

ÍNDICE

4. REDES AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	1
4.1. TIPOS DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN	1
4.1.1. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN A 33 kV	1
4.1.2. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN A 13.2 kV	1
4.2. CRITERIOS DE DISEÑO	2
4.3. APOYOS PRIMARIOS	4
4.3.1. TIPOS DE APOYOS	4
4.3.1.1. Líneas de distribución a 33 kV	4
4.3.1.2. Líneas de distribución a 13.2 kV	4
4.3.2. DISTANCIAS ELÉCTRICAS MÍNIMAS	5
4.3.2.1. Distancia vertical	6
4.3.2.2. Distancia Horizontal	6
4.3.2.3. Distancia a crucetas, herrajes o puestas a tierra	7
4.3.2.4. Distancia mínimas de seguridad en cruces de líneas	7
4.3.2.5. Cruces con las líneas telefónicas	8
4.3.2.6. Tendido de cables paralelos	8
4.3.2.7. Corrección de las distancias por variación de la densidad del aire.	8
4.3.2.8. Distancias mínimas entre conductores en la misma estructura	9
4.3.3. LOCALIZACIÓN DE APOYOS	9
4.3.3.1. Zonas Urbanas	10
4.3.3.2. Zonas Rurales	10
4.3.4. FUNDACIÓN	10
4.3.5. PINTURA	12
4.3.6. SEÑAL DE PELIGRO PARA TORRES	12
4.3.7. IDENTIFICACIÓN CON CÓDIGO EN EL SISTEMA GEOREFERENCIADO DE INFORMACIÓN DE REDES	13
4.3.8. INTERDISTANCIA DE APOYOS PRIMARIOS	13
4.4. AISLAMIENTO	16
4.4.1. TIPO DE AISLADORES	17
4.4.1.1. Líneas de distribución a 33 kV	17
4.4.1.2. Líneas de distribución a 13.2 kV	17
4.5. SELECCIÓN DE CONDUCTORES	18
4.5.1. CALIBRES	18
4.5.1.1. Para líneas de distribución a 33 kV aéreas	18
4.5.1.2. Para líneas del nivel de media tensión aéreas a 13.2 kV	18
4.5.2. CAPACIDAD DE CORRIENTE	19
4.5.3. REGULACIÓN DE TENSIÓN	19
4.6. VIENTOS O RETENIDAS PRIMARIAS.	20
4.6.1. TIPOS	21
4.6.1.1. Template convencional	21
4.6.1.2. Template con poste auxiliar	21
4.6.1.3. Poste picamigo	21
4.7. PUESTAS A TIERRA	21
4.8. EMPALMES DE CONDUCTORES	23

5. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA ESCOGENCIA DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS	24
5.1. ESTRUCTURA TIPO TERMINAL	24
5.2. ESTRUCTURA TIPO RETENCIÓN	24
5.3. ESTRUCTURA TIPO SUSPENSIÓN SENCILLA	25
5.4. ESTRUCTURA TIPO SUSPENSIÓN DOBLE	25
5.5. ESTRUCTURAS ESPECIALES	26
5.6. OBSERVACIONES	26
5.7. TENSIONES EN CADA UNO DE LOS CONDUCTORES DEL APOYO	27
5.8. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES (m) SIN VIENTO LATERAL Y ALIENACIÓN RECTA POSTES DE 12 M	28
5.9. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES (m) SIN VIENTO LATERAL ALINEACIÓN RECTA TORRES 12 M	29
5.10. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) Y CON CABLE DE GUARDA	30
5.11. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA FS = 2.0 POSTE 12 M	30
5.12. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA	32
5.13. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA	32
5.14. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA	33
5.15. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) Y CON CABLE DE GUARDA.	33
5.16. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL VIENTO SOBRE EL CONDUCTOR PARA UN SOLO CONDUCTOR ACSR EN KGF	34
5.17. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL CONDUCTOR EN ÁNGULO DE LÍNEA	35
5.18. CARGA MÁXIMA PARA RETENIDA CABLE 1/4" EXTRARESISTENTE	36
5.19. CARGA EN RETENIDA DE 3/8" EXTRARESISTENTE	37
5.20. TABLAS DE EMPLEO DE ESTRUCTURAS SEGÚN EL VANO Y EL CALIBRE DEL CONDUCTOR	38
5.21. INFLUENCIAS DE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO Y PLANTILLADO DEL PERFIL DE LA LÍNEA	40
5.22. SEPARACIÓN DE CONDUCTORES Y TIPO DE AISLAMIENTO	41
5.23. SEPARACIÓN ENTRE CONDUCTORES PARA LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA EN ZONAS URBANA Y RURAL	42

5.24.	CARGAS TRANSVERSALES (VIENTO Y/O ÁNGULO)	42
5.25.	CARGAS LONGITUDINALES	42
5.26.	PESO DE LOS CONDUCTORES (VANO DE PESO)	43
6.	CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS	44
6.1.	COLOCACIÓN DE LOS HERRAJES	44
6.2.	UTILIZACIÓN DE HERRAJES SOMETIDOS A ESFUERZOS GRANDES DE TRACCIÓN	44
6.3.	UTILIZACIÓN DE LAS ARANDELAS	44
6.3.1	ARANDELAS REDONDAS	44
6.3.2	ARANDELA DE PRESIÓN	44
6.4.	TENDIDA DE LOS CONDUCTORES	45
6.5.	TEMPLADO DE LOS CONDUCTORES	46
6.6.	COMO ACONDICIONAR UN CONDUCTOR NUEVO	47
6.7.	RECOMENDACIONES	48
6.8.	TENDIDA Y TEMPLADA DE LOS CABLES DE GUARDA	49
6.9.	INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS PARA CABLES	49
6.10.	CONEXIONES PROVISIONALES A TIERRA	50
6.11.	PRUEBA DE LÍNEA	50
6.12.	AMARRE DE CONDUCTORES SOBRE LOS AISLADORES DE PIN	50
6.12.1	CLASE DE ALAMBRE A UTILIZAR	51
6.12.2	MEDIDA DEL ALAMBRE DE AMARRE	51
6.12.3	REGLAS PARA UN BUEN AMARRE	51
6.12.4	ALGUNOS AMARRES COMUNES	52
6.12.5	INSTALACIÓN DE AMORTIGUADORES	54

4. REDES AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN

4.1. TIPOS DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

4.1.1. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN A 33 kV

Toda línea de distribución a 33 kV se construirá trifásica con cable de guarda en acero galvanizado extraresistente de $\frac{1}{4}$ ", en estructuras acordes con las exigencias de la presente norma.

El cable de guarda será puesto a tierra cada 500 m, al igual que en todas las secciones, sitios que posean descargadores de sobretensión y en las subestaciones.

La crucetería a ser empleada será de 3" x 3" x $\frac{1}{4}$ " en longitud mínima normalizada de 2.0 m, galvanizada en caliente o pintada con anticorrosivo, con perforaciones para tres hilos. Dependiendo de los vanos y tipos de estructuras las crucetas tomarán dimensiones superiores.

En caso de emplearse torres metálicas todas estarán puestas a tierra.

4.1.2. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN A 13.2 kV

Se diseñarán con crucetas normalizadas en perfil de ángulo de 2 $\frac{1}{2}$ " x 2 $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{4}$ " de longitud mínima 2.0 m, galvanizadas en caliente o pintadas con pintura anticorrosiva en tres capas y perforadas para 4 hilos. Dependiendo del tipo de estructura y sus exigencias podrá emplearse ángulo de 3" x 3" x $\frac{1}{4}$ ".

Todas las líneas de distribución aéreas de media tensión en zona urbana se construirán con cable de neutro en el mismo calibre de las fases y éste se pondrá sólidamente a tierra. El neutro se tenderá como cable de guarda en zona rural.

Para el diseño de las líneas deben tenerse en cuenta los dos tipos de cargabilidad a que se someterá la línea: Una con criterio de cargabilidad térmica de 75° C como límite máximo para operación continua y una segunda de contingencia de 125° C, con la consiguiente revisión de acercamientos y distancias mínimas de seguridad.

Se deben diseñar líneas rurales trifásicas con cable de guarda en alimentadores principales.

En continuación de ramales existentes se construirá con estructuras para las tres fases y neutro como cable de guarda, así solo sea tendida una fase en razón de existir tensión a 7.6 kV.

La troncal del alimentador será el eje del cual se derivarán los ramales para la alimentación de las cargas a lo largo de su recorrido. Su calibre estará definido por criterios del plan de expansión del sistema y mínimo será 2/0 AWG.

4.2. CRITERIOS DE DISEÑO

Luego de hacer un reconocimiento detallado del terreno a cruzar, se determina una ruta a seguir lo más recta y accesible posible, la cual será consultada y aprobada por CHEC y las diferentes autoridades municipales tales como Planeación Municipal y las corporaciones encargadas de velar por el medio ambiente.

Posteriormente se efectúa el levantamiento topográfico o georeferenciado de la ruta y los sitios de ubicación de las estructuras serán marcados con estacas de madera sobresalientes cinco centímetros de la superficie e identificadas con pintura amarilla.

Elementos que serán tenidos en cuenta en el diseño y que deberán cumplirse como limitantes de la elección del conductor son:

- 1- La condición crítica corresponde a 5°C y carga de viento de 60 km/hora.
- 2- La tensión en condiciones finales a temperatura promedio y sin carga de viento debe ser inferior o igual al 20 % de la tensión de rotura y se denomina condición diaria.
- 3- La tensión de trabajo en condiciones finales a temperatura promedio ambiente y con carga de viento no debe ser superior al 35.7% de la tensión de rotura.
- 4- La tensión en condiciones iniciales sin carga de viento a temperatura mínima, la cual debe ser superior al 35.7 % de la carga de rotura.
- 5- El vano regulador, teórico y equivalente a la sucesión de vanos continuos contenidos entre retenciones, en cuyo valor se basa el cálculo de una condición determinada, además de flechas y tensiones.
- 6- Distancias entre las estructuras,
- 7- Vano peso en frío, el cual corresponde a la distancia entre los vértices de las dos catenarias adyacentes a una estructura a temperatura máxima.
- 8- La tensión máxima de trabajo del conductor.
- 9- La separación máxima entre conductores en cada estructura para condiciones de máxima flecha.
- 10- La verificación del vano crítico.

Para el diseño de líneas en el nivel de media tensión se elaboran tablas de tendido con intervalos de 5°C , en rango de 5 a 50°C y para tramos con intervalos de 10 m.

El plantillado debe efectuarse para la ubicación de los apoyos y la verificación de las condiciones de trabajo de las estructuras, tales como esfuerzos verticales y factores de seguridad.

El plantillado poseerá tres curvas básicas:

- 1- Curva de tendido en caliente: Se determina para la máxima temperatura sin viento, con verificación de distancias mínimas a tierra y a otros alimentadores y construcciones, la oscilación de los aisladores de suspensión y la altura de apoyos.
- 2- Curva de tendido en frío: Se determina para temperatura mínima sin viento, verifica las condiciones de esfuerzos de levantamiento en los apoyos y la oscilación de cadenas de aisladores de suspensión.
- 3- Curva de máximo acercamiento o pie de apoyos: Se desplaza la curva de tendido en caliente para el conductor más bajo de la línea una distancia equivalente a la mínima a tierra más 0.30 m para permitir desplazamientos en los apoyos.

Este plantillado se puede basar en la ecuación de la parábola para vanos reguladores de longitud inferior a 300 m o cuando la flecha tenga valores iguales o inferiores al 5% de la longitud del vano. En casos superiores se empleará la ecuación de la catenaria.

La escala del dibujo de las plantillas será la misma del perfil en papel milimetrado vegetal de alta consistencia.

El trazo de la línea sobre el perfil del terreno se hace empleando las plantillas de la forma siguiente:

En la estructura de partida, con la plantilla en posición vertical se hace coincidir la curva de pie de apoyo con el pie de la estructura de partida, la curva de distancia a tierra debe tocar en forma tangencial el perfil del terreno en los puntos más cercanos a la curva del conductor más bajo.

Los puntos en que la curva de pie de apoyo intercepte el perfil del terreno determinan la localización de las estructuras, en los cuales se analizará la ubicación óptima de acuerdo con la topografía del terreno.

Para los puntos más bajos del perfil se determinará si existe esfuerzo de arrancamiento: Si la curva de tendido en caliente pasa por encima de la estructura se proyectará una retención en el sitio.

4.3. APOYOS PRIMARIOS

4.3.1. TIPOS DE APOYOS

Los tipos de apoyos serán seleccionados de acuerdo con su utilización y el punto de ubicación.

4.3.1.1 Líneas de distribución a 33 kV

Se emplearán postes troncocónicos de concreto de 14 m con resistencia a la ruptura en punta de 750 kg.

Igualmente podrán emplearse torres metálicas de sección cuadrada de 14 m, auto soportadas, con diseño revisado previamente por CHEC.

En zona rural podrán emplearse torres metálicas de sección cuadrada o triangular diseñadas para uso con templetes, excepto en aquellos sitios en los cuales no pueden emplearse y para los cuales serán auto soportadas.

4.3.1.2 Líneas de distribución a 13.2 kV

Para la construcción de las líneas de distribución en zonas urbanas se utilizarán postes de ferroconcreto troncocónico con altura mínima de 12 metros y con carga de ruptura mínima de 750 kg

Igualmente se usarán postes de ferroconcreto troncocónico de 12 m y 1,050 kg de tensión de ruptura con el propósito de evitar los templetes donde sea imposible su uso o alternativamente estructuras metálicas autoportantes.

Para sitios en los cuales se requiera obligatoriamente una altura superior, podrán emplearse postes de concreto de 14 o 15 m.

Debe tenerse en cuenta que los postes troncocónicos serán fabricados con tecnologías de concreto reforzado o pretensado y bajo las modalidades de vibrado o centrifugado, requiriéndose la certificación de conformidad de producto expedida por entidad acreditada ante la Superintendencia de Industria y Comercio.

En casos especiales en zona urbana se aceptarán torrecillas de sección cuadrada o triangular, autoportantes o no, previa autorización de CHEC.

En la zona rural en los cuales sea posible la ubicación de postería de concreto, se preferirá ésta sobre la estructura metálica, la cual se reserva para sitios con elevada dificultad de acceso, donde se admite la utilización de estructuras metálicas de sección triangular o cuadrada con altura mínima de 12 m según el diseño de CHEC

Se prohíbe la utilización de rieles metálicos para ser usados como apoyos en las líneas de conducción de energía eléctrica.

En todo caso los templete telefónicos serán independientes de los templete para la red de distribución de energía eléctrica.

4.3.2. DISTANCIAS ELÉCTRICAS MÍNIMAS

Las distancias de seguridad deben ser adecuadas para evitar accidentes a personas, animales o descargas entre elementos de las líneas de energía (cortocircuito entre fases, a tierra, a estructuras, a otras líneas o a objetos).

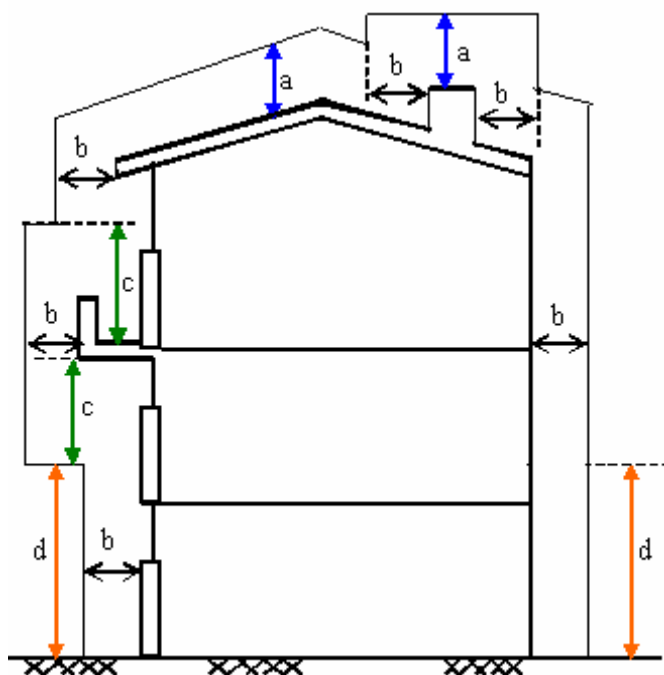
Las distancias de seguridad establecidas en las siguientes tablas aplican para conductores desnudos. Para conductores aislados la distancia disminuye en 60 cm.

Dichas distancias son aplicables para nuevas urbanizaciones o nuevos proyectos.

Las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al punto de posible contacto.

Las distancias horizontales se toman desde la fase más cercana al sitio de posible contacto.

Las distancias horizontales y verticales que se presentan en la siguiente tabla, se adoptaron del NESC (National Electrical Safety Code) normas ANSI C 2



4.3.2.1 Distancia vertical

Las distancias mínimas verticales del conductor más bajo, indicadas como **a** en la figura anterior, se especifican de acuerdo con la zona, según la siguiente tabla:

Características de las zonas	Distancias en metros		
	BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN
Zona poblada (a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular, distancia “d”) Distancia al suelo de líneas que recorren avenidas, carreteras, calles, etc. (Distancia “d”) Distancia en bosques, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc.	5	5.6	5.6
Distancias a techos y proyecciones, aplicable a zonas de muy difícil acceso a personas.	3.2	3.8	3.8
Distancia sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2.45 m de altura. (Distancia “c”)	3.5	4.1	4.1
Cruce de líneas de baja tensión sobre grandes avenidas	5	N/A	N/A
Zona despoblada accesible	5.5	6.5	6.5
Zona despoblada inaccesible	5	6	6
Carretera troncal	5.5	7	7
Camino secundario	5.5	6.5	7
Cruce sobre vías fluviales o flotantes adecuadas para embarcaciones de altura entre 2 y 7 m	9.6	10.2	10.2
Cruce sobre vías fluviales no adecuadas para embarcaciones con altura mayor a 2 m	4.6	5.2	5.2
Cruce con ferrocarriles sin electrificar. Vías férreas	7.5	8.1	8.3
Cruce con ferrocarriles electrificados, tranvías, trolebuses.	1.2	1.8	1.8
Distancia vertical al piso en cruce por campos deportivos abiertos	12	12	12
Oleoductos y/o gasoductos	5.5	6.5	6.5

4.3.2.2 Distancia Horizontal

Así mismo las distancias horizontales, indicadas como **b** en la gráfica anterior, serán:

Característica de la zona	Distancias mínimas en metros		
	BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN
A muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independiente de la facilidad de accesibilidad de personas.	1.7	2.3	2.3
En cruce por campos deportivos abiertos	7	7	7

Para paso por el cono de aproximación de aeropuertos, se deben respetar las normas de la aeronáutica civil.

4.3.2.3 Distancia a crucetas, herrajes o puestas a tierra

Las distancias mínimas de los conductores, cortacircuitos y descargadores de sobretensión, a superficie de concreto, madera, cruceta y elementos metálicas serán las indicadas en la siguiente tabla, para 1000 msnm.

NIVEL DE TENSIÓN	Distancia mínima (cm)
ALTA TENSIÓN	40
MEDIA TENSIÓN	16

4.3.2.4 Distancia mínimas de seguridad en cruces de líneas

Cuando se trata de doble circuito sobre la misma estructura, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- 1- El circuito de mayor tensión irá a un nivel superior del circuito de menor tensión.
- 2- Debe plantillarse con el parámetro del circuito inferior.
- 3- La flecha del circuito superior debe ser igual al 80% de la flecha del circuito inferior.
- 4- La distancia mínima vertical entre los conductores más próximos será la indicada en la siguiente tabla:

DISTANCIA MÍNIMA VERTICAL ENTRE CONDUCTORES

NIVEL DE TENSIÓN LÍNEA SUPERIOR	Tensión nominal en kV entre fases de la línea inferior - Distancias en metros			
	COMUNICACIONES	BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN
ALTA TENSIÓN	2.3	1.7	1.7	2.2
MEDIA TENSIÓN	1.8	1.2	1.2	
BAJA TENSIÓN	1.2	0.6		
COMUNICACIONES	0.6			

Evitar al máximo tener circuitos de comunicaciones o hasta 600 V en la misma estructura con circuitos de tensión igual o superior a 33 kV.

La línea de menor nivel de tensión siempre estará en posición inferior.

4.3.2.5 Cruces con las líneas telefónicas

Las torres o postes aledaños al cruce, deben estar ubicadas por la margen del tendido de las líneas telefónicas a una distancia mínima de diez (10) metros del eje de las mismas.

El cruce de las líneas de energía con las líneas telefónicas debe tener un ángulo de 90° en lo posible.

Las líneas de energía deben pasar siempre por encima de las líneas telefónicas, cumpliendo con las separaciones mínimas especificadas en el numeral respectivo.

Se requiere la colocación de una malla metálica de protección la cual debe quedar como mínimo 80 centímetros por encima de la línea telefónica y conectada a tierra, cuando la línea telefónica pertenece a una vía férrea y está construida con conductor desnudo.

4.3.2.6 Tendido de cables paralelos

Las especificaciones para la ubicación de postes o torres se darán con base en el estudio que se efectúe para cada caso.

Con el fin de legalizar el cruce o el tendido paralelo, se deberá efectuar un contrato entre las entidades involucradas, para lo cual se elaborará la siguiente solicitud incluyendo.

- a) Punto del cruce o sector del paralelismo.
- b) Configuración del circuito y condiciones de servicio (tensión, frecuencia, número de fases, factor de potencia).
- c) Información técnica de las torres o postes, conductores, etc.
- d) Plano del sector de cruce o paralelismo localizando la línea férrea, la línea telefónica con su postería, las líneas de energía proyectada con su postería y puntos de referencia.

Una vez autorizado el proyecto respectivo, para el inicio de los trabajos, se deberá avisar a las jefaturas de los departamentos de vías, telecomunicaciones y señalización con el fin de coordinar lo pertinente.

4.3.2.7 Corrección de las distancias por variación de la densidad del aire.

Para alturas mayores de 1,000 metros es necesario tener en cuenta la reducción de la rigidez dieléctrica del aire. Por lo tanto, todas las distancias de seguridad que se mencionan en el

presente documento deben dividirse por el factor de reducción de la rigidez dieléctrica del aire, de acuerdo con la altura, así:

Altura sobre el nivel del mar (m)	Factores de reducción de la rigidez eléctrica del aire
1,000	1.0
1,200	0.98
1,500	0.95
1,800	0.92
2,000	0.90
2,400	0.86
2,500	0.85
3,000	0.80
3,500	0.76

4.3.2.8 Distancias mínimas entre conductores en la misma estructura

Los conductores sobre apoyos fijos deben tener distancias horizontales y verticales entre cada uno no menores que el valor requerido en la tabla siguiente:

Clase de circuito y tensión entre los conductores considerados	Distancias horizontales de seguridad (cm)
Alimentadores de vías férreas 0-750V calibre menor de 4/0	30
Alimentadores de vías férreas 0-750V calibre mayor de 4/0	15
Alimentadores de vías férreas 0.75-8.7 kV	30
Conductores de suministro del mismo circuito 0 a 8.7 kV	30
Conductores de suministro del mismo circuito 8.7 a 33 kV	30 cm más 1 cm por kV sobre 8.7 kV
Conductores de suministro de circuitos diferentes 0 a 8.7 kV	30
Conductores de suministro de circuitos diferentes 8.7 a 33 kV	30 cm más 1 cm por kV sobre 8.7 kV

Para las tensiones que excedan los 50 kV, la distancia de seguridad deberá ser incrementada en un 1% por cada 100 m en exceso de 1,000 m sobre el nivel del mar.

Conductores a menor altura	Conductores a mayor altura Distancia en m	
	Hasta 1 kV	7.6 a 33 kV
Comunicación	1	1+0.01 m/kV sobre 7.6 kV
Hasta 1 kV	0.41	1+0.01 m/kV sobre 7.6 kV
1 kV a 7.6 kV	N/A	1.2+0.01 m/kV sobre 7.6 kV
13.2 kV a 33 kV	N/A	1.2+0.01 m/kV sobre 7.6 kV

4.3.3. LOCALIZACIÓN DE APOYOS

4.3.3.1 Zonas Urbanas

Los apoyos siempre se localizarán en la línea medianera de las edificaciones o lotes urbanizables.

Mientras la interdistancia lo permita, se localizarán postes primarios cerca a todas las esquinas, dejando disponibilidad para derivaciones futuras en ambos sentidos, teniendo especial cuidado en no obstaculizar el ángulo de giro para el tráfico automotor y evitando que la línea quede pasando por encima de lotes y edificaciones.

Los apoyos se instalarán en terrenos o fajas de servicio público como andenes y zonas publicas verdes.

4.3.3.2 Zonas Rurales

a) Se localizarán en tal punto que la línea se puede prolongar sin poste adicional, por interferencia de árboles, taludes, edificaciones y otros obstáculos.

b) En los puntos donde se presenta acercamiento horizontal u oblicuo a taludes, edificaciones, puentes, otras líneas, etc.

c) A lado y lado de cruces con carrileras, líneas telefónicas, líneas de transmisión, etc., donde sea necesario la fijación correspondiente a mallas de protección.

4.3.4. FUNDACIÓN

La longitud de empotramiento para postes será la siguiente:

Estructura de 15 metros:	2.25 metros
Estructura de 14 metros:	2.10 metros
Estructura de 12 metros:	1.80 metros
Estructura de 8 metros:	1.20 metros
Estructura de 7 metros:	1.05 metros

Se deberá tener presente en todo momento que la profundidad del empotramiento debe ser siempre igual o mayor al quince (15%) por ciento de la longitud total del apoyo, y no se debe exceder sin motivo específico del 10% del valor prefijado. En ningún caso la profundidad de la excavación para hincada del poste será inferior al cálculo anterior.

Para los apoyos en concreto, en sitios donde el nivel freático es considerablemente alto y se imposibilita el hincado del poste sin un refuerzo especial, luego de efectuar la excavación, colocación y nivelación de poste, se procederá al vaciado en concreto del espacio anular entre las paredes de la excavación y el poste dependiendo de las condiciones del suelo, así:

- a) En suelos arenosos francos y con niveles freáticos altos, donde las paredes de la excavación se derrumban con facilidad, se empleara una formaleta o camisa conformada por canecas de 60 cm de diámetro, desde la superficie hasta la profundidad prevista para cada poste, luego se procederá a la evacuación del agua, para efectuar el vaciado en concreto mezclado convencionalmente en superficie.
- b) Cuando se ha producido un ensanchamiento apreciable de la excavación, el espacio formado entre la camisa (caneca) y el terreno deberá rellenarse con el mismo material granular de tipo aluvial similar al utilizado para fabricar el concreto.
- c) En suelos predominantemente fijos, en donde las paredes de la excavación son estables, el vaciado en concreto podrá hacerse desde el fondo hasta la mitad de la longitud total de empotramiento.
- d) La parte superior del espacio anular podrá rellenarse con material de aluvión apisonado, similar al utilizado en la fabricación del concreto.
- e) La parte superior del espacio anular deberá sellarse con lechada, para evitar el lavado del cascajo superior del relleno.
- f) Utilizar barras o varillas de acero para remover el concreto con el objeto de obtener una buena compactación y asegurar una buena densidad de la mezcla y un buen confinamiento del poste.

