95	125	50
36.0	145	170	70

TABLA 3-III
NIVELES DE AISLAMIENTO PARA EL EQUIPO ELECTRICO
Serie II (basada en la práctica corriente en los Estados Unidos de América,
Canadá y algunos otros países) (*)

Tensión máxima del equipo Um KV (eficaz)	Tensión no disruptiva al impulso (onda 1.2/50 ms) kV (pico)		Tensión no disruptiva a la frecuencia de servicio KV (eficaz)
	500 KVA y menores	Más de 500 KVA	
4.40	60	75	19
13.20 13.97 14.52	95	110	34
26.40 36.50	150 200		50 70

(*) Los valores de estas tablas corresponden a la norma IEC-71 y están sujetos a las modificaciones que se produzcan en esta.

d) Los circuitos secundarios de los transformadores de medida

También se puede poner a tierra el punto neutro de los devanados secundarios de los transformadores de potencia.

3.2.3.2 Conductores y cables de puesta a tierra

a) La sección de los conductores de puesta a tierra no deberá ser menor que la obtenida de la Tablas 3-IV y 3-V excepto donde pueda probarse que secciones menores son adecuadas para soportar la corriente de falla, que pueda ocurrir antes de la operación de los dispositivos de protección. Los conductores de puesta a tierra para distribución primaria no serán en ningún caso, de sección menor a 16mm².

TABLA 3-IV

RELACION DE LA SECCION A LA CORRIENTE DE FALLA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA DISTRIBUCION PRIMARIA

Tiempo de duración de la falla (s)	Sección (mm ²)/Corriente de falla (kA)		
	Conductor sólo	Con uniones empernadas	Con uniones soldadas
30	20	33	25
4	7	12	10
1	3.5	6	5
0.5	2.5	4	3

TABLA 3-V

SECCION MINIMA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA DISTRIBUCION SECUNDARIA

Sección de los Conductores Activos (cobre equivalente)	Sección Mínima del conductor de Cu equivalente
Hasta 120 mm ²	No menor que la mitad de la sección del conductor activo, y en cualquier caso no menor que 35 mm ²
Mayor de 120 mm ²	No menor que un cuarto de la mayor sección del conductor activo, y en cualquier caso no menor que 70 mm ²

- b) Cuando la alimentación de una subestación se efectúa desde una red de cables subterráneos, se podrá utilizar como única puesta a tierra el recubrimiento de plomo de los cables subterráneos, si la resistencia de puesta a tierra es por lo menos 1 ohm y los conductores correspondientes a cada circuito de puesta a tierra, se mantengan aislados y separados entre si hasta llegar a la puesta a tierra común.

3.2.3.3 Circuitos independientes de puesta a tierra

Deberán preverse circuitos de puesta a tierra independientes para los siguientes casos:

- a) Conjunto de masas metálicas y los circuitos secundarios de los transformadores de medida (véase 3.2.3.1 a) a d)).

- b) El punto neutro del devanado secundario del transformador de potencia
- c) El punto neutro de la red primaria (si existe)
- d) El pararrayos instalado en el lado primario (si existe)
- e) El pararrayos instalado en el lado secundario (si existe)

Estos circuitos no deberán contener fusibles ni dispositivos de interrupción automática. Para permitir la verificación de la puesta a tierra, se podrá prever en cada uno de los circuitos a tierra un dispositivo de seccionamiento (podrá estar constituido por una varilla de cobre de 60 mm² de sección, fijada por dos pernos). Estos dispositivos de seccionamiento deberán ser colocados en lugares accesibles, fuera de las celdas. Cuando exista interruptor, el dispositivo de seccionamiento del neutro del lado secundario deberá estar situado después de dicho interruptor.

Las puestas a tierra podrán ser simples o múltiples, pero serán distintas para cada uno de los circuitos arriba señalados, salvo en los casos 3.2.3.2b) y 3.2.3.6 b).

3.2.3.4 Distancias mínimas de instalaciones de puesta a tierra.

- a) las conexiones a tierra de los electrodos del lado primario deberán estar instaladas a no menos de 1.80m de las conexiones a tierra de cualquier electrodo del lado secundario. Esta separación también se aplicará a los conductores enterrados conectados a estos electrodos, a menos que los conductores estén aislados.
- b) Deberá mantenerse una separación de por lo menos 4cm entre las partes metálicas conectadas al sistema de tierra del lado secundario.

3.2.3.5 Resistencia máxima de las conexiones a tierra

Para la determinación de la resistencia de las conexiones a tierra, se deberán tener en cuenta entre otras, las posibles averías entre los sistemas Primario y Secundario, y las gradientes de potencial peligrosa, en todo caso no deberá superar los valores dados en la Tabla 3-VI

**TABLA 3-VI
RESISTENCIA MAXIMA DE LAS CONEXIONES A TIERRA**

Nivel de Tensión	Potencial del Transformador KVA	Resistencia Máxima a tierra (ohms)
PRIMARIO	--	25
SECUNDARIO	Hasta 50	25
	De 51 a 500	15
	Mayor de 500	10

3.2.3.6 Instalación de las conexiones a tierra

- a) Los conductores a tierra se deberán proteger debidamente contra daños mecánicos y químicos. Se deberá evitar el contacto de metales diferentes.
- b) Donde la constitución de puestas a tierra diferentes conlleve dificultades, se podrá utilizar la misma toma de tierra para las masas metálicas (3.2.3.3. a)) y para los pararrayos (3.2.3.3 d) y e)), siempre que los conductores correspondientes a cada circuito de puesta a tierra se mantengan separados y aislados hasta llegar a la toma de tierra común.

3.2.4 Control del Ruido

3.2.4.1. Niveles medios de ruido permisibles

Los niveles medios de ruido permisibles de las subestaciones de distribución deberán ser menores a los valores mostrados en la Tabla 3-VII

**TABLA 3-VII
NIVELES MEDIOS DE RUIDO PERMISIBLES**

ZONA	Nivel Medio del Ruido en decibellos
Hospitales, escuelas y Bibliotecas.	Menores de 30
Vivienda	30 a 40
Comercio	45 a 55
Oficinas (sin máquinas)	45 a 70
Oficinas (con máquinas)	50 a 75
Fábricas	76 a 95

3.2.4.2 Niveles medios de ruido de los transformadores

Los transformadores de distribución deberán tener un nivel medio de ruido inferior al mostrado en la Tabla 3-VIII

TABLA 3-VIII
NIVELES MEDIOS DE RUIDO DE LOS TRANSFORMADORES

Potencial del transformador KVA	Nivel medio del ruido en decibelios
Hasta 50	45
51 a 150	50
151 a 300	55
301 a 500	60

3.3 TIPOS DE SUBESTACIONES

3.3.1 Subestaciones Aéreas

3.3.1.1 Prescripciones de Instalación

Los transformadores de distribución a instalarse en subestaciones aéreas podrán ser: adosados directamente al poste, suspendidos en crucetas, o colocados sobre plataformas sujetas a postes.

3.3.1.2 Separaciones mínimas.

a) Separación de partes bajo tensión y con respecto a tierra. Las separaciones mínimas que cumplan con los requerimientos del nivel de aislamiento dado en 3.2.1 se dan en la Tabla 3-IX siguiente:

TABLA 3-IX
SEPARACIONES MINIMAS ENTRE PARTES BAJO TENSION

Tensión Nominal kV	Separación entre Fases cm	Separación a Tierra cm.
6.6 ó inferior	15	12
10	25	15
13.2	30	17
23	45	24
30	56	33

Nota.- Los valores de esta Tabla deberán emplearse para altitudes hasta los 1000 m; en altitudes superiores, las separaciones deberán incrementarse a razón de 1.25% por cada 100m.

- b) Distancia sobre el suelo. La parte inferior del transformador deberá estar a una altura mínima de 3m sobre el suelo.

Los postes de subestaciones aéreas presentarán una superficie lisa hasta una altura de 2m sobre el suelo de tal forma que resulte difícil su escalamiento

- c) Separaciones para seccionadores y fusibles. Los seccionadores, seccionadores fusibles y cortacircuitos fusibles instalados al exterior, deberán ser espaciados entre fases de acuerdo a la Tabla 3-IX

3.3.1.3 Equipo Eléctrico

Las subestaciones aéreas deberán ir provistas de los elementos de maniobra y protección siguientes:

- a) Lado Primario. Seccionadores, fusibles y pararrayos, si se requieren (véase 3.5.1.1 d), 3.5.2.a), y 3.6.6)
- b) Lado Secundario. Disyuntores y/o fusibles (véase 3.5.1.2), pueden ir en un tablero de distribución instalado debajo de los transformadores.
- c) Puesta a tierra. Las partes metálicas de la subestación deberán estar conectadas a tierra. El neutro, irá instalado a una tierra independiente (véase 3.2.3)
- d) Señales de peligro. Placas metálicas en las que se indique el peligro de muerte, de acuerdo a 3.9 del Tomo I del presente Código.

3.3.2 Subestaciones de Caseta (*)

() Título reemplazado por el artículo 4° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

3.3.2 Subestación interior

3.3.2.1 Prescripciones de instalación

- a) Los elementos de tensión primaria y secundaria y los dispositivos de maniobra y protección deberán estar separados entre sí, mediante tabiques de alturas adecuadas
- b) Todo equipo que contenga aislamiento de aceite, deberá ser instalado dentro de una celda limitada por dos paredes de estructura y resistencia suficiente para evitar los daños resultantes de la irrupción del aceite en casos de accidentes.
- c) El local que contenga la subestación deberá estar construido de material no combustible, debiendo protegerse contra la humedad y

las filtraciones. Asimismo, no debe ser atravesado por ningún canal o tubería de agua potable, aguas negras, pluviales, ni por ductos de teléfonos.

3.3.2.2 Separaciones mínimas

- a) Pasadizos. Los pasadizos situados entre o frente a celadas cerradas tendrán un ancho mínimo de 1.10m y una altura mínima de 2.20m

Los pasadizos situados entre celdas abiertas, con barras protectoras tendrán un ancho mínimo de 1.50m y una altura mínima de 2.70m.

- b) Tabiques y cierres metálicos. La altura mínima de los tabiques será de 2.20m y la de los cierres será de 1.70m. La malla que cubre un cierre metálico, deberá tener aberturas no mayores de 2.5cm y deberá estar construida con alambres de un diámetro mínimo de 2mm.
- c) Separación de partes bajo tensión. La separación mínima entre partes bajo tensión será de $10\text{cm} + 1\text{cm/KV}$ y entre partes bajo tensión y masa (tabiques) será de $8\text{cm} + 0.6\text{cm/KV}$.

La separación mínima de las partes bajo tensión a los cierres metálicos será de $10\text{cm} + 1\text{cm/KV}$ y a la barra (en el caso de celdas abiertas) será 50cm.

La separación mínima de las partes bajo tensión con respecto al suelo será de $2.20\text{ m} + 1.5\text{cm/KV}$.

3.3.2.3 Disposiciones constructivas

- a) Paredes exteriores. El espesor mínimo de las paredes exteriores, sin incluir el tarrajeo, deberá ser el siguiente:

- Paredes de ladrillo o concreto	:	20 cm
Paredes de Concreto armado y Relleno de ladrillo	:	15 cm

Todas las paredes deben ser construidas de un acabado liso. Los dinteles de los vanos deben ser construidos de concreto armado.

- b) Tabiques. Destinados a soportar las cabezas terminales de los cables de tensión primaria, deberán tener un espesor por lo menos igual al indicado a continuación:

Tabiques con ladrillos planos	:	14cm
Tabiques de concreto armado	:	6cm
Tabiques metálicos	:	2mm

Otros tabiques serán construidos con ladrillos planos con tarrajeo de cemento en ambas caras, de concreto armado, o enteramente metálicos.

Las aberturas destinadas a introducir los perfiles de fierro que soporta el dispositivo eléctrico o la cabeza terminal, deberán efectuarse en lo posible, durante la construcción.

- c) Techos. Deberán presentar una perfecta solidez e impermeabilidad. Su pendiente deberá permitir la evacuación de las aguas pluviales.

En casos de techos, aligerados, se deberá prever una capa adicional de aislante, tal como el asfalto.

- d) Piso. Deberá elevarse a 20cm del nivel del suelo exterior, sobre una capa de arena cernida, con una pendiente de 1cm por metro en dirección a la puerta.

Deberá ser previsto para soportar una carga de $1,500\text{kg/m}^2$, constituido por concreto de 250 kg/m^3 de cemento y cubierto por una capa con una mezcla de 600kg/m^3 de cemento.

Los huecos para la colocación de estructuras metálicas destinadas a soportar a los equipos eléctricos, o para los rieles por donde se desplacen los transformadores, deberán ser previstos de antemano. Asimismo deberá preverse, si se requiere, las fosas de aceite, los ductos de evacuación del aceite, estructura de puesta a tierra y ductos para los cables subterráneos.

Los ductos deberán ser cubiertos con tapas movibles metálicos o de concreto armado.

- e) Fundaciones. Serán de una profundidad de 60 cm para terreno normal, pudiendo reducirse en el caso de terreno rocoso, o incrementarse si la consistencia del terreno lo exige.

La profundidad de la fundación podrá incrementarse a 80cm donde la línea de alimentación sea aérea y vaya amarrada a la pared.

La mezcla de concreto corresponderá a 250 kg/m^3 de cemento.

- f) Puertas. Deberán abrirse hacia el exterior. Las hojas de la puerta serán de planchas de acero de por lo menos 3 mm de espesor, encuadradas en una estructura metálica; deberán tener un juego libre de por lo menos 5 mm para evitar que se atraquen. Podrán ser provistas de aberturas de ventilación perforando huecos de 11 mm de diámetro como máximo. Las dimensiones de la puerta de acceso

deberán permitir el montaje y mantenimiento de la subestación y en ningún caso será menor a 1m de ancho y 2 m de alto.

- g) Evacuación del aceite aislante. Las celdas que contienen transformadores con aislamiento de aceite inflamable, deberán ser provistas de una fosa colectora o de otro medio de evacuación y extinción del aceite.

Se podrá utilizar el piso impermeable, a prueba de fuego y provisto de bordes de altura suficiente, como fosa de recepción del aceite.

- h) Ventilación. El local de la subestación deberá ser provisto de buena ventilación. Las tomas de aire se ubicarán preferentemente en la parte posterior e inferior de los transformadores.

Se deberá evitar el ingreso de polvos nocivos o gases corrosivos, así como la entrada de agua y animales susceptibles de provocar accidentes.

3.3.2.4 Equipo eléctrico

El equipo eléctrico requerido en subestaciones al interior de edificios deberá cumplir con lo prescrito en 3.5.

3.3.3 Subestaciones Compactas

3.3.3.1. Prescripciones de instalación

Las subestaciones compactas podrán ser instaladas sobre la superficie del suelo (pedestal) o debajo de éste (bóveda)

Las subestaciones tipo bóveda irán instaladas en zonas no expuestas al tráfico vehicular, y las subestaciones tipo pedestal en áreas adecuadas de modo que no interrumpen el tráfico vehicular ni peatonal.

3.3.3.2 Transformadores

Los transformadores a utilizarse en subestaciones compactas deberán ser herméticos.

En lugares donde el aceite represente un peligro de incendio o explosión, se podrán utilizar transformadores secos o con líquido aislante no inflamable.

3.3.3.3 Disposiciones constructivas

- a) Las paredes de las bóvedas se construirán de concreto u otro material, que tenga la resistencia mínima al fuego de 3 horas. Cuando la capacidad total del transformador no sea mayor de 112.5 kVA, las paredes y el piso de la bóveda serán de concreto con un espesor mínimo de 10cm.

- b) Ninguna tubería o sistema de conducción ajena a la instalación eléctrica debe entrar o pasar a través de la cabina del transformador.
- c) Deberá proveerse aberturas de ventilación suficientes, debajo y encima del transformador, con el fin de que el calor de las pérdidas se conduzca con seguridad al exterior, mediante circulación del aire.
- d) Las bóvedas deberán llevar tapas metálicas, las que deberán soportar no sólo el tráfico de peatones, sino también el pase o parada en forma accidental de un vehículo pesado (camión de 3 toneladas). Estas tapas estarán premunidas de rejillas adecuadas para la ventilación, evitando la penetración de animales o cuerpos extraños. Deberán estar provistas de bisagras libres de manera que puedan ser removidas en el caso de que se necesite mayor espacio para inspección y mantenimiento. Se permitirá el acceso a su interior sólo al personal autorizado.

3.3.3.4 Equipo Eléctrico

Las subestaciones compactas deberán ir provistas de los elementos de maniobra y protección siguiente

- a) Lado Primario
 - i) Conector de codo enchufable que sirve como terminal de cables unipolares, permitiendo la apertura y cierre con carga. Deberá ser hermético y de buena resistencia mecánica.
 - ii) Cortacircuito fusible instalado en la superficie del transformador. Debe cumplir con lo prescrito en 3.5.1.1 d)
- b) Lado Secundario. Disyuntor con elementos térmicos que protegen al transformador contra cortocircuitos y sobrecargas en la red secundaria.
- c) Tablero de control que podrá contener los indicadores de falla en la red primaria, así como un contactor para alumbrado público.

3.4 EQUIPO TRANSFORMACION

3.4.1 Transformadores

3.4.1.1 Generalidades

La potencia nominal, el esquema de conexión y el número de los transformadores, deberán ser elegidos en función de la necesidad del servicio del sistema de distribución.

Deberá tener tomas suplementarias en el devanado primario o un conmutador de regulación que permita el ajuste de la tensión secundaria.

Los transformadores sumergidos en un líquido aislante deberán estar provistos de un nivel y de una válvula de vaciado.

Los transformadores hasta una potencia de 100 KVA deberán estar dotados de orejas para su izamiento. Asimismo, los transformadores a instalarse al interior deberán estar provistos de ruedas para su movimiento sobre rieles en el piso.

3.4.1.2 Niveles de potencia

Los niveles de potencia para los transformadores de distribución se muestran en la Tabla 3-X siguiente

TABLA 3-X

POTENCIA NOMINAL DE TRANSFORMADORES

Monofásico	Trifásico
15	<u>50</u>
<u>25</u>	<u>75</u>
<u>37.5</u>	<u>100</u>
<u>50</u>	<u>160</u>
<u>75</u>	<u>250</u>
100	<u>315</u>
	<u>400</u>
	500
	<u>630</u>
	800
	1000
	1600

En la elaboración de proyectos se deberán adoptar preferentemente las potencias subrayadas, asimismo se deberá tener en cuenta la norma ITINTEC sobre transformadores de potencia.

3.4.1.3 Regulación de tensión

Los transformadores de distribución deberán llevar gradines en el devanado primario, para regula la tensión secundaria. Los gradines podrán ser ajustables mediante interruptores o commutadores.

Los interruptores serán empleados para el ajuste gradual bajo carga, mientras que los commutadores se deberán emplear para regular la tensión con el transformador sin carga.

Los gradines instalados en el devanado primario deberán permitir una variación de la tensión nominal de $\pm 2.5\%$ y $\pm 5\%$

3.4.1.4 Grupos de Conexión

El grupo de conexión deberá señalar la conexión de los devanados de tensión mayor y menor y la posición de las fases.

La denominación de conexión de los transformadores que forman una unidad trifásica se muestra en la Tabla 3-XI

TABLA 3-XI
CONEXIÓN DE LOS DEVANADOS EN TRANSFORMADORES

Denominación de la Conexión	Símbolo	Signo para los devanados	
		Tensión Mayor	Tensión Menor
Triángulo		D	d
Conexión en V		V	v
Estrella		Y	y
Zigzag		Z	z

En la fig. 3-1 se muestran los grupos de conexión de transformadores.

3.4.1.5 Sobretemperatura, sobrecarga y refrigeración

a) Sobretemperatura. Las sobretemperaturas permisibles en los transformadores sumergidos en aceite con refrigeración natural, en altitudes hasta los 1000m, no deberán pasar los siguientes valores:

Devanados	:	65°C
Aceite (en su superficie)	:	60°C
Circuitos magnéticos	:	La temperatura que alcancen

no deberá deteriorar las partes aislantes.

Las sobretemperaturas permisibles mencionadas anteriormente, son válidas para las siguientes temperaturas del medio refrigerante (aire).

Temperatura máxima del aire	:	40°C
Temperatura media diaria	:	30°C
Temperatura media anual	:	20°C

Para temperatura del medio refrigerante mayores a las señaladas, se deberán reducir en la misma cantidad sobre las temperaturas de los devanados y del aceite.

Si los transformadores son instalados en altitudes mayores a los 1000 m por cada 100 m de incremento de la altitud se deberá reducir la sobretemperatura permisible a 0.4% para transformadores sumergidos en aceite, y en 0.5% para transformadores secos.

- b) Sobrecarga. Los transformadores de distribución podrán ser sobrecargados siempre que no se disminuya su vida útil. Esta sobrecarga dependerá de las características del transformador y deberá ser especificada por el fabricante.
- c) Refrigeración. El sistema de refrigeración en transformadores de distribución será el de refrigeración natural con circulación de aceite.

Donde exista el peligro de explosiones o incendios se utilizarán los transformadores secos con refrigeración natural.

3.4.1.6 Servicio en paralelo

Los transformadores a conectarse en paralelo deberán cumplir los requisitos siguientes:

- a) Grupo de conexión. Deberán pertenecer al mismo grupo de conexión.
- b) Relación de transformación. Deberán tener tensiones nominales iguales (o tensiones en vacío) en el lado primario y en el secundario, con una tolerancia del 1%.
- c) Tensiones de cortocircuito. Se permitirán desviaciones hasta un máximo del 10%.
- d) Relación de las potencias nominales. Deberá ser menor a 3:1.

Fig. 3-1 GRUPOS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES

DENOMINACION		DIAGRAMA VECTORIAL	ESQUEMA DE Conexión	
Cifra característica	Grupo de Conexión			
0	Dd0			
	Yy0			
	Dz0			
5	Dy5			
	Yd5			
	Yz5			
6	Dd6			
	Dy6			
	Dz6			

DENOMINACION		DIAGRAMA VECTORIAL	ESQUEMA DE CONEXIÓN	
Cifra característica	Grupo de Conexión			
11	Dy11			
	Yd11			
	Yz11			

3.4.1.7 Capacidad de los transformadores contra cortocircuito

Los transformadores deberán ser diseñados y construidos para resistir sin peligro los efectos de las sobrecorrientes ocasionados por los cortocircuitos.

Los valores máximos permisibles de la corriente de duración de cortocircuito en función de la corriente nominal, y la correspondiente duración del cortocircuito se dan en la Tabla 3-XII

**TABLA 3-XII
CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS EN LOS
TRANSFORMADORES**

Potencia Nominal kVA	Corriente de duración de corto circuito máxima en número de veces de la corriente nominal	Impedancia equivalente (Mk) %	Duración permisible del cortocircuito Segundos
Hasta 630	25	4	2
De 631 a 1,250	20	5	3
De 1,251 a 3,150	16	6.25	4

Los valores de impedancia equivalente deberán contener la impedancia de la red combinada con la del transformador.

3.4.1.8 Nivel de aislamiento

- a) Los niveles de aislamiento requeridos para los transformadores de distribución sumergidos en aceite cumplirán con lo prescrito en 3.2.1
- b) Los transformadores monofásicos usados en bancos trifásicos, deberán tener un nivel de aislamiento correspondiente a la tensión máxima de la red trifásica, cualquiera sea el sistema de puesta a tierra o el modo de conexión.
- c) La tensión en circuito abierto alcanzada con algunos gradines del transformador, podrá exceder la tensión máxima del sistema, pero no la tensión máxima del equipo.

3.4.2 Autotransformadores

- a) Cuando la diferencia de potencial a tierra del autotransformador en el primario o secundario sea superior a 250 V, la tensión menor no deberá estar debajo del 75% de la tensión mayor.
- b) Los puntos neutros de los circuitos de entrada y salida del autotransformador deberán conectarse sólidamente a tierra.
- c) El punto neutro de autotransformadores trifásicos deberá ser accesible desde el exterior, y el terminal correspondiente debidamente señalado.

3.5 PROTECCION

3.5.1 Protección contra Sobrecorriente

3.5.1.1 En el lado primario

- a) Cada transformador se protegerá en el primario por un dispositivo individual de sobrecorriente. Cuando se usen fusibles, deberán ser calibrados a no más del 150% de la corriente primaria nominal del transformador. Cuando se usen interruptores automáticos deben ser ajustados a no más del 300% de la corriente nominal del transformador.
- b) Cuando el 150% de la corriente primaria del transformador no corresponda a la capacidad nominal de un fusible, se permitirá usar el valor nominal próximo más alto proporcionado por el fabricante.

- c) No se requiere un dispositivo de sobrecorriente individual cuando el del circuito primario proporciona la protección especificada en este inciso.
- d) Cuando se usen cortacircuitos fusibles se cumplirá lo siguiente.
 - i) Los cortacircuitos fusibles deberán ser utilizados para la protección contra cortocircuitos ya sean solos o con disyuntores.
 - ii) La potencia de ruptura del elemento fusible debe ser apropiada a la situación que ocupa la subestación dentro de la red de distribución.
 - iii) Para el caso de cortacircuitos con elementos fusibles no cambiables bajo tensión, debe proveerse un interruptor o seccionador.
- e) Cuando se usen interruptores se tendrá en cuenta lo siguiente
 - i) En los interruptores donde la operación de corte no sea visible, se debe instalar previamente un seccionador.
 - ii) Es recomendable efectuar un bloqueo eléctrico entre el interruptor primario y el disyuntor secundario del mismo transformador. En ausencia de un bloqueo, la potencia de cierre y la potencia de ruptura deben ser apropiadas a la potencia nominal del transformador.
 - iii) Los dispositivos de mando mecánico deben ser dispuestos de tal manera que se evite, en caso de rotura de ellos, su contacto fortuito con las partes bajo tensión.

3.5.1.2 En el lado primario o secundario

- a) Un transformador que tenga un dispositivo de sobrecorriente en el secundario de capacidad o ajuste no mayor que los valores indicados en la Tabla 3-XIII o que esta equipado con una protección térmica contra sobrecarga, no requiere tener un dispositivo de protección individual contra sobrecorriente en el primario, siempre que el dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario esté calibrado o ajustado para abrir a un valor de corriente no mayor que los indicados en la Tabla 3-XIII

TABLA 3-XIII
DISPOSITIVO DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE EN EL
PRIMARIO Y SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES

Dispositivo de Sobrecorriente Máxima				
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario	
	Ajuste del interruptor automático	Capacidad de fusibles	Ajuste del interruptor automático	Capacidad de fusibles
No mayor del 6%	600%	300%	300%	150%
Entre 6% y 10 %	400%	200%	250%	125%

3.5.2 Protección contra Sobretensiones-Pararrayos

- a) Se usarán pararrayos en las llegadas y salidas de las redes aéreas primarias siempre que no existan otras protecciones en un tramo de 3 km.

Se instalarán en cada conductor aéreo no puesto a tierra que entre o salga de la subestación; cuando exista mas de un circuito, puede instalarse un juego pararrayos sobre las barras de la subestación, siempre que se disponga de medios para proteger los circuitos que puedan quedar desconectados de las barras.