Los criterios anteriores, también son aplicables a los postes secundarios y a los vientos o templetes en las condiciones indicadas de niveles freáticos altos.

En forma adicional a lo anterior se podrá implementar una estructura en cruz en la base del poste, empleando ángulo de acero galvanizado en caliente de 3" x 1/4", fijado por pares en los dos ejes del plano horizontal mediante tornillos espaciadores de 3/4" x 16" y con una longitud no inferior a los 2.0 m, antes de efectuar el procedimiento de concretado con camisa metálica, lo que evidentemente contribuirá a dar mayor estabilidad a la estructura.

La fundación de las torres metálicas se realizará siempre con una base de concreto, cuyas características de construcción deben ser incluidas en el diseño, para su aprobación. La resistencia del concreto será como mínimo 210 kg / cm². (3000 psi).

El empotramiento para una torre de 12 m debe cubrir la base (la cual deberá estar formada con un cierre en ángulo de igual dimensión y calibre del montante) con una altura de 15 cm y cada montante en confinación de sección triangular con 15 cm de lado. La parte central se llenará de tierra extraída de la excavación y piedra de mano.

La mezcla a ser utilizada será 1:2:4 simple, lo cual equivale a las siguientes cantidades de material por metro cúbico de concreto:

CEMENTO GRIS:	300 KGS
ARENA:	0.475 METROS CÚBICOS
GRAVILLA:	0.950 METROS CÚBICOS
AGUA:	190 LITROS

De acuerdo con la exigencia de anclaje para la torre de 12 m, el material siguiente es el requerido:

BASE TORRE DE 12 M		
APORTE ARENA	0.066 m ³	6.63 baldes
APORTE GRAVILLA	0.133 m ³	13.25 baldes
APORTE CEMENTO	41.84 kg	0.84 sacos

Un metro cúbico equivale a veinticinco carretas o a cien baldes de mezcla y un balde a tres paladas de material y a ocho litros de agua.

4.3.5. PINTURA

Todos los postes de concreto localizados en zonas urbanas, semiurbanas y a borde de carretera con tráfico vehicular mediano o alto se pintarán con franjas de 20 cm de ancho, de color negro y amarillo alternadamente (3 amarillas y 2 negras), con una altura de 1 m sobre la rasante del terreno.

Las torres metálicas llevarán dos capas de anticorrosivo cromato de zinc U3-541 (P. Ej.: 505 de Pintuco) con un tiempo de secado de 24 horas entre cada capa.

Podrá ser aplicada mediante brocha o compresor o por inmersión en cubeta. Cuando se aplique con compresor se empleará el solvente adecuado según instrucciones del fabricante de la pintura. También podrá emplearse mediante inmersión en cubetas acondicionadas para ello.

Deberá someterse a prueba de adherencia conforme a la norma NTC 811. La película deberá ser de 3 mils de espesor.

No deberá emplearse solvente para la pintura tal como lo especifica el fabricante, cuando se aplica con brocha.

4.3.6. SEÑAL DE PELIGRO PARA TORRES

Toda torre empleada en media tensión llevará un aviso de peligro RIESGO ELÉCTRICO acorde con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE en el artículo 11 Numeral 2, tabla 11, forma rectangular e instalada a 4 m de altura, en su cuerpo superior y con el diseño que se muestra a continuación:



Las dimensiones del aviso serán 10 x 20 cm o 20 x 40 cm, de acuerdo con el tamaño de la torre.

4.3.7. IDENTIFICACIÓN CON CÓDIGO EN EL SISTEMA GEOREFERENCIADO DE INFORMACIÓN DE REDES

Todo poste, cámara o estructura metálica deberá marcarse con el código correspondiente al apoyo y con las letras de identificación de la línea, secuencia, secciones en un todo de acuerdo con los criterios fijados por el sistema georeferenciado de información de redes.

El código de la estructura se consultará previamente con la CHEC.

Sobre el poste se pintará un rectángulo de 10 cm de ancho por 40 cm de altura en esmalte amarillo o naranja, con un tiempo de secado no menor de 1 día. Sobre el mismo se imprimirá el código (6 dígitos para red de media tensión) empleando esmalte de color azul oscuro en aerosol. Las estructuras metálicas llevarán sólo la numeración.

Los dígitos tendrán 4 cm de ancho para las letras y 3 cm para los números. La altura de ambos es de 4 cm como máximo.

La pintura será apta para uso a la intemperie tipo tráfico.

4.3.8. INTERDISTANCIA DE APOYOS PRIMARIOS

La interdistancia entre apoyos depende de la distancia mínima a tierra del conductor inferior; con base en el vano se calcula la separación entre conductores.

Dependiendo de la separación entre conductores, la tensión mecánica de éstos y el tipo de terreno se podrán utilizar estructuras sencillas con crucetas apropiadas, estructuras en H o Tormentas.

A medida que se aumenta la distancia entre apoyos, la flecha se hace mayor para una misma tensión, hasta el punto que el conductor inferior presente acercamiento a tierra (vano flecha), por tal razón en terrenos planos el vano depende de ésta distancia. En cada una de las normas de construcción se ha indicado la máxima separación dependiendo de la vana flecha.

En terrenos planos de gran longitud recta, hacer retenciones cada 1000 metros aproximadamente, en estructuras tipo H. En terrenos quebrados es muy posible que no se empleen estructuras en suspensión entre retenciones.

La separación de conductores se calculará con base en la fórmula siguiente:

$$D = K * \sqrt{F} + L + \frac{U}{150}$$

Donde:

D = Separación entre conductores en metros

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla adjunta.

F = Flecha máxima en metros

L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $\lambda = 0$

U = tensión nominal de la línea en kV

Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de nivel de extra alta tensión	Líneas de nivel de alta y media tensión
Superior a 65 °	0.7	0.65
Comprendido entre 40 ° y 65 °	0.65	0.60
Inferior a 40 °	0.60	0.55

Este valor no será inferior a $0.1 + U/150$ y en general nunca menor de 0.2 m.

Como resultado de lo anterior, se introduce la siguiente tabla que permite apreciar los vanos, flechas y separación calculada con la anterior fórmula, para el conductor ACSR 2 AWG a una temperatura de 20°C, sin ángulo de oscilación por emplear cadenas de amarre:

VANOS, FLECHAS Y SEPARACIÓN PARA ACSR 2 AWG A 20°C

VANO	FLECHA	SEPARACIÓN
50	0.33	0.40
60	0.48	0.47
70	0.64	0.53
80	0.84	0.59
90	1.05	0.65
100	1.29	0.71
110	1.55	0.77
120	1.82	0.83
130	2.12	0.89
140	2.44	0.95
150	2.78	1.00
160	3.13	1.06
170	3.51	1.12
180	3.90	1.17
190	4.31	1.23
200	4.73	1.28
210	5.18	1.34
220	5.64	1.39
230	6.11	1.45
240	6.60	1.50
250	7.11	1.55

Igualmente, para el conductor ACSR 1/0 AWG y a la misma temperatura, se tendrán los resultados siguientes:

VANOS, FLECHAS Y SEPARACIÓN PARA ACSR 1/0 AWG A 20°C

VANO	FLECHA	SEPARACIÓN
50	0.282	0.38
60	0.404	0.44
70	0.547	0.49
80	0.711	0.55
90	0.895	0.61
100	1.098	0.66
110	1.320	0.72
120	1.561	0.78
130	1.820	0.83
140	2.097	0.88
150	2.390	0.94
160	2.701	0.99
170	3.027	1.04
180	3.370	1.10
190	3.729	1.15
200	4.103	1.20
210	4.493	1.25
220	4.898	1.31

VANO	FLECHA	SEPARACIÓN
230	5.318	1.36
240	5.752	1.41
250	6.201	1.46

Para el conductor ACSR 2/0 AWG a igual temperatura, se tendrán los resultados siguientes:

VANOS, FLECHAS Y SEPARACIÓN PARA ACSR 2/0 AWG A 20°C

VANO	FLECHA	SEPARACIÓN
50	0.266	0.37
60	0.382	0.43
70	0.518	0.48
80	0.673	0.54
90	0.848	0.59
100	1.041	0.65
110	1.253	0.70
120	1.482	0.76
130	1.729	0.81
140	1.993	0.86
150	2.273	0.92
160	2.570	0.97
170	2.883	1.02
180	3.211	1.07
190	3.555	1.13
200	3.914	1.18
210	4.289	1.23
220	4.678	1.28
230	5.081	1.33
240	5.500	1.38
250	5.933	1.43

4.4. AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento se define por las tensiones soportadas bajo lluvia a 60 Hz, durante un minuto y con onda de impulsote 1.2/50 microsegundos.

Los niveles de aislamiento mínimo correspondientes a la tensión más elevada de la línea pueden apreciarse en la tabla siguiente:

Tensión más elevada kV eficaces	Tensión de ensayo al choque kV cresta	Tensión de ensayo a frecuencia industrial kV eficaces
--	--	--

7.2	60	22
12	75	28
17.5	95	38
36	170	70

4.4.1. TIPO DE AISLADORES

4.4.4.1. Líneas de distribución a 33 kV

En las líneas de media tensión a 33 kV serán admitidos aisladores tipo doble pin contruidos bajo la norma ANSI 56-2 o 56-3 en las estructuras en suspensión, dependiendo del nivel de contaminación del sector.

Preferiblemente se utilizarán aisladores tipo poste (LINE POST) fabricados bajo norma ANSI 57-2. En zonas de alto nivel cerámico o contaminación ambiental o química, se emplearán aisladores contruidos bajo la norma ANSI 57-3.

Adicionalmente podrán emplearse aisladores certificados fabricados en resina polimérica EPDM.

Por otro lado, se emplearán tres (3) aisladores tipo suspensión de 10" de diámetro, fabricados según norma ANSI 52-4 en condiciones normales o cuatro (4) en sectores industriales con emanaciones de productos químicos, para las retenciones de línea.

4.4.4.2. Líneas de distribución a 13.2 kV

En líneas del nivel de media tensión a 13.2 kV serán empleados dos (2) aisladores de suspensión en porcelana de 6" de diámetro, norma ANSI 52-1 para estructuras en retención y aisladores tipo pin norma ANSI 55-4, 55-5, 55-6 o 55-7, según el nivel de contaminación ambiental o química, para las estructuras de pin.

Podrá también emplearse aislador tipo poste (Line Post) fabricado bajo la norma ANSI 57-1 para suspensión, al igual que aisladores en resina polimérica EPDM acordes con la normatividad de materiales.

En el caso más crítico, con presencia de elementos químicos y/o centrales térmicas, se emplearán tres (3) aisladores de suspensión de porcelana o dos poliméricos.

Ver el numeral **15.1.** del capítulo de materiales normalizados.

En general se ha definido el grado de aislamiento a la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador (o la total de la cadena) y la tensión entre fases de la línea. La longitud de la línea de fuga de un aislador se mide sobre la superficie del mismo y la de la cadena de aquellos se obtiene multiplicando el número de aisladores por la de uno de ellos.

La tensión entre fases de la línea es la "más elevada", la cual corresponde al mayor valor de la tensión eficaz entre fases que puede presentarse en un instante en un punto cualquiera de la línea, en condiciones normales de explotación, sin considerar las variaciones de tensión debidas a defectos o desconexiones bruscas de cargas importantes.

En el caso de las redes de distribución del nivel de media tensión a 13.2 kV, la tensión más elevada corresponde a 15 kV.

Los grados de aislamiento mínimo, según las zonas que atraviesan las líneas son:

Forestales o agrícolas.....	2.0 cm/kV
Industriales.....	2.5 cm/kV
Industriales con productos químicos.....	3.2 cm/kV

La carga de rotura de los aisladores será como mínimo del 80% de la del conductor que se emplee.

4.5. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Se utilizarán conductores de aluminio con alma de acero tipo ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced), además se tendrán en cuenta los conductores aislados para 15 kV de instalación aérea, en la construcción de redes aéreas de conducción de energía eléctrica como también el denominado cable ecológico para zonas arborizadas o en su defecto protectores de conductor.

No se permitirá la utilización de conductores de aluminio sin alma de acero tipo ASC para tal fin.

Así mismo se acepta el uso de la aleación de aluminio con silicio y magnesio 6201 AAAC.

4.5.1. CALIBRES

4.5.1.1 Para líneas de distribución a 33 kV aéreas

El calibre mínimo a ser empleado será 2/0 AWG para ramales y 4/0 para troncales, definidos como tales a juicio de CHEC.

4.5.1.2 Para líneas del nivel de media tensión aéreas a 13.2 kV

El calibre mínimo a emplear será ACSR No. 2 AWG en ramales y ACSR No. 2/0 AWG en alimentadores troncales.

Será la CHEC quien establecerá cuales tramos se consideran ramales o troncales teniendo en cuenta los planes de expansión y criterios de planeación que tenga para el sector.

No obstante el calibre será seleccionado en forma preliminar de acuerdo con los cálculos de diseño.

4.5.2. CAPACIDAD DE CORRIENTE

La capacidad de corriente y características mecánicas de los conductores ACSR se indican en la siguiente tabla:

CARACTERISTICA DE CONDUCTORES ACSR					
Calibre AWG	Capacidad A	Cargabilidad A	Resistencia (20°C) Ω /km	Carga de rotura kg	Peso kg/km
4 / 0	387	310	0.2670	3919	435
2 / 0	287	230	0.4240	2424	273
1 / 0	247	198	0.5340	1941	217
2	183	146	0.8500	1265	137

Para los conductores AAAC las especificaciones son las siguientes:

CARACTERISTICA DE CONDUCTORES AAAC					
Calibre AWG	Capacidad (A)	Cargabilidad (A)	Resistencia (20°C) Ω /km	Carga de rotura (kg)	Peso (kg/km)
4 / 0	395	316	0.2678	3884	343.2
2 / 0	296	237	0.4254	2445	216.1
1 / 0	256	205	0.5363	1939	171.4
2	191	153	0.8533	1272	107.7

Las capacidades anteriores han sido obtenidas de tablas de fabricantes, bajo presencia de sol y viento.

Los conductores se pueden cargar hasta el 80% de la capacidad de corriente, teniendo en cuenta para el cálculo de la corriente que las líneas se diseñarán para un factor de potencia de 0.9.

4.5.3. REGULACIÓN DE TENSION

Las tensiones en estado estacionario a 60 Hz y sus variaciones permisibles, son las establecidas en la norma NTC 1340, o aquella que la modifique o sustituya. Se aplicará como variación permitida +5 y -10% de la tensión nominal, porcentaje que cubre la red de media tensión, el transformador, red secundaria y acometida.

El diseñador podrá solicitar en la División de Distribución el nivel de tensión en el punto de derivación de la red de 13.2 kV de tal manera que eligiendo una posición de tap adecuada para el transformador pueda disponer de un margen amplio de regulación en la red de baja tensión y que finalmente asegure una regulación máxima acorde con la exigida por la norma NTC 1340.

Cuando no se disponga de tal información la regulación de tensión máxima permisible para redes de baja tensión será de 5%.

4.6. VIENTOS O RETENIDAS PRIMARIAS.

Todo templete instalado en redes de media tensión llevará aislador tensor. Los templetes se colocarán, por regla general, en todas las estructuras de retención, en los ángulos en los que se sobrepasen los esfuerzos admisibles en el poste, en apoyos para luces mayores de las del diseño en alineamientos rectos y en todos aquellos apoyos en donde el cálculo mecánico lo justifique.

Para los templetes se utilizarán cables de acero galvanizado 3/8" extraresistente (5,690 kgf).

Las retenidas quedarán alineadas con el eje de la red o sobre la bisectriz del ángulo suplementario del de deflexión de la línea, cuando éste último no sobrepasa los 30°.

La localización del viento no debe obstaculizar el tránsito peatonal y vehicular como en accesos a edificaciones, garajes, etc.

Entizar con alambre galvanizado No. 12 y grapaprensa tres tornillos. La varilla de anclaje será de 5/8" x 1,80 metros.

La varilla de anclaje llevará una posición oblicua y en la misma dirección del templete. La posición de la misma debe ser tal que éste forme un ángulo no mayor de 65° con la horizontal, lo que sugiere que no debe existir entre la perforación de la varilla y la base de la estructura una distancia inferior a 0.46 h, siendo h la altura libre hasta el punto de amarre del viento. Lo anterior para los vientos directos a tierra.

Las varillas quedarán por fuera del suelo entre 5 y 10 cm y orientadas sus perforaciones en la dirección del cable de retenida.

Los anclajes para las líneas de distribución primaria podrán ser de concreto, contruidos de acuerdo con lo establecido en el capítulo de materiales. En su defecto se podrán emplear retales de ángulo galvanizado en caliente de 3" x 3" x 1/4" x 0.5 m; teniendo en cuenta las características mecánicas del vano que soportarán.

Para nivel de media tensión se empleará aislador tensor de 4.5" norma ANSI 54-2. Se ubicará un aislador tensor a 3.0 metros del amarre del viento al poste.

Se utilizará guardacabo de ½" galvanizado en caliente para la protección del cable en el punto de sujeción a la varilla de anclaje.

Para vanos especiales o conductores pesados, se deben presentar cálculos que justifiquen todos los elementos.

4.6.1. TIPOS

4.6.1.1 Template convencional

La retenida convencional se debe colocar a una distancia no menor a 2/3 de la altura libre del apoyo, en el área urbana con dificultades de ubicación y entre 0.85h y 1h (altura libre del apoyo) para zona rural. No obstante, donde haya suficiente espacio, el template tendrá una separación de la base del poste igual a la altura libre del poste.

4.6.1.2 Template con poste auxiliar

Se empleará donde no es posible utilizar viento convencional, generalmente en los cruces de vía donde el cable del viento no puede quedar a una distancia del apoyo mayor de 6.6 metros.

Para tenderlo se debe entonces implementar un poste de altura inferior al de la red primaria y construirle un template directo a tierra al mismo. Posteriormente entre éste y el poste primario a retener se tenderá el tramo de cable de acero galvanizado de 3/8" con el respectivo aislador tensor.

La rienda del template hacia el poste primario se construirá por debajo de éste impidiendo su deslizamiento.

4.6.1.3 Poste pieamigo

En puntos donde es imposible la ubicación de templates opuestos a la red, se puede implementar un apoyo que se ubique hacia la línea y que soporte la estructura en su posición vertical.

Dicho apoyo, denominado pieamigo está conformado por un poste de igual longitud del empleado en la estructura y ubicado en posición oblicua, acoplado al poste inmediatamente por debajo de la cruceta usando dos ángulos de 3" x 3" x 1/4" x 0.3 m sujetos a sendos postes con collarines de 5 a 6".

4.7. PUESTAS A TIERRA

En líneas provistas de cable de guarda cada 500 metros irá puesta a tierra, además de todas aquellas que posean subestaciones, secciones y descargadores de sobretensión.

La puesta a tierra debe ser único para cable de guarda, neutro, descargadores de sobretensión y carcasa del transformador.

En todos los casos cuando la estructura sea poste de concreto se empleará cable de cobre desnudo, con calibre no inferior al 4 AWG, tendido sobre la estructura en línea totalmente recta desde el punto de conexión en el cable de guarda o en los descargadores de sobretensión hasta su conexión con la varilla de puesta a tierra.

Para la conexión del cable de tierra al de guarda se empleará un conector bimetálico de compresión o de cuña (debidamente certificado), conectado al guarda mediante el sistema de "colilla" o estribo, por el cual se empalma un tramo de cable de aluminio ASC al cable de guarda o al neutro y al cable de tierra empleando el conector bimetálico.

El conductor de tierra será protegido en postes de concreto existentes en los tres metros inferiores empleando un tubo conduit metálico de 1/2" x 3 m sujetado a la estructura mediante tres amarres con cinta band-it de 5/8".

Los postes nuevos de proyectos bajo diseño dispondrán de tubería conduit PVC interna para tal fin.

Cuando se trata de torres metálicas se dispondrá a 10 cm de su punta, a 2.0 m del empalme y a 2.0 de su base de aletas en platina de 1" x 1" x 1/4" y de 3" de longitud con perforación para sujeción mediante conector del cable de puesta a tierra. Tales platinas estarán soldadas al montante por su parte interna por cuatro bordes. Tendrán perforación de 9/16".

Todas las estructuras metálicas de la línea de media tensión estarán puestas a tierra.

A continuación se resumen los valores recomendados de resistencia de puesta a tierra:

VALORES RECOMENDADOS DE PUESTA A TIERRA

UBICACIÓN	RESISTENCIA MÁXIMA (Ω)
Estructuras de líneas de transmisión	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1
Subestación de media tensión en poste	10
Protección contra rayos	10
Acometida de neutro en baja tensión	25

La conexión de la bajante a tierra y la varilla se hará utilizando soldadura exotérmica o conector especial tipo cuña debidamente certificados por entidad acreditada ante la Superintendencia de Industria y Comercio.

Se emplearán electrodos de puesta a tierra de acero galvanizado en caliente o con recubrimiento de cobre electrodepositado o enchaquetado en frío de 5/8" x 2.40 m como

mínimo. La varilla no puede ser golpeada al enterrarla, debiéndose aplicar agua para lograr su deslizamiento.

El electrodo será instalado a una distancia no inferior a 1.0 m, medida desde la estructura soporte.

Alrededor de la estructura se construirá una circunferencia de igual radio con cable calibre 4 AWG que será llevada igualmente a la varilla, junto con el conductor bajante de tierra.

Para disminuir la resistencia de puesta a tierra en caso de requerirse, se emplearán electrodos adicionales separados una distancia como mínimo igual a la longitud del electrodo y conectados con cable de igual calibre y preferiblemente de 15 m.

De no obtenerse los resultados esperados de resistencia de puesta a tierra, se procederá a mejorarla con contrapesos a una longitud de 30 m, preferiblemente en dirección de la zona más húmeda en cuyo extremo se conectará una varilla de puesta a tierra. Se harán contrapesos hasta tener el valor en ohmios deseado.

4.8. EMPALMES DE CONDUCTORES

La selección y montaje de conectores deberá ceñirse a las recomendaciones de los fabricantes y deberán estar debidamente certificados por entidad acreditada ante la Superintendencia de Industria y Comercio.

Para el cierre de arcos primarios horizontales y verticales (goteras) se emplearán conectores de ranura paralela 3 tornillos. En circuitos alimentadores principales se empleará doble conector en cada arco.

Los empalmes rectos de los conductores en los vanos serán automáticos de tensión completa, o preformados, con autorización de un empalme máximo por vano, cuando el conductor sea de calibre igual o superior al 1/0 AWG.

En conductores de calibre inferior al 1/0 AWG se permite el empalme en derivación directo del cable en forma de "T", haciendo uso de cable ACSR de calibre 1/0 AWG con los hilos empalmados diez (10) centímetros a cada lado del conductor de derivación que se empalma.

El empalme de derivaciones en conductores de calibre igual o superior al 1/0 AWG se hará utilizando conector de compresión por tensión tipo tubular, de dimensión acorde con el calibre del conductor. Igualmente se emplearán los citados conectores para el cierre de arcos en estructuras en retención, empleando dos en cada unión.

Cuando se trate de trabajos en línea energizada será la CHEC quien ejecute la labor haciendo uso de su personal certificado, acorde con lo establecido en el RETIE.

5.RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA ESCOGENCIA DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS

En forma general, los factores que se deben tener en cuenta para la escogencia o selección adecuada de los diferentes tipos de estructura en un proyecto de una línea de distribución son tan variados que únicamente el análisis detenido de los mismos dará la mejor solución a los problemas complejos que pueden presentarse.

El diseño eléctrico de la línea y la modalidad de la operación de la misma, limitan desde un principio las múltiples posibilidades de utilizar diversos tipos de estructuras.

Se deberán emplear estructuras en "H" para vanos hasta 2.5 veces el vano máximo para un único poste, en alineación recta con la presencia siempre de viento lateral.

En caso de vanos mayores, serán empleadas tormentas o trillizos sólo hasta 3.75 veces el vano máximo para un solo poste, en alineación recta.

Los tipos de estructuras normales en la construcción de una línea de distribución se enumeran a continuación:

5.1. ESTRUCTURA TIPO TERMINAL

Este tipo de configuración se utilizará en el arranque y terminación de cualquier línea aérea, tanto en estructuras sencillas como en estructuras combinadas.

Su implementación utiliza dos perfiles de ángulo de $2\frac{1}{2}" \times 2\frac{1}{2}" \times \frac{1}{4}"$ o $3" \times 3" \times \frac{1}{4}"$ de la dimensión normalizada de acuerdo al vano exigido, sujetas al apoyo de acuerdo con diseño normalizado para las estructuras, usando dos tornillos de máquina o collarín (cuando el apoyo es un poste troncocónico) para la correcta sujeción de las mismas.

De acuerdo con el número de conductores a retener se empleará igual número de tornillos espaciadores de $\frac{5}{8}"$ de diámetro o superior de acuerdo con el calibre del conductor.

Cuando la estructura hace uso de dos o más apoyos en configuración de "H" o de tormenta, cada apoyo llevará un templete. El conductor de guarda situado sobre la bayoneta llevará igualmente un viento.

5.2. ESTRUCTURA TIPO RETENCIÓN

Mediante la estructura en retención se equilibran en un apoyo tensiones de tendido de un tramo recto de línea no mayor a 1,000 m o las que aparecen en la misma en razón de su ubicación en un ángulo de deflexión en la línea superior a los 10°.

Este tipo de configuración se utilizará entonces en los casos siguientes:

- a) Terreno plano y línea recta en el trazado, cada cinco (5) apoyos con una interdistancia máxima entre torres de retención de quinientos (500) metros.
- b) En lugares donde la línea cambia de dirección con un ángulo mayor de diez (10°) grados y menor que sesenta (60°) grados. En este caso las crucetas serán orientadas en la bisectriz del ángulo formado por la línea que llega y la línea que parte.
- c) Cuando la deflexión es superior a 60° se implementan sobre el apoyo dos terminales orientados hacia cada uno de los tramos de línea coincidentes en el mismo, uno de ellos en segundo nivel.
- d) En terreno ondulado donde existen vanos mayores de 100 metros y dependiendo del calibre, número de conductores y número de líneas, se utilizarán las estructuras en retención con uno, dos o tres apoyos de acuerdo con lo indicado en las tablas que a continuación se introducen.
- e) Siempre que haya un vano pesante negativo.

Las estructuras en retención llevarán siempre templetes opuestos a los dos tendidos coincidentes en ellas, en número acorde con el número de apoyos que posea la estructura, adicionados a los templetes ubicados en la bisectriz del ángulo que forman ambas líneas.

En casos muy especiales, en los cuales no existe la posibilidad de ubicar templetes hacia ambos sentidos, podrán implementarse templetes en la bisectriz del ángulo formado por ambas líneas coincidentes, siempre y cuando el ángulo de deflexión no sea mayor de 30° y previa consulta con la CHEC.

5.3. ESTRUCTURA TIPO SUSPENSIÓN SENCILLA

Este tipo de apoyo se utilizará en terrenos planos y ondulados para líneas sin cambio de dirección y vanos acordes con lo consignado en las tablas elaboradas para tal fin, en las cuales se involucran las influencias del calibre de los conductores y los vanos adyacentes a las estructuras para definir los vanos máximos a emplear, previendo las vibraciones sobre los pines de soporte que pueden afectarlos.

En vanos inferiores a los 100 metros con conductores hasta 2/0 AWG y en ángulos que no superen los 5°.

5.4. ESTRUCTURA TIPO SUSPENSIÓN DOBLE

También llamada "doble pin", se utilizará en lugares donde la línea cambie de dirección con un ángulo máximo de diez (10°) grados y vanos acordes con las tablas anteriormente mencionadas.

5.5. ESTRUCTURAS ESPECIALES

Se ha empleado esta denominación para citar las estructuras que hacen uso de dos ó tres apoyos en su configuración y tomando nombres como "H", "TORMENTA", "MELLIZOS", "TRILLIZOS", etc, de acuerdo con la región.

Su utilización depende totalmente de los calibres de los conductores a tender, de los vanos adyacentes y del número de circuitos que soporte la estructura, lo que está consignado en las tablas elaboradas para tal propósito.

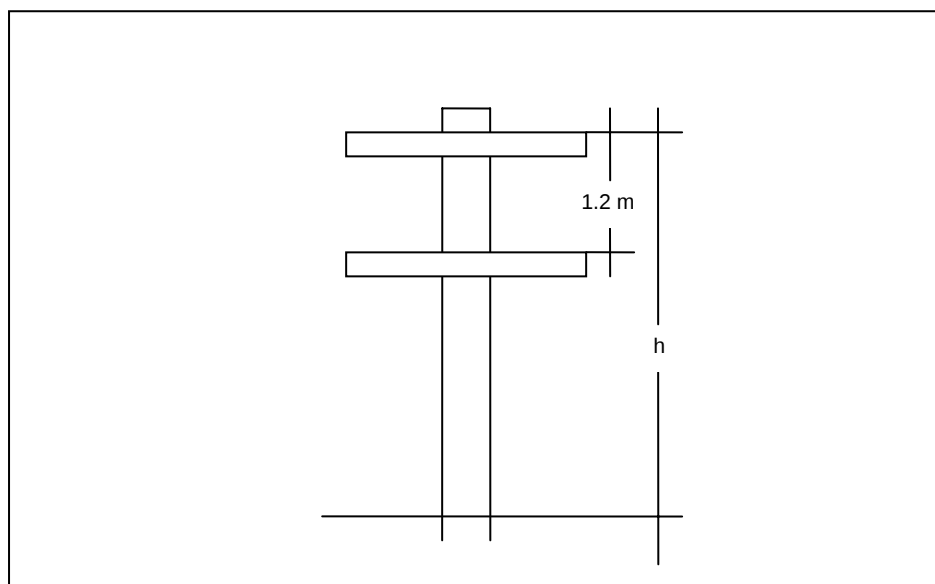
5.6. OBSERVACIONES

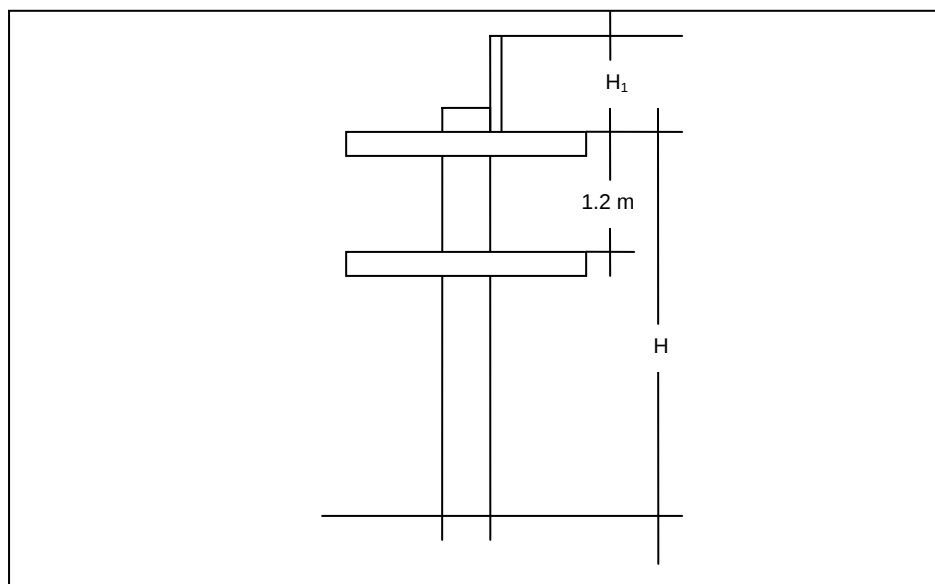
Cuando se utilicen torres con cadenas de suspensión, la oscilación máxima de las cadenas con relación a la vertical no debe ser mayor de 45° grados.

Cuando el vano pesante es negativo se deben colocar siempre cadenas de retención.

Todos los apoyos terminales y en retención, deben tener templetes necesarios dirigidos en contraposición a las fuerzas a que se encuentre sometida la estructura.

Las tablas que más adelante pueden apreciarse muestran los resultados de los análisis para los vanos máximos permisibles de acuerdo con los calibres de los conductores y la existencia de un circuito adicional paralelo. Algunas de ellas harán referencia a las figuras siguientes:





5.7. TENSIONES EN CADA UNO DE LOS CONDUCTORES DEL APOYO

Analizan además la influencia que posee en el cálculo de los vanos máximos permitidos la deflexión en la ruta de tendido aplicada a la estructura, para varios tipos de estructuras, la influencia de la existencia de dobles circuitos y con calibres y número de hilos diferentes:

POSTE DE: 750 kg CARGA DE TRABAJO 300 kg F.S. = 2.5								
GRADOS	ACSR 2		ACSR 1/0		ACSR 2/0		ACSR 4/0	
	VANO MAX		VANO MAX		VANO MAX		VANO MAX	
	4 L	3 L	4 L	3 L	4 L	3L	4 L	3 L
5	207	323	108	204	57	143	-	21
10	62	178	-	21	-	-	-	-
15	-	36	-	-	-	-	-	-
20								

POSTE DE: 1050 kg - CARGA DE TRABAJO 420 kg F.S. = 2.5								
GRADOS	ACSR 2		ACSR 1/0		ACSR 2/0		ACSR 4/0	
	VANO MAX		VANO MAX		VANO MAX		VANO MAX	
	4 L	3 L	4 L	3 L	4 L	3L	4 L	3 L
5	346	509	224	358	160	281	34	126
10	201	364	40	174	-	75	-	-
15	60	222	-	-	-	-	-	-
20	-	81	-	-	-	-	-	-
25								

POSTE DE: 1350 kg - CARGA DE TRABAJO 540 kg F.S. = 2.5								
GRADOS	ACSR 2		ACSR 1/0		ACSR 2/0		ACSR 4/0	
	VANO MAX		VANO MAX		VANO MAX		VANO MAX	
	4 L	3 L	4 L	3 L	4 L	3L	4 L	3 L
5	486	695	339	512	264	419	112	231
10	341	550	155	328	58	213	-	-
15	199	408	-	149	-	11	-	-
20	58	267	-	-	-	-	-	-
25	-	125	-	-	-	-	-	-
30								

5.8. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES (m) SIN VIENTO LATERAL Y ALIENACIÓN RECTA POSTES DE 12 M

CONDUCTORES		Poste de 12 m con factor de seg. = 2.5			
Circuito superior	Circuito inferior	510 kg	750 kg	1050 kg	1350 kg
3ACSR 2		285	434	620	820
3ACSR 1 / 0		227	345	493	641
3ACSR 2 / 0		202	307	439	571
3ACSR 4 / 0		160	243	347	452
4ACSR 2		213	325	465	604
4ACSR 1 / 0		169	258	369	479
4ACSR 2 / 0		151	230	328	427
4ACSR 4 / 0		121	184	263	342
3ACSR 2	3 ACSR 2	133	209	305	401
3ACSR 1 / 0	3 ACSR 2	117	183	267	351
	3 ACSR 1 / 0	105	164	204	316
3ACSR 2 / 0	3 ACSR 2	108	170	248	326
	3 ACSR 1 / 0	99	156	228	300
	3 ACSR 2 / 0	87	138	202	265
3ACSR 4 / 0	3 ACSR 2	95	149	217	285
	3 ACSR 1 / 0	86	146	213	280
	3 ACSR 2 / 0	82	130	190	260
4ACSR 2	4 ACSR 2	99	156	228	300
4ACSR 1/0	4 ACSR 2	86	136	198	260
	4 ACSR 1 / 0	79	125	183	240
4ACSR 2 / 0	4 ACSR 2	81	128	186	245
	4 ACSR 1 / 0	74	117	171	225
	4 ACSR 2 / 0	69	109	160	210

CONDUCTORES		Poste de 12 m con factor de seg. = 2.5			
Circuito superior	Circuito inferior	510 kg	750 kg	1050 kg	1350 kg
4ACSR 4 / 0	4 ACSR 2	69	109	160	210
	4 ACSR 1 / 0	66	104	152	200
	4 ACSR 2 / 0	61	96	141	185

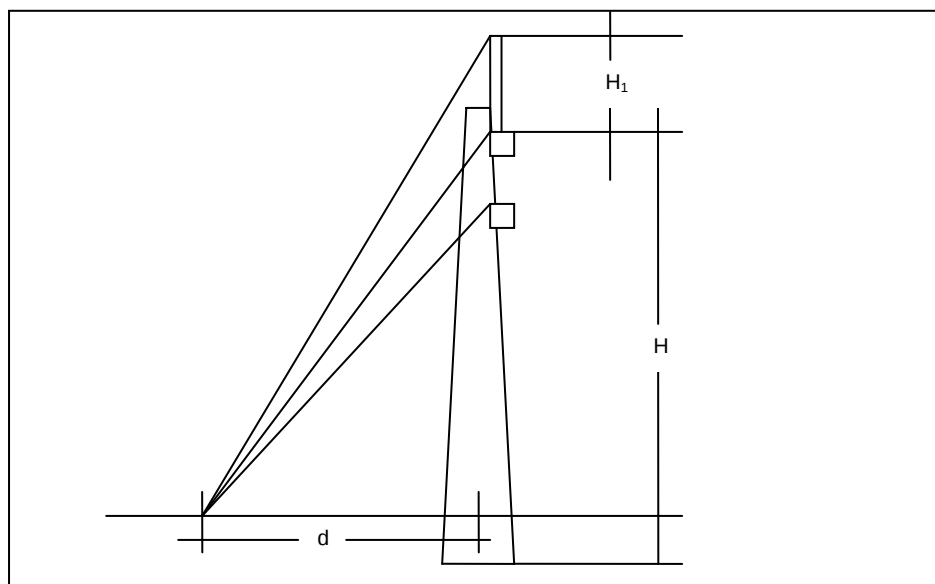
5.9. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES (m) SIN VIENTO LATERAL ALINEACIÓN RECTA TORRES 12 M

CONDUCTORES		TORRE 12 m		
Cir. superior	Cir. Inferior	353 kg	503 kg	1200 kg
3ACSR 2		333	488	1208
3ACSR 1 / 0		264	386	957
3ACSR 2 / 0		235	344	853
3ACSR 4 / 0		186	273	676
4ACSR 2		250	366	906
4ACSR 1 / 0		198	290	718
4ACSR 2 / 0		176	258	640
4ACSR 4 / 0		140	205	507
3ACSR 2	3 ACSR 2	157	236	607
3ACSR 1 / 0	3 ACSR 2	138	208	534
	3 ACSR 1 / 0	124	187	481
3ACSR 2 / 0	3 ACSR 2	128	194	498
	3 ACSR 1 / 0	117	176	452
	3 ACSR 2 / 0	111	167	429
3ACSR 4 / 0	3 ACSR 2	111	167	430
	3 ACSR 1 / 0	102	154	395
	3 ACSR 2 / 0	97	147	377
4ACSR 2	4 ACSR 2	117	177	456
4ACSR 1/0	4 ACSR 2	103	156	843
	4 ACSR 1 / 0	93	140	361
4ACSR 2 / 0	4 ACSR 2	96	145	374
	4 ACSR 1 / 0	87	132	339
	4 ACSR 2 / 0	83	125	322
4ACSR 4 / 0	4 ACSR 2	83	125	322
	4 ACSR 1 / 0	76	115	296
	4 ACSR 2 / 0	73	110	283

5.10. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) Y CON CABLE DE GUARDA

Conductor	Altura óptima Bayoneta H1 (m)	Poste de 12 m con factor de seg. = 2.5		
		750 KG	1050 KG	1350 KG
3 ACSR2	2.4	292	420	554
	3.07	286	423	559
	1.56	299	439	579
	3.55	283	418	552
	3.0	287	423	559
	2.5	291	429	566
	1.9	296	430	574
	3.27	285	421	556
	2.64	290	427	564
3 ACSR 1 / 0	2.4	243	358	473
	3.07	239	353	466
	1.56	248	364	481
	3.55	238	349	462
	3.0	239	353	467
	2.5	242	357	472
	1.9	246	362	477
	3.27	238	351	464
	2.64	242	356	470
3 ACSR 2 / 0	2.4	220	327	432
	3.07	219	323	427
	1.56	227	333	440
	3.55	217	320	425
	3.0	219	323	428
	2.5	222	327	433
	1.9	225	331	437
	3.27	218	322	426
	2.64	221	326	430

5.11. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA FS = 2.0 POSTE 12 M



Calibre del conductor		Altura óptima bayoneta	Poste de 12 m con factor de seg. = 2.5		
Cto. Inf.	Cto. Sup.		750 KG	1050 KG	1350 KG
3 ACSR2	3 ACSR2	2.4	161	342	324
		3.07	159	240	321
		1.56	163	246	329
		3.55	157	238	318
		3.0	159	240	321
		2.5	160	242	324
		1.9	162	245	327
		3.27	158	239	320
		2.64	160	241	323
3 ACSR 1/0	3 ACSR2	2.4	144	217	290
		3.07	142	215	287
		1.56	146	220	294
		3.55	141	213	285
		3.0	142	215	289
		2.5	144	217	290
		1.9	145	219	293
		3.27	141	214	286
		2.64	143	216	289
3 ACSR 1/0	3 ACSR 1/0	2.4	131	198	265
		3.07	130	196	263

Calibre del conductor		Altura óptima bayoneta	Poste de 12 m con factor de seg. = 2.5		
Cto. Inf.	Cto. Sup.		750 KG	1050 KG	1350 KG
		1.56	133	201	268
		3.55	129	195	261
		3.0	130	196	263
		2.5	78	131	198
		1.9	79	133	200
		3.27	76	129	196
		2.64	77	131	197

5.12. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA

Calibre del conductor		Altura óptima bayoneta H1 (m)	Poste de 12 m con F. S. = 2.5		
Cto. Inf.	Cto. Sup.		750 KG	1050 KG	1350 KG
3 ACSR 1/0	3 ACSR 2	2.4	135	204	273
		3.07	134	202	271
		1.56	138	207	276
		3.55	133	201	269
		3.0	124	202	271
		2.5	135	204	273
		1.9	137	206	275
		3.27	133	202	270
		2.64	135	204	272

5.13. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA

Calibre del conductor		Altura óptima bayoneta H1 (m)	Poste de 12 m con F. S. = 2.5		
Cto. Inf.	Cto. Sup.		750 KG	1050 KG	1350 KG
3 ACSR 2/0	3 ACSR 1 / 0	2.4	124	188	251
		3.07	123	186	249
		1.56	126	190	254
		3.55	122	184	247
		3.0	123	186	249

Calibre del conductor		Altura óptima bayoneta H1 (m)	Poste de 12 m con F. S. = 2.5		
Cto. Inf.	Cto. Sup.		750 KG	1050 KG	1350 KG
		2.5	124	187	250
		1.9	125	189	252
		3.27	122	185	248
		2.64	124	187	250

5.14. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) DOBLE CIRCUITO CON CABLE DE GUARDA

Calibre del conductor		Altura óptima bayoneta	Poste de 12 m con F. S. = 2.5	
Cto. Inf.	Cto. Sup.		750 KG	1050 KG
3 ACSR 2/0	3 ACSR 2/0	2.4	119	179
		3.07	117	177
		1.56	120	181
		3.55	116	176
		3.0	117	177
		2.5	118	179
		1.9	120	180
		3.27	117	177
		2.64	118	178
3 ACSR 1/0	3 ACSR 1/0	2.4	115	174
		3.07	114	172
		1.56	117	176
		3.55	113	171
		3.0	114	172
		2.5	115	174
		1.9	116	175
		3.27	114	172
		2.64	115	173

5.15. VANOS MÁXIMOS PERMISIBLES SIN VIENTO LATERAL (ALINEACIÓN RECTA) Y CON CABLE DE GUARDA.

CONDUCTOR	Altura óptima Bayoneta H1 (m)	Poste de 12 m con F. S. = 2.5		
		353 kg	503 kg	1200 kg
3 ACSR2	2.4	217	331	863
	3.07	212	325	851
	1.56	222	339	880
	3.55	209	321	842
	3.0	213	326	852
	2.5	216	330	861
	1.9	220	336	873
	3.27	211	324	847
	2.64	215	329	859
3 ACSR 1 / 0	2.4	181	277	721
	3.07	178	272	712
	1.56	185	282	732
	3.55	176	269	705
	3.0	178	273	713
	2.5	180	276	719
	1.9	183	280	728
	3.27	187	271	709
	2.64	180	275	718
3 ACSR 2/0	2.4	165	252	657
	3.07	162	248	650
	1.56	169	257	667
	3.55	160	246	644
	3.0	163	249	650
	2.5	165	252	656
	1.9	167	255	663
	3.27	161	247	647
	2.64	164	251	654

5.16. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL VIENTO SOBRE EL CONDUCTOR PARA UN SOLO CONDUCTOR ACSR EN KGF

PROMEDIO Km/h	# 2	# 1 / 0	# 2 / 0	# 4 / 0
20	4.20	5.40	6.00	7.60
30	6.30	8.10	9.00	11.40

PROMEDIO Km/h	# 2	# 1 / 0	# 2 / 0	# 4 / 0
40	8.40	10.80	12.00	15.20
50	10.50	13.50	15.00	19.00
60	12.60	16.20	18.00	22.80
70	14.70	18.90	21.00	26.60
80	16.80	21.60	24.00	30.40
90	18.90	24.30	27.00	34.20
100	21.00	27.00	30.00	38.00
110	23.10	29.70	38.00	41.80
120	25.20	32.40	36.00	45.60
130	27.30	35.10	39.00	49.40
140	29.40	37.80	42.00	53.20
150	31.50	40.50	45.00	57.20
160	33.60	43.20	48.00	61.00
170	35.70	45.90	51.00	64.80
180	37.80	48.60	54.00	68.60
190	39.90	51.30	57.00	72.40
200	42.00	54.00	60.00	76.20
210	44.10	56.70	63.00	80.00
220	46.20	59.40	66.00	83.80
230	48.30	62.10	69.00	87.60
240	49.14	64.80	72.00	91.40
250	52.50	67.50	75.00	95.20
260	54.60	70.20	78.00	99.00
270	56.70	72.90	81.00	102.80
280	58.80	75.60	84.00	106.60
290	60.90	78.30	87.00	110.40
300	63.00	81.00	90.00	114.20
310	65.10	83.70	93.00	118.00
320	67.20	86.40	96.00	121.80
330	69.30	89.10	99.00	125.60
340	71.40	91.80	102.00	129.40
350	73.50	94.50	105.00	133.20

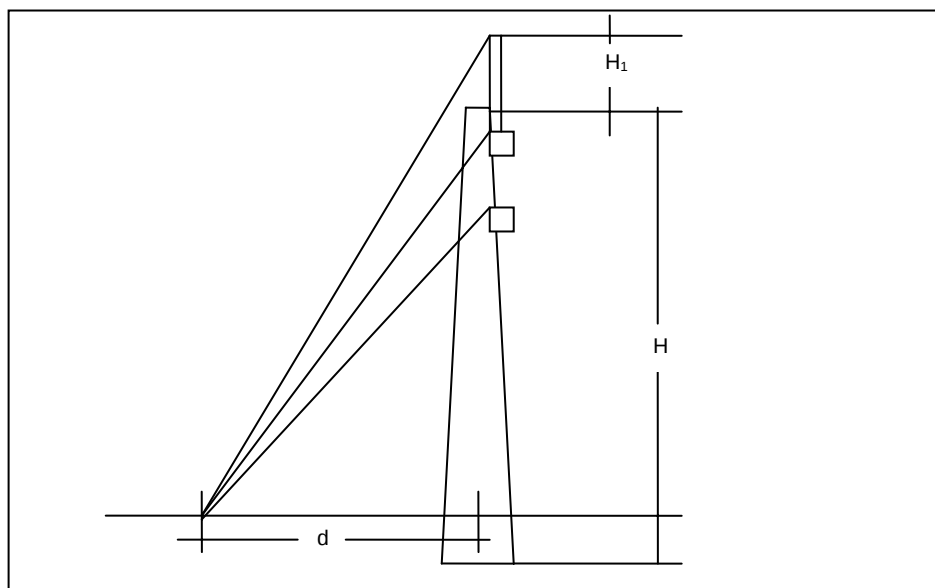
5.17. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL CONDUCTOR EN ÁNGULO DE LÍNEA

ÁNGULO	# 2	# 1 / 0	# 2 / 0	# 4 / 0
5	28.74	46.69	58.39	91.97
10	58.15	94.48	118.14	186.09
15	86.89	141.18	176.54	278.07
20	115.63	187.87	234.93	370.04
25	144.37	234.57	293.32	462.02

ÁNGULO	# 2	# 1 / 0	# 2 / 0	# 4 / 0
30	172.44	280.18	350.36	551.86
35	200.52	325.80	407.40	641.70
40	228.59	371.41	464.43	731.53
45	255.32	414.85	518.75	817.09
50	282.06	458.29	573.07	902.65
55	308.13	500.64	626.03	986.07
60	334.2	543.00	679.00	1069.50
65	358.9	583.18	729.24	1148.64
70	382.99	622.27	778.13	1225.64
75	406.38	661.37	825.66	1300.51
80	429.11	627.21	871.83	1373.23
85	451.17	733.05	916.65	1443.82
90	668.40	1086.00	1358.00	2139.00

5.18. CARGA MÁXIMA PARA RETENIDA CABLE 1/4" EXTRARESISTENTE

Las tablas que a continuación se introducen muestran las cargas máximas aplicables a las retenidas en función de su ubicación sobre el poste y de la distancia de amarre desde la base del poste, de acuerdo con las gráficas que inicialmente se aprecian y para varias alturas de postes:



Las columnas indicadas con A corresponden a templetos en la punta del poste. Para templetos amarrados a 1.0 m de la punta se emplean los valores de la columna B y para 1.5 m los de la columna C.

Distancia d (m)	RESISTENCIA NOMINAL DE RUPTURA DEL CABLE 1/4" = 3,018 KG											
	8M			10M			11M			12M		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1.0	218	256	281	169	192	205	153	171	182	140	155	163
2.0	422	490	553	332	374	399	302	336	356	276	305	321
3.0	601	687	738	482	539	572	440	488	515	405	445	468
3.5	681	770	823	552	613	649	505	558	515	466	510	535
4.0	752	844	897	617	682	720	567	623	655	524	572	599
4.5	817	909	960	678	746	784	625	684	717	579	630	659
5.0	875	965	1.015	734	803	842	679	740	774	632	685	715
5.5	927	1.015	1.062	786	856	895	730	793	827	681	736	767
6.0	965	1.058	1.103	834	904	942	778	841	875	728	784	815
6.5	1.015	1.096	1.138	878	904	984	822	885	919	745	828	859
7.0	1.052	1.129	1.168	919	986	1.022	863	925	959	812	869	900
7.5	1.085	1.157	1.194	956	1.022	1.056	901	962	995	850	907	937
8.0	1.114	1.183	1.217	990	1.034	1.087	936	996	1.028	886	942	971
8.5				1.021	1.083	1.173	968	1.027	1.058	919	974	1.003
9.0				1.049	1.109	1.139	998	1.055	1.085	950	1.004	1.032
9.5				1.075	1.132	1.161	1.026	1.081	1.109	978	1.031	1.059
10.0				1.099	1.154	1.181	1.051	1.104	1.132	1.005	1.056	1.083
10.5							1.074	1.126	1.152	1.030	1.080	1.105
11.0							1.096	1.146	1.171	1.052	1.101	1.128
11.5										1.074	1.121	1.145
12.0										1.094	1.139	1.162

5.19. CARGA EN RETENIDA DE 3/8" EXTRARESISTENTE

Se aplican las mismas instrucciones del numeral precedente.

Distancia d (m)	RESISTENCIA NOMINAL DE RUPTURA DEL CABLE 3/8" = 5,969,69 kg											
	8M			10M			11M			12M		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	496	582	639	385	437	466	348	389	414	318,5	352,6	370
2	960,1	1115	1258	755	851	904	687	764	810	627,9	693,9	730
3	1369	1564	1679	1097	1226	1301	1001	1110	1172	921,4	1012	1064
3,5	1548	1752	1872	1256	1395	1476	1149	1270	1172	1060	1160	1217
4	1711	1920	2040	1404	1552	1638	1290	1417	1490	1192	1301	1362
4,5	1859	2068	2184	1542	1697	1784	1422	1556	1631	1317	1433	1499
5	1991	2195	2309	1670	1827	1916	1544	1684	1761	1438	1558	1627
5,5	2109	2309	2416	1788	1947	2036	1661	1804	1881	1549	1674	1745
6	2195	2407	2509	1897	2057	2143	1770	1913	1991	1656	1784	1854
6,5	2309	2493	2589	1997	2057	2239	1870	2013	2090	1695	1884	1954
7	2393	2569	2657	2091	2243	2325	1963	2104	2181	1847	1977	2048
7,5	2468	2632	2716	2175	2325	2402	2050	2188	2264	1934	2063	2131
8	2534	2691	2768	2252	2352	2474	2129	2265	2338	2016	2143	2209

Distancia d (m)	RESISTENCIA NOMINAL DE RUPTURA DEL CABLE 3/8" = 5,969,69 kg											
	8M			10M			11M			12M		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
8,5				2323	2464	2669	2202	2336	2407	2091	2216	2282
9				2386	2523	2591	2271	2400	2468	2161	2284	2348
9,5				2446	2575	2641	2334	2459	2523	2225	2346	2409
10				2500	2625	2687	2391	2511	2575	2286	2402	2464
10,5							2443	2561	2621	2343	2457	2514
11							2493	2607	2664	2393	2505	2566
11,5										2443	2550	2605
12										2489	2591	2644

5.20. TABLAS DE EMPLEO DE ESTRUCTURAS SEGÚN EL VANO Y EL CALIBRE DEL CONDUCTOR

A continuación se introducen tablas que contienen los vanos máximos a emplear con base en los conductores a tender, a su separación, a la resistencia de los postes, a la vibración de los pines para distribución primaria rural en las condiciones antes mencionadas y analizando las torres metálicas y los postes de concreto.

En el caso de las torrecillas metálicas, se analizan dos tipos con diferentes cargas de fluencia, inicialmente para 472 kgf y posteriormente para 341 kgf, lo que corresponde a cargas de trabajo de 295 y 213 kgf respectivamente.

En todos los casos se emplean factores de seguridad de 1.6 al límite elástico del acero A36 y una velocidad del viento de 80 km/hora.