- b) El conductor entre el pararrayos y las barras, y entre el pararrayos y tierra, debe ser de cobre o equivalente, no menor a 13mm^2 de sección y tan corto y recto como sea posible, evitando toda curva o vuelta aguda.
- c) Las separaciones recomendadas entre pararrayos y entre pararrayos y tierra se dan en la Tabla 3-XIV

TABLA 3-XIV
DISTANCIAS DE SEPARACION DE PARARRAYOS

Tensión nominal de la Red kV	Separación con respecto a tierra mm		Separación entre pararrayos mm	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior
2.3	130	160	200	300
6.6	155	185	210	315
10.0	180	210	230	340
13.2	235	285	285	375
23.0	235	285	285	405
30.0	315	385	365	480

3.6 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE LA SUBESTACION

3.6.1 Aisladores

Las características eléctricas y mecánicas de este material se ajustarán a lo dispuesto en los subcapítulos 2.2 y 4.2

3.6.2 Barras

Estarán diseñadas para soportar los cortocircuitos que ocurran lo más cercano a ellas.

3.6.3 Conexiones

- a) Los empalmes de los conductores entre sí y las conexiones con los dispositivos de protección y maniobra se harán por intermedio de piezas de ajuste a presión, dimensionadas de forma que no puedan presentarse calentamientos superiores a 30°C sobre el ambiente.
- b) Los puntos de apoyo de las varillas que constituyan conexiones en tensión primaria estarán a una distancia tal, que no sea de temer deformaciones permanentes al producirse un cortocircuito en una zona próxima al lugar de su establecimiento. En alineaciones rectas y salvo casos especialmente justificados, la distancia existente entre dos puntos de apoyo consecutivos no será superior a 1.50m y el diámetro mínimo para las varillas de cobre será de 8mm.
- c) En los ángulos de una conexión o en sus proximidades deberán establecerse puntos de apoyo, y en aquellas disposiciones en las que por la naturaleza de las mismas, por la situación de los equipos o por otras razones no sea conveniente establecer apoyos en los ángulos (caso de determinadas conexiones con interruptores, seccionadores transformadores, etc) se acortarán las distancias entre los apoyos hasta una distancia que asegure suficiente rigidez mecánica al conjunto.

3.6.4 Baterías

En aquellos casos en que se establezca una batería de acumuladores para la alimentación de uno o varios circuitos auxiliares de la instalación, se dispondrá también un rectificador en servicio permanente y de características tales que sea capaz de suministrar la corriente necesaria para una carga completa de aquella en 24 horas.

3.6.5 Tableros de Distribución

- a) En la construcción de los tableros se podrá emplear láminas de acero u otro material incombustible, indeformable por el calor (hasta 150°C) e inalterable para los agentes atmosféricos.
- b) En las subestaciones aéreas los tableros podrán ser construidos de una forma y de un material tal que proteja a los elementos que contiene, de la acción atmosférica y la humedad.

3.6.6 Elementos de Corte (seccionador)

- a) Los seccionadores que sean equipados con bloqueos o cierre para prevenir maniobras en falso, deben ser tripolares y de mando mecánico.
- b) Los seccionadores unipolares de manejo por pértiga deben ser instalados de tal manera que las cuchillas no puedan volverse a cerrar por acción de la gravedad.
- c) Los dispositivos de mando mecánico deben ser dispuestos de manera que en caso de ruptura accidental se evite cualquier contacto fortuito con partes que encuentren bajo tensión.
- d) Los contactos de los seccionadores estarán dimensionados para la corriente máxima de la red, su calentamiento no excederá los 30°C sobre la temperatura ambiente para su carga nominal
- e) En las redes primarias donde se conecten dispositivos de protección o de medida, deberán colocarse seccionadores.

CAPITULO 4

RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA

4.1 ALCANCE

4.1.1 Campo de Aplicación

Este capítulo incluye los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las redes de distribución secundarias aéreas y subterráneas operadas por las empresas de servicio público de electricidad o privadas.

4.1.2 Tensiones de Distribución Secundaria

Los niveles de tensión aprobados para los sistemas de distribución secundaria que abastecen servicios públicos, son los indicados en la Tabla 4-I

TABLA 4-I

Tensión Nominal V	Tensión Máxima del Sistema V
220 380	230 400

Las tensiones que se emplearán serán tales que permitan adoptar los sistemas de corriente alterna trifásica de 60 Hz, con cuatro conductores a la tensión nominal 380/220 V, con neutro a tierra, o con tres conductores a la tensión nominal 220V. (*)

(*) Acápito reemplazado según artículo 6° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

4.1.2 Tensiones de Distribución Secundaria

Los niveles de tensión aprobados para los sub-sistemas de distribución secundaria e instalaciones de alumbrado público que abastecen servicios públicos, son los indicados en la tabla 4-1.

TABLA 4-1

Tensión Nominal Red Trifásica (V)	Red Monofásica (V)
220 380/220	220 440/220

Las tensiones que se emplearán serán tales que permitan adoptar los siguientes sistemas de corriente alterna de 60 Hz:

- 220 V, trifásico, 3 conductores (activos)
- 380/ 220 V, trifásico, 4 conductores (3 conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple).
- 220V, monofásico, 2 conductores (activos).
- 440/220V, monofásico, 3 conductores (dos conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple).

En la Norma de Tensiones DGE respectiva, se establecen las disposiciones específicas que deben tenerse en cuenta en los proyectos y obras de distribución secundaria.

4.1.3 Caída de Tensión Permisible

Las secciones de los cables y conductores serán calculadas en tal forma que la caída de tensión no exceda del 5% de las tensiones nominales dadas en la Tabla 4-I, entre el secundario del transformador de distribución y el punto de empalme de la acometida con la red de distribución secundaria.

La tensión en el secundario del transformador de distribución no deberá exceder cualesquiera que sean las condiciones de carga, del valor de la tensión máxima del sistema dada en la Tabla 4-I.

4.2 RED AEREA

4.2.1 Elementos Utilizados en la Red Aérea

4.2.1.1 Conductores

- a) Naturaleza. Los conductores podrán ser preferentemente de cobre, o de otros materiales cuyas características eléctricas y mecánicas respondan a las indicadas en la Tabla 2-II, asimismo deberán ser forrados.
- b) Características. Se adoptarán los conductores fabricados que cumplan con las normas ITINTEC para conductores de cobre y la norma DGE correspondiente. Podrán además adaptarse las características garantizadas por los fabricantes.

Los conductores utilizados en redes aéreas secundarias tendrán un esfuerzo mínimo de rotura de 35 kg/mm^2 en cobre semiduro.

La sección mínima permitida será de 10 mm^2 para el cobre. (*)

() Párrafo reemplazado según artículo 7° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

La sección mínima permitida será de 6 mm^2 para el cobre.

El conductor neutro tendrá como mínimo, la sección que a continuación se especifica.

- i) En distribuciones monofásicas o de corriente continua

A dos hilos: Igual a la sección del conductor de fase a polo

A tres hilos: para 10mm^2 de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo. Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm^2 para el cobre.(*)

() cláusula reemplazada según artículo 7° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

A tres hilos: hasta 10mm^2 de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo. Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm^2 para el cobre.

ii) En distribuciones trifásicas

A dos hilos

(fase y neutro)

Igual a la sección del conductor de fase

A tres hilos (dos
fases y neutro)

Igual a la sección de los conductores de la fase

A cuatro hilos
(tres fases y neutro)

Para 10mm^2 de cobre, igual a la sección de los conductores de fase. Para secciones superiores, la mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10mm^2 para el cobre.(*)

() cláusula reemplazada según artículo 7° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

A cuatro hilos
(tres fases y neutro) hasta 10mm^2 de cobre, igual a la sección de los conductores de fase. Para secciones superiores, la mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10mm^2 para el cobre.

Cuando una distribución se efectuó por etapas, siendo la última a cuatro hilos, se instalarán los conductores de fase y el neutro de acuerdo al o prescrito anteriormente para la distribución a cuatro hilos; cuando la instalación sea de una fase y neutro, o de dos fases y neutro, y ésta sea de carácter permanente, se cumplirá lo prescrito para distribución de dos y tres hilos.

c) Instalación. Los conductores irán fijados a los aisladores por medio de amarres, establecidos con los hilos o alambres recocidos o similares del mismo material que el conductor o de otra naturaleza,

siempre que aseguren de una manera perfecta y permanente la posición correcta del conductor sobre el aislador y no ocasionen un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzcan efectos de corrosión.

La fijación de los conductores al aislador se recomienda sea hecha en la garganta lateral del mismo por la parte próxima al poste, y en los ángulos de manera que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.

Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, únicamente deberá colocarse un solo conductor por aislador.

- d) Empalmes y conexiones. Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellas la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Se utilizarán piezas metálicas apropiadas y resistentes a la corrosión, que aseguren un contacto eléctrico eficaz. En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, por lo menos, el 90% de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último podrá utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección nominal no superior a 10 mm². En los empalmes y conexiones de conductores forrados, se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocarán en forma que eviten la infiltración de la humedad en éstos.

Las derivaciones se harán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, cajas de derivación, etc) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

4.2.1.2 Postes

- a) Naturaleza. Los postes serán metálicos, de concreto, de madera, o de cualquier otro material de características mecánicas adecuadas a las descritas en 2.2.1.2 y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo establecidas en la Tabla 4-II.

Todos los postes deberán presentar una resistencia elevada a la acción de la intemperie y en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados a tal fin.

- b) Características. Los postes de madera deberán tener el mínimo posible de albura (8% del diámetro como máximo) para utilizarlos

sin preservación, o de lo contrario deberán ser tratados con sustancias aptas para preservarlos de la putrefacción, no deberán ser empotrados en bloques de concreto que determinen la acumulación de humedad alrededor de la base.

Para los postes de concreto armado y de madera rigen las disposiciones vigentes de las Normas ITINTEC correspondientes.

Para los materiales metálicos usados en los postes valen las resistencias específicas equivalentes en 2.2.1.2 b). En los casos que se prevea el empleo de materiales no clasificados en este Tomo, se deberán indicar sus características principales para efectos de su verificación mecánica.

Se tendrá en cuenta en su diseño constructivo, la accesibilidad a todas sus partes por personal especializado, de modo que pueda realizarse fácilmente la inspección y mantenimiento de la estructura. Se evitará la existencia de todo tipo de cavidades sin drenaje, en las que puedan acumularse el agua de lluvia.

Los postes se dimensionarán de acuerdo con la Norma DGE correspondiente.

c) Instalación

i) Los postes metálicos serán cimentados en bloques de concreto, que deberán sobresalir del suelo como mínimo 0.15 m y de forma tal que facilite el deslizamiento del agua.

ii) Los postes de concreto armado podrán colocarse directamente en el suelo, empotrándose 1.3m como mínimo para los postes hasta de 8m de altura, aumentando 0.10m por cada metro de exceso.

iii) Los postes de madera se podrán fijar a bases metálicos o de concreto, por medio de elementos de unión apropiados que permitan su fácil sustitución. Estos postes se colocarán directamente en el suelo rellenos con una primera capa de ripio; y luego sucesivas de combinaciones de arena y piedra de dimensiones conveniente.

iv) La profundidad de empotramiento de los postes podrá reducirse cuando las condiciones especiales del terreno lo permitan.

4.2.1.3 Aisladores

Los aisladores podrán ser de porcelana, vidrio u otro material de características mecánicas y eléctricas similares.

Deberán resistir la acción de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión.

El material utilizado para la fijación de los aisladores a sus soportes estará constituido por sustancias que no ataquen a ambos, ni por aquellas que se puedan deteriorar o que sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores, o a la seguridad de su fijación.

4.2.1.4 Retenidas

Las retenidas estarán constituidas por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión.

Las retenidas deberán cumplir con los requisitos establecidos en 2.2.1.4 y 2.2.4. En lo referente a la carga de rotura mínima, ésta será de 1,400kg.

Las retenidas se utilizarán en los casos en que los esfuerzos actuantes conduzcan a postes de costo muy elevado, o en aquellos que por ampliación de las instalaciones, dé lugar a un aumento de esfuerzos sobre los postes.

Los anclajes de retenidas podrán hacerse al suelo o sobre edificios u otros elementos estructurales, previstos para absorber los esfuerzos que aquellos puedan transmitir. No podrán utilizarse los árboles para el anclaje de retenidas.

Las retenidas instaladas en lugares de fácil acceso a las personas, llevarán un aislador de tracción situado a una distancia vertical de 0.30 m del conductor más próximo.

4.2.1.5 Accesorios

Se considerarán bajo esta denominación los elementos utilizados en retenida, anclajes y ferretería normalmente usada para fijación, además de los siguientes:

Portalíneas individuales o de grupo. Serán de una resistencia mecánica adecuada a las cargas involucradas, con dimensiones correspondientes al aislador soportado, y de hierro galvanizado.

Espiga para fijación del aislador tipo carrete. Será de hierro galvanizado, provista con un dispositivo de seguridad que asegure su instalación.

4.2.2 Cálculo Eléctrico

4.2.2.1 Densidad de corriente admisible en los conductores

Las densidades de corriente máximas en régimen permanente no sobrepasan los valores dado en la Tabla 2-XII. Para una temperatura ambiente diferente a 30°C se deberán aplicar los factores de corrección dado en la Tabla 2-XIII.

4.2.2.2 Puesta a Tierra del neutro

El conductor neutro en las líneas aéreas de redes de distribución secundaria, además, de su puesta a tierra en el centro de transformación o central generadora, deberá estar puesto a tierra en otros puntos, y como mínimo, una vez cada 500 metros de longitud de línea, de preferencia donde partan derivaciones importantes.

Cuando la puesta a tierra del neutro se efectúe en un poste de madera, los accesorios metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase en este poste estarán unidos al conductor neutro.

4.2.3 Cálculo Mecánico

4.2.3.1 Acciones a considerar en el cálculo

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea se efectuará bajo las cargas especificadas a continuación:

- a) Cargas permanentes debidas al peso de los distintos elementos como conductores aisladores, postes y accesorios.
- b) Viento. La acción del viento actuando perpendicularmente sobre la superficie batida de conductores y postes, de acuerdo con la siguiente expresión.

$$P = K \cdot V^2$$

Donde:

P = Presión del viento en kg/m²

K = Coeficiente igual a 0.0042 para superficies cilíndricas y 0.007 para superficies planas.