La nomenclatura de las estructuras que a continuación de muestran corresponde a las especificaciones siguientes:

1	H	H	G	3	T	3
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

El primer dígito indica el nivel de tensión así:

- 1 = Línea primaria a 13.2 kV
- 2 = Línea secundaria baja tensión.
- 3 = Línea de distribución a 33 kV.

El segundo dígito corresponde al material del apoyo:

T	=	Poste troncocónico de concreto.
H	=	Hierro para la torrecilla metálica.
F	=	Fachada.
R	=	Riel.

El tercer dígito corresponde a la ubicación de la cruceta sobre la estructura:

C	=	Centro.
L	=	Lateral o bandera.
V	=	Vertical o cortina.
H	=	“H” cuando hay dos soportes.
T	=	Tormenta con tres soportes.

El cuarto dígito corresponde a la existencia del neutro y su posición como cable de guarda:

0	=	Sin neutro.
1	=	Con neutro.
G	=	Neutro como guarda.

El quinto dígito muestra el número de fases para el cual está dotada la estructura:

1	=	Una fase.
2	=	Dos fases.
3	=	Tres fases.

El sexto dígito determina el tipo de estructura:

T	=	Terminal
R	=	Retención.
P	=	Pin o suspensión.
A	=	Doble pin.

El séptimo dígito determina la longitud de la cruceta, pudiendo existir medidas con decimales: 2, 2.3, 3 m, etc.

ELECTRIFICACIÓN PRIMARIA RURAL NIVEL DE MEDIA TENSIÓN - TORRES 295 KGF DE TRABAJO - ACSR 2				
ESTRUCTURA	Luz máxima por separación de conductores (m)	Vano medio máximo por resistencia de postes (m)	Vano medio máximo recomendado por vibraciones en los pines	Vano pesante máximo (m)
1HCG3P1.5	180	(217 - 228)*	400	628
1HCG3P2	300	(216 - 226)*	400	382
1HCG3P3	550	(211 - 217)*	400	304

ELECTRIFICACIÓN PRIMARIA RURAL NIVEL DE MEDIA TENSIÓN - TORRES 295 KGF DE TRABAJO - ACSR 2				
ESTRUCTURA	Luz máxima por separación de conductores (m)	Vano medio máximo por resistencia de postes (m)	Vano medio máximo recomendado por vibraciones en los pines	Vano pesante máximo (m)
1HHG3A2	300	557	500	2.900
1HHG3A3	550	552	500	852
1HHG3P2	300	557	400	1.450
1HHG3P3	550	552	400	426
1HHG3R2	300	557		>1.086
1HHG3R3	550	552		1.086
1HHG3R4	1.000	545		720

NOTA: Las especificaciones dadas en la anterior tabla son aplicables para torrecillas metálicas de 259 kg de carga de trabajo o 472 kg de carga de fluencia F.S. = 1.6 al límite elástico, acero A 36.

ELECTRIFICACIÓN PRIMARIA RURAL NIVEL DE MEDIA TENSIÓN - TORRE CON 213 KGF DE TRABAJO – ACSR 2 AWG				
ESTRUCTURA	Luz máxima por separación de conductores	Vano medio máximo por resistencia de postes	Vano medio máximo recomendado por vibraciones en los pines	Vano pesante máximo (m)
1HCG3P1.5	180	(189 - 206)*	400	1.233
1HCG3P2	300	(188 - 202) ¹	400	765
1HCG3P3	550	(183 - 194) ¹	400	607
1HHG3A2	300	505	500	> 2.915
1HHG3A3	550	500	500	1.712
1HHG3P2	300	505	400	2.915
1HHG3P3	550	500	400	856
1HHG3R2	300	505		> 2.184
1HHG3R3	550	500		2.184
1HHG3R4	1.000	491		1.520

NOTA: Las especificaciones dadas en la anterior tabla son aplicables para torrecillas metálicas de 213 kg de carga de trabajo en los puntos ó 341 kg de límite elástico; F. S = 1,6

5.21. INFLUENCIAS DE LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO Y PLANTILLADO DEL PERFIL DE LA LÍNEA

¹ Según vano pesante

Estos factores influyen no solo en la determinación de la longitud o la altura de los apoyos, sino en la escogencia de estructuras tipo H o poste sencillo.

En terreno plano, debido a la limitación de la longitud de los vanos por la altura de los conductores sobre el terreno y tratándose de conductores no muy pesados, se puede descartar la utilización de estructuras tipo H, debido a que las cargas transversales y la separación horizontal de los conductores pueden estar dentro de los límites admisibles para la utilización de estructuras simples o de un sólo poste.

Debe tenerse en cuenta que el empleo de "H" en concreto supone un incremento en la resistencia del apoyo de 2.5 veces sobre la del poste sencillo.

En el caso de emplear estructuras en tormenta, se incrementa la resistencia de la estructura 3.75 veces sobre la nominal del poste sencillo.

5.22. SEPARACIÓN DE CONDUCTORES Y TIPO DE AISLAMIENTO

La separación entre los conductores en vanos de gran longitud, depende generalmente de la separación mínima admisible para que los cables no se acerquen demasiado en el punto medio del vano, bajo condiciones adversas de viento.

En vanos cortos y en terrenos planos, la disposición y la separación de los conductores son determinadas principalmente por el nivel de tensión de operación.

Cuando los conductores son pesados y los vanos son relativamente largos en terrenos ondulados o montañosos, la configuración o separación de los conductores tienen interés para adoptar la disposición de mayor seguridad y amplias distancias, especialmente para vanos más largos que el normal que se pueda presentar en terreno quebrado u ondulado.

En éste caso la disposición de los conductores deberá ser tal que las separaciones sean suficientes en éstos vanos más largos, pues en general es más económico proyectar un tipo de estructura de apoyo normal con separaciones aptas para vanos 50% más largos que el vano promedio, que tener que recurrir al empleo de numerosas estructuras especiales diferentes entre sí.

En general las estructuras en H ofrecen la mejor disposición de conductores y de resistencia mecánica para vanos largos, y en la mayoría de los casos pueden ser utilizados como estructuras especiales para los vanos más largos en cualquier tipo de líneas.

Como la separación entre los conductores depende principalmente de la flecha, una disposición de conductores completamente satisfactoria para conductores gruesos muy tensados podría ser peligrosa para conductores más delgados con flechas proporcionalmente mayores, en vanos de igual longitud.

No se emplearán aisladores de pin en estructuras en "H".

5.23. SEPARACIÓN ENTRE CONDUCTORES PARA LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA EN ZONAS URBANA Y RURAL

A continuación se introduce una tabla conteniendo las separaciones entre conductores normalizadas para ser usadas en la construcción de líneas de distribución primaria:

Luz en metros	Separación mínima (m)
Hasta 200	0.70
Entre 200 - 300	0.90
Entre 300 - 500	1.45
Entre 500 - 650	1.63
Entre 650 - 1000	2.00

En caso de varios circuitos del mismo ó diferente nivel de tensión sobre la misma estructura, las distancias mínimas entre conductores serán:

Para circuitos de los niveles de baja y media tensión: 1.20 m
Para circuitos de comunicaciones: 1.80 m

5.24. CARGAS TRANSVERSALES (VIENTO Y/O ÁNGULO)

Estos factores limitan la utilización de las estructuras de un sólo poste.

Cuando la resultante de las cargas transversales aplicadas en la punta del poste sobrepasa el esfuerzo admisible del mismo, es necesario proyectar una estructura en doble poste o H, y en casos extremos dotarla de diagonales (arriostramiento) en X.

Cuando los altos valores de las cargas transversales son causados por los ángulos de deflexión de la línea, dichos esfuerzos pueden ser absorbidos por templetes situados sobre la bisectriz del ángulo comprendido entre los dos alineamientos.

Cuando los esfuerzos transversales son originados por cargas de viento en vanos medianos o largos y con conductores medianos o pesados, no se equilibrarán dichos esfuerzos por medio de templetes laterales salvo verificación de la carga crítica del apoyo, requiriéndose la utilización de estructuras tipo H.

5.25. CARGAS LONGITUDINALES

Las fuerzas longitudinales que actúan sobre las torres o postes son producidas principalmente por la tensión que ejercen los conductores y los cables de tierra en caso de rotura.

En las estructuras de un solo poste las crucetas no tiene prácticamente resistencia alguna a las cargas longitudinales, puesto que en caso de ruptura de un conductor pesado el brazo oscilará, adoptando una posición casi longitudinal sin más limitación que la debida a los conductores enteros, produciendo flexión en los herrajes y causando deterioro y probable daños en crucetas.

Las estructuras tipo H se adaptan mejor a esta clase de cargas, pero el efecto de rotura es muy parecido, pues la flexión de los postes y su movimiento en el terreno alivian la mayor parte de los esfuerzos. Esta estructura es más económica y de mayor facilidad para reparación de los daños en crucetas y herrajes, pero debe recordarse siempre que el tipo de estructura a utilizarse también depende de factores como el trazado de la línea, costos de mantenimiento y la disponibilidad de materiales.

Debido a lo anterior se aconseja adoptar una estructura de retención o una estructura de suspensión cuando la diferencia de vanos sea muy grande, para que el desplazamiento angular de la cadena de aisladores absorba los esfuerzos longitudinales que se presentan.

Las estructuras en retención por ser los puntos de amarre y anclaje de la línea, deben ser cuidadosamente seleccionadas y diseñadas. Estas estructuras deben ser adecuadamente dotadas de templete sobre los cuales deben efectuarse las comprobaciones de los esfuerzos mecánicos.

5.26. PESO DE LOS CONDUCTORES (VANO DE PESO)

El peso de los conductores incide directamente en el tipo de utilización de las crucetas.

En caso de cargas pesadas, en las estructuras tipo H se utilizan diagonales con el fin de disminuir los esfuerzos de flexión en las crucetas, debiéndose tener en cuenta este factor al momento de diseño para determinar la necesidad o no de utilizar las diagonales.

En el caso de estructuras simples (un solo poste), aunque los vanos para este tipo de estructura son relativamente cortos, cuando se trata de cargas pesadas debidas al peso de los conductores se deben tener igualmente en cuenta para las comprobaciones de carácter mecánico los esfuerzos que se producen en las crucetas y en las diagonales.

6. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

6.1. COLOCACIÓN DE LOS HERRAJES

Todos los herrajes deberán ir de manera que se facilite su inspección y que su reemplazo quede instalado en forma segura. Los aisladores de pin deberán quedar perpendiculares a la superficie de la cruceta o del poste.

Las cadenas de aisladores de suspensión deben ajustarse para que queden en el plano vertical que pasa por el centro del apoyo.

Utilizar collarín o dos tornillos de máquina abrazando el apoyo en montajes en segundo nivel para los cuales posiblemente el apoyo ya no posea las perforaciones indicadas o debido a un giro en la orientación de las crucetas.

Lo mismo se tendrá presente en el caso de instalación de bayonetas sobre estructuras metálicas, caso en el cual se emplearán las perforaciones que las estructuras deben poseer para tal fin, de acuerdo con el diseño previsto para ello.

6.2. UTILIZACIÓN DE HERRAJES SOMETIDOS A ESFUERZOS GRANDES DE TRACCIÓN

En las estructuras típicas para líneas de distribución se han especificado diámetros de 5/8" para los tornillos de máquina, espaciadores y tuercas de ojo que transmiten los esfuerzos de los conductores a las crucetas o brazos de las estructuras.

Teniendo en cuenta el esfuerzo admisible de trabajo en dichos elementos en las estructuras de retención, el límite de empleo de éstos viene a ser, para conductores ACSR N° 4/0 AWG o su equivalente, de 3.820 Kg de carga de ruptura.

En consecuencia, para calibres superiores al 4/0 será necesario especificar tornillos de máquina, espaciadores y tuercas de ojo de 3/4" en lugar de los de 5/8".

6.3. UTILIZACIÓN DE LAS ARANDELAS

6.3.1 ARANDELAS REDONDAS

Se emplearán arandelas redondas galvanizadas en caliente, una por cada punto de ajuste (cabeza) o tuerca de tornillo de máquina sobre cruceta o poste, lo cual indica que serán empleadas cuatro por cada tornillo espaciador y dos por cada tornillo de máquina.

6.3.2 ARANDELA DE PRESIÓN

Una por cada tuerca del tornillo, en la dimensión apropiada. El tornillo espaciador llevará cuatro en consecuencia. Es obligatorio su empleo.

Deben ser construidas en acero galvanizado en caliente.

6.4. TENDIDA DE LOS CONDUCTORES

Los conductores deben regarse sobre el piso usando los carretes del empaque y luego izarse hasta las poleas o apoyos provisionales de tendido.

Los soportes de los carretes de conductores deberán ser de construcción fuerte, y se proveerán medios para poder frenar los carretes. Los conductores deberán desenrollarse en la dirección y forma indicados por los fabricantes, en los empaques y carretes.

Se evitará en lo posible el traspaso de cables de un carrete a otro. Los cables de izaje deberán conectarse a los conductores por medio de conectores giratorios y mordazas. Las distancias de los conductores entre sí y a las estructuras, sin viento y a la temperatura de tendido, deberán estar de acuerdo con las distancias de seguridad.

Los carretes de conductor solamente podrán ser rodados en la dirección indicada en la flecha.

En general los carretes de cables deberán ser cargados, transportados y descargados con cuidado, en tal forma que no se quiebren ni desbaraten y que el conductor no se abolle.

En el proceso de regada de los conductores, con cualquier sistema que se utilice para esta labor, se debe evitar que los conductores formen entorches, dobladuras, torceduras, desgastes o carrujas. En caso de presentarse tal hecho, con deterioro del conductor, se cortará este y se hará un empalme. En ningún caso se deberán arrastrar sobre las crucetas ni elementos de apoyo.

Para el proceso de tendido de los conductores, se deberán instalar protecciones adecuadas de madera, sobre las cuales el conductor se pueda deslizar sin sufrir averías ni dañarse y así protegerlo del paso sobre rocas, alambres de púas, rieles, tráfico de personas y animales.

Cuando se crucen vías, los conductores deberán pasarse sobre andamios de madera o poleas adecuadas, suficientemente altas sobre la vía, a fin de protegerlos de ser pisados por los vehículos y no obstaculizar el tráfico.

Todas las secciones de conductores que hayan sufrido daño por la aplicación de mordazas deberán repararse antes de instalar los conductores en su sitio.

En los cruces con líneas eléctricas primarias y secundarias, energizadas o no, deberán hacerse andamios suficientemente altos y resistentes que permitan el paso de los conductores en tal forma que no hagan contacto con las líneas de distribución.

En pendientes fuertes el cable debe correrse de la parte alta hacia la parte baja reduciendo un poco la tensión a medida que se va pasando de la luz superior a la inferior, con el fin de que ésta no se corra hacia las luces inferiores. En las operaciones de tensionado debe amarrarse el conductor en cada una de las crucetas para así poder tener la diferencia de tensión entre una y otra luz.

Los conductores se colocarán en las poleas tan pronto como sea posible y se levantarán tensionándolos, teniendo en cuenta de no sobrepasar la tensión especificada.

Para levantar los conductores sin tensión hasta las poleas colocadas en los brazos de las crucetas, se deberán usar manilas y no ganchos de ninguna especie. Para levantar conductores con tensión, siempre deberá usarse un soporte amplio y redondeado, o una grapa de suspensión para evitar los quiebres y daños del conductor. No se permitirá el uso de cadenas para amarrar el conductor al levantarlo.

El constructor deberá tener en cuenta las cargas del diseño de las estructuras de apoyo y tomar las precauciones del caso para hacer los amarres y templetes de las estructuras.

6.5. TEMPLADO DE LOS CONDUCTORES

El templado de los conductores no deberá ejecutarse cuando las condiciones del ambiente (visibilidad y viento principalmente) no garanticen la obtención de las flechas o tensiones apropiadas.

Para la instalación de los conductores se usarán poleas especiales tipo bisagra la cual es una polea sencilla que se abre por un lado permitiendo insertar o retirar los conductores sin tener que insertarlos por su punta.

Este tipo de polea también es necesaria en caso de que la línea esté equipada con aisladores en suspensión pues no habría donde descansar los conductores, los cuales no podrán colocarse directamente en las cadenas de aisladores, o en la cruceta.

Los conductores no deberán pretensionarse y su templada se hará con base a la información y tablas previstas para tal efecto, utilizando dinamómetros o elementos de control adecuados para este objeto. La longitud máxima de conductor que se tienda en una operación continua, debe limitarse a la que produzca la flecha máxima satisfactoria.

Durante el tensionamiento de los conductores se tendrá especial cuidado en no sobrecargar los elementos del apoyo, para lo cual deberán reforzarse convenientemente por medio de templetes provisionales.

Los tres conductores de circuito deberán tensionarse en el mismo día, a fin de evitar diferencias causadas especialmente por elongaciones progresivas, que son muy rápidas

durante las primeras 24 a 48 horas. No se permitirá tensionar los conductores desde la base de apoyo en línea vertical con las crucetas.

El conductor debe tenderse de acuerdo con la flecha y cuadro de tensión aplicable al que se use y la temperatura ambiente, la cual debe certificarse con un termómetro para usar los valores de la flecha correspondientes a esta temperatura.

El enflechado debe ajustarse en el tramo de en medio en pequeñas secciones de cinco (5) tramos o menos y en dos (2) ó más tramos mayores.

Los conductores se enflechan correctamente sólo cuando la tensión es la misma en cada tramo a lo largo. Cuando los conductores se halan sobre aisladores, crucetas, etc., hay fricción en los puntos de apoyo. La fricción reduce la tensión del conductor progresivamente desde el extremo donde se hala hasta el remate. El uso de poleas, particularmente en ángulos, tiende a reducir esta fricción.

Aún cuando se usen poleas puede ser necesario hacer brincar el conductor en puntos intermedios con una cuerda de mano para compensar la tensión en los diferentes tramos. A veces también se enjabonan las ranuras en los soportes para que el conductor se deslice libremente.

6.6. COMO ACONDICIONAR UN CONDUCTOR NUEVO

Cuando se instala un conductor nuevo es necesario dejar que se estire lo cual es inherente a todos los conductores por medio de cualquiera de los siguientes procedimientos.

- a. Estirando con anterioridad el conductor para quitar el estiramiento no elástico y acondicionarlo de acuerdo con los valores de tensión y flecha.
- b. Hacerlo de acuerdo con los valores iniciales de flecha y tensión que han sido calculados para obtener la flecha y los valores de tensión después de someter el conductor a las cargas especificadas para la región de carga en la cual está ubicado el conductor.

Cuando se usa el método de pre-estiramiento se debe emplear un dinamómetro. Se deberá confirmar la tensión en un tramo cerca del extremo lejano de la sección que está siendo halada para cerciorarse que toda la sección está sujeta a la tensión correcta de pre-estiramiento.

Después, se puede reducir la tensión inmediatamente y aflojar el conductor hasta alcanzar el flecheo final adecuado en el extremo lejano de la sección. El mismo tramo se debe usar para verificar la tensión de pre-estiramiento y la final. El conductor se hala arriba por el extremo de tracción hasta lograr la tensión necesaria después de lo cual se puede hacer un remate o sujetar los conductores con tensores y amarrar la línea.

Si se sigue el segundo procedimiento, es decir, colocar los conductores con flechas y tensiones iniciales sin preestirar, se debe tener cuidado de no esforzar el conductor demasiado. Los valores iniciales de flecha y tensión ya no serían los correctos si la tensión excediera el valor indicado en los cuadros iniciales o tablas. Por lo tanto, se debe halar arriba el conductor al pandeo inicial especificando en el tramo que está siendo verificado.

Se debe aplicar la carga con malacate automático u operado a mano y nunca sujetándolo directamente a un camión o a un tractor. Después de halar arriba hasta lograr el flecheo adecuado a todo lo largo en toda la sección se puede rematar el conductor o sujetar con tensores y amarrarse.

El equipo y los métodos usados para la tensión de los conductores debe ser tal que no produzca daños en los mismos y estará sujeto a la aprobación del Interventor. Se deberán tomar precauciones especiales para evitar que en ninguna forma en los cables se presenten arrugas, retorcidos o talladuras.

Las flechas serán uniformes en cada luz y las distancias entre conductores de las fases serán las mismas en la mitad de la luz que en los postes.

Los conductores se asegurarán en las respectivas grapas tan pronto como las operaciones de tensionado hayan terminado para evitar posibles corrimientos del cable, debido a las vibraciones producidas por el viento.

6.7. RECOMENDACIONES

- a) El conductor no debe ser arrastrado sobre campos recién abonados.
- b) Las herramientas y aisladores que hayan sido usados anteriormente con conductores de cobre, deberán ser limpiados de cualquier polvo o residuo de este metal.
- c) Para el templado de los conductores se deben emplear siempre entenallas especiales para templar conductores de aluminio, las cuales tienen una superficie de agarre mayor que las empleadas para conductores de cobre (que pueden estrangular los cables de aluminio, reduciendo su conductividad eléctrica y su resistividad mecánica).
- d) Las superficies de contacto para el aluminio han de ser mayores que en el caso de los conductores de cobre. Debido a la influencia que el oxígeno tiene sobre el aluminio, la parte externa de la unión está recubierta con una capa aislante del óxido. Esta deberá ser quitada de las puntas del conductor, antes de hacer la unión, utilizando papel de lija, viruta de alambre o cepillo rascador. La continua oxidación podrá ser evitada utilizando una gran presión en las superficies de contacto y pintando las puntas del conductor con cromato de zinc o pasta de aluminio, rellenando después las ranuras laterales y finales de la grapa con la misma pasta.
- e) El caso de derivaciones o ramales está regido por las anteriores recomendaciones. La presión de contacto habrá de ser más bien fuerte, pero sin llegar a dañar los alambres.

- f) Se debe tener cuidado con las derivaciones por poder llegarse a tener una gran fuerza de tracción mecánica.
- g) Las ranuras de la grapa y el conductor han de estar bien limpias de polvo y óxido, antes de la operación de unión y habrán de ser cubiertas con pasta protectora (cromato de zinc) a fin de prevenir la oxidación.
- h) Las ataduras o ligazones en los aisladores de pin, de suspensión y de ángulo deben estar protegidas mediante la utilización de varillas de protección o cintas de aluminio, que se colocarán entre los aisladores y la ligadura.
- i) En los vanos grandes o de distancias superiores a 250 metros, es necesario utilizar amortiguadores para absorber parte de la energía de la vibración eólica. Su instalación debe efectuarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de las mismas y del fabricante de los conductores.
- j) En especial se tendrá la precaución de mantener los sectores de la línea ya terminados debidamente conectados a tierra, con conexiones a intervalos no mayores de 2 km. Los puentes deberán dejarse abiertos para que la línea quede seccionada; tanto las descargas a tierra como los puentes abiertos deberán quitarse y conectarse respectivamente, antes de proceder a la entrega y prueba de la línea. Las operaciones de templado de cables deberán suspenderse durante las tormentas eléctricas.

6.8. TENDIDA Y TEMPLADA DE LOS CABLES DE GUARDA

La tendida de los conductores de guarda se hará de igual forma que los conductores. Los cables de guarda deberán templarse dentro de los límites de tensión especificadas por el fabricante y de acuerdo a los valores de tensión recomendados o fijados por el proyecto. Las flechas serán un poco menores que las de los conductores del circuito, para que se conserven las distancias apropiadas en el centro del vano.

6.9. INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS PARA CABLES

Los empalmes de cables se harán en la forma indicada por los fabricantes previa una cuidadosa limpieza de los conductores. Todos los empalmes y manguitos para conductores de circuito o para los cables de guarda deberán colocarse a una distancia no menor de 15 metros de la estructura y no se permitirá más de un empalme por vano.

En los apoyos de retención se tratará que los puentes se hagan en forma continua, pero si debido a circunstancias de la construcción, tales como vanos muy grandes, cabos muy cerca de la estructura, etc., es necesario hacer empalmes en los conductores de circuito o en los cables de guarda, se usarán las grapas o conectores de empalme.

Las varillas de blindaje, se deberán instalar en los conductores de circuito y en los cables de guarda en cada cadena de aisladores de suspensión o conjunto de suspensión de cable de guarda y en los aisladores tipo pin.

Se deberán instalar amortiguadores de vibración para los conductores de circuito y los cables de guarda en los extremos de los vanos, conforme a lo indicado en los planos del respectivo proyecto. Los amortiguadores de vibración deberán asegurarse firmemente y en tal forma que queden ubicados en los planos verticales.

6.10. CONEXIONES PROVISIONALES A TIERRA

La línea deberá mantenerse bien protegida con conexiones provisionales a tierra durante el período de construcción con el fin de evitar los peligros de descarga atmosférica al personal de la obra.

6.11. PRUEBA DE LÍNEA

Una vez terminada la construcción de la línea debe efectuarse una revisión física de la misma, estructura por estructura, verificando que los elementos de cada una de ellas hayan sido colocados correctamente, que las conexiones se encuentren correctas y que no haya contactos a tierra, de los conductores o entre los conductores entre sí.

Igualmente se debe verificar que el despeje de la zona de línea haya sido efectuado convenientemente.

Una vez efectuada ésta inspección ocular se debe proceder a verificar el aislamiento y continuidad de la línea en cada una de sus fases utilizando un medidor de aislamiento de capacidad adecuada, aislando previamente cada uno de los extremos de la línea.

Si las anteriores pruebas resultan satisfactorias se puede energizar la línea.

En el caso de que durante la prueba se detecten fallas, debe procederse a seccionar la línea, aislando tramos, con el fin de encontrar más rápidamente las fallas y proceder a la corrección de las mismas hasta obtener el funcionamiento normal de las líneas. Dichas pruebas se deben realizar también en líneas subterráneas.

6.12. AMARRE DE CONDUCTORES SOBRE LOS AISLADORES DE PIN

Los conductores deben estar colocados en el aislador de manera que produzcan el menor esfuerzo en el cable de amarre. La función del alambre de amarre consiste solamente en sostener el conductor en posición en el aislador, dejando que el aislador y el alfiler tomen la tensión del conductor.

La ranura superior del aislador de pin prácticamente releva al alambre de amarre de cualquier esfuerzo y permite que todo el esfuerzo lo reciban el aislador y el espigo.

En las esquinas y ángulos donde los cables no están rematados, se deben colocar los conductores hacia el exterior de los aisladores en el lado retirado del poste y en el interior de los aisladores en el lado cercano del poste, sin importar el tipo de aislador empleado. De

ésta manera, la tracción del conductor está contra el aislador empleado en vez de estar afuera del aislador.

Los amarres para sujetar los conductores a los aisladores tipo pin deben ser relativamente sencillos y fáciles de aplicar. Se debe sujetar el conductor fuertemente al aislador y además reforzar el conductor a ambos lados del aislador. Cualquier aflojamiento entre el conductor, el amarre y el aislador puede rozar y dañar el conductor.

Estos amarres deben ser hechos a mano y sin empleo de pinzas o alicate alguno y conservando cuidadosamente la longitud y medida adecuada del alambre completamente templado, especificado para cada conductor.

6.12.1 CLASE DE ALAMBRE A UTILIZAR

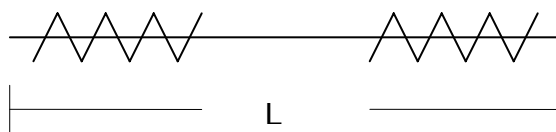
El alambre de amarre debe ser de la misma clase que el del cable de la línea. Se emplearán espiras de alambre del mismo conductor tendido.

Los alambres de amarre de cobre se deben usar con conductores de cobre y los alambres de amarre de aluminio se deben usar con conductores de aluminio. Sin embargo, los alambres de amarre deben estar hechos de alambre de templado suave ya que los cables estirados en frío resultarían quebradizos y no quedarían ajustados. Asimismo, un alambre de amarre duro puede dañar el conductor.

Este alambre de amarre sólo se debe utilizar una sola vez.

6.12.2 MEDIDA DEL ALAMBRE DE AMARRE

A continuación se muestra la longitud que debe tener el amarre de acuerdo con el conductor a emplear:



CALIBRE	LONGITUD L
2	90
1/0	110
2/0	120
4/0	160

El diámetro aproximado del ojo del amarre será de una (1) pulgada.

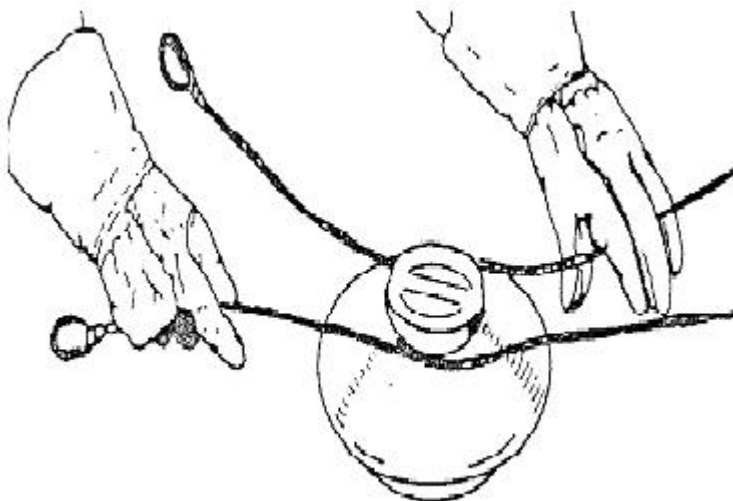
6.12.3 REGLAS PARA UN BUEN AMARRE

- a) Se usa sólo alambre completamente templado.

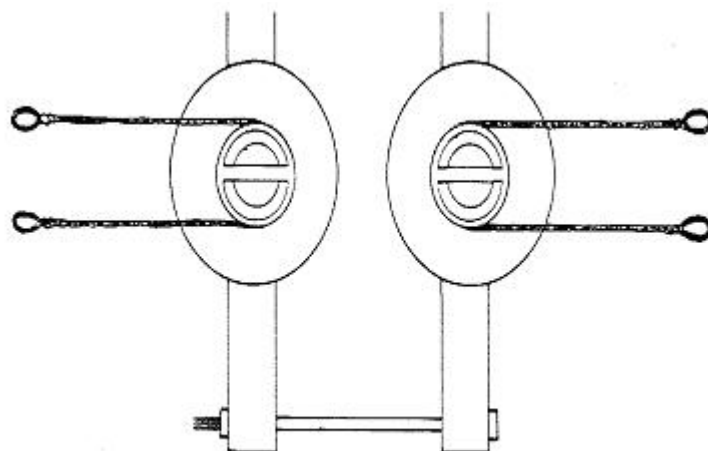
- b) Se usa la medida que se pueda manejar fácilmente y que al mismo tiempo proporcione la fuerza necesaria.
- c) Se usa la longitud suficiente para hacer el amarre completo, incluyendo un sobrante para agarrar con las manos. Lo que sobre debe cortarse de cada extremo después de completar el amarre.
- d) Un buen amarre debe:
 - a. Sujetar firmemente el cable, el aislador y el alambre.
 - b. Tener contactos positivos entre el cable de la línea y el alambre de amarre para evitar rozamientos.
 - c. Se aplica sin el uso de pinzas.
 - d. No se debe mellar el cable de la línea.
 - e. No se deben usar alambres estirados en frío para amarres o cable quemado a fuego que normalmente está templado parcialmente o que ha sido dañado por el sobrecalentamiento.

6.12.4 ALGUNOS AMARRES COMUNES

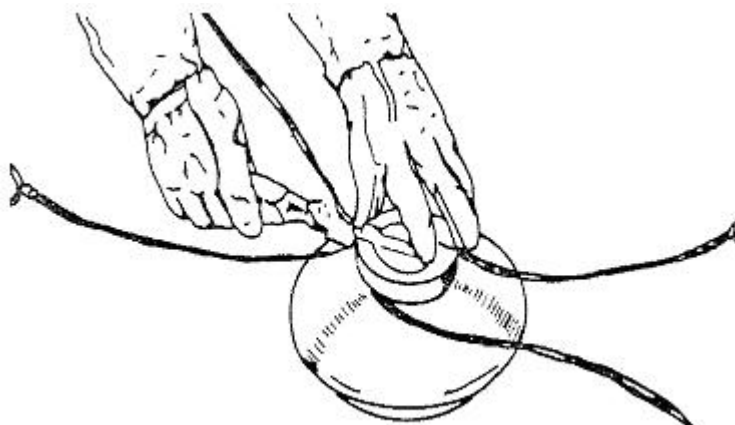
A continuación se aprecia la gráfica que muestra la forma de amarrar el conductor al aislador:



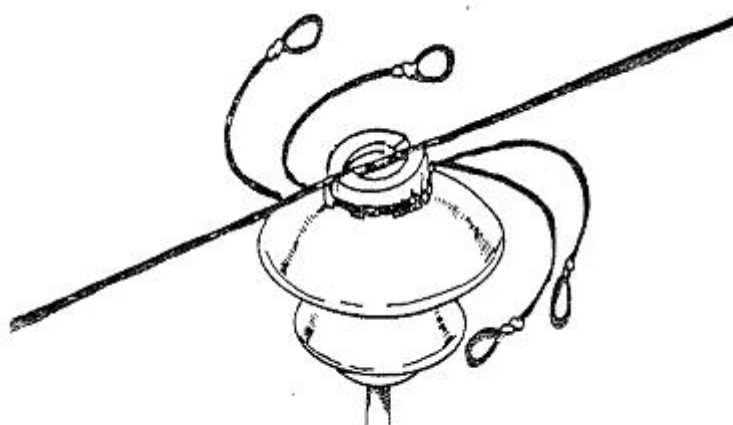
PREPARACIÓN DEL AMARRE EN PIN SENCILLO



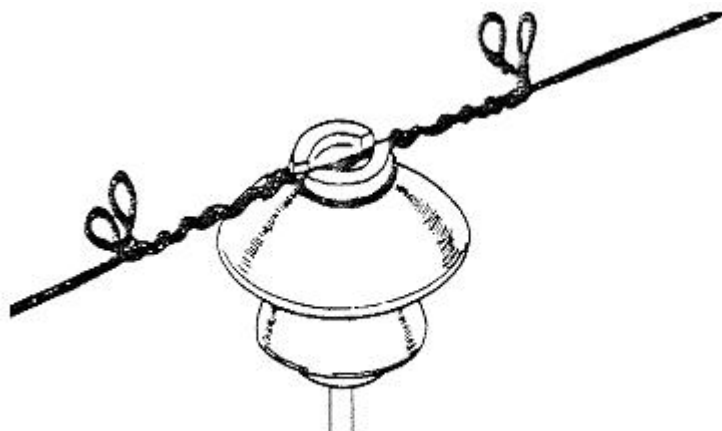
DISPOSICIÓN DE AMARRE EN DOBLE PIN



SUJECIÓN DE LOS ALAMBRES DE AMARRE



AMARRE ENTIZADO AL LADO IZQUIERDO

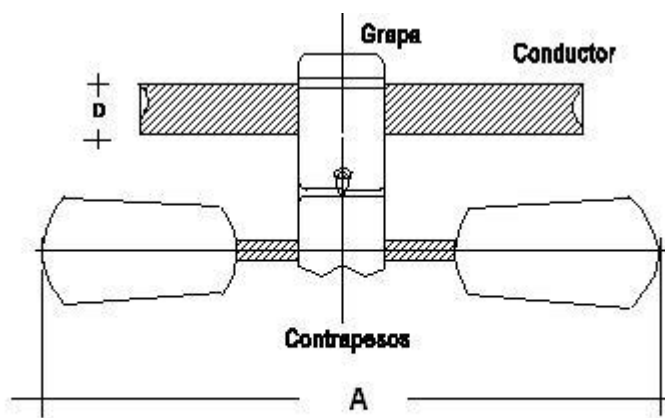


AMARRE FINALIZADO

NOTA: Las puntas del alambre de amarre de los pines debe tener un ojo para permitir su manipulación con línea energizada, además debe ser instalado en forma ordenada de tal forma que permita su fácil retiro.

6.12.5 INSTALACIÓN DE AMORTIGUADORES

La acción del amortiguador consiste en absorber continuamente la energía de las vibraciones iniciadas por los vientos de todas clases y evitar que estas vibraciones se formen en proporciones peligrosas. Se sujeta el amortiguador a una distancia conveniente adelante y atrás de la línea desde varios tipos de apoyos de conductor, remates, etc.



En todas las líneas trifásicas y monofásicas se emplearán amortiguadores, según la siguiente tabla:

INSTALACIÓN DE AMORTIGUADORES EN LÍNEAS

Conduc tor AWG	Cable de acero	Diámetro (mm)	Diámetro "D" (mm)		Longitud "A" (mm)	Peso nominal (kg)	Peso neto (kg)	
			Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo
4	1/4"	6.36	5.84	6.62	292	0.68	0.57	1.14
2	-	8.01	7.47	8.33	305	0.91	0.79	1.36
-	3/8"	9.52	9.04	9.92	340	1.36	1.25	1.82
1/0	-	10.11	9.93	10.59	356	1.80	1.70	2.27
4/0	-	14.31	13.82	15.00	432	2.80	2.61	3.63

Otra forma eficaz para absorber las vibraciones generadas por el viento es mediante el empleo de varillas blindadas.

El blindaje consiste en una capa espiral de varillas redondas alrededor del conductor en una distancia corta. El enganche del conductor a su apoyo se hace en medio de esta longitud blindada, con lo cual resulta un cable de diámetro mucho mayor que el conductor mismo, aumentando grandemente la resistencia a la flexión. Esto no sólo reduce los esfuerzos al distribuir la flexión sino que fortalece el cable en la región de máximo esfuerzo de flexión.

Los amortiguadores que se listan en la tabla siguiente están disponibles para su instalación en conductores ACSR o cable de acero y con pocas modificaciones en conductores de cobre.

Vanos desde 250 m hasta de 366 metros requieren de la instalación de un amortiguador en cada extremo del vano.

Las distancias de separación desde el punto de soporte se dan en la tabla siguiente, para el primer amortiguador.

Vanos entre 367 metros y 670 metros se instalarán dos amortiguadores en cada extremo del vano, espaciados unas distancias entre el punto de soporte y el de instalación iguales a las dadas en la siguiente tabla.

Vanos sobre los 670 metros requieren estudio especial.

Las distancias para las estructuras en suspensión se miden desde el punto medio de la grapa.

Igualmente serán medidas desde el borde del aislador de pin o tipo poste en caso de existir éstos.

En estructuras en retención o terminales se medirá la distancia a partir de la embocadura de la grapa.

ESPACIAMIENTOS RECOMENDADOS PARA AMORTIGUADORES

DIÁMETRO CONDUCTOR EN PLG (CALIBRE AWG)		DISTANCIAS DE INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO (PIE/m)	
MÍNIMO	MÁXIMO	Primer amortiguador	Segundo amortiguador
0.325 (2 AWG)	0.371 (1 AWG)	1.5 / 0.457	3 / 0.914
0.372 (1 AWG)	0.402 (1/0 AWG)	1.75 / 0.533	3.5 / 1.067
0.403 (1/0 AWG)	0.434 (2/0 AWG)	2 / 0.609	4 / 1.219
0.435 (2/0 AWG)	0.481 (2/0 AWG)	2.25 / 0.686	4.5 / 1.372
0.482 (2/0 AWG)	0.527 (3/0 AWG)	2.5 / 0.762	5 / 1.524
0.528 (3/0 AWG)	0.573 (4/0 AWG)	2.75 / 0.838	5.5 / 1.676
0.574 (4/0 AWG)	0.636 (266.8 MCM)	3 / 0.914	6 / 1.829
0.637 (266.8 MCM)	0.700 (300 MCM)	3.25 / 0.991	6.5 / 1.981
0.701 (300 MCM)	0.760 (397.5 MCM)	3.5 / 1.067	7 / 2.134
0.761 (397.5 MCM)	0.830 (477 MCM)	3.75 / 1.143	7.5 / 2.149
0.831 (477 MCM)	0.899 (500 MCM)	4 / 1.219	8 / 2.438
0.900 (500 MCM)	0.970 (605 MCM)	4.25 / 1.295	8.5 / 2.591
0.971 (606 MCM)	1.055 (715.5 MCM)	4.5 / 1.372	9 / 2.743
1.056 (715.6 MCM)	1.140 (795 MCM)	4.75 / 1.448	9.5 / 2.896
1.141 (795 MCM)	1.224 (1033 MCM)	5 / 1.524	10 / 3.048
1.225 (1033 MCM)	1.303 (1193 MCM)	5.25 / 1.600	10.5 / 3.200
1.304 (1193 MCM)	1.396 (1352 MCM)	5.5 / 1.676	11 / 3.353
1.397 (1352 MCM)	1.500 (1511 MCM)	5.75 / 1.753	11.5 / 3.505
1.501 (1511 MCM)	1.550 (1590 MCM)	6 / 1.829	12 / 3.658

ÍNDICE

7. REDES SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN	1
7.1. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE TIPO CIVIL	1
7.1.1. GENERALIDADES	1
7.1.2. CANALIZACIONES. MATERIAL DE LOS DUCTOS.	1
7.1.3. CEMENTO SOLVENTE PARA UNIONES	2
7.1.4. DIMENSIONES DEL DUCTO	2
7.1.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS ZANJAS	2
7.1.6. PROFUNDIDAD DE LA CANALIZACIÓN	3
7.1.7. PENDIENTE MÍNIMA	3
7.1.8. DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN	3
7.1.9. MATERIAL COMPACTANTE Y DE SEPARACIÓN ENTRE DUCTOS	3
7.1.10. MATERIAL DE BASE COMPACTADO	4
7.1.11. AVISO SOBRE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA A LO LARGO DE LA MISMA	5
7.1.12. ACABADO SOBRE VÍAS	5
7.1.13. CANTIDAD DE DUCTOS	5
7.1.14. TERMINACIÓN EN CÁMARAS	6
7.1.15. DISPOSICIÓN DE DUCTOS ENTRE LA ÚLTIMA CÁMARA Y LA SUBESTACIÓN	6
7.1.16. OTRAS CONSIDERACIONES	7
7.2. CÁMARAS	8
7.2.1. DE PASO O INSPECCIÓN	8
7.2.2. DE EMPALME.	8
7.2.3. DE EQUIPO	8
7.2.4. ESPECIALES	8
7.2.5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	8
7.2.5.1 Cámaras de paso/inspección y empalme:	9
7.2.5.2 Cámaras de equipo y especiales:	10
7.2.5.3 Otras consideraciones	10
7.2.5.4 Separación de canalizaciones adyacentes	11
7.3. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE TIPO ELÉCTRICO	11
7.3.1. GENERALIDADES	11
7.3.2. CONDUCTORES	11
7.3.2.1 Para líneas de distribución a 33 kV subterráneas	12
7.3.2.2 Para líneas del nivel de media tensión subterráneas a 13.2 kV	12
7.3.3. EMPALMES, DERIVACIONES, TERMINALES Y ELEMENTOS DE CONEXIÓN	13
7.3.3.1 Empalmes	13
7.3.3.2 Derivaciones	14
7.3.3.2.1 Derivaciones simples	15
7.3.3.2.2 Derivaciones múltiples	15
7.3.3.3 Terminales	15
7.3.3.4 Terminal Premoldeado Tipo Interior	16
7.3.3.5 Terminal Premoldeado Tipo Exterior	16
7.3.4. AFLORAMIENTOS	16
7.3.5. PROTECCIÓN	17
7.3.6. INSTALACIÓN DE LOS CONDUCTORES EN LOS DUCTOS	18
7.3.6.1 Consideraciones generales	18
7.3.6.2 Máxima tensión de halado	19

7.3.6.3	Consideraciones para cables que deban halarse con malla de acero (condón) sobre chaqueta:	20
7.3.6.4	Longitud de halado	20
7.3.6.5	Presión lateral	21
7.3.6.6	Radio mínimo de curvatura	22
7.3.6.7	Fricción del cable dentro del ducto	22
7.3.6.8	Soportes para los cables y premoldeados	22
7.3.6.9	Puesta a tierra de pantallas electrostáticas	23
7.3.6.10	Revisión y prueba de la línea	23
7.4.	CABLES AISLADOS PARA 15 kV	23
8.	PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO	25
8.1.	LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN NIVEL DE MEDIA TENSIÓN	25
8.1.1	PROTECCIÓN CON DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN	25
8.1.2	UBICACIÓN DEL CONDUCTOR NEUTRO EN ZONA RURAL	25
8.1.1.	SECCIONAMIENTO	25
8.1.2.	FUSIBLES	26
8.1.3.	RECIERRES AUTOMÁTICOS, SECCIONADORES	26
8.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO	26

7. REDES SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Las redes de distribución subterráneas son construidas en aquellas zonas en las cuales las autoridades administrativas de los municipios servidos por CHEC, la propia CHEC o el urbanizador decidan que son preferibles a las aéreas para preservar de contaminación visual el medio ambiente.

Es muy importante tener presente que generalmente se apela a éste recurso para preservar parques, plazas principales, sitios o monumentos de interés nacional y determinadas zonas que se verían comprometidas estéticamente con el empleo de postería y, aunque no haya una reglamentación escrita en la mayoría de municipios, la autoridad vigente tiene las facultades para exigir su cumplimiento cuando lo considere conveniente. Caso especial el de los estratos 5 y 6, para los cuales es de estricto cumplimiento.

El recibo de las citadas redes por parte de la Empresa estará supeditado al resultado satisfactorio de las pruebas realizadas por inspector certificado para tal fin y acorde con un protocolo de pruebas específico entregado por la División de Distribución, tal como lo establece el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas en el artículo 47 numeral 8.

7.1. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE TIPO CIVIL

7.1.1. GENERALIDADES

En el sistema CHEC la canalización de las redes de distribución de media tensión se harán empleando ductos de PVC especificados más adelante.

La infraestructura civil para las redes de distribución subterráneas del nivel de media tensión comprende los siguientes aspectos: canalizaciones, cámaras de paso o inspección, cámaras de empalme, cámaras de equipo y cámaras especiales.

Para efectuar cualquier trabajo de este tipo es indispensable previamente gestionar ante las entidades municipales los permisos necesarios y cumplir con los decretos y plan de ordenamiento territorial vigentes.

7.1.2. CANALIZACIONES. MATERIAL DE LOS DUCTOS.

Solamente se admiten ductos en tubería de uso eléctrico tipo PVC DB (Norma NTC 1630), TDP (Norma NTC 3363), o tubería conduit metálica galvanizada.

Para el empleo de estos ductos debe cumplirse con las normas técnicas dadas por los fabricantes DB, TDP o similares. Deben estar en perfecto estado a simple vista, no presentar perforaciones, fisuras, desintegración en escamas, deformaciones en el sentido del

eje del ducto (curvatura), deformaciones en el sentido diametral del ducto (disminución del diámetro), líneas de falla de color claro o blancuzco, signos de mal trato, etc.

Cumplirán con las normas ICONTEC 1630 ó 3363, 1125, 979, 369, 470 y Nema TC-6; en su última revisión. Su módulo de elasticidad debe ser igual a $E = 400.000$ psi.

La utilización de otro tipo de ductos se hará previa aceptación de CHEC. Dichos ductos deberán ser para uso eléctrico, cumplir con las normas técnicas de los fabricantes y deberán seguirse las recomendaciones de montaje de los mismos.

7.1.3. CEMENTO SOLVENTE PARA UNIONES

Este material cumplirá para su aceptación con la norma ICONTEC 576. Se aplicará con brocha de cerda natural y deberá limpiarse y secarse previamente el ducto antes de la aplicación.

7.1.4. DIMENSIONES DEL DUCTO

El diámetro de la tubería a emplear será de 4", pero dependerá en todos los casos del número de cables, el cual no será mayor de 3 aislados tipo seco más el respectivo neutro y correspondiente a un único alimentador trifásico.

El área libre del ducto no será inferior en ningún caso al 60% del área total útil.

7.1.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS ZANJAS

Una vez excavada, compactada y nivelada la zanja se procederá a la construcción de una base en arena de un espesor mínimo de 5 cm, con el fin de asentar los ductos en toda su longitud. Luego de construida la base, se procede a la instalación de los ductos.

Si la zanja se efectúa con equipo mecánico (retroexcavadora, etc), los últimos **20 cm** de excavación se ejecutarán manualmente con pica y pala.

Si al efectuar la zanja se encuentra en su fondo material de mala calidad (con contenido de materia orgánica, arcillas expansivas, etc), se debe extraer y llenar con cascajo de cantera que tendrá un grado de compactación que cumpla con las especificaciones que se incluyen más adelante. La máxima sobre excavación por suelo malo será de **40 cm** y al finalizarla se debe compactar el fondo y proceder con el lleno citado hasta obtener la profundidad de norma.

Cuando la canalización sea mayor de 1.6 m se deben entibar las paredes. Los entibados serán retirados cuando la excavación haya sido rellena y compactada.

Para orientar los ductos se emplearán estacas de madera provisionales a lado y lado del ducto y cada 2.5 m, las que serán extraídas al terminar la labor de compactación.

Una vez instalados los ductos las zanjas serán rellenas y compactadas acorde con su situación (calzada, andén, zona verde, etc.).

Una vez ensamblada la ductería se instala dentro de la zanja cuidando de cumplir con una separación entre ductos no menor de 5 cm.

7.1.6. PROFUNDIDAD DE LA CANALIZACIÓN

Las profundidades mínimas de los ductos serán:

- a) En ductos canalizados por vías vehiculares habrá una distancia mínima de un metro (1.2 m) entre la rasante del terreno y la superficie superior del ducto o bloque de ductos.
- b) En ductos canalizados por andenes, tal distancia será de 0.80 m.
- c) Si por causas imprevistas tales distancias no pueden lograrse, se procederá a aumentar en 10 cm más de lo normalizado el hormigón de la vía y a recubrirse en concreto el bloque de ductos en toda la longitud afectada. En ningún caso la distancia podrá ser inferior a 0.5 m.
- d) Con respecto a canalizaciones de servicios de gas, agua, calefacción, vapor, aire comprimido, etc, deberá tenerse una distancia no menor de 20 cm a partir del borde externo del ducto. Si tal distancia no puede ser mantenida, deberá separarse en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos u otros materiales dieléctricos resistentes al fuego y al arco eléctrico de por lo menos 5 cm de espesor.

7.1.7. PENDIENTE MÍNIMA

La zanja para la canalización de ductos se excavará entre cámaras de equipo ó de paso en tal forma que se garantice pendiente apropiada para disponer un efectivo desagüe. La pendiente mínima aceptada es de 1%, lo que corresponde a 10 cm de descenso cada 10 metros de canalización.

7.1.8. DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN

La excavación poseerá una anchura mínima de 15 cm a lado y lado de los ductos a canalizar.

Debe tenerse presente el número de ductos, el diámetro de los mismos, la separación mínima de 5 cm entre ducto y ducto y entre capas de ductos, conformada por arenilla compactante y una capa inferior también de 5 cm de arenilla sobre la cual se tenderán los ductos.

7.1.9. MATERIAL COMPACTANTE Y DE SEPARACIÓN ENTRE DUCTOS

Para separar entre sí los ductos o banco de ductos será empleada la arenilla, la cual es un suelo granoso granular según la clasificación unificada, generalmente de color gris o amarillento, empleada normalmente para llenos estructurales y llenos de protección.

Ambos usos exigen que el material esté libre de materia orgánica, arcilla, sales y todo tipo de material deleznable.

Su calidad estará sujeta a las siguientes condiciones:

La gradación deberá conformarse de acuerdo con los límites determinados por la relación indicada a continuación:

$$\frac{\text{Porcentaje en peso que pasa el tamiz 200}}{\text{Porcentaje en peso que pasa el tamiz 40}} = 0.65$$

La fracción que pasa el tamiz 40 no tendrá un índice de plasticidad mayor de 6.

La fracción que pasa el tamiz 200 no excederá el 30% del volumen del material tamizado.

El porcentaje máximo de grumos de arcilla será igual al 3% en peso y su determinación deberá conformarse de acuerdo con la norma ICONTEC 177, o en su defecto, con las especificaciones de la designación ASTM-C-142.

El contenido de material orgánico, definido por máximo color según la norma ICONTEC 127, será igual a 4.

7.1.10. MATERIAL DE BASE COMPACTADO

Será empleado para la compactación a realizar sobre la arenilla el cascajo sucio, denominación que lo distingue de aquel que ha pasado por un proceso de lavado.

Sobre las vías la capa de material de base compactado será cascajo sucio y tendrá un espesor de **0.3 m**.

En canalizaciones cruzando zonas verdes, la capa a compactar sobre la arenilla será de tierra y de **0.10 m** de espesor.

En canalizaciones sobre andenes, será tendida una capa de entresuelo (piedra) con espesor de **0.10 m**, sobre la cual se tenderá una capa de concreto no inferior a la existente o a **0.06 m**. Sobre éste deberá construirse el acabado igual al existente.

El material de base para canalizaciones por vías es cascajo sucio. Es un suelo grueso granular, generalmente de color amarillento, gris, verdoso o azulado, de corriente uso en llenos estructurales y de protección, bases, subases para pavimentos, drenajes y filtros, etc.

Deberá estar libre de materias orgánicas, arcilla, sales y de todo tipo de partículas deleznable y cumplir además con lo siguiente:

- a) La resistencia de desgaste en la máquina de los ángeles no excederá el 50% del volumen del material ensayado y deberá conformarse de acuerdo con la norma ICONTEC 98.
- b) En las gravas trituradas no menos del 50% en peso de las partículas retenidas por el tamiz 10, deberán presentar como mínimo una cara fracturada.
- c) El porcentaje que pase por el tamiz 200 será siempre menor del 50% del porcentaje que pasa el tamiz 40.
- d) El límite líquido de la fracción que pasa el tamiz 40 será menor del 25%.
- e) El índice de plasticidad de la fracción que pasa el tamiz 40 será menor de 4.
- f) El porcentaje máximo de grumos de arcilla será igual a 0.35% en peso y su determinación deberá conformarse de acuerdo con la norma ICONTEC 177.
- g) El límite máximo de partículas blandas para los gruesos del material, será igual al 5% en peso y se determinará de acuerdo con la norma ICONTEC 183.