V = Velocidad del viento en km/h de acuerdo a los valores establecidos en la fig. 2-1.

- c) Desequilibrio de tiros. Donde exista cambio de sección de los conductores, se deberá considerar el desequilibrio ocasionado por la diferencia de los tiros máximos de éstos.

4.2.3.2 Conductores

- a) Esfuerzo máximo admisible. En ningún caso deberá ser mayor al 33% del esfuerzo mínimo de rotura para el conductor sólido y al

40% para el conductor cableado. El esfuerzo máximo admisible para los conductores de cobre semiduro cableado no será superior a 14kg/mm^2 .

Los esfuerzos máximos a considerarse en los conductores, según su altitud de instalación, son los siguientes:

- i) De 0 a 2000 m.s.n.m.: sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de viento según 4.2.3.1 b), a una temperatura mínima de 5°C .
 - ii) De 2,001 a 3,000 m.s.n.m.: sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de viento, según 4.2.3.1 b) a una temperatura mínima de 10°C .
 - iii) Mayor de 3,000 m.s.n.m.: sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de viento, a una temperatura mínima de -15°C
- b) Flechas máximas de los conductores. La flecha máxima de los conductores será determinada considerando al conductor sometido a la acción de su peso propio a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Esta temperatura no será en ningún caso inferior a 40°C

4.2.3.3 Postes

- a) Hipótesis de cálculo. Para el cálculo mecánico de los postes se tendrán en cuenta las hipótesis dadas en la Tabla 4-II según la función del poste, de acuerdo a las cargas mecánicas especificadas en 4.2.3.1
- b) Factores de seguridad. Se considerarán los mismos factores de seguridad que aquellos dados en condiciones normales para redes primarias en 2.2.4.2 d).
- c) Cimentación. Los bloques de cimentación deberán ser comprobados con las cargas calculadas en las hipótesis de cálculo de postes, de acuerdo con lo prescrito en 2.2.1.2 e) y con un factor de seguridad al vuelco de 1.5 como mínimo.

4.2.3.4 Aisladores

- a) Requerimientos mecánicos. Los aisladores tipo carrete deberán soportar las fuerzas extremas más desfavorables siguientes.
 - i) En la posición de alineamiento y ángulo, deberán soportar el peso propio y de los conductores, la resultante de la acción del viento sobre los conductores, y la componente transversal del tiro del conductor, sin exceder el 33% de su carga de rotura.

- ii) En la posición de retención o anclaje, deberán soportar el tiro máximo del conductor, sin exceder el 40% de su carga de rotura.

TABLA 4-II
HIPOTESIS DE CALCULO DE POSTES

Función del Poste	Hipótesis de Viento	Hipótesis de Desequilibrio
Alineamiento	Cargas permanentes Viento	
Angulo	Cargas permanentes Viento Resultante de ángulo	
Anclaje	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Desequilibrio de tiros
Terminal	Cargas permanentes Viento Tiro de conductores	

b) Requerimientos eléctricos

- i) Condición de operación eléctrica. Los aisladores para circuitos monofásicos conectados directamente a circuitos trifásicos, deberán tener tensiones disruptivas no menores que las requeridas para aisladores en circuitos trifásicos.
- ii) Efecto de la altitud. Para las redes de distribución ubicadas sobre los 1000m de altitud, y para efectos de la selección del nivel de aislamiento, se deberá multiplicar la tensión nominal de servicio por el siguiente factor:

$$F_H = 1 + 1.25 (H-1000) \times 10^{-4}$$

Donde H es la altitud en metros

- iii) Nivel de aislamiento. Los aisladores de baja tensión deberán soportar bajo lluvia, una tensión a la frecuencia de servicio de:

$$U_c = 4U + 1000$$

Donde:

U tensión de servicio en volts.

U_c Tensión no disruptiva bajo lluvia en volts.

- iv) Condición de contaminación. En zonas donde las condiciones de contaminación ambiental originadas por los humos industriales, nieblas frecuentes o brisa marina, o donde se requieran tensiones diferentes a las recomendadas en este Tomo, los aisladores deberán soportar bajo lluvia, una tensión en volts a la frecuencia de servicio de:

$$U_c = 3U + 5,000$$

4.2.3.5 Retenidas

Se seguirán las prescripciones dadas en 2.2.4.4

4.2.4 Distancias Mínimas de Seguridad

Las distancias deberán ser medidas entre las partes más cercanas en consideración.

Los conductores eléctricos deberán guardar las distancias mínimas siguientes.

4.2.4.1 Entre conductores eléctricos

a) Del mismo circuito

- i) Distancia horizontal. Los conductores de polaridades o fases diferentes tendrán las distancias horizontales mínimas indicadas en la Tabla 4-III.

En los postes donde se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de fase o polaridad diferente de la línea de donde aquellos deriven podrá disminuirse hasta en un 50% de las indicadas anteriormente, con un mínimo de 0.10 m.

- ii) Distancia vertical. Los conductores de distinta fase o polaridad, podrán instalarse verticalmente a un lado del poste, si la tensión entre conductores no es mayor de 650V y todos los conductores son del mismo material. Deberán instalarse a distancias verticales mínimas indicadas en la Tabla 4-IV.

**TABLA 4-III
DISTANCIA HORIZONTAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES**

Vano	Distancia Mínima
Hasta 4m	0.10 m.
De 4 a 6 m	0.15 m.
De 6 a 30m	0.20 m.
De 30 a 50m	0.30 m.
De 50 a 75m	0.35 m.
Mayores de 75m	0.40m.

**TABLA 4-IV
DISTANCIA VERTICAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES**

Vano	Distancia Mínima
De 0 a 50 m	0.10 m.
De 50 a 65m	0.15 m.
De 65 a 80m	0.20 m.
De 80 a 100m	0.30 m.

b) De diferentes circuitos

i) De la misma tensión. Serán consideradas las mismas distancias dadas en 4.2.4.1 a)

ii) De distinta tensión. Se considerará lo establecido en 2.2.5.1 b) y las distancias verticales dadas en la Tabla 4- V

Las redes secundarias podrán ir en los mismos postes que las primarias cuando se cumplan las condiciones siguientes.

Las distancias entre los conductores más próximos de las dos redes será por lo menos igual a la separación de los conductores de la red primaria.

En caso de paralelismo sobre postes diferentes, de acuerdo con lo dispuesto en 2.2.5.1 b) y siempre que sea posible, se evitará la instalación de líneas a tensión de distribución secundaria paralelas a otras de distribución primaria, subtransmisión o transmisión, a distancias (entre conductores más próximos), inferiores a la altura del poste más alto, exceptuándose de esta prescripción las zonas de acceso a centrales generadoras y estaciones transformadoras.

TABLA 4-V

**SEPARACION VERTICAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES DE
DIFERENTES CIRCUITOS
(véase fig. 2.2)**

Tension Volts.	Cuando los circuitos son paralelos por lo menos un vano (b)	Cuando los circuitos se cruzan y ambos se instalan al mismo poste (f)	Cuando los circuitos se cruzan y ambos se instalan en diferentes postes (d)
Hasta	1.00 m	0.50 m	1.00 m

4.2.4.2 A estructuras

- a) De otras estructuras. Las distancias mínimas desde cada estructura, edificio, soporte de líneas de comunicaciones o de energía, diferentes a la línea bajo consideración, hasta cualquier posición que pueda alcanzar el conductor durante sus movimientos de meneo y ondulatorios, se dan en la Tabla 4-VI
- b) De la estructura soportadora. La separación mínima entre los conductores a sus accesorios en tensión y a sus estructuras soportadoras no deberá ser menor de 7.5 cm

**TABLA 4-VI
DISTANCIAS MINIMAS A ESTRUCTURAS PARA
TENSIONES HASTA 650 V
(véase fig. 4-1)**

(A) Verticalmente encima de cualquier parte de cualquier techo o estructura similar normalmente accesible sólo al tráfico peatonal	3.00 m
(B) Verticalmente encima de cualquier techo o estructura similar sobre la que no se pueda parar una persona	1.80 m
(C) en cualquier dirección desde paredes planas u otras estructuras normalmente no accesibles	0.20 m
(D) en cualquier dirección desde cualquier parte de una estructura normalmente accesible a personas incluyendo abertura de ventanas, balcones o lugares de estadia similares	1.00 m

4.2.4.3 A la superficie del terreno

Para los propósitos de este inciso, el termino "terreno" incluye toda las áreas elevadas y no techadas accesibles al tránsito o lugares concurridos, como terrazas, patios, plataformas o puentes y paraderos.

Las distancias de los conductores desde el terreno, en condiciones de flecha máxima, no deberán ser menores que las señaladas en la Tabla 4-VII

TABLA 4-VII
DISTANCIAS MINIMAS SOBRE LA SUPERFICIE DEL
TERRENO (c)
(véase fig. 2.2)

Disposición	Carreteras y avenidas m	Calles y Caminos m	Areas no transitables por vehículos m
Al cruce	6.50	5.50	4.00
A lo largo	5.50 *	5.00 *	4.00

* En zonas rurales, esta distancia podrá disminuirse en 0.50 m.

4.2.4.4 Otros

a) De telecomunicaciones. La distancia mínima entre conductores de la red secundaria y conductores de líneas telefónicas y telegráficas será de 0.60m.

b) Sobre ferrocarriles

i) Ferrocarriles electrificados, tranvías o trolebuses. La altura mínima de los conductores sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 m.

La distancia horizontal de los conductores a la instalación de la línea de contacto será de 1.5 m como mínimo.

ii) Ferrocarriles sin electrificar. La altura mínima del conductor más bajo en las condiciones de flecha máxima será de 6m

c) Sobre cursos de aguas

i) Navegables. La altura mínima h de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel conocido que ellas puedan alcanzar, será $H = h + 1(m)$ donde h es la altura en

metros sobre el nivel de las aguas del punto más alto de las embarcaciones que puedan navegar por las mismas.
En ningún caso H será inferior a 7.50m

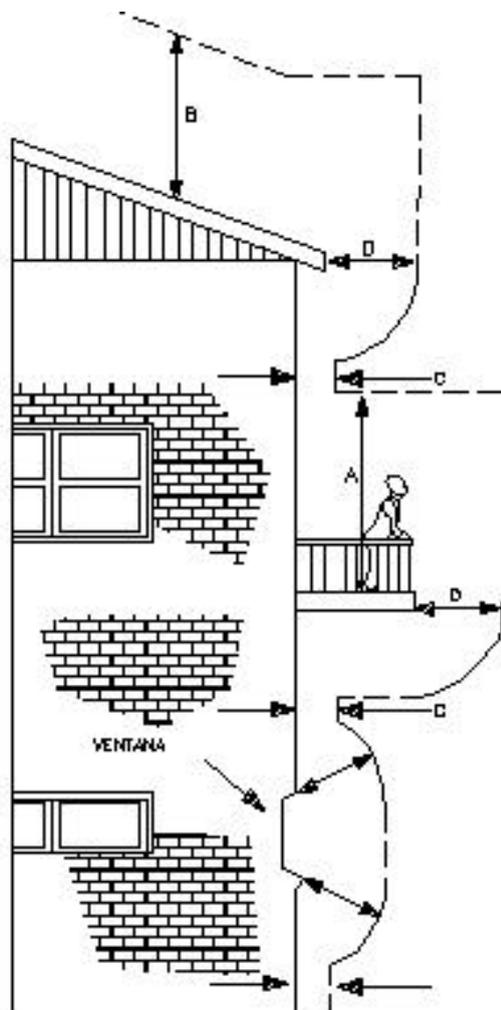


Fig. 4 – 1.- DISTANCIAS DE ESTRUCTURAS

Las distancias correspondientes a las letras mostradas en esta figura, se indican en:

La tabla 4 – IV : hasta 650V

La tabla 2 –XIX : mayor de 650 V y menor de 30,000 V.

- ii) No navegables. La altura de los conductores será de 3m sobre el nivel más alto alcanzado por las aguas y de 5.50 como mínimo, sobre el nivel más bajo.
- d) A teleféricos y cables transportadores. La distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de las instalaciones eléctricas consideradas será de 2m.

Cuando la línea aérea de distribución secundaria pase por debajo, esta distancia no será inferior a 3m.

- e) De retenidas. Los cables de retenida deberán estar separados de los conductores una distancia no menor de 0.10 m.

Las retenidas horizontales deberán cumplir lo siguiente:

Retenidas sobre:	Distancia (m)
- Calles	5.50
- Veredas	4.50
- Vías de acceso a garajes residenciales	3.00

4.3 RED SUBTERRANEA

4.3.1 Naturaleza y Características de los Cables Subterráneos

4.3.1.1 Condiciones Generales

Los materiales a utilizarse en los cables subterráneos de la red de Distribución Secundaria, deberán cumplir con las Normas DGE e ITINTEC correspondientes y con lo indicado en el presente acápite. Podrán además adaptarse las características garantizadas por los fabricantes.

4.3.1.2 Tensión Nominal

La tensión nominal de los cables entre un conductor y la cubierta metálica o tierra (E_0) y entre conductores de distinta fase (E), es de $E_0/E = 0.6/1$ KV y la tensión máxima admisible del cable en servicio permanente es de 1.2kV.

4.3.1.3 Almas

- a) Características. Las almas serán de cobre electrolítico recocido, cableadas o sólidas, y estarán aisladas con papel impregnado o material termoplástico.

Las almas de los cables deberán ser de un hilo sólido o conjunto de hilos los cuales podrán ser de secciones circulares o sectoriales.

- b) Sección mínima. Las almas de los cables tendrán una sección adecuada a las intensidades previstas, y en todo caso no inferior a 6mm^2 para el cobre.