7.1.11. AVISO SOBRE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA A LO LARGO DE LA MISMA

Para avisar a constructores, urbanizadores o toda persona que efectúe perforaciones sobre vías o andenes sobre la existencia de canalización eléctrica, se tenderá a lo largo de la misma y a cinco (5) cm de finalizar la capa de arenilla de compactación una cinta de 30 cm de ancho con avisos de peligro para la integridad física y de la existencia de alta tensión.

Con ello se pretende evitar accidentes por perforación de ductos, sobre todo en aquellos casos en que se emplee equipo mecanizado para reparación de vías.

El diseño de la cinta se encuentra incluido en el capítulo de materiales normalizados.

7.1.12. ACABADO SOBRE VÍAS

La reposición de zonas pavimentadas que se deterioren por la construcción de canalizaciones deberá ejecutarse de acuerdo con las especificaciones dadas por la Secretaría de Obras Públicas del respectivo municipio o la organismo encargado y cumpliendo con los decretos municipales vigentes.

7.1.13. CANTIDAD DE DUCTOS

En la totalidad de casos serán canalizados un mínimo de TRES (3) ductos adicionales al ducto principal, los cuales se configuran en reserva para futuras adiciones o reemplazos de ductos deteriorados.

El diámetro de los ductos a canalizar, tanto principales como de reserva, será mínimo de 4" pero la CHEC se reserva el derecho de exigir un diámetro superior y un número de ductos mayor o menor basada en sus consideraciones de expansión.

7.1.14. TERMINACIÓN EN CÁMARAS

En la llegada de los ductos a las cámaras de registro serán empleados adaptadores terminales tipo campana cuando no pueda hacerlo coincidencialmente en la campana natural de fábrica que posee el ducto o hacer un emboquillado de aproximadamente 5 centímetros de profundidad y 45 grados de inclinación a la llegada del ducto o banco de ductos.

En ningún caso el ducto terminará directamente en la embocadura a la cámara.

La distancia mínima entre el piso de la cámara y la parte inferior del ducto o banco de ductos será de 30 cm.

Antes de tender los conductores, los ductos deberán ser sellados provisionalmente empleando tapones adecuados al diámetro del ducto. Adicionalmente, deberán limpiarse cuidadosamente los ductos que vayan a ser empleados en la canalización. Los ductos de reserva permanecerán sellados en cada una de las cámaras construidas.

Nota: Queda terminantemente prohibido compartir las cámaras con otros servicios sin previa concertación con la CHEC.

7.1.15. DISPOSICIÓN DE DUCTOS ENTRE LA ÚLTIMA CÁMARA Y LA SUBESTACIÓN

La canalización entre la cámara final de la red de distribución primaria subterránea para edificaciones se construirá de tal forma que cuando haya canalización de ingreso y canalización de salida de la red hacia y desde la subestación, las mismas serán tendidas de tal forma que vistas desde la parte superior, los dos ductos del extremo derecho sean ocupados por las redes de entrada y salida y los dos del extremo izquierdo sean de reserva, tanto para red secundaria que pueda ser derivada de la subestación interior, como de una red primaria adicional.

En éste caso la totalidad de empalmes y derivaciones se efectuarán dentro de la subestación, con la total comodidad y amplitud que la misma debe brindar y las dimensiones de la misma se deben analizar de tal manera que acojan plenamente tales exigencias.

Cuando únicamente se requiere ingresar, con derivación en "T" en la cámara, el acceso a la subestación se hará empleando uno de los ductos centrales (Serán siempre cuatro ductos en toda canalización, como mínimo).

7.1.16. OTRAS CONSIDERACIONES

Los cambios de dirección en el plano horizontal y vertical se harán a través de cámaras de paso o empalme.

La trayectoria de los ductos para energía deberá ser independiente de la de los otros sistemas o estructuras (acueducto, teléfono, gas, parabólica, etc.). Igualmente se deberán tener corredores independientes para las redes de distribución de energía primaria y secundaria; las últimas deben ir más próximas al paramento de las edificaciones.

El extremo de los ductos dentro de las cámaras y subestaciones interiores debe tener los bornes redondeados y lisos para evitar daño a cables.

El interior de los ductos tendrá un acabado lo más terso posible y libre de asperezas o filos que puedan dañar los cables.

La sección transversal de los ductos debe ser tal que de acuerdo con su longitud y curvatura permita instalar los cables sin causarles daño.

Los ductos deben quedar fijos por el material de relleno, de tal forma que se mantengan en su posición original bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación de cables u otras condiciones.

La unión de ductos será por medio de acoples en tal forma que no queden escalones entre uno y otro tramo. Se debe evitar el uso de materiales que puedan penetrar al interior de los ductos, formando protuberancias que al solidificarse puedan causar daño a los cables.

Los ductos que atraviesan los muros de un edificio, deben estar provistos de sellos que eviten la entrada de gases o líquidos al edificio.

Los ductos a la entrada de cámaras o recintos deben quedar en terreno muy bien compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en los mismos.

No debe haber curvas en los ductos entre una cámara y otra, conservando así el radio de curvatura adecuado.

Cuando los ductos se crucen con alguna fuente de calor, será indispensable colocar entre ellos una barrera térmica adecuada.

Se debe evitar que los ductos pasen por terrenos inestables.

Las canalizaciones irán preferiblemente en andenes y zonas verdes. Se evitará al máximo la ubicación de canalizaciones sobre vías vehiculares.

Las canalizaciones que impliquen cruces de vías se deben realizar preferiblemente en las esquinas.

7.2. CÁMARAS

Se construirá cámara cada 25 m en línea recta, en los cambios de dirección o de pendiente contraria, en las transiciones de tipos de cables, en las conexiones de cargas o equipos y en las derivaciones.

Se distinguen 4 tipos de cámaras para redes de distribución primarias.

Las dimensiones que se relacionan a continuación de cada una de ellas son las dimensiones internas libres.

7.2.1. DE PASO O INSPECCIÓN

Son aquellas que se deben construir donde el alineamiento cambia de dirección o pendiente o cada 25 m en línea recta respetando el valor mínimo de pendiente.

Sus dimensiones deben ser 1.0 x 1.0 x 1.5 m. (largo x ancho x profundidad).

7.2.2. DE EMPALME.

Son aquellas que se deben construir para sitios donde se podrán efectuar empalmes premoldeados de entrada y salida, en derivación, rectos, etc.

Este tipo de cámaras se utiliza como cámara de paso para redes principales de CHEC.

Sus dimensiones deben ser 1.5 x 1.5 x 1.8 m. (largo x ancho x profundidad).

7.2.3. DE EQUIPO

Son aquellas donde se instalará equipo de maniobra y/o transformador subterráneo.

Serán solamente para ubicar un transformador subterráneo o en su defecto un transformador con su equipo de maniobra.

Sus dimensiones deben ser de 3 x 2 x 2 m. (largo x ancho x profundidad).

7.2.4. ESPECIALES

Son realizadas mediante diseño especial y utilizadas para más de un transformador o equipo.

7.2.5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

7.2.5.1 Cámaras de paso/inspección y empalme:

Las paredes de las cámaras se construirán en bloque estructural relleno, preferiblemente de 14x20x40 cm y reforzado con varillas de 3/8". La losa superior y el piso se construirán en concreto de 3000 psi para cámaras situadas en zonas verdes o andenes y de 4000 psi para las cámaras situadas en vías vehiculares.

Para las cámaras ubicadas en los andenes las tapas podrán ser de concreto o metálicas, cuadradas o circulares; para las cámaras ubicadas en las vías las tapas serán metálicas cuadradas o circulares.

Las dimensiones interiores libres mínimas para las tapas son de 58X58 cm.

Las tapas de las cámaras deben llevar el nombre de la empresa; para este caso CHEC y el año de fabricación.

Igualmente estarán marcadas con el código asignado por el sistema georeferenciado de la red de media tensión en la División de Distribución y en bajo relieve, con dígitos de 5 x 8 cm.

Las tapas metálicas deberán poseer algún dispositivo de seguridad que impida el hurto de las mismas. Igualmente estarán marcadas en bajo relieve o con pintura indeleble apta para intemperie.

Las tapas cuadradas serán de 0.71 m x 0.71 m de lado y de 6.35 cm de espesor aproximadamente.

La tapa en su borde tendrá un marco en ángulo metálico de 2 ½" * 2 ½" * 1/4" que actuará como soporte de la misma y construida en concreto de 210 kg/cm², reforzado con parrilla de 7 varillas de hierro de 1/2".

La tapa descansará sobre un marco similar (marco recibidor) de 5 mm adicionales a cada lado, con los amarres respectivos; dos por lado.

Para sujetar la tapa se tendrán dos (2) agarraderas en varilla de hierro de 1/2" debidamente formadas y fijadas entre dos tramos de tubería galvanizada de 1".

Para terrenos de alto nivel freático las cámaras poseerán conexión con el alcantarillado para evacuación de las aguas lluvias, con un sifón en PVC. En terreno normal llevarán un filtro en la base de 50*50*50 cm como mínimo.

Debe haber acceso fácil a las cámaras para la debida inspección y mantenimiento.

En los sitios de acceso las cámaras deberán contar con los peldaños suficientes y distanciados uno de otro 40 centímetros. Los peldaños se construirán en varilla de hierro

corrugado de $\frac{3}{4}$ de pulgada y tendrán una longitud de 40 centímetros. Se fijarán firmemente a la pared, separados 15 centímetros de ésta.

7.2.5.2 Cámaras de equipo y especiales:

El material de construcción de las cámaras debe ser tal que satisfaga pruebas de resistencia mecánica en todos los casos.

Deben tener una ventilación adecuada. Las cámaras deben tener en la parte superior una rejilla con el fin de facilitar la entrada y salida de aire y proporcionar una temperatura adecuada e higiene que permita realizar los trabajos de operación y mantenimiento.

La rejilla debe tener unas dimensiones acordes con las dimensiones de los equipos que se proyecten instalar allí. Para instalación de transformadores de hasta 250 kVA las dimensiones mínimas deberán ser 1.30 * 1.70 metros.

Debe haber acceso fácil a las cámaras para la debida inspección y/o mantenimiento. Por lo tanto se tendrá una tapa o rejilla más pequeña (auxiliar).

Tanto la rejilla principal como la auxiliar deben ser fácilmente removibles facilitando el ingreso/retiro de equipos/ personal y dispondrán de dispositivo de seguridad para evitar el hurto de las mismas.

Las tapas o rejillas auxiliares deben ser de un peso y tamaño tal que se puedan mover fácilmente.

En los sitios de acceso las cámaras deberán contar con los peldaños suficientes y distanciados uno de otro 40 centímetros. Los peldaños se construirán en varilla de hierro corrugado de $\frac{3}{4}$ de pulgada y tendrán una longitud de 40 centímetros. Se fijarán firmemente a la pared, separados 15 centímetros de ésta.

7.2.5.3 Otras consideraciones

Las cámaras de equipo y especiales serán ubicadas fuera de áreas de circulación vehicular.

Las cámaras de paso o inspección y empalme se ubicarán preferiblemente en andenes o zonas verdes.

Las diferentes cámaras pueden ser usadas para distribución primaria, secundaria o su combinación.

Las cámaras especiales deberán ser diseñadas cuando a juicio del departamento encargado o del diseñador sea necesario el montaje de varios equipos de seccionamiento, interconexión o una subestación con transformador de capacidad mayor de 250 kVA.

Todas y cada una de las cámaras enunciadas deberán tener:

- a) Acceso fácil para efectos de inspección y mantenimiento.
- b) Desagüe adecuado al tipo de cámara y tipo de terreno.
- c) Tapas resistentes al paso regular de peatones y/o vehículos según el caso.
- d) Una separación mínima de 30 cm entre el piso de la cámara y la pared inferior del ducto más bajo.
- e) El material de construcción de cámaras debe ser tal que satisfaga pruebas de resistencia mecánica en todos los casos.
- f) Las cámaras de equipo y especiales tendrán la ventilación adecuada.
- g) Si en el terreno se tienen problemas con el nivel freático, se exigirá el fondo de concreto con sifón para desagüe de 4".
- h) Todas las cámaras deberán llevar ménsulas y/o bandejas portacables para trabajo pesado con el fin de sostener el cable o los elementos premoldeados.
- i) La cámara de paso debe ir separada del poste mínimo 0.5 m en los afloramientos.

Las características constructivas de las cámaras y rejillas son dadas en los esquemas anexos.

7.2.5.4 Separación de canalizaciones adyacentes

No se admiten en ningún caso contactos entre las instalaciones de ductos o de protecciones metálicas de otros servicios, como tubos de agua, combustible, gas, etc.

Cuando la distancia más corta sea de 20 cm, medidos entre superficies de los ductos, se construirán barreras de mampostería, hormigón u otro material adecuado con un espesor no inferior a los 5 cm y deben ponerse a tierra las otras conducciones, si es posible.

Se recomienda evitar acercamientos a menos de 30 cm y colocar los dispositivos necesarios de aislamiento físico y eléctrico con ductos de otros servicios.

Se deberán conectar a tierra todas las piezas metálicas.

7.3. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE TIPO ELÉCTRICO

7.3.1. GENERALIDADES

La infraestructura para las redes de distribución subterráneas del nivel de media tensión comprende principalmente los siguientes aspectos: cables, elementos premoldeados de conexión y/o derivación y equipos como seccionadores de línea, seccionadores de transformadores y transformadores, los cuales deben ser aptos para uso subterráneo con características de tipo sumergible.

7.3.2. CONDUCTORES

7.3.2.1 Para líneas de distribución a 33 kV subterráneas

Se empleará conductor de cobre aislado XLPE con calibre no inferior a 2 AWG para circuitos ramales y 4/0 AWG para alimentadores principales, en polietileno reticulado XLPE o en elastómero del etileno propileno EPR, con pantalla metálica en cinta de cobre aplicada helicoidalmente y traslapada, con chaqueta de cloruro de polivinilo PVC, blindaje en polietileno reticulado semiconductor extruído simultáneamente con la chaqueta y nivel de aislamiento del 133 %.

7.3.2.2 Para líneas del nivel de media tensión subterráneas a 13.2 kV

Se utilizarán conductores aislados para 15 kV en polietileno reticulado XLPE o en elastómero del etileno propileno EPR, con pantalla metálica en cinta de cobre aplicada helicoidalmente y traslapada, con chaqueta de cloruro de polivinilo PVC, blindaje en polietileno reticulado semiconductor extruído simultáneamente con la chaqueta y nivel de aislamiento del 133 %..

Se utilizarán conductores de cobre únicamente. Aunque el calibre del conductor queda determinado por los parámetros de diseño, dicho calibre no será inferior a 2 AWG para ramales y XLPE No. 4/0 AWG en alimentadores troncales.

Será la CHEC quien establecerá cuales tramos se consideran ramales o troncales teniendo en cuenta los planes de expansión y criterios de planeación que tenga para el sector.

Los cables tendrán pantalla de cobre la cual no debe emplearse como conductor de neutro. El conductor de neutro a utilizar será en cable de cobre aislado XLPE a 600 voltios y en el mismo calibre de las fases.

Siempre primarán para los calibres los criterios de planeación y expansión que posea CHEC, derivados de los respectivos análisis.

Para proyectos con capacidades instaladas superiores a 500 kVA, se deben presentar cálculos de regulación y pérdidas en redes primarias.

CHEC podrá exigir calibres de conductores superiores partiendo del estado de regulación que se tenga en el punto de conexión, para asegurar la calidad del servicio exigido.

Se escogerá como temperatura máxima de trabajo 90° C. Podrá alcanzarse una temperatura máxima de 130°C en sobrecarga y 250° C en condiciones de cortocircuito.

De acuerdo con la exigencia de canalización de la presente norma, en la cual se ha solicitado un diámetro mínimo de 4" para los ductos, el factor de corrección aplicable a la capacidad de corriente para efectos de diseño es de 0.80.

El radio mínimo de curvatura será de doce (12) veces el diámetro total del cable, cuando la pantalla electrostática esté conformada por hilos de cobre. Si es construida en lámina metálica, no excederá de ocho (8) veces el diámetro final del cable.

7.3.3. EMPALMES, DERIVACIONES, TERMINALES Y ELEMENTOS DE CONEXIÓN

Las normas aquí dadas serán aplicables cuando se requieran empalmes, derivaciones y terminales en cables subterráneos en tensión no mayor de 15 kV.

Se deberá utilizar elementos premoldeados, los cuales internacionalmente se han estandarizado y clasificado en 200 y 600 amperios. Algunos elementos de 200 A como los codos deben ser de operación con tensión; los de 600 A son de operación sin tensión.

Se denominan premoldeados a aquellos elementos en los cuales los componentes son moldeados por el fabricante utilizando materiales elastoméricos que conforman un cuerpo final que garantiza el confinamiento total del campo eléctrico dentro del mismo.

Se tiene una amplia gama de elementos como empalmes premoldeados rectos desconectables, empalmes fijos, “T” premoldeadas de 200 A, codos premoldeados de 200 A, “T” premoldeadas de 600 A, barrajes (regletas) para derivaciones de 200 y/o 600 A y de varias vías, terminales premoldeados de tipo exterior y terminales premoldeados de tipo interior, entre otros.

Ya que los premoldeados formarán parte de las mismas redes de distribución que los cables y equipos y dada la importancia que tiene la continuidad del servicio, éstos deben estar diseñados, fabricados e instalados haciendo uso de tecnología y calidad suficientes para asegurar un largo período de vida con el mínimo de mantenimiento.

Los empalmes o derivaciones serán soportados adecuadamente dentro de las cámaras que para tal efecto se construyen, de tal forma que su organización, sujeción al herraje y marcación proporcionen la adecuada comodidad al encargado de la explotación de la red.

Los fabricantes de elementos premoldeados incluyen en ellos las referencias de los aditamentos que deben ser incluidos en determinados usos, con las indicaciones precisas para su correcto empleo. Para todos los casos se deberán seguir rigurosamente las instrucciones de instalación de los respectivos fabricantes y con las herramientas adecuadas.

A continuación se describen las características principales de algunos de estos elementos.

7.3.3.1 Empalmes

Se denomina empalme a la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de potencia aislado, protegidos mecánicamente dentro de una misma cubierta o carcasa. En todo empalme se debe tener continuidad de las pantallas.

Los empalmes rectos pueden ser de tipo fijo o desconectable y a su vez, de 200 ó 600 amperios. La utilización de uno u otro será según criterio de CHEC.

Los empalmes desconectables requieren de inclusión de adaptadores de puesta a tierra y ganchos de sujeción que impidan la desconexión accidental bajo carga.

Una vez empalmados los conductores conservarán su completa capacidad de carga (corriente máxima para la que están calculados), así como la resistencia a la tracción mecánica requerida.

El aislamiento del empalme debe resistir el gradiente de potencial al cual está diseñado el cable, así como los esfuerzos y descargas tangenciales motivadas por la terminación del empalme.

Las características del empalme guardarán compatibilidad con los cables a empalmar.

Todo empalme de cables tanto de alta como de baja tensión se ejecutará en las cámaras previstas para el efecto. En ningún caso se aceptarán empalmes dentro de los ductos.

Antes y después de instalar un tramo de cable y proceder a empalmarlo, se verificará que las puntas del mismo tengan un sello hermético que impida el acceso del agua.

Los empalmes premoldeados serán contruidos con un nivel básico de aislamiento de 95 kV, bajo una onda de 1.2 x 50 microsegundos. Aceptará la aplicación de 35 kV a 60 Hz durante un minuto, 55 kV corriente directa durante 15 minutos y la extinción del efecto corona a los 11 kV.

El empalme premoldeado para 200 A soportará una sobrecarga de 300 A durante ocho (8) horas y corrientes de cortocircuito de 15000 A rms durante 12 ciclos, 10000 A rms durante 5 segundos y 3500 A rms durante 3 minutos. Se aplicarán para conductores de calibre hasta 2/0 AWG.

El mismo empalme para 600 A igualmente estará capacitado para soportar una sobrecarga de 900 A durante ocho (8) horas y una corriente de cortocircuito de 27000 A rms durante cuatro (4) segundos y de 40000 A rms durante 12 ciclos. Serán aplicados en cables de calibre igual o superior al 4/0 AWG.

7.3.3.2 Derivaciones

Se denomina derivación a aquel tramo de red primaria subterránea con origen en el alimentador troncal principal de propiedad de CHEC.

Las derivaciones en todo caso se harán partiendo de un conductor de capacidad suficiente para la nueva red y para futuras expansiones.

Las derivaciones pueden ser a través de “T” premoldeadas de 200 A, barrajes (regletas) de 200 A, “T” premoldeadas de 600 A o barrajes (regletas) de 600 A. Las derivaciones de elementos de 600 A pueden también complementarse con salida en codos premoldeados de 200 A.

Una derivación de 600 A será exigida cuando la red principal tenga una capacidad de conducción superior a los 200 A y calibres entre 1/0 AWG y 500 MCM.

7.3.3.2.1. Derivaciones simples

Son derivaciones únicas para alimentar una sola carga o un único ramal.

Toda derivación particular requerirá de empalmes premoldeados en “T” para desconexión bajo tensión y sin carga, aunque se derive del final del conductor. La utilización de “T” de 200 A o de 600 A se hará con orientación de CHEC.

Debe tenerse presente que la desconexión se hará mediante pértiga desde el exterior de la cámara, razón por la cual deberán disponerse sobre regletas apropiadas para tal fin.

7.3.3.2.2. Derivaciones múltiples

En todos los casos en que se efectúen derivaciones múltiples se usarán elementos premoldeados desconectables (de operación con carga si son de 200 A) y adecuados a los calibres y fines específicos buscados.

Para estas derivaciones generalmente se usan barrajes premoldeados (regletas) de 3, 4 y 6 vías con salidas de 200 ó 600 A o la combinación de éstas. Los de 200 A son para conexión con codos de 200 A y los de 600 A son para conexión con “T” de 600 A.

Cuando exista posibilidad de derivación de una nueva red desde la cámara de empalme, la CHEC podrá exigir barrajes premoldeados de mínimo cuatro vías aplicable en redes principales con capacidad hasta 200 A.

Los barrajes pueden ser instalados en cajas diseñadas para tal efecto ya sea construidas en el sitio o prefabricadas o fijados mediante soportes adecuados directamente a las paredes de las cámaras.

7.3.3.3 Terminales

Como parte complementaria de los cables en la distribución de energía eléctrica se tienen los terminales premoldeados, los cuales harán posible efectuar las transiciones entre líneas

de distribución aéreas a subterráneas, subterráneas a aéreas o conexiones de cable a equipos como transformadores, interruptores, seccionadores, etc.

La utilización de terminales en los sistemas de distribución subterránea tiene como objetivo primario reducir o controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento y como objetivos secundarios se encuentran el proporcionar al cable una distancia de fuga aislada adicional y hermeticidad.

Los terminales premoldeados según su tipo de instalación pueden ser de uso exterior o de uso interior.

Se tienen diferentes tipos de tecnologías para los terminales; actualmente pueden ser encogibles en frío, termoencogibles y preformados.

La selección de los terminales debe hacerse teniendo en cuenta diferentes aspectos como el nivel de tensión, el uso (interior o exterior), el calibre del conductor y el nivel de aislamiento del cable, que para el caso de CHEC es del 133%.

7.3.3.4 Terminal Premoldeado Tipo Interior

Se usarán en instalaciones interiores.

Se instalarán a la entrada y/o salida de seccionadores para operar bajo carga y a la llegada al transformador en subestaciones del tipo capsulado.

7.3.3.5 Terminal Premoldeado Tipo Exterior

Se usarán en instalaciones exteriores; a la intemperie. Poseen campanas tapagoteras.

Se instalarán en los puntos de transición de líneas de distribución aéreas a subterráneas, subterráneas a aéreas, o cuando se efectúa una derivación de una red exterior a una carga interior (tipo capsulada).

Para la conexión a la red aérea se utilizan conectores tipo borna terminal o terminales tipo vástago, los cuales deben ser herméticos para evitar filtraciones de agua a través del cable.

7.3.4. AFLORAMIENTOS

En todo afloramiento se instalarán descargadores de sobretensión de óxido de zinc tipo distribución.

Se instalarán los cortacircuitos y descargadores de sobretensión en crucetas independientes.

El puente de alimentación que proviene de los cortacircuitos irá primero al descargador de sobretensión y luego al terminal premoldeado y el DPS estará ubicado en el mismo soporte que sujeta el terminal y a la menor distancia posible.

Todo afloramiento primario, se hará por ducto conduit metálico galvanizado de sección adecuada para disponer del 60% del área del mismo libre para ventilación, con longitud de 6 m, sujeto al poste mediante tres amarres de cinta band-it de 5/8", uno de los cuales irá a 0.5 m de la superficie del terreno y otro a 0.50 m del extremo superior del tubo.

En todos los casos en los puntos de conexión en la parte aérea se ubicarán terminales premoldeados para uso exterior, con las campanas tapagoteras, adecuados al calibre del conductor.

Las cintas metálicas que derivan la pantalla electrostática hacia el exterior de los terminales premoldeados irán siempre puestas a tierra.

Siempre se requiere de la instalación de borna terminal de compresión hermética al agua o terminal tipo vástago (espigo), que serán montados haciendo uso de la herramienta apropiada para tal fin, acorde con el calibre del conductor a empalmar. Sobre el conector de compresión se aplicará cinta adecuada para impedir ingreso de humedad al interior del cable, de acuerdo con el suministro y el instructivo del fabricante del terminal.

Antes de introducir el conductor al tubo bajante, se proveerá al mismo de una curva adecuada al diámetro de la bajante y que proteja la canalización de la introducción del agua lluvia (capacete para diámetros iguales o inferiores a 2.5").

A 0.50 metros de la base del poste de derivación se construirá una cámara de paso acorde con las dimensiones antes citadas. Para acceder a la cámara, se ubicará una curva conduit con un tramo de tubo conduit de iguales especificaciones y embocadura tipo campana. Tal embocadura estará a mínimo 0.20 m de la base de la cámara.

Esta curva irá embebida en concreto simple de 210 kg/cm² (1:2:3). No se admitirá empotrada directamente en tierra.

7.3.5. PROTECCIÓN

Se emplearán descargadores de sobretensión en las subestaciones subterráneas tipo terminal preformado, además de los elementos premoldeados como "T" de 600 A o codos de 200 A, interfases reductoras del terminal tipo "T".

Los descargadores de sobretensión deberán tener una conexión a tierra por medio de cable de cobre desnudo No 4 AWG a una o varias varillas de acero recubierta en cobre de 5/8"x 2.4 m de longitud, con construcción acorde con lo establecido en la presente norma para las puestas a tierra.

Se recomienda que la resistencia de la conexión a tierra no supere 10 ohmios. Si ésta resistencia no se logra con un sola varilla, para conseguirlo se colocarán otras interconectadas entre si con cable de cobre desnudo No 2 AWG, empleando para ello conectores de cuña o soldadura exotérmica, separadas una distancia igual a la longitud mínima del electrodo, de 2.4 m.

No se admitirá el empleo de conectores de tornillo en la conexión a la varilla de puesta a tierra.

En el caso de estructuras metálicas, éstas se deben poner a tierra en su totalidad.

7.3.6. INSTALACIÓN DE LOS CONDUCTORES EN LOS DUCTOS

7.3.6.1 Consideraciones generales

Para la instalación de los cables se deben seguir unas recomendaciones básicas, las cuales dependen del tipo de instalación de los mismos. Es muy importante también tener en cuenta las recomendaciones dadas por los fabricantes.

Un buen cable puede resultar afectado si, en el momento de la instalación, se sobrepasan los límites tolerados por el diseño y los componentes del mismo.

Los tipos de instalación, en orden de exigencia sobre el cable son:

- 1- Identificación de las fases: Mediante cintas de colores deben identificarse los conductores para cada fase antes de su tendido.
- 2- Tendido. El cable se lleva a un sitio sin aplicar tensión. Normal para bandejas, canaletas y canalizaciones abiertas.
- 3- Halado en tramo recto. Normal en canalizaciones o ducterías cerradas.
- 4- Halado en tramo con curvas. Normal en instalaciones industriales y edificaciones.

Para todas las instalaciones es conveniente tener las herramientas, dispositivos y materiales adecuados y disponer de personal entrenado que conozca los límites del cable en cuanto a curvatura, tensión máxima aplicable y dispositivos adecuados.

Los soportes de los carretes de conductores deberán ser de construcción fuerte, y se proveerán medios para poder frenar los carretes. Los conductores deberán desenrollarse en la dirección y forma indicados por los fabricantes en los empaques y carretes.

En general los carretes de cables deberán ser cargados, transportados y descargados con cuidado, en tal forma que no se quiebren ni desbaraten y que el conductor no se abolle.

Los conductores deben instalarse usando los carretes del empaque.

En el proceso instalación de los conductores, con cualquier sistema que se utilice para esta labor, se debe evitar que los conductores formen entorches, dobladuras, torceduras, desgastes o carrujas.

En caso de presentarse tal hecho, con deterioro del conductor, se cortará este y se hará un empalme o se reemplazará por otro.

Cuando sea necesario el tendido de los cables en el piso, se deberán instalar protecciones adecuadas, sobre las cuales el conductor se pueda deslizar sin sufrir averías ni dañarse y así protegerlo del paso sobre superficies ásperas, tráfico de personas y animales. Cuando se crucen vías, los conductores deberán ser protegidos de ser pisados por los vehículos y no obstaculizar el tráfico.

En canalizaciones con líneas primarias existentes energizadas o no, deberá tenerse la debida precaución para la instalación de los conductores en tal forma que no hagan contacto con las otras líneas de distribución y no causen esfuerzos en ellas.

En pendientes fuertes los cables deben instalarse de la parte alta hacia la parte baja, reduciendo de ésta manera esfuerzos.

Los parámetros y recomendaciones dadas a continuación son para la instalación de cables en ductos.

7.3.6.2 Máxima tensión de halado

Las excesivas tensiones de halado, especialmente las que exceden los límites elásticos del conductor, pueden causar alargamiento y desplazamiento de los componentes en cables aislados.

El alargamiento puede crear espacios vacíos los cuales son puntos de deterioro por efecto corona.

Para el control de la tensión de halado será empleado dinamómetro debidamente calibrado por entidad acreditada para tal fin por la Superintendencia de Industria y Comercio. Tal labor será llevada a cabo por parte del inspector, acorde con lo exigido por el RETIE en el artículo 47.

La tensión de halado de un cable no debe de exceder el menor de las siguientes condiciones:

- 1- Tensión permisible en el conductor.
- 2- Tensión permisible en el dispositivo de tracción.
- 3- Presión lateral permisible.

Las tensiones máximas permisibles a las que se deben someter los cables, no deberán rebasar los límites recomendados por los fabricantes. Es importante la forma de sujetar el cable para el halado, ya que la tensión varía según el método utilizado.

El halado de un cable en una trayectoria con varias curvas obviamente es más difícil que halar un cable de la misma longitud, pero en un tramo recto. Cuando se hala un cable a través de un ducto recto, la tensión de halado es directamente proporcional a la longitud y al peso del cable.

La tensión no deberá exceder el valor resultante de:

$$T_m = T \times n \times A$$

Donde: T_m = Tensión máxima permisible en Kg.
 T = Tensión en Kg/mm², para el material de que se trate.
 N = Número de conductores.
 A = Área del conductor en mm².

Sin embargo, la tensión máxima no debe ser mayor de 2.200 Kg para cables monofásicos o 2.700 Kg para cables formados por dos o más conductores con calibres mayores a 4 AWG.

7.3.6.3 Consideraciones para cables que deban halarse con malla de acero (condón) sobre chaqueta:

La siguiente fórmula ayuda a calcular la tensión máxima:

$$T_m = K \times T (d - t)$$

Donde: T_m = Tensión máxima sobre la cubierta en Kg.
 K = 2.21 en mm.
 T = Tensión en Kg/mm², para el material de que se trate.
 t = Espesor de la cubierta en mm.
 d = Diámetro sobre la cubierta en mm.

La tensión máxima de halado no deberá ser mayor que 0.7 de la tensión transversal de la cubierta en Kg/mm², y por supuesto, no deberá exceder a la tensión calculada en la formula anterior, siendo la máxima de 450 Kg.

7.3.6.4 Longitud de halado

Es la distancia máxima a que puede halarse un cable durante su instalación, de tal forma que no sufra deterioro por alargamiento, fricción, etc.

7.3.6.5 Presión lateral

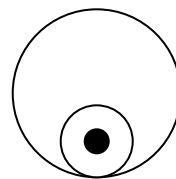
Es la fuerza radial ejercida en el aislamiento y cubierta de un cable en una curva.

Cuando el cable está bajo tensión (tensión de halado) excediendo la máxima presión lateral permisible, el cable puede dañarse por aplastamiento.

Para determinar la presión lateral, se pueden utilizar las siguientes fórmulas, dependiendo de la geometría:

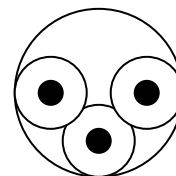
- Un cable por ducto:

$$PL = \frac{T_s}{R}$$



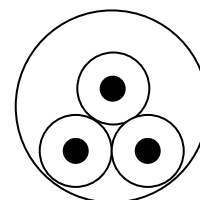
- Tres cables acunados:

$$PLA = \frac{(3W_{3-a} - 2) \times T_{3/A}}{3R}$$



Tres cables en formación triángulo o triplexiado:

$$PLT = \frac{W_{3-t} - T_{3/T}}{2R}$$



Donde:

PL	=	Presión lateral en la curva en Kg/m.
T _s	=	Tensión a la salida de la curva en Kg.
R	=	Radio de la curvatura en metros.
W _{3-A}	=	Factor de corrección por peso para tres cables acunados.
W _{3-T}	=	Factor de corrección por peso para tres cables triplexiados.
T _{3/A}	=	Tensión de halado de tres cables triplexiados a la salida de la curva en Kg.

Para determinar el factor de corrección por peso, se pueden usar las siguientes fórmulas:

Formación acunada:

$$W_{3-A} = 1 + 4/3 \times \left(\frac{d}{D-d} \right)^2$$

Formación triángulo o tríplex:

$$W_{3-T} = \frac{1}{\sqrt{1 - (d/(D-d))^2}}$$

Donde:

D = Diámetro interior del ducto.
d = Diámetro exterior de un cable monofásico.

Las presiones laterales no pueden sobrepasar los **745 kg/m** para los cables VULCANEL y SINTENAX a 15 kV.

7.3.6.6 Radio mínimo de curvatura

En la instalación de cables de energía, es muy frecuente que el doblez dado al cable al ser introducido en los ductos excede el radio mínimo recomendado por el fabricante.

Estos dobleces ocasionan graves lesiones al aislamiento, a las cintas de la pantalla metálicas y/o a la cubierta de plomo.

Cuando el cable tiene cintas metálicas como pantallas, estas sufren deslizamiento de una sobre la otra, ocasionando desacomodo o sea que no vuelven a su estado original.

Si el cable tiene plomo como pantalla electrostática o como cubierta, ésta llega a embombarse en la parte inferior del doblez provocando una posible fractura.

Las radios mínimos de curvatura permitidos en la instalación de cables de energía en la distribución subterránea en el nivel de media tensión son de 12 veces el diámetro total del cable.

7.3.6.7 Fricción del cable dentro del ducto

Normalmente se usa el valor de 0.5 como coeficiente de fricción. Se han medido valores de 0.2 a 0.8, los cuales dependen del tipo de material del ducto, del grado de deterioro del material de la cubierta del cable y del tipo lubricante a usar.

7.3.6.8 Soportes para los cables y premoldeados

Una vez tendidos los cables en los ductos, los cables y/o conectores premoldeados deberán instalarse en soportes adecuados (ménsulas) de fijación a las paredes de las cámaras, a una altura aproximada de 1 metro del piso de las cámaras. Se deberá evitar al máximo que los cables queden en el piso de las cámaras.

Cuando se trate de cámaras en las cuales no se instalen conectores en los cables, éstos podrán asegurarse a los soportes con correas de amarre u otro sistema similar.

Los esquemas anexos contienen una descripción de los soportes recomendados, tanto para los cables como para elementos premoldeados como tes de 600 A.

7.3.6.9 Puesta a tierra de pantallas electrostáticas

Las pantallas electrostáticas serán debidamente puestas a tierra en las cámaras de empalme mediante alambre de cobre calibre 12 AWG aislado en color verde y varilla de puesta a tierra de 5/8" x 2.4 m.

Deben atenderse las instrucciones del fabricante de los terminales y empalmes premoldeados.

7.3.6.10 Revisión y prueba de la línea

Una vez terminada la tendida de los cables en los ductos debe efectuarse una revisión física de los mismos, en cada una de las cámaras, verificando que los cables hayan sido colocados correctamente en los soportes, que las conexiones se encuentren correctas y que no haya contactos a tierra, de los conductores o entre los conductores entre sí.

Una vez efectuada ésta inspección ocular se debe proceder a verificar el aislamiento y continuidad de la línea en cada una de sus fases utilizando un Megger de capacidad adecuada o equipo similar, aislando previamente cada uno de los extremos de la línea.

Acorde con lo establecido en el numeral 8 del artículo 47 del RETIE, la instalación será certificada por un inspector debidamente acreditado para tal fin y su gestión se hará con base en un protocolo de pruebas que será entregado por la División de Distribución de la CHEC y diligenciado con supervisión de personal calificado de la Entidad.

Si las anteriores pruebas resultan satisfactorias se puede energizar la línea.

En el caso de que durante la prueba se detecten fallas, debe procederse a encontrar la falla y corregir la misma hasta obtener el funcionamiento normal de las líneas.

7.4. CABLES AISLADOS PARA 15 kV

Ver especificaciones en numeral **16.8.8.** del capítulo **16. MATERIALES NORMALIZADOS.**

8. PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO

8.1. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN NIVEL DE MEDIA TENSIÓN

8.1.1 PROTECCIÓN CON DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN

Todo afloramiento llevará descargadores de sobretensión de óxido de zinc para 10 kV, MCOV 8.4 kV.

Los descargadores de sobretensión deberán tener una conexión a tierra por medio de cable de cobre desnudo No. 4 AWG a una o varias varillas de acero recubierta en cobre o de cobre de 5/8"x 2.4 m de longitud, con construcción acorde con lo establecido en la presente norma para las puestas a tierra.

Los postes donde se instalen descargadores de sobretensión poseerán ducto interno de 1/2" para el cable de conexión a tierra.

Si el poste es existente se colocará como protector un ducto CONDUIT metálico de 1/2" x 3.0 m, sujeto con tres amarras de cinta band-it de 5/8".

8.1.2 UBICACIÓN DEL CONDUCTOR NEUTRO EN ZONA RURAL

En líneas rurales el conductor que actúe como línea neutra estará dispuesto por encima de los conductores de fase en tal forma que obre como cable de guarda.

Para líneas primarias en zona rural menores de 500 metros se utilizará puesta a tierra en el comienzo y en el final de la línea.

Para longitudes mayores se instalará una puesta a tierra cada 500 m, además de instalarla donde se instalen secciones, descargadores de sobretensión y subestaciones.

8.1.1. SECCIONAMIENTO

Todo ramal primario, monofásico o trifásico, el cual se desprenda de un alimentador principal, cuya longitud sea mayor de 100 m, deberá llevar su sección correspondiente.

En el arranque de toda línea correspondiente a un ramal derivado de un alimentador principal, se dispondrán cortacircuitos monopolares (tipo vela) para corriente nominal mínima permanente de 100 amperios y aislamiento de 15 kV.

En cada subestación será instalada sección con el fusible tipo DUAL correspondiente, acorde con la norma para fusibles en el capítulo de materiales eléctricos.

En la sección se empleará fusible tipo VS coordinado conforme a lo establecido en la norma para fusibles.

8.1.2. FUSIBLES

El tipo de fusible a emplear y su coordinación se harán acordes con la sección fusibles en el capítulo de materiales eléctricos.

8.1.3. RECIERRES AUTOMÁTICOS, SECCIONADORES

Equipos que serán implementados en subestaciones para las derivaciones de líneas de distribución de 13.2 kV.

Cuando se trate de alimentadores de zonas urbanas o rurales de una capacidad tal que requiera ser servida desde la barra de 13.2 kV de la subestación, se requerirá de equipo completo de interrupción, seccionamiento, protección, control y medida.

La capacidad de interrupción continua a 15 kV será acorde con la exigencia de la línea.

El tipo de equipo a emplear será previamente analizado con CHEC para dar uniformidad a los tipos, marcas, referencias y obviamente a los suministros exigidos en el mantenimiento. Esto será aplicable a la totalidad del equipo a instalar.

8.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO

La tabla introducida a continuación muestra las características de los equipos a instalar en las labores de protección y seccionamiento:

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	TENSIÓN NOMINAL 13.2 kV
Descargadores de sobretensión	Tensión nominal:	10 kV
	Máximo Tensión Continuo de Operación	8.4 kV
	BIL	100 kV
	Capacidad de descarga:	10 kA
	Tipo	Oxido de Zinc
Cortacircuitos	Tensión nominal	15 kV
	Capacidad continua	100 A
	BIL	110 kV
	Capacidad de cortocircuito	10 kA
	Tipo	Vela

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	TENSIÓN NOMINAL 13.2 kV
Recierres y seccionadores	Tensión nominal	15 a 17 kV
	Capacidad continua	200 A
	Capacidad interruptiva	4 Ka
	BIL	110 kV

Serán usados descargadores de sobretensión de óxido de zinc (ZnO).

Para la correcta selección de descargadores de sobretensión se deben tener en cuenta la tensión máxima de operación normal del sistema, la magnitud y duración de las sobretensiones temporales TOV durante condiciones de operación anormal; esta información se compara con el MCOV nominal del descargador de sobretensión y con la capacidad TOV del mismo.

El MCOV es aproximadamente el 84% del tensión nominal del ciclo pesado del descargadores de sobretensión, es decir, un pararrayo rateado para 10 kV tendrá un MCOV de 8.4 kV.

ÍNDICE

10. REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA AÉREA	1
10.1. Tensión Nominal	1
10.2. Configuración de la Red	1
10.3. Conductores	1
10.3.1. Cables Dúplex, Tríplex y Cuádruplex	2
10.3.2. Métodos de Identificación	2
10.3.3. Capacidad de Corriente	3
10.3.4. Factores de Corrección para Temperatura Ambiente	4
10.3.5. Tensiones y Flechas de Tendido	4
10.4. Aposos	15
10.4.1. Cimentación	16
10.4.2. Localización e Interdistancia	17
10.5. Aislamiento – Soporte Aislado	18
10.6. HERRAJES	19
10.7. TIPOS DE ESTRUCTURAS	19
10.7.1. Suspensión sencilla	19
10.7.2. Suspensión en ángulo, con viento	19
10.7.3. Terminal	19
10.7.4. Retención	20
10.8. Template	20
10.9. Empalmes y Derivaciones	20
11. REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA SUBTERRÁNEAS	22
11.1. Generalidades	22
11.2. Aspectos Constructivos de Tipo Civil	22
11.2.1. Canalización para la Red Secundaria	22
11.2.2. Cámaras	23
11.2.3. Canalización para Acometidas	25
11.3. Aspectos Constructivos de Tipo Eléctrico	25
11.3.1. Tensión Nominal	25
11.3.2. Configuración de la Red	25
11.3.3. Conductores	26
11.3.4. Empalmes y Derivaciones	27
11.3.5. Afloresamientos	28
11.3.6. Protección	28
12. ACOMETIDAS	29
12.1. Generalidades	29
12.2. Cables para Acometida	29
12.2.1. Certificación y Homologación del Cable Acometida Concéntrica Tecnología SZ	30
12.3. Instalación de la Acometida	30

12.4.	CONEXIÓN DE ACOMETIDAS A LA RED	32
12.4.1.	CAJA DE CONEXIÓN EN RED AÉREA	32
12.4.2.	RED SUBTERRÁNEA	32
12.5.	INSTALACIÓN DE MEDIDORES	33
12.5.1.	INSTALACIÓN DE CAJA PARA DOS O TRES CONTADORES Y UNA SOLA ACOMETIDA:	33
12.5.2.	IDENTIFICACIÓN	33
12.5.3.	CAJAS DE INSTALACIÓN	34
12.6.	DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA	35
	DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA	35
12.7.	PROTECCIÓN	36

10. REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA AÉREA

10.1. Tensión Nominal

En circuitos con alimentación monofásica la tensión nominal será **240/120 V**.

En redes trifásicas residenciales la tensión de servicio nominal es de **208/120 V**.

No se permitirá la utilización de redes servidas por transformadores con tensión secundario nominal 220/127 V en zonas residenciales.

En zonas industriales se podrá analizar su conveniencia, pero la autorización será impartida por la División de Distribución.

10.2. Configuración de la Red

En todo diseño las redes de distribución secundaria tendrán configuración radial.

El calibre de las fases y del neutro siempre será igual para redes en zona urbana. En zona rural el neutro será una galga inferior, excepto para el cable 2 AWG, para el cual será de igual calibre al de las fases.

La red de uso general siempre será trifilar si el transformador es monofásico y trifásica si el transformador es trifásico. Cuando el diseño consagre el empleo de subestaciones trifásicas, no se permitirá la construcción de redes de uso general trifilares o monofásicas.

10.3. Conductores

En las redes de distribución secundaria aéreas se emplearán conductores tipo ASC (Aluminum Stranded Conductors) o cobre, con aislamiento THHN/THWN o XLPE.

Así mismo se emplearán conductores TRIPLEX y CUÁDRUPLEX con aluminio 1350 o aleación de aluminio con silicio y magnesio 6201 AAAC para las fases y aleación AAAC o ACSR para el neutro portante. No se requiere aislamiento para el neutro portante.

Se permitirá el uso de conductores ACSR para las fases en la construcción de redes de baja tensión exclusivamente en zona rural para vanos de longitud superior a los analizados en las tablas del numeral **10.3.6**.

En redes separadas 10 cm el conductor neutro siempre irá en la posición superior y las fases siempre se conectarán así:

La superior siempre será la fase A o R.

La siguiente siempre será la fase B o S.

La siguiente siempre será la fase C o T.

Los calibres mínimos a ser empleados las fases de las redes de baja tensión serán:

MATERIAL	CALIBRE
COBRE XLPE – THHN/THWN	4 AWG
ALUMINIO ASC XLPE – THHN/THWN	2 AWG
ALEACIÓN AAAC XLPE – THHN/THWN	2 AWG

No obstante primará la selección del conductor económico de acuerdo a los planes de expansión que considere la CHEC.

Los conductores tendrán una tensión final no mayor del 35.7% de su carga de ruptura, a la temperatura promedio de la región y sin carga de viento.

En zona urbana el calibre del conductor neutro será como mínimo igual al empleado en las fases. Para la zona rural se acepta el neutro una galga menos, excepto para el calibre mínimo 2 AWG en aluminio, para el cual será de igual calibre al de las fases.

10.3.1. CABLES DÚPLEX, TRÍPLEX Y CUÁDRUPLEX

Los cables aéreos aislados y suspensión propia, están formados de uno, dos o tres conductores de fase, cableados alrededor de un mensajero, desnudo o aislado, el cual además de soportar el cable actúa como conductor neutro. El esfuerzo de tracción del cable es soportado por el conductor portante.

Para vanos superiores a 150 m el conductor neutro debe calcularse para soportar adecuadamente el peso compartido del conductor, sin sobrepasar la carga crítica calculada con un factor de seguridad de 2.8 como mínimo (Tensión de trabajo del 35.7%)

Las conexiones para las acometidas pueden hacerse en cualquier punto del tramo comprendido entre los postes y no necesariamente en éstos.

10.3.2. MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN

Se marca una de las fases o el neutro si es aislado con la información siguiente:

- a) Calibre del conductor AWG.
- b) Material del conductor.
- c) Tipo de aislamiento (XLPE, THHN, THWN).
- d) Tensión nominal 600 V.
- e) Nombre del fabricante.
- f) Tipo de cableado.
- g) Contrato de suministro No. XX cuando es adquirido por CHEC.

El intervalo debe repetirse a intervalos no mayores de 63 cm. El rotulado será impreso en forma indeleble.

Cuando el neutro es aislado, la información del cable va sobre el y c/u de las fases identificadas A, B ó C. En tales condiciones llevará en toda su extensión una franja en color amarillo que lo identifica.

Las fases pueden identificarse alto relieve alternativamente. En éste caso llevará una vena sobresaliente en el aislamiento para la fase A, dos para la B y tres para la C.

Puede marcarse uno de los conductores con metraje secuencial, aunque para adquisiciones propias o contratos de construcción de obra externa se exigirá permanentemente.

10.3.3. CAPACIDAD DE CORRIENTE

Las tablas siguientes indican las capacidades de corriente para conductores de aluminio y cobre suave en instalación al aire libre, para una temperatura ambiente de 30 ° C y temperatura del conductor de 75 ° C y 90 ° C.

CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTOR DE ALUMINIO (A)				
CALIBRE AWG ó MCM	75 ° C THW, THHW, THWN		90 ° C THHN, THWN-2	
	Cables monopolares	Cables monopolares Ductos (no más de 3)	Cables monopolares	Cables monopolares Ductos (no más de 3)
2	135	90	150	100
1/0	180	120	205	135
2/0	210	135	235	150
3/0	240	155	275	175
4/0	280	180	315	205
250	315	205	355	230
300	350	230	395	255

Fuente: Tablas 310-16 y 310-17 del Código Eléctrico Colombiano.

CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTOR DE COBRE (A)				
CALIBRE AWG O MCM	75 ° C THW, THHW, THWN		90 ° C THHN, THWN-2	
	Cables Monopolares	Cables monopolares Ductos (no más de 3)	Cables Monopolares	Cables monopolares Ductos (no más de 3)
8	70	50	80	55
6	95	65	105	75
4	125	85	140	95
2	170	115	190	130
1/0	230	150	260	170
2/0	265	175	300	195
3/0	310	200	350	225
4/0	360	230	405	260
250	405	255	455	290
300	445	285	505	320
500	620	380	700	430

Fuente: Tablas 310-16 y 310-17 del Código Eléctrico Colombiano.

10.3.4. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURA AMBIENTE

TEMPERATURA AMBIENTE °C	60 ° C	75 ° C	90 ° C
21 – 25	1,08	1,05	1,04
26 – 30	1,00	1,00	1,00
31 – 35	0,91	0,94	0,96
36 – 40	0,82	0,86	0,91
41 – 45	0,71	0,82	0,87
46 – 50	0,58	0,75	0,82
51 – 55	0,41	0,67	0,76
56 – 60		0,58	0,71
61 – 70		0,33	0,58
71 - 80			0,41

Fuente: Tabla 310-16 del Código Eléctrico Nacional

10.3.5. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO

A continuación se aprecian las tensiones de tendido y las flechas para el conductor TRIPLEX 2 X 2 AWG + 2 AAAC con un factor de seguridad máximo de 2.8 (35.7% de la tensión de ruptura), fuerza de viento de 60 km/h, vanos entre 50 y 600 m y temperaturas entre 10 y 50 °C.

La tensión de ruptura del conductor portante es de 1,272 kgf, su peso es de 344 kg/km y el conductor neutro se asimila al ASC 2 AWG en lo relacionado con la conductividad.