El conductor neutro tendrá como mínimo la sección que a continuación se especifica.

- i) En distribuciones monofásicas o de corriente continua.

A dos hilos: Igual a la sección del conductor de fase a polo

A tres hilos: Hasta 10mm^2 de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo. Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm^2 para el cobre.

- ii) En distribuciones trifásicas

A dos hilos

(fase y neutro) Igual a la sección del conductor de fase

A tres hilos

(dos fases y neutro) igual a la sección de los conductores de la fase.

A cuatro hilos

(tres fases y neutro) Hasta 10mm^2 de cobre, igual a la sección de los conductores de fase; para secciones superiores, la mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10mm^2 .

En ningún caso necesita el conductor neutro tener una capacidad de corriente mayor que la del conductor activo asociado, ni será de una sección menor a 6mm^2 .

4.3.1.4 Aislamiento.

El aislamiento estará constituido a base de una mezcla de cloruro de polivinilo o por cintas de papel impregnadas de una materia aislante.

El aislamiento cumplirá con las pruebas respectivas de la Norma DGE correspondiente.

4.3.1.5 Cubiertas Protectoras

Las cubiertas de protección del cable cumplirán con la Norma DGE correspondiente.

- a) Cubiertas protectoras metálicas. Los cables con aislamiento de papel impregnado deberán estar protegidos mediante una cubierta continua metálica axial al cable, que será de plomo o aleación de éste.
- b) Protecciones externas. Las cubiertas metálicas de los cables con aislamiento de papel y los cables con aislamiento termoplástico, estarán protegidos por una cubierta exterior de material termoplástico.

4.3.1.6 Capacidad térmica de los cables

La temperatura máxima admisible de los conductores del cable, en régimen de operación permanente, para cables con aislamiento de papel y aislamiento termoplástico, será de 80°C. En caso de cortocircuito la temperatura podrá alcanzar hasta los 160°C por un corto período de tiempo.

4.3.1.7 Capacidad de corriente de los cables directamente enterrados.

- a) la capacidad de corriente de los cables subterráneos ha sido establecido convencionalmente bajo condiciones normales de operación, las mismas que se enumeran en 2.3.1.7 a); excepto la profundidad de tendido, que es de 0.60m
- b) Las Tablas 4-VIII y 4-IX proporcionan las capacidades de carga de los cables tendidos bajo tierra de acuerdo a las condiciones normales especificadas en el párrafo a) anterior.
- c) Cualquier otra condición (u otras condiciones) fuera de las especificadas en 4.3.1.7 a), implicarán regímenes de operación fuera de las condiciones normales, por lo que los valores de capacidad de corriente dados deberán ser afectados de los factores de corrección siguientes, según sea el caso y el tipo de aislamiento de los conductores del cable:
 - i) factor de corrección relativo a la temperatura del suelo. Es dado por la Tabla 2-XXXI, en función de la temperatura del suelo a la profundidad de instalación del cable, y la temperatura máxima admisible en los conductores (véase 4.3.1.6)
 - ii) Factor de corrección relativo a la resistividad térmica del suelo. Es dado por la Tabla 2-XXXII en función de la resistividad térmica del suelo y del tipo y sección del cable. En la Tabla 2-

XXXIII se da también la resistividad del suelo según su composición y humedad.

- iii) Factor de corrección relativo a la proximidad de otros cables. Es dado por la Tabla 2-XXXIV en función del número de cables multipolares o de sistemas de cables unipolares. Este factor es establecido considerando la proximidad de otros cables o de sistemas de cables unipolares de la misma sección y que transportan la misma potencia.
- iv) Factor de corrección relativo a la profundidad de tendido. Es dado por la Tabla 4-X en función de la profundidad de tendido y de la tensión nominal y sección de los cables utilizados.

4.3.1.8 Capacidad de corriente de los cables tendidos en ductos

- a) La capacidad de corriente de los cables tendidos en ductos es establecida según 2.3.1.8 a); excepto la profundidad de tendido, que es de 1.00m
- b) La capacidad de corriente de los cables en ductos se obtendrá multiplicando los valores de las Tablas 4-VIII y 4-IX por los factores dados en la Tabla 2-XXXVI
- c) Cualquier otra condición (u otras condiciones) fuera de las especificadas en 4.3.1.8 a), implicarán regímenes de operación fuera de las condiciones normales, por lo que los valores de capacidad de corriente obtenidos según 4.3.1.8 b), deberán ser afectados de los factores de corrección siguientes, según sea el caso y el tipo de aislamiento de los conductores del cable.
 - i) Factor de corrección relativo a la temperatura del suelo. Dado por la Tabla 2-XXXI
 - ii) Factor de corrección relativo a la resistividad térmica del suelo. Es dado por la Tabla 2-XXXII
 - iii) factor de corrección relativo a la proximidad de otros cables tendidos en ductos. Es dado por la Tabla 2-XXXII. Este factor es establecido considerando la proximidad de otros cables o de sistemas de cables unipolares de la misma sección, que transportan la misma potencia.
 - iv) Factor de corrección relativo a la profundidad de tendido y a la variación térmica del material que constituye el ducto. Este factor de corrección puede ser considerado como igual a 1, para las profundidades de tendido que no excedan 1.00m y para

resistividades térmica del material que constituye el ducto que no sobrepasen los 100°C cm/W.

4.3.2 Ejecución de las Instalaciones

4.3.2.1 Empalmes y accesorios

Se seguirán las prescripciones indicadas en 2.3.2.1

4.3.2.2 Terminales

Se seguirán las prescripciones indicadas en 2.3.2.2

TABLA 4-VII
CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN CABLE MULTIPOLAR O UN
SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES, CON AISLAMIENTO
TERMOPLASTICO DIRECTAMENTE ENTERRADOS

Por ejemplo: NYY, NYKY
 0.6/1 kV

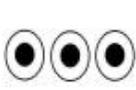
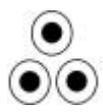
Sección nominal	1 conductor corriente alterna cables sin armadura		2 Conductores	3 y 4 Conductores
				
mm ²	A	A	A	A
1.5	--	--	33	25
2.5	--	--	43	34
4	--	--	55	44
6	--	--	67	56
10	--	--	87	75
16	127	107	110	99
25	163	137	140	128
35	195	165	170	155
50	230	195	200	184
70	282	239	250	226
95	336	287	300	272
120	382	326	345	310
150	428	366	385	348
185	483	414	440	394
240	561	481	505	458
300	632	542	570	518
400	730	624	640	591
500	823	698	--	--

Tabla 4-IX
CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA UN CABLE MULTIPOLAR O UN
SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES, CON AISLAMIENTO DE PAPEL
DIRECTAMENTE ENTERRADOS

Por ejemplo: NKY
 0.6/1 kV

Sección nominal	1 conductor corriente alterna cables sin armadura		2 Conductores	3 y 4 Conductores
				
mm ²	A	A	A	A
1.5	--	--	30	26
2.5	--	--	40	35
4	--	--	52	45
6	--	--	65	57
10	--	--	87	76
16	--	--	115	100
25	172	147	150	130
35	205	175	180	165
50	241	207	220	195
70	294	254	270	240
95	350	303	320	290
120	395	345	365	330
150	441	387	410	370
185	494	437	470	415
240	567	507	540	480
300	631	571	610	545
400	711	654	695	615
500	781	731	--	--

TABLA 4-X
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE
RELATIVOS A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO

Profundidad de tendido (m)	Sección (mm ²)		
	Hasta 50	70 - 300	Mayor de 300
0.50	1.01	1.02	1.03
0.60	1.00	1.00	1.00
0.70	0.99	0.98	0.97
0.80	0.97	0.96	0.94
1.00	0.95	0.94	0.92
1.20	0.93	0.92	0.87

4.3.2.3 Subidas a postes

- a) Se seguirán las prescripciones indicadas en 2.3.2.3 a excepción del párrafo d).
- b) Los conductores que atraviesen cubiertas metálicas se agruparán en forma que el flujo resultante de las corrientes en los conductores sea aproximadamente nulo (se aproximarán las fases o se excluirá el material magnético entre ellas)
- c) La altura mínima sobre el piso de la conexión de las subidas de cable de redes de distribución subterránea secundaria a redes aéreas, cuando esta conexión está al lado de la estructura expuesta al tránsito de vehículos será de 4.50 m, y cuando la conexión no está expuesta al tránsito de vehículos será de 3m

4.3.2.4 cables directamente enterrados

- a) Se seguirán las prescripciones indicadas en 2.3.2.4 a excepción de 2.3.2.4 d) iv) y v)
- b) La profundidad mínima de instalación de los cables directamente enterrados será de 0.60m, salvo lo dispuesto para los cruzamientos.
- c) En zonas donde la napa freática esté a 1m de la superficie del terreno, no se instalarán cables subterráneos a menos que se empleen cables de características, resistentes a la humedad.
- d) Para la señalización de la presencia de los cables se emplearán ladrillos o cintas señalizadoras de plástico; estas últimas se instalarán a 0.30 m directamente por encima de los cables.

4.3.2.5 cables en ductos

- a) Se seguirán las prescripciones de 2.3.2.5
- b) Cuando se usen varios ductos adyacentes, los cables que transporten grandes corrientes, serán colocados en los extremos opuestos en forma de evitar que el calor se disipe principalmente por los ductos adyacentes.

4.3.2.6 Cables instalados al aire.

Para el caso de cables instalados en canaletas ver el punto referente a "Cables de Energía en Instalaciones Industriales" del Tomo V.

4.3.2.7 Consideraciones para el uso de cámaras y buzones

Se seguirán las prescripciones de 2.3.2.7

4.3.2.8 Clasificación de los terrenos.

Se seguirán las prescripciones de 2.3.2.8

4.3.2.9 Protección y seccionamiento

Se seguirán las prescripciones de 2.3.2.9

4.3.2.10 Puesta a Tierra

a) Se seguirán las prescripciones de 2.3.2.10

b) El conductor neutro de las redes subterráneas se conectará a tierra en la subestación de distribución o central generadora de alimentación en la forma prevista en 3.2.3. Fuera del centro de transformación y con objeto de disminuir su resistencia global a tierra, podrá ponerse a tierra en otros puntos de la red.

4.3.2.11 Continuidad del neutro

Se seguirá lo prescrito en 2.3.2.11

4.3.2.12 Distancias mínimas de seguridad

Se seguirá lo prescrito en 2.3.2.12

4.4 ACOMETIDAS

4.4.1 Generalidades

Se dispondrá de una sola acometida por edificación, sin embargo podrán instalarse acometidas independientes para edificaciones cuyas características especiales así lo aconsejen.

Todos los elementos de la acometida deberán en lo posible permanecer en el lado exterior del inmueble.

4.4.2 Acometidas Aéreas

4.4.2.1 Aislamiento de los conductores

Los conductores de los cables multipolares serán aislados o cubiertos con material termoplástico o con otro de características similares, y serán del tipo concéntrico.

4.4.2.2 Capacidad y calibre

Los conductores tendrán una capacidad de corriente suficiente para la carga de servicio. El calibre mínimo a utilizarse será el indicado en la norma DGE correspondiente.

4.4.2.3 Distancias de separación

a) Sobre el techo. El paso de la acometida sobre el techo de un edificio deberá ser evitado y cuando ello no sea posible deberá guardar la distancia mínima especificada en la Tabla 4-VI.

b) Sobre el suelo. Los conductores de la acometida aérea deberán tener una distancia mínima de 3m sobre veredas y vías peatonales.

La distancia mínima sobre vías públicas motorizadas será la estipulada para los conductores de la red secundaria (véase 4.2.4)

- c) Desde aberturas en inmuebles. Los conductores de acometida tendrán una separación no menor de 1m de ventanas, puertas, salidas de emergencia o aberturas semejantes.

4.4.2.4 Sujeción de la acometida al inmueble

Estará a una distancia mínima de 3m sobre el suelo. La acometida deberá ser fijada al inmueble con accesorios aprobados según la Norma DGE correspondiente.

4.3.2.5 Derivación de la acometida desde la red secundaria

Debe efectuarse de tal manera que los conductores, postes y otros elementos que garanticen la estabilidad de la red no resulten afectados en su integridad.

La derivación de la acometida en un punto cualquiera a lo largo del vano, se deberá efectuar de acuerdo con la Norma DGE correspondiente.

En zonas donde existan condiciones de congelamiento que puedan dañar el cable, deberá considerarse mayor profundidad.

4.4.3 Acometidas Subterráneas

4.4.3.1 Aislamiento de los cables

El Aislamiento de los conductores del cable deberá ser adecuado para la tensión de servicio a la cual operen.

4.4.3.2 Capacidad y sección

Los conductores serán de una sección suficiente para la carga de servicio, y no serán menores a las secciones indicadas en la Norma DGE correspondiente.

4.4.4 Instalación de Acometidas

4.4.4.1 Acometidas múltiples

Cuando de 2 a 6 suministros con cajas individuales sean alimentados por una sola acometida, se permitirá que los conductores de la acometida múltiple alimenten pasando por cada una de las cajas individuales.

La sección de la acometida múltiple deberá ser dimensionada para el total de las cargas individuales que alimenta y para una caída de tensión máxima de 1% respecto a la tensión nominal, y siempre que se cumpla con lo prescrito en 4.1.3

4.4.4.2 Otros conductores en la canalización de la acometida

No se deberán colocar otros conductores distintos a los de la acometida en una misma canalización excepto en los siguientes casos:

- a) para los conductores de puesta a tierra
- b) Para los conductores de un interruptor de tiempo, provisto de protección contra sobrecorriente.

4.4.4.3 Protección contra daños en acometidas

Las acometidas instaladas por encima del suelo deberán protegerse contra los daños materiales en la forma siguiente:

Los cables correspondientes a la parte interior de la acometida cuando estén en lugares expuestos, tales como vías de tránsito o lugares de descarga de materiales, o cuando estén expuestos a contactos con toldos, avisos, u otros objetos similares, deberán protegerse con tuberías metálicas, o por tuberías rígidas no metálicas.

Los conductores de acometidas subterráneas se protegerán siguiendo las prescripciones de 4.3.2.4 en la parte enterrada.

4.4.4.4 Entrada de la acometida al inmueble

Deberán hacerlo por medio de tuberías metálicas, o tuberías rígidas no metálicas empotradas. Deberá dejarse una curva abierta hacia abajo en la tubería para impedir la entrada del agua a su interior.

En las acometidas subterráneas, los tubos partirán por debajo de la línea del suelo hasta el punto de entrada.

4.4.4.5 Terminación en el equipo de acometida

Una canalización o un cable de acometida deberá terminar en el interior de una caja que cubra efectivamente todas las partes metálicas bajo tensión.

Dicha caja deberá estar provista de cerradura con llave o de puerta sellada, evitando así el acceso no autorizado.

4.4.5 Medios de Desconexión

Deberá suministrarse medios para desconectarse todos los conductores instalados en el interior de un inmueble de los conductores de entrada de la acometida.

Los medios de desconexión deberán instalarse, fuera del inmueble en un lugar accesible, lo más cerca posible al lugar de entrada de la acometida.

Los medios de desconexión deberán indicar claramente si están en posición abierta o cerrada. Cuando estén encerrados, deberán poder accionarse desde afuera sin exponer al operador al contacto con las partes activas.

La capacidad de desconexión deberá ser por lo menos igual a la carga de servicio.

4.4.6 Protección contra Sobrecorriente

4.4.6.1 Dispositivos de protección contra sobrecorriente

Donde sea requerida la instalación de dispositivos de protección contra sobrecorriente, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) En conductores no puestos a tierra. La protección estará provista de un dispositivo de sobrecorriente en serie con cada conductor de la acometida no puesto a tierra, y tendrá una capacidad o ajuste no mayor que la capacidad de corriente admisible del conductor.
- b) En conductores puesto a tierra. Ningún dispositivo de sobrecorriente será instalado en un conductor puesto a tierra de la acometida, excepto un interruptor automático de circuito que desconecta simultáneamente todos los conductores del circuito.

4.4.6.2. Ubicación del dispositivo de protección

El dispositivo de protección contra sobrecorriente de la acometida deberá ser parte integrante de los medios de desconexión de dicha acometida, o estará ubicado inmediatamente adyacente a ellos.

4.4.6.3 Protección contra fallas a tierra

Se deberá suministrar protección contra fallas a tierra, a las acometidas de sistemas en estrella directamente puesto a tierra, con una tensión de fase de más de 150 V. Pero que no sea mayor de 600V entre fases, y cuando los medios de desconexión tengan una capacidad de por lo menos 1,000A.

La protección contra fallas a tierra deberá funcionar para provocar la apertura de los medios de desconexión, para interrumpir todos los conductores del circuito no puestos a tierra. El ajuste máximo de la protección contra falla a tierra será de 1,200 A.

Cuando se usa una combinación interruptor fusible, los fusibles deberán ser capaces de interrumpir cualquier corriente mayor que la capacidad de interrupción del interruptor, durante el tiempo en el cual el sistema de protección contra fallas a tierra no provoque la apertura del interruptor.

CAPITULO 5

RED DE ALUMBRADO PUBLICO(*)

() Título reemplazado según artículo 9° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

5.1 ALCANCE

En el presente capítulo se dan las prescripciones necesarias para una adecuada iluminación que permita una visibilidad cómoda, rápida y segura durante la noche.

Contiene las prescripciones con respecto a las exigencias generales relativas al alumbrado público y a la instalación de sus redes en vías expresas, arterias principales, vías colectoras, calles locales, cruces, plazas y pasos a desnivel.

Son aplicables a todas las vías accesibles al público y donde el tráfico exige la presencia de una red de alumbrado público, así como a las vías de circulación reservadas al tráfico motorizado.

Así mismo se deberá cumplir con lo especificado en la norma DGE correspondiente.

5.2 EXIGENCIAS GENERALES RELATIVAS A LA ILUMINACION

5.2.1 Factores a tenerse en Cuenta en la Determinación de la Iluminación

Se adoptará uno de los tipos dados en la Tabla 5-I

**TABLA 5-I
CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE ILUMINACION**

Tipo de iluminación Factores		Muy Importante	Importante	Medio	Reducido	Muy Reducido
I	Velocidad Tráfico vehicular Tráfico peatonal Reproducción de colores	X X	X X			X X
II	Velocidad Tráfico vehicular Tráfico peatonal Reproducción de colores	X X	X X X	X X		
III	Velocidad Tráfico vehicular Tráfico peatonal Reproducción de colores		X	X X X X	X X X	
IV	Velocidad Tráfico vehicular Tráfico peatonal Reproducción de colores		X	X	X X X	X X
V	Velocidad Tráfico vehicular Tráfico peatonal Reproducción de colores		X X	X		X X

Los criterios adoptados para la clasificación de los factores mostrados en la Tabla 5-I anterior, son los siguientes:

a) Velocidad de circulación V en km/h

Muy importante		$V \geq 90$
Importante	60	$\leq V < 90$
Media	30	$\leq V < 60$
Reducida		$V < 30$
Muy reducida		al paso

b) Tráfico vehicular relacionado al doble sentido de circulación, en vehículos/h

Muy importante	Mayor de 1,000
Importante	entre 500 y 1000

Media	entre 250 y 500
Reducida	entre 100 y 250
Muy reducida	menor de 100

En el caso de no contar con los factor dados en la Tabla 5-I, el tipo de iluminación podrá ser determinado de acuerdo con la Tabla 5-II siguiente:

5.2.2 Nivel de Luminancia e Iluminación

El nivel del luminancia e iluminación media dependerá del tipo de iluminación escogido (véase 5.2.1) y se dá en la Tabla 5-III.

5.2.3 Uniformidad de Luminancia e Iluminación

Para los tipos de iluminación I y II se recomiendan los valores de uniformidad de luminancia dados en la Tabla 5-IV, pudiendo usarse estos valores para uniformidad de iluminación donde no se pueda verificar la luminancia.

Para los tipos de iluminación III y IV se recomiendan los valores de uniformidad de iluminación dados en la tabla 5-V.

TABLA 5-II
TIPO DE ILUMINACION SEGÚN LA CARACTERISTICA DE LA VIA

Ubicación	Tipo de Vía	Tipos de iluminación recomendados
Inter-urbana	-Vías expresas -Arterias principales primarias -Arterias principales secundarias	I I, II II
Urbana	-Arterias principales secundarias -Vías colectoras primarias -Vías colectoras secundarias -Calles locales -Calles locales rurales -Calles comerciales -Alamedas, pasajes peatonales, Parques - -públicos	II II II, III III, IV IV II V
Varios	-Calles locales rurales -Calles industriales	IV III
Casos especiales	-Cruces -Curvas -Cuestas -Plazas -Pasos a desnivel, etc.	Ver sub-capítulo 5-4

**TABLA 5-III
NIVEL DE LUMINANCIA E ILUMINACION**

Tipo de iluminación	Luminancia media Revestimiento seco cd/m^2	Iluminación media necesaria Lux	
		Calzada clara	Calzada oscura
I	1.5 - 2	15 - 20	30 - 40
II	1 - 2	10 - 20	20 - 40
III	(0.5 - 1)	5 - 10	10 - 20
IV		2 - 5	5 - 10

**TABLA 5-IV
UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA**

Tipo de Iluminación	Uniformidad general de luminancia L min/L max	Uniformidad longitudinal de luminancia	Uniformidad transversal de luminancia	Uniformidad media de luminancia L min/L med
I	≥ 0.25	≥ 0.65	≥ 0.40	≥ 0.55
II	≥ 0.15	≥ 0.55	≥ 0.30	≥ 0.40

**TABLA 5-V
UNIFORMIDAD MEDIA DE ILUMINACION**

Tipo de Iluminación	Uniformidad media* de iluminación E min/E med
III	0.25 - 0.35
IV	≥ 0.15

* La iluminación de las veredas no deberá ser inferior al 20 % de la iluminación media

5.2.4 Deslumbramiento

Las instalaciones de alumbrado público no deben provocar ningún deslumbramiento molesto; por este motivo generalmente se prohíben las luminarias de haz no recortado (véase 5.3.3), en vías de circulación de tráfico automotriz denso o rápido.

Por el contrario, en las vías secundarias donde los niveles de luminancia son bajos y/o las fuentes luminosas son menos potentes, pueden admitirse las

luminarias de haz no recortado. El recorte de la luminaria debe ser mayor cuando la fuente sea más brillante.

Por otra parte, para evitar el deslumbramiento, se debe tener cuidado de separar lo más lejos posible del campo de la visión las fuentes que lo producen.

En la Tabla 5-VI se recomienda el tipo de luminaria de acuerdo al tipo de iluminación (los proyectos de tipos de iluminación I y II deberán indicar los efectos de deslumbramiento a obtenerse)

**TABLA 5-VI
TIPOS DE LUMINARIAS**

Tipo de iluminación	Luminaria de haz recortado	Luminaria de haz semiracortado	Luminaria de haz No-recortado
I	Recomendable	Admitida	No recomendable
II	Recomendable	Admitida	No recomendable
III	Admitida	Admitida	Admitida
IV	Admitida	Admitida	Recomendable
V	No recomendable	Admitida	Recomendable

5.3 EXIGENCIAS GENERALES RELATIVAS A LA INSTALACION

5.3.1 Conductores de la Red

Los conductores o cables de la red de alumbrado público deberán cumplir con lo indicado en el capítulo 4 y en las normas DGE correspondientes.

5.3.1.1 Sección mínima

Las secciones mínimas de los conductores y cables serán las siguientes:

	Sección Nominal
Conductores de cobre para red aérea	10 mm ²
Cables para red subterránea	6 mm ²

() Inciso reemplazado según artículo 8° de la R.M. N° 065-87-EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:*

5.3.1.1 Sección mínima

Las secciones mínimas de los conductores y cables serán las siguientes:

	Sección Nominal
Conductores de cobre para red aérea	6 mm ²
Cables para red subterránea	6 mm ²

5.3.1.2 Capacidad de corriente

Los conductores de la red de alumbrado público se deberán calcular de acuerdo a los factores siguientes:

- a) Redes con lámparas incandescentes
Se reconsiderará la potencia total de las lámparas en-watt
- b) Redes con lámparas o tubos de descarga
Se considerarán las cargas totales activas y reactivas de las lámparas de descarga y sus componentes.
- c) Unidades de iluminación
Para fijar su número, potencia y ubicación se deberá cumplir con 5.2 y 5.4 del presente capítulo

5.3.1.3 Caída de tensión

La caída de tensión máxima de la red de alumbrado público no deberá ser mayor del 5% de la tensión nominal salvo que el conjunto reactancia-lámpara permita como tensión de suministro, valores menores al mencionado.

5.3.2 Equipos de Maniobra y Protección de la Red

Los circuitos de alumbrado público estarán protegidos en su origen contra los efectos de las sobretensiones, por un dispositivo de protección adecuado.

Donde se utilicen interruptores horarios o células fotoeléctricas para la maniobra de la red se dispondrá adicionalmente de un interruptor manual, que permita su accionamiento en forma independiente de los dispositivos anteriormente citados.

Estos dispositivos de maniobra y protección deberán ser instalados en un tablero de distribución y deberán soportar la influencia de los agentes exteriores a los cuales están sometidos.

5.3.3 Luminarias

Las luminarias deberán dirigir sobre la calzada el flujo luminoso emitido por la lámpara con un mínimo de pérdidas y en la dirección requerida. Al mismo tiempo deben satisfacer las exigencias en cuanto a la uniformidad de iluminación y al deslumbramiento descritas, en 5.2.3 y 5.2.4 respectivamente.

5.3.3.1 Recortamiento del haz luminoso

Las luminarias a utilizarse podrán ser de haz recortado, semirecortado y no recortado de acuerdo a las exigencias lumínicas y a las disposiciones de las unidades de iluminación indicadas en 5.2 y 5.4 respectivamente.

En la Tabla 5-VII siguiente se dan las características lumínicas de las luminarias.

**TABLA 5-VII
INTENSIDADES LUMINOSAS MAXIMAS ADMISIBLES EN
cd/1000 lm POR ILUMINARIA EN POSICION HORIZONTAL**

Angulo con la vertical	Haz recortado	Haz Semirecortado	Haz no Recortado
90°	< 10	< 50	<1,000
80°	< 30	< 100	--

5.3.3.2 Inclinación

Las luminarias de haz recortado y semirecortado, así como aquellas instaladas en plazas curvas, etc. Se podrán inclinar hasta un ángulo de 10°.

Las luminarias de haz no recortado se podrán inclinar entre 10° y 20°

5.3.3.3 Características mecánicas

Las luminarias deberán ser de fácil montaje, desmontaje, adecuadas al cambio sencillo de la lámpara y del equipo auxiliar, así mismo deberán tener un área de exposición mínima al viento.

Deberán tener una protección adecuada contra humedad, la suciedad y los agentes atmosféricos y mecánicos.

5.3.4 Soportes de Luminarias

5.3.4.1 Postes

Los postes con pastoral o aquellos que llevan la luminaria directamente al extremo del poste, deberán cumplir con lo estipulado en el capítulo 4 y con Norma DGE correspondiente. En los casos de soportar exclusivamente las luminarias, se tendrá en cuenta solo la acción del viento sobre el poste.

Los postes a utilizarse en alumbrado público podrán ser de fierro, concreto, madera o de otro material de características similares, debiendo utilizarse en cuanto sea posible, las instalaciones de líneas aéreas existentes.

Deberán ser instalados en el borde interior de la vereda cuando ésta sea menor de 1.50m y en el borde exterior, tomando en cuenta un distanciamiento no menor de 0.30m, cuando la vereda sea mayor o igual a 1.50m. (véase figura 5-1).

En vías con jardín o zona de aparcamiento entre la vereda y la calzada, los postes irán instalados en le borde exterior de la vereda.

Los postes metálicos deberán ser puestos a tierra, y llevarán en la base un murete de concreto no menor a 30cm sobre el nivel del piso

5.3.4.2 Pastorales

Los pastorales podrán ir fijados en las fachadas de las casas o en los postes de las redes de distribución.

Se podrán utilizar pastorales fijados a las fachadas por razones arquitectónicas, o en lugares donde no exista una zona libre para colocar los postes entre el límite interior de la vereda y la calzada, y donde la presencia de edificios suficientemente elevados y sólidos lo permitan.

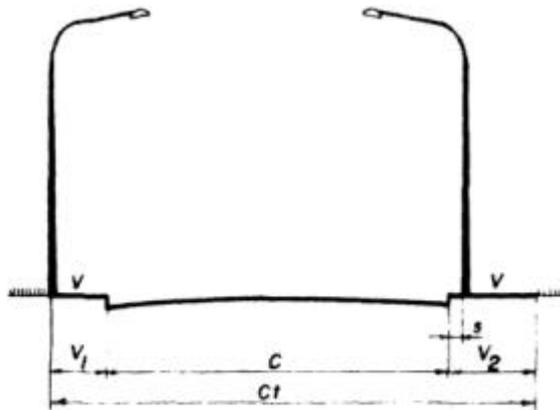


Fig. 5-1 PERFIL DE UNA CALLE CON VEREDAS (cf)

C = Ancho de la calzada.

V = Vereda

V1 = Ancho de la vereda inferior a 1.50 m.

V2 = Ancho de la vereda, igual o superior a 1.50 m.

S = Margen de seguridad igual o superior a 0.30m.

Estos pastorales deberán ser anclados de preferencias en las paredes medianeras.

5.3.4.3 Suspensión en cables

Este sistema se podrá utilizar en calles angostas o en cruces donde no se puedan instalar postes, o en el caso de ciertas vías bordeadas de árboles.

Para sostener las luminarias se deberán utilizar cables de acero galvanizado.

No se recomienda la suspensión de lámparas de vapor de mercurio.

5.3.5 Conexión de la Luminaria a la Red.

5.3.5.1 Conductores de conexión

La conexión de una red subterránea al portafusible de las unidades de alumbrado público, se deberá efectuar con cable de 6mm^2 y el enlace entre el portafusible y la luminaria con cable extraflexible de 2.5mm^2 , no permitiéndose empalmes en este tramo.

La derivación de una red aérea a la luminaria se deberá efectuar con cable extraflexible de 2.5mm^2 , no permitiéndose empalmes en este tramo.

5.3.5.2 Protección y corrección del factor de potencia

En cada poste o pastoral deberá preverse un sitio suficiente para la instalación de los terminales de los cables, bornes de conexión y fusibles, así como para los equipos auxiliares. En los postes de concreto y fierro, para redes subterráneas, los fusibles se deberán instalar en su interior, en el caso de redes subterráneas. La altura mínima de instalación de los fusibles será 2.80 m. Para efecto del cálculo de las redes de alumbrado, se deberán tomar las medidas necesarias para la compensación del factor de potencia.

5.4 DISPOSICIONES RECOMENDABLES DE LA UNIDADES DE ALUMBRADO

5.4.1 Disposición en Alineamiento

5.4.1.1 Disposiciones de luminarias

Las recomendaciones sobre la disposición de luminarias en vías públicas según el tipo de iluminación, se dan en la Tabla 5- VIII

5.4.1.2 Distancia de los bordes

En los casos donde la disposición adoptada sea la bilateral en oposición o en tresbolillo, las luminarias podrán ser alineadas siguiendo dos líneas paralelas al eje de la vía y distante de los bordes un ancho inferior o igual a $1/5$ del ancho de la calzada.

TABLA 5-VIII
RECOMENDACIONES SOBRE DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS

Tipo de iluminación	Altura de montaje H (m)	Relación D/H	Disposición de las Luminarias	Ancho de la calzada
I	10 - 2	2.5 - 3	Unilateral	Dos canales de circulación (hasta 8m)
			Bilateral Trebolillo	Tres canales de circulación (hasta 12 m)
II	8.5 - 10	3 - 4	Bilateral en oposición	Cuatro canales de circulación (hasta 16 m)
III	8 - 10	3 - 4	Unilateral	$l \leq H$
IV	7.5 - 10	3 - 5	Bilateral trebolillo	$H < l \leq 1.5 H$
V	4 - 12	4 - 5	Bilateral en oposición	$1.5H < l$

H = Altura de montaje
D = Intervalo de luminarias
l = Ancho de la calzada

5.4.2 Disposición en Curvas y Discontinuidades

En los cruces, curvas, intersecciones, etc. Se deberá reforzar la iluminación disminuyendo el intervalo entre luminarias o cambiando el color de las lamparas. Con el objeto de disminuir el deslumbramiento estas luminarias deberán ser de haz recortado.

5.4.2.1 Curvas

Las luminarias deberán ubicarse en la parte exterior de las curvas debiendo reducirse el intervalo entre ellas.

Si debido al ancho de las curvas la zona interior de la calzada tuviera un nivel de iluminación inferior al requerido se deberán situar luminarias en la parte interior de las mismas (véase fig. 5-2)

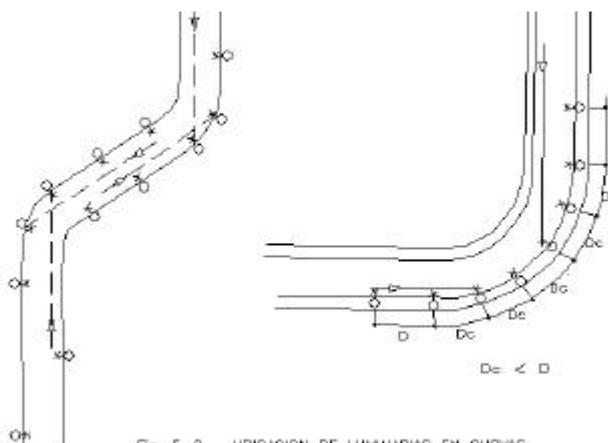
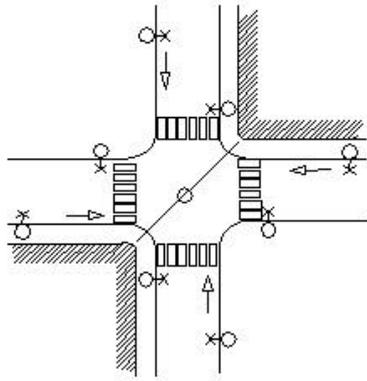
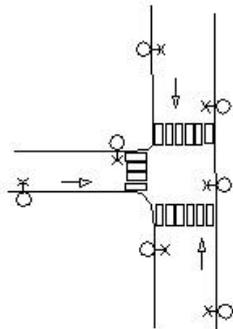
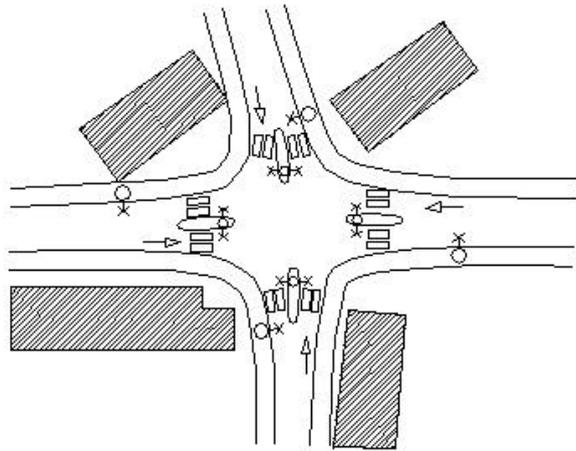


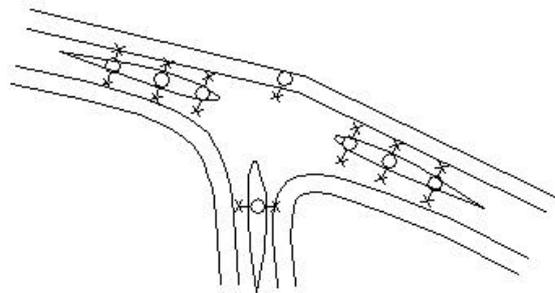
Fig. 5-2 UBICACION DE LUMINARIAS EN CURVAS



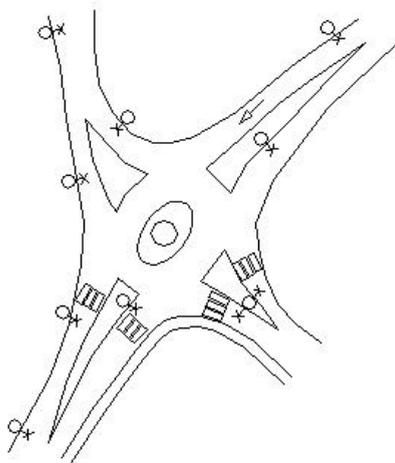
a) Interseccion



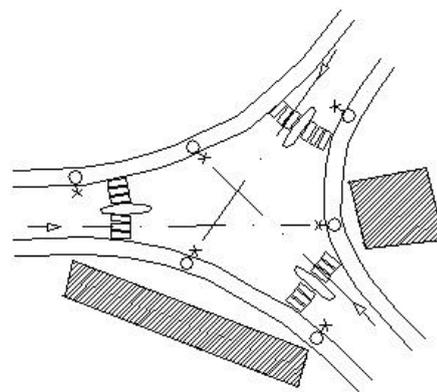
c) Derivacion en "T"



d) Derivacion en "T" con islotes



e) Interseccion con isla central



f) Interseccion en estrella

5.4.2.2 Pasos para peatones

La luminaria deberá colocarse detrás de la franja de paso para peatones en relación al sentido del tráfico. (Véase fig. 5-3).

5.4.2.3 Intersecciones y derivaciones

En las intersecciones y derivaciones se deberá tener cuidado de proyectar sobre la calzada zonas claras continuas, tanto para el conductor que sigue en la dirección recta como para el dobla a la derecha o izquierda. Para la intersección de calles en ángulo recto, la luminaria se deberá colocar al lado derecho y justo más allá de la intersección, a continuación del paso peatonal (véase fig. 5-3 a) y b)).

Cuando una calle desemboca en otra formando una "T" como se muestra en la figura 5-3 c) y d), se deberá ubicar una luminaria en el eje de circulación de la vía lateral y en el lado opuesto a la otra calle.

En cruces peligrosas e intersecciones importantes es recomendable instalar una luminaria adicional encima de la intersección del cruce de los ejes de las calles, la que podría tener una luz de color distinto al de las luminarias vecinas.

5.4.2.4 Plazas

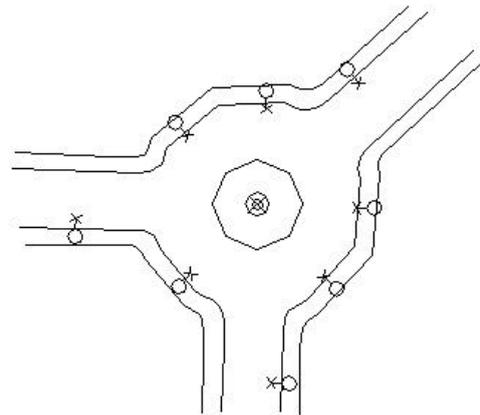
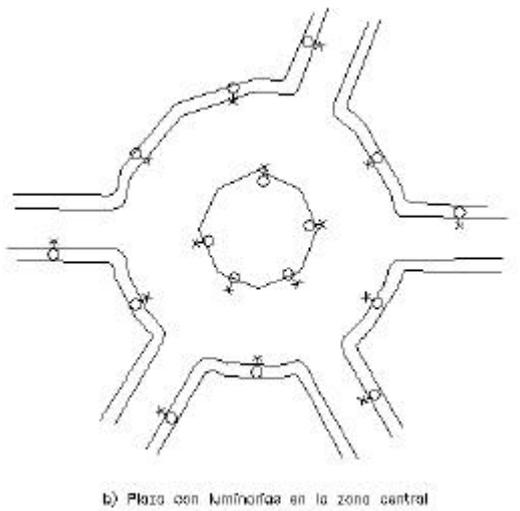
La iluminación de las plazas deberá ser por lo menos igual al de las calles adyacentes de mejor iluminación; en plazas de tráfico intenso se deberá incrementar la iluminación.

Con la finalidad de dotar a una plaza de una buena visibilidad y estética agradable, se recomienda la instalación de postes altos con lámparas de gran potencia.

Las luminarias se podrán situar en la parte exterior de la plaza. Si en la parte interior de la plaza se obtiene una iluminación insuficiente, se podrá iluminar la zona central con una luminaria de gran altura. En caso contrario, se dispondrán luminarias en las prolongaciones de los ejes de circulación de las vías, en la figura 5-4 se demuestran ejemplos de iluminación de plazas.

5.4.2.5 Cuestas

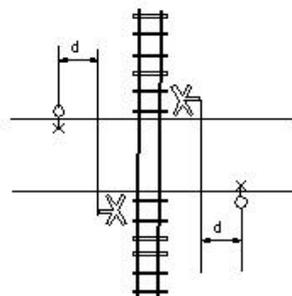
En las pendientes fuertes (mayores del 5%) se podrán utilizar luminarias de haz recortado o bien se podrá corregir la posición de éstas orientándolas según un eje longitudinal paralelo a la pendiente de la curva. En los cambios de pendiente se deberá colocar una luminaria.



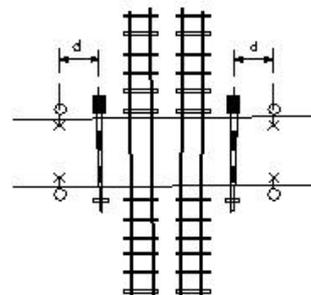
5.4.2.6 Pasos de vías férreas

Todos los pasos a nivel deberán dotarse de una buena iluminación a ambos lados de la línea al lado izquierdo de donde circula el automóvil y antes de las señales de peligro y de las barreras respectivas conforme se muestra en la fig. 5-5.

Para señalar el paso a nivel como peligroso se puede cambiar el color de la luz, debiendo mantenerse visibles los colores de señalización de las barreras de pase de la línea férrea.



b) Paso a nivel no protegida
d= 3 a 5 mts

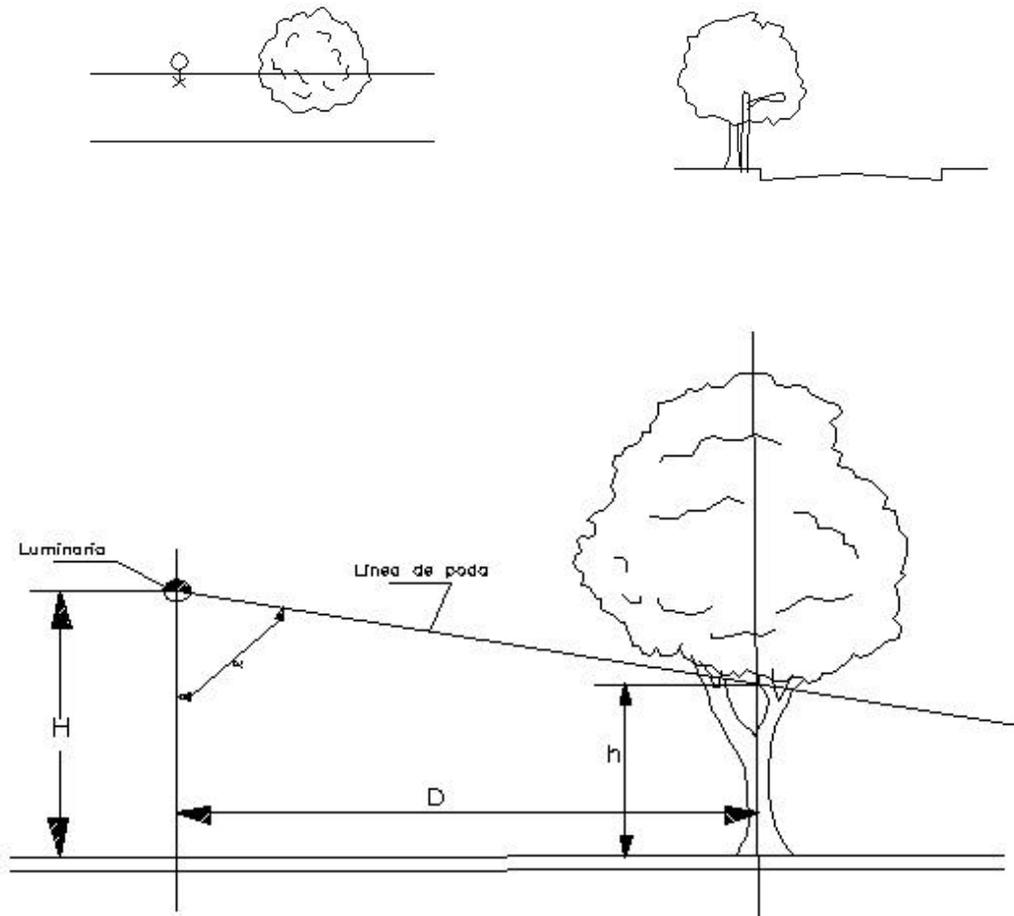


b) Paso a nivel protegida
d= 3 a 5 mts

Fig. 5.5
Ubicación de luminarias en paso de vías férreas

5.4.2.7 Vías con arbolado.

Deberán podarse las ramas que caen dentro del cono de iluminación máxima, de acuerdo a lo indicado en la fig. 5-6.



Ángulo μ	Altura mínima h
70 °	$h = H - 0.36 D.$
75 °	$h = H - 0.26 D.$
0.80	$h = H - 0.17 D.$

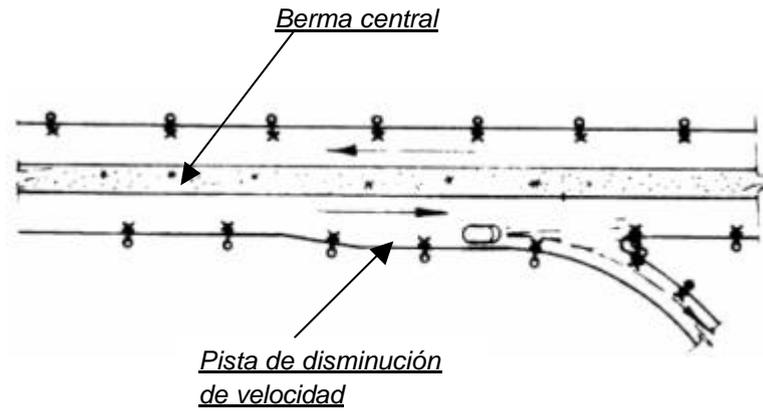
H: Altura de montaje de la luminaria.

D: Distancia de la luminaria a la copa del árbol

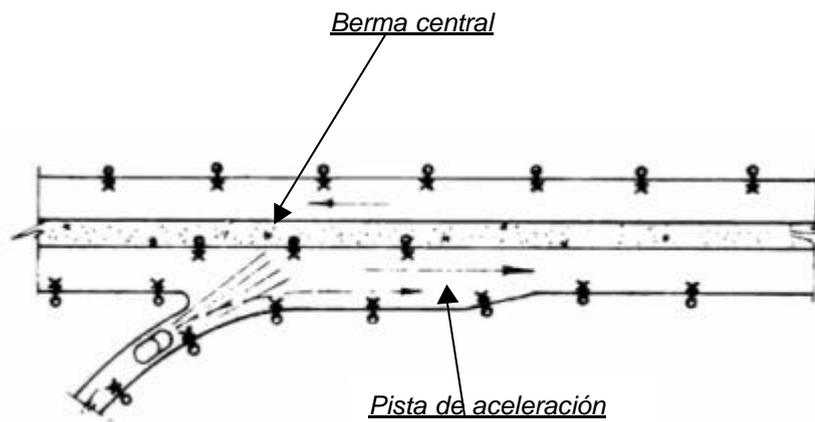
H: Altura de una copa de árbol o altura de poda

5.4.2.8 Entradas y salidas en vías de velocidad.

Se deberán iluminar las entradas y salidas de las vías de velocidad hasta el final de la zona de aceleración y comenzar en la zona de disminución de velocidad, conforme se muestra en la fig. 5-7, en estos tramos se requiere un mayor nivel de iluminación.



a) Vía de Salida



a) Vía de Acceso

Fig. 5-7
VÍAS DE ACCESO Y SALIDA
EN AUTOPISTAS Y VÍAS EXPRESAS.

5.4.2.9 Cruces iluminados sobre rutas no iluminadas

Si se trata de un cruce peligroso sobre rutas no iluminadas, se deberá asegurar entre el cruce bien iluminado y las rutas que se cruzan una transición, ya sea disminuyendo el intervalo entre luminarias o aumentando potencia de las lámparas. Esta transición se hace progresiva a medida que se aproxima al cruce.

En plazas donde desemboquen vías de velocidad no iluminadas, se deberán utilizar luminarias de haz recortado.

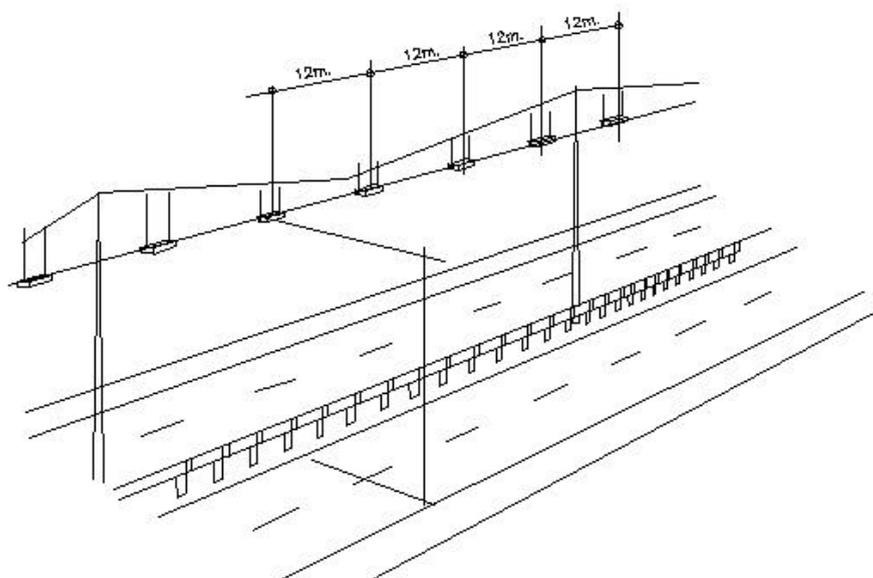
5.4.3 Disposiciones Especiales

5.4.3.1 Luminarias paralelas al eje de la calzada

Se podrán instalar luminarias paralelas al eje de la calzada en vías con berma central tales como vías expresas o carreteras.

Las lámparas a utilizarse podrán ser fluorescentes o de sodio.

Con un intervalo longitudinal reducido entre luminarias se consigue una buena uniformidad de iluminación.



**Fig. 5 – 8 LUMINARIAS PARALELAS AL EJE DE LA VIA
(EMPLEO DE CABLES SOPORTE)**

5.4.3.2 Pasos a desnivel y túneles

Cuando los pasos a desnivel y túneles sean cortos, una iluminación adecuada puede ser obtenida de la iluminación de calles adyacentes. Sin embargo, la iluminación en pasos a desnivel y túneles largos requerirían un tratamiento especial, pudiendo ser necesaria una iluminación de día y de noche. En general, la iluminación podrá ser 50% mayor que en las vías de similar volumen de tráfico.

5.4.3.3 Zonas de neblina

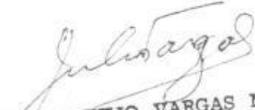
En zonas de neblina se deberá incrementar el nivel de iluminación, siendo recomendable la utilización de lámparas con luz monocromática (por ejemplo lámparas de sodio a baja presión)

**COMPARACIÓN ENTRE LOS CALIBRES AMERICANOS Y
EUROPEOS DE CABLES Y CONDUCTORES**

CALIBRE AMERICANO		CALIBRE METRICO
AWG - MCM	mm ²	(europeo) mm ²
30 AWG	0.0509	0.05
28	0.0810	0.10
26	0.1288	
24	0.2047	0.25
22	0.3255	0.50
20	0.5176	0.75
18	0.8231	1.00
16	1.3090	1.50
14	2.081	2.5
12	3.309	4.0
10	5.261	6.0
8	8.366	10.0
6	13.30	16
4	21.15	25
2	33.63	35
1	42.41	50
1/0	53.48	70
2/0	67.43	70
3/0	85.03	95
4/0	107.20	120
250 MCM	126.7	150
300	151	185
350	177	185
400	202	240
500	253	300
600	303	400
700	354	400
750	380	400
800	407	500
900	455	500


Dr. CESAR CHAVEZ RIVA
Director General de la
Oficina de Asesoría Jurídica




TC. EP (r) JULIO VARGAS MURO
Director Superior (a.i.)
Ministerio de Energía y Minas

" Año de la Austeridad "

Resolución Ministerial 0303-78-EM/DGE

30 MAYO 1978

CONSIDERANDO :

Que la Dirección General de Electricidad viene elaborando - en forma parcial, bajo la modalidad de Administración, el Código Nacional de Electricidad, cuyo primer Tomo ha sido aprobado con Resolución Ministerial N°0285-78 EM/DGE, del 19 de mayo de 1978 ;

Que el Area de Normas Técnicas de la Dirección General de Electricidad ha presentado para su aprobación el Tomo IV relacionado con el Sistema de Distribución, en el que se establecen las reglas de seguridad que deben cumplir las instalaciones en las redes y subestaciones de distribución así como en las de alumbrado público ;

Estando al Informe N°027-78 DGE/ANT del Area de Normas Técnicas ; y

Con la opinión favorable del Director General de Electricidad y del Director Superior ;

SE RESUELVE :

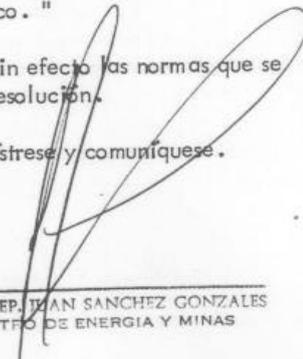
Artículo Primero .- APROBAR el Tomo IV del Código Nacional de Electricidad " Sistema de Distribución, " elaborado por el Area de Normas Técnicas de la Dirección General de Electricidad, el mismo que comprende los Capítulos siguientes :

- Capítulo 1 " Definiciones "
- Capítulo 2 " Red de Distribución Primaria "
- Capítulo 3 " Subestaciones de Distribución "
- Capítulo 4 " Red de Distribución Secundaria "
- Capítulo 5 " Red de Alumbrado Público. "

Artículo Segundo .- Déjase sin efecto las normas que se opongan a las aprobadas mediante la presente Resolución.

Regístrese y comuníquese.




Gral. Div. EP. JUAN SANCHEZ GONZALES
MINISTRO DE ENERGIA Y MINAS


H. FERNANDO DUARTE MALDONADO
Director General de Electricidad


Dr. ANTONIO VALLEJOS OBERTI
Jefe Area Asesoría Legal


Dr. JOSÉ ORTIZ EGOZA
Jefe del Area de Normas Técnicas