La tabla siguiente permite conocer los vanos permitidos a las temperaturas que se indican sin disminuir el factor de seguridad de 2.8:

VANOS MÁXIMOS PERMITIDOS PARA TRIPLEX 2 AAAC

CABLE TRIPLEX 2 X 2 AAC + 77.5 kcmil AAAC (EQUIV. 2 AWG) VIENTO 60 Km/h FS 2.8				
VANO	TEMPERATURA	TENSIÓN	FLECHA	F. SEG.
50	15	429.63	0.384	2.96
50	20	403.01	0.410	3.16
50	25	376.91	0.438	3.37
50	30	351.46	0.470	3.62
50	35	326.78	0.505	3.89
50	40	303.05	0.545	4.20
50	45	280.43	0.589	4.54
50	50	259.10	0.637	4.91
60	15	431.45	0.551	2.95
60	20	405.81	0.586	3.13
60	25	380.83	0.624	3.34
60	30	356.62	0.667	3.57

CABLE TRIPLEX 2 X 2 AAC + 77.5 kcmil AAAC (EQUIV. 2 AWG) VIENTO 60 Km/h FS 2.8				
60	35	333.30	0.713	3.82
60	40	311.03	0.764	4.09
60	45	289.95	0.820	4.39
60	50	270.17	0.880	4.71
70	15	433.44	0.747	2.93
70	20	408.85	0.791	3.11
70	25	385.02	0.840	3.30
70	30	362.04	0.894	3.51
70	35	340.04	0.952	3.74
70	40	319.14	1.014	3.99
70	45	299.42	1.081	4.25
70	50	280.98	1.152	4.53
80	15	435.55	0.970	2.92
80	20	412.04	1.026	3.09
80	25	389.35	1.086	3.27
80	30	367.58	1.150	3.46
80	35	346.83	1.219	3.67
80	40	327.17	1.292	3.89
80	45	308.68	1.369	4.12
80	50	291.40	1.450	4.37
90	15	437.74	1.222	2.91
90	20	415.30	1.288	3.06
90	25	393.74	1.359	3.23
90	30	373.12	1.434	3.41
90	35	353.53	1.513	3.60
90	40	335.02	1.597	3.80
90	45	317.62	1.684	4.00
90	50	301.37	1.775	4.22
100	15	439.97	1.501	2.89
100	20	418.59	1.578	3.04
100	25	398.11	1.659	3.20
100	30	378.59	1.744	3.36
100	35	360.07	1.834	3.53
100	40	342.60	1.928	3.71
100	45	326.18	2.025	3.90
100	50	310.83	2.125	4.09
110	15	442.20	1.807	2.88
110	20	421.85	1.894	3.02
110	25	402.41	1.986	3.16
110	30	383.91	2.081	3.31
110	35	366.39	2.181	3.47
110	40	349.87	2.284	3.64
110	45	334.35	2.390	3.80
110	50	319.81	2.499	3.98
120	15	444.41	2.140	2.86
120	20	425.05	2.237	2.99

CABLE TRIPLEX 2 X 2 AAC + 77.5 kcmil AAAC (EQUIV. 2 AWG) VIENTO 60 Km/h FS 2.8				
120	25	406.60	2.339	3.13
120	30	389.06	2.444	3.27
120	35	372.47	2.553	3.42
120	40	356.82	2.665	3.56
120	45	342.10	2.780	3.72
120	50	328.30	2.897	3.87
130	15	446.57	2.499	2.85
130	20	428.17	2.607	2.97
130	25	410.65	2.718	3.10
130	30	394.01	2.833	3.23
130	35	378.28	2.951	3.36
130	40	363.42	3.071	3.50
130	45	349.44	3.194	3.64
130	50	336.31	3.319	3.78
140	15	448.67	2.885	2.84
140	20	431.18	3.002	2.95
140	25	414.54	3.123	3.07
140	30	398.75	3.246	3.19
140	35	383.81	3.373	3.31
140	40	369.69	3.501	3.44
140	45	356.39	3.632	3.57
140	50	343.87	3.764	3.70
150	15	450.70	3.297	2.82
150	20	434.08	3.423	2.93
150	25	418.27	3.553	3.04
150	30	403.26	3.685	3.15
150	35	389.06	3.819	3.27
150	40	375.63	3.956	3.39
150	45	362.95	4.094	3.50
150	50	351.01	4.233	3.62
160	15	452.66	3.735	2.81
160	20	436.85	3.870	2.91
160	25	421.82	4.008	3.02
160	30	407.56	4.148	3.12
160	35	394.04	4.291	3.23
160	40	381.24	4.435	3.34
160	45	369.15	4.580	3.45
160	50	357.73	4.726	3.56
170	20	439.50	4.343	2.89
170	25	425.20	4.489	2.99
170	30	411.62	4.637	3.09
170	35	398.75	4.787	3.19
170	40	386.55	4.938	3.29
170	45	375.00	5.090	3.39
170	50	364.07	5.242	3.49
180	20	442.01	4.841	2.88

CABLE TRIPLEX 2 X 2 AAC + 77.5 kcmil AAAC (EQUIV. 2 AWG) VIENTO 60 Km/h FS 2.8				
180	25	428.41	4.995	2.97
180	30	415.48	5.150	3.06
180	35	403.20	5.307	3.15
180	40	391.56	5.465	3.25
180	45	380.52	5.623	3.34
180	50	370.05	5.782	3.44
190	20	444.40	5.365	2.86
190	25	431.45	5.526	2.95
190	30	419.12	5.688	3.03
190	35	407.41	5.852	3.12
190	40	396.28	6.016	3.21
190	45	385.72	6.181	3.30
190	50	375.69	6.346	3.39
200	20	446.66	5.914	2.85
200	25	434.32	6.082	2.93
200	30	422.57	6.251	3.01
200	35	411.38	6.421	3.09
200	40	400.74	6.592	3.17
200	45	390.63	6.763	3.26
200	50	381.01	6.933	3.34
210	20	448.80	6.489	2.83
210	25	437.03	6.664	2.91
210	30	425.82	6.840	2.99
210	35	415.13	7.016	3.06
210	40	404.95	7.192	3.14
210	45	395.26	7.369	3.22
210	50	386.02	7.545	3.30
220	20	450.82	7.090	2.82
220	25	439.60	7.271	2.89
220	30	428.89	7.453	2.97
220	35	418.67	7.635	3.04
220	40	408.92	7.817	3.11
220	45	399.62	7.999	3.18
220	50	390.75	8.180	3.26
230	20	452.73	7.717	2.81
230	25	442.02	7.904	2.88
230	30	431.78	8.091	2.95
230	35	422.01	8.279	3.01
230	40	412.67	8.466	3.08
230	45	403.74	8.653	3.15
230	50	395.22	8.840	3.22
240	25	444.30	8.562	2.86
240	30	434.51	8.755	2.93
240	35	425.15	8.947	2.99
240	40	416.20	9.140	3.06
240	45	407.63	9.332	3.12

CABLE TRIPLEX 2 X 2 AAC + 77.5 kcmil AAAC (EQUIV. 2 AWG) VIENTO 60 Km/h FS 2.8				
240	50	399.43	9.524	3.18
250	25	446.46	9.245	2.85
250	30	437.09	9.443	2.91
250	35	428.12	9.641	2.97
250	40	419.53	9.839	3.03
250	45	411.30	10.035	3.09
250	50	403.42	10.232	3.15
260	25	448.49	9.954	2.84
260	30	439.52	10.157	2.89
260	35	430.93	10.360	2.95
260	40	422.68	10.562	3.01
260	45	414.77	10.764	3.07
260	50	407.18	10.964	3.12
270	25	450.41	10.689	2.82
270	30	441.82	10.897	2.88
270	35	433.57	11.104	2.93
270	40	425.65	11.311	2.99
270	45	418.04	11.517	3.04
270	50	410.74	11.722	3.10
280	25	452.22	11.450	2.81
280	30	443.98	11.662	2.86
280	35	436.07	11.874	2.92
280	40	428.46	12.084	2.97
280	45	421.14	12.294	3.02
280	50	414.10	12.503	3.07
290	25	453.92	12.236	2.80
290	30	446.03	12.452	2.85
290	35	438.43	12.668	2.90
290	40	431.11	12.883	2.95
290	45	424.07	13.097	3.00
290	50	417.28	13.310	3.05
300	30	447.96	13.269	2.84
300	35	440.66	13.488	2.89
300	40	433.62	13.707	2.93
300	45	426.84	13.925	2.98
300	50	420.29	14.142	3.03
310	30	449.78	14.110	2.83
310	35	442.77	14.334	2.87
310	40	435.99	14.557	2.92
310	45	429.46	14.778	2.96
310	50	423.15	14.999	3.01
320	30	451.51	14.978	2.82
320	35	444.76	15.205	2.86
320	40	438.24	15.432	2.90
320	45	431.94	15.657	2.94
320	50	425.85	15.880	2.99

CABLE TRIPLEX 2 X 2 AAC + 77.5 kcmil AAAC (EQUIV. 2 AWG) VIENTO 60 Km/h FS 2.8				
330	30	453.14	15.871	2.81
330	35	446.64	16.102	2.85
330	40	440.36	16.332	2.89
330	45	434.29	16.560	2.93
330	50	428.41	16.787	2.97
340	35	448.43	17.025	2.84
340	40	442.38	17.258	2.88
340	45	436.52	17.489	2.91
340	50	430.84	17.720	2.95
350	35	450.12	17.973	2.83
350	40	444.28	18.209	2.86
350	45	438.63	18.444	2.90
350	50	433.15	18.678	2.94
360	35	451.72	18.948	2.82
360	40	446.09	19.187	2.85
360	45	440.63	19.424	2.89
360	50	435.34	19.661	2.92
370	35	453.24	19.948	2.81
370	40	447.81	20.190	2.84
370	45	442.54	20.430	2.87
370	50	437.41	20.669	2.91
380	40	449.44	21.219	2.83
380	45	444.34	21.462	2.86
380	50	439.39	21.704	2.89
390	40	450.98	22.273	2.82
390	45	446.06	22.519	2.85
390	50	441.27	22.764	2.88
400	40	452.45	23.354	2.81
400	45	447.69	23.603	2.84
400	50	443.06	23.850	2.87
410	40	453.85	24.461	2.80
410	45	449.25	24.712	2.83
410	50	444.76	24.961	2.86
420	45	450.72	25.847	2.82
420	50	446.38	26.099	2.85
430	45	452.13	27.008	2.81
430	50	447.92	27.262	2.84
440	45	453.47	28.195	2.81
440	50	449.39	28.451	2.83
450	50	450.79	29.667	2.82
460	50	452.13	30.908	2.81
470	50	453.41	32.176	2.81

De igual manera, para el conductor TRIPLEX 2 X 1/0 + 2 en material de aleación AAAC, con 39.25 mm² de área para el conductor portante (77.5 kcmil), 8.05 mm de diámetro, 469

kg/km para el conductor completo, tensión de ruptura 1,272 kg, se tendrán los siguientes vanos máximos:

CABLE TRIPLEX 2 X 1/0 AAC + 77.5 kcmil AAAC (2 AWG) VIENTO 60 KM/H F.S. = 2.8 MIN.				
VANO	TEMPERATURA	TENSIÓN	FLECHA	F. DE SEG.
50	15	430.959	0.447	2.95
50	20	405.976	0.475	3.13
50	25	381.713	0.505	3.33
50	30	358.285	0.538	3.55
50	35	335.816	0.574	3.79
50	40	314.430	0.613	4.05
50	45	294.245	0.655	4.32
50	50	275.357	0.700	4.62
60	15	433.114	0.641	2.94
60	20	409.566	0.678	3.11
60	25	386.847	0.718	3.29
60	30	365.053	0.761	3.48
60	35	344.280	0.807	3.69
60	40	324.614	0.855	3.92
60	45	306.122	0.907	4.16
60	50	288.851	0.961	4.40
70	15	435.374	0.868	2.92
70	20	413.276	0.915	3.08
70	25	392.068	0.964	3.24
70	30	371.824	1.016	3.42
70	35	352.608	1.072	3.61
70	40	334.469	1.130	3.80
70	45	317.439	1.191	4.01
70	50	301.533	1.253	4.22
80	15	437.666	1.128	2.91
80	20	416.989	1.184	3.05
80	25	397.226	1.243	3.20
80	30	378.424	1.304	3.36
80	35	360.619	1.369	3.53
80	40	343.836	1.436	3.70
80	45	328.079	1.505	3.88
80	50	313.343	1.575	4.06
90	15	439.935	1.420	2.89
90	20	420.624	1.485	3.02
90	25	402.218	1.553	3.16
90	30	384.744	1.624	3.31
90	35	368.217	1.697	3.45
90	40	352.639	1.772	3.61
90	45	338.002	1.848	3.76
90	50	324.286	1.927	3.92
100	15	442.140	1.745	2.88

CABLE TRIPLEX 2 X 1/0 AAC + 77.5 kcmil AAAC (2 AWG) VIENTO 60 KM/H F.S. = 2.8 MIN.				
100	20	424.123	1.819	3.00
100	25	406.981	1.895	3.13
100	30	390.725	1.974	3.26
100	35	375.352	2.055	3.39
100	40	360.854	2.137	3.52
100	45	347.212	2.221	3.66
100	50	334.399	2.307	3.80
110	15	444.253	2.101	2.86
110	20	427.450	2.183	2.98
110	25	411.479	2.268	3.09
110	30	396.337	2.355	3.21
110	35	382.011	2.443	3.33
110	40	368.485	2.533	3.45
110	45	355.734	2.624	3.58
110	50	343.730	2.715	3.70
120	15	446.255	2.489	2.85
120	20	430.586	2.580	2.95
120	25	415.695	2.672	3.06
120	30	401.572	2.766	3.17
120	35	388.198	2.861	3.28
120	40	375.552	2.958	3.39
120	45	363.607	3.055	3.50
120	50	352.333	3.152	3.61
130	15	448.139	2.909	2.84
130	20	433.521	3.007	2.93
130	25	419.625	3.106	3.03
130	30	406.435	3.207	3.13
130	35	393.929	3.309	3.23
130	40	382.083	3.412	3.33
130	45	370.871	3.515	3.43
130	50	360.262	3.618	3.53
140	15	449.900	3.360	2.83
140	20	436.254	3.465	2.92
140	25	423.275	3.572	3.01
140	30	410.940	3.679	3.10
140	35	399.228	3.787	3.19
140	40	388.113	3.895	3.28
140	45	377.570	4.004	3.37
140	50	367.571	4.113	3.46
150	15	451.538	3.843	2.82
150	20	438.791	3.955	2.90
150	25	426.654	4.068	2.98
150	30	415.105	4.181	3.06
150	35	404.120	4.294	3.15
150	40	393.676	4.408	3.23
150	45	383.748	4.522	3.31

CABLE TRIPLEX 2 X 1/0 AAC + 77.5 kcmil AAAC (2 AWG) VIENTO 60 KM/H F.S. = 2.8 MIN.				
150	50	374.310	4.636	3.40
160	15	453.057	4.358	2.81
160	20	441.140	4.476	2.88
160	25	429.778	4.594	2.96
160	30	418.950	4.713	3.04
160	35	408.634	4.832	3.11
160	40	398.807	4.951	3.19
160	45	389.445	5.070	3.27
160	50	380.526	5.189	3.34
170	20	443.310	5.028	2.87
170	25	432.662	5.152	2.94
170	30	422.498	5.276	3.01
170	35	412.798	5.400	3.08
170	40	403.539	5.524	3.15
170	45	394.701	5.648	3.22
170	50	386.263	5.771	3.29
180	20	445.312	5.612	2.86
180	25	435.322	5.741	2.92
180	30	425.771	5.870	2.99
180	35	416.638	5.998	3.05
180	40	407.905	6.127	3.12
180	45	399.552	6.255	3.18
180	50	391.561	6.382	3.25
190	20	447.160	6.227	2.84
190	25	437.776	6.361	2.91
190	30	428.789	6.494	2.97
190	35	420.182	6.627	3.03
190	40	411.935	6.760	3.09
190	45	404.033	6.892	3.15
190	50	396.457	7.023	3.21
200	20	448.863	6.874	2.83
200	25	440.039	7.011	2.89
200	30	431.574	7.149	2.95
200	35	423.452	7.286	3.00
200	40	415.657	7.423	3.06
200	45	408.173	7.559	3.12
200	50	400.986	7.694	3.17
210	20	450.434	7.552	2.82
210	25	442.127	7.694	2.88
210	30	434.145	7.835	2.93
210	35	426.473	7.976	2.98
210	40	419.097	8.116	3.04
210	45	412.003	8.256	3.09
210	50	405.178	8.395	3.14
220	20	451.883	8.261	2.81
220	25	444.054	8.407	2.86

CABLE TRIPLEX 2 X 1/0 AAC + 77.5 kcmil AAAC (2 AWG) VIENTO 60 KM/H F.S. = 2.8 MIN.				
220	30	436.518	8.552	2.91
220	35	429.264	8.697	2.96
220	40	422.278	8.841	3.01
220	45	415.548	8.984	3.06
220	50	409.062	9.126	3.11
230	20	453.221	9.003	2.81
230	25	445.833	9.152	2.85
230	30	438.712	9.301	2.90
230	35	431.846	9.449	2.95
230	40	425.223	9.596	2.99
230	45	418.833	9.742	3.04
230	50	412.664	9.888	3.08
240	25	447.478	9.929	2.84
240	30	440.742	10.080	2.89
240	35	434.236	10.231	2.93
240	40	427.952	10.382	2.97
240	45	421.878	10.531	3.02
240	50	416.007	10.680	3.06
250	25	448.999	10.737	2.83
250	30	442.620	10.891	2.87
250	35	436.451	11.045	2.91
250	40	430.482	11.199	2.95
250	45	424.706	11.351	3.00
250	50	419.113	11.502	3.03
260	25	450.408	11.577	2.82
260	30	444.361	11.734	2.86
260	35	438.505	11.891	2.90
260	40	432.831	12.047	2.94
260	45	427.333	12.202	2.98
260	50	422.002	12.356	3.01
270	25	451.714	12.448	2.82
270	30	445.976	12.608	2.85
270	35	440.412	12.767	2.89
270	40	435.014	12.926	2.92
270	45	429.776	13.083	2.96
270	50	424.691	13.240	3.00
280	25	452.925	13.351	2.81
280	30	447.475	13.514	2.84
280	35	442.184	13.676	2.88
280	40	437.044	13.837	2.91
280	45	432.050	13.996	2.94
280	50	427.196	14.156	2.98
290	25	454.050	14.287	2.80
290	30	448.869	14.452	2.83
290	35	443.833	14.615	2.87
290	40	438.935	14.779	2.90

CABLE TRIPLEX 2 X 1/0 AAC + 77.5 kcmil AAAC (2 AWG) VIENTO 60 KM/H F.S. = 2.8 MIN.				
290	45	434.170	14.941	2.93
290	50	429.534	15.102	2.96
300	30	450.166	15.421	2.83
300	35	445.368	15.587	2.86
300	40	440.697	15.752	2.89
300	45	436.148	15.916	2.92
300	50	431.716	16.080	2.95
310	30	451.374	16.422	2.82
310	35	446.800	16.590	2.85
310	40	442.341	16.757	2.88
310	45	437.994	16.924	2.90
310	50	433.755	17.089	2.93
320	30	452.501	17.455	2.81
320	35	448.136	17.625	2.84
320	40	443.877	17.794	2.87
320	45	439.720	17.962	2.89
320	50	435.663	18.130	2.92
330	30	453.552	18.520	2.80
330	35	449.384	18.692	2.83
330	40	445.313	18.863	2.86
330	45	441.336	19.032	2.88
330	50	437.449	19.202	2.91
340	35	450.551	19.790	2.82
340	40	446.656	19.963	2.85
340	45	442.848	20.134	2.87
340	50	439.124	20.305	2.90
350	35	451.644	20.921	2.82
350	40	447.915	21.095	2.84
350	45	444.267	21.268	2.86
350	50	440.695	21.440	2.89
360	35	452.668	22.083	2.81
360	40	449.096	22.259	2.83
360	45	445.598	22.434	2.85
360	50	442.170	22.607	2.88
370	35	453.629	23.278	2.80
370	40	450.204	23.455	2.83
370	45	446.848	23.631	2.85
370	50	443.557	23.806	2.87
380	40	451.246	24.683	2.82
380	45	448.023	24.860	2.84
380	50	444.862	25.037	2.86
390	40	452.225	25.942	2.81
390	45	449.130	26.121	2.83
390	50	446.090	26.299	2.85
400	40	453.147	27.234	2.81
400	45	450.172	27.414	2.83

CABLE TRIPLEX 2 X 1/0 AAC + 77.5 kcmil AAAC (2 AWG) VIENTO 60 KM/H F.S. = 2.8 MIN.				
400	50	447.248	27.594	2.84
410	40	454.016	28.558	2.80
410	45	451.154	28.740	2.82
410	50	448.341	28.920	2.84
420	45	452.081	30.097	2.81
420	50	449.372	30.278	2.83
430	45	452.957	31.486	2.81
430	50	450.347	31.668	2.82
440	45	453.785	32.907	2.80
440	50	451.268	33.091	2.82
450	50	452.141	34.545	2.81
460	50	452.967	36.032	2.81
470	50	453.750	37.550	2.80

En los cálculos se ha empleado el valor de 6,500 kg/mm² para el módulo de elasticidad y $23 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ para el coeficiente de dilatación lineal, correspondientes al cable AAAC.

10.4. APOYOS

Para la construcción de redes de distribución secundaria en zona urbana se emplearán postes de concreto de ocho (8) metros, con una resistencia a la ruptura en punta de 510 kg, centrifugados o vibrados.

La construcción se ceñirá a lo contemplado en la norma técnica NTC 1329 tercera revisión.

En sitios en los cuales las edificaciones son considerablemente altas y el andén es angosto, se emplearán postes de concreto de mayor altura (10, 12 m), de acuerdo con la necesidad.

En zona rural serán utilizadas además torres metálicas de sección triangular o cuadrada, de 7 metros de altura en ángulo de $1 \frac{1}{2}'' \times 1 \frac{1}{2}'' \times 1 \frac{1}{8}''$, por $\frac{3}{16}''$ o por $\frac{1}{4}''$ (150, 250 y 350 kg de resistencia en la punta respectivamente) con riostras desde la base.

La tabla siguiente permite conocer los vanos máximos de tendido para las diferentes torres en los calibres indicados del cable TRIPLEX y CUÁDRUPLEX sin la instalación de templetes laterales opuestos a la fuerza de viento:

VANOS MÁXIMOS A SER TENDIDOS SOBRE TORRECILLAS METÁLICAS SIN TEMPLETES ADICIONALES Y VELOCIDAD DEL VIENTO 80 KM/HORA						
TORRE DE 7 M CON CABLE ACSR						
TORRE	2 ACSR N° 2	3 ACSR N° 2	2 ACSR N° 0	3 ACSR N° 0	2 ACSR N° 00	3 ACSR N° 00
100 KG	131	87	104	70	93	62
150 KG	190	127	151	101	135	90
250 KG	326	217	259	173	231	154

VANOS MÁXIMOS A SER TENDIDOS SOBRE TORRECILLAS METÁLICAS SIN TEMPLETES ADICIONALES Y VELOCIDAD DEL VIENTO 80 KM/HORA						
TORRE DE 7 M CON CABLE ACSR						
TORRE	2 ACSR N° 2	3 ACSR N° 2	2 ACSR N° 0	3 ACSR N° 0	2 ACSR N° 00	3 ACSR N° 00
350 KG	432	288	343	229	306	204
TORRE DE 7 M CON CABLE MÚLTIPLEX						
TORRE	DUPLEX 2	TRIPLEX 2	TRIPLEX 1/0	TRIPLEX 2/0	CUADRUPLIX 2	CUADRUPLIX 1/0
100 KG	120	105	81	75	92	71
150 KG	173	152	117	108	133	103
250 KG	297	261	202	186	228	176
350 KG	394	345	267	246	302	233
TORRE DE 8 M CON CABLE ACSR						
TORRE	2 ACSR N° 2	3 ACSR N° 2	2 ACSR N° 0	3 ACSR N° 0	2 ACSR N° 00	3 ACSR N° 00
100 KG	133	89	106	71	94	63
150 KG	193	129	154	102	137	91
250 KG	326	218	260	173	232	154
350 KG	433	289	344	230	307	205
TORRE DE 8 M CON CABLE MÚLTIPLEX						
TORRE	DUPLEX 2	TRIPLEX 2	TRIPLEX 1/0	TRIPLEX 2/0	CUADRUPLIX 2	CUADRUPLIX 1/0
100 KG	121	106	82	76	93	72
150 KG	176	154	119	110	135	104
250 KG	298	261	202	186	228	177
350 KG	395	346	268	246	303	234

Las características de fabricación de las torres se especifican en el capítulo 15.8.

No se admitirá el uso de postería de madera o rieles en la construcción de nuevas redes.

10.4.1. CIMENTACIÓN

La torre de 8 m será concretada con las cantidades incluidas en la tabla siguiente, empleando concreto ciclópeo con un aporte de piedra mediana del 40% y cubrirá la torre en su empotramiento y hasta 10 cm por encima de la rasante del terreno.

En este caso se concretará la totalidad de la base en una altura de 1.3 m en las proporciones siguientes:

BASE TORRE DE 8 M

APORTE ARENA	0.052 m ³	5.21 baldes
APORTE GRAVILLA	0.104 m ³	10.72 baldes
APORTE CEMENTO	32.92 kg	0.66 sacos
APORTE PIEDRA	0.073 m ³	7.32 baldes

Si se trata de una torre de 7 m, la composición del concreto de su base se aprecia en la siguiente tabla, con una cimentación de 1.15 m de altura:

BASE TORRE DE 7 M		
APORTE ARENA	0.041 m ³	4.14 baldes
APORTE GRAVILLA	0.83 m ³	8.28 baldes
APORTE CEMENTO	26.14 kg	0.52 sacos
APORTE PIEDRA	0.058 m ³	5.81 baldes

Un metro cúbico equivale a veinticinco carretas o a cien baldes de mezcla y un balde a tres paladas de material y a ocho litros de agua.

10.4.2. LOCALIZACIÓN E INTERDISTANCIA

Los apoyos se localizarán en lo posible en el lindero de las edificaciones o lotes urbanizados evitando obstaculizar accesos.

Se admitirá una distancia máxima entre apoyos de 35 metros en zona urbana, aunque estará supeditada a la máxima longitud de las acometidas domiciliarias de 15 metros y a la utilización del apoyo para alumbrado público.

En andenes sin zona verde ni antejardín, el poste se ubicará en el borde exterior limitando con la vía, pero incluido totalmente dentro del andén.

En andenes con zona verde al borde de vía, el apoyo se ubicará en la zona verde en el límite con la zona dura del andén.

En zonas donde existan antejardines, el apoyo se ubicará preferiblemente en el límite entre el andén y la citada zona, incluido totalmente en ésta última.

La profundidad de hincada del poste será el 15% de su altura, lo que equivale a 1.2 m para el poste de 8 metros y 1.05 m para torre de 7 m.

El diámetro de la perforación será mayor al de la base del poste en 20 cm, suficientes para la introducción del pisón.

En sitios con nivel freático alto se empleará el mismo método seguido para el empotramiento de apoyos primarios.

Siempre que el poste sea empotrado en áreas duras (vías o andenes) se restaurará la superficie dura en una profundidad de 10 cm, con igual acabado al existente.

Se permitirá la ubicación de postes en cercanías a las esquinas siempre y cuando no se obstaculice el giro de automotores con el poste o su templete. Lo anterior facilitará en lo posible los cruces de la red hacia otras estructuras de tal manera que los empalmes aéreos o "goteras" se minimicen o se omitan.

En vías con un ancho superior a 6 metros se exigirá la ubicación de postería bilateral, alternada preferiblemente.

Deben tenerse presente las reglamentaciones existentes en los diferentes municipios que la CHEC atiende en lo referente a la ubicación de postería en plazas principales, parques, etc., con la finalidad de evitar su planeamiento o uso cuando no se permita, para lo cual deberá tenerse en cuenta la “ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (pot.)”, la que se basó en una metodología propuesta en el desarrollo de tres pasos. Cada paso corresponde a la organización en secuencia de los puntos que según la Ley 388 de 1997 debe contener el POT. El primer paso se centra en el desarrollo del Componente General, el segundo en los Componentes Territoriales (lo regional, lo urbano y lo rural) y el tercero corresponde a la Ejecución del Plan (documentos que deben constituir el pot., los instrumentos de gestión y una propuesta de indicadores)

10.5. AISLAMIENTO – SOPORTE AISLADO

El espesor del aislamiento se adopta de la tabla siguiente:

Calibre	Espesor mínimo de aislamiento para cables tipo TW y THW (mm)		Espesor mínimo de aislamiento de PVC cables tipo THHN (mm)		Espesor mínimo de aislamiento NYLON para cable THHN (mm)
	Promedio	Cualquier punto	Promedio	Cualquier punto	Cualquier punto
8	1.14	1.02	0.76	0.69	0.13
6	1.52	1.37	0.76	0.69	0.13
4	1.52	1.37	1.02	0.91	0.15
2	1.52	1.37	1.02	0.91	0.15
1/0	2.03	1.83	1.27	1.14	0.18
2/0	2.03	1.83	1.27	1.14	0.18
3/0	2.03	1.83	1.27	1.14	0.18
4/0	2.03	1.83	1.27	1.14	0.18

Se emplearán aisladores tipo yoyo de 3" de porcelana o vidrio fabricados bajo las normas ANSI 53.3 cuyas características son las siguientes:

Detalles	ANSI 53.3
Resistencia transversal	1.814.36 kg
Altura	8.1 cm
Diámetro interior	5 cm

Se aceptará la implementación de aisladores elastoméricos (EPDM) que cumpla con las normas para éste tipo de material.

10.6. HERRAJES

Para la red construida en cable TRIPLEX o CUÁDRUPLEX se emplearán aisladores de yoyo de 3" sobre percha de un puesto, tanto para suspensión como para retención.

Como alternativa podrá emplearse grapa recta para el cable portante en las estructuras de retención.

Para la construcción de las redes de distribución secundaria rural, las estructuras poseerán perchas fabricadas en ángulo de 1/8"x 1", con la existencia de una hasta tres por torre, según el destino que se le de a la estructura.

10.7. TIPOS DE ESTRUCTURAS

Los siguientes tipos de estructuras serán empleados:

10.7.1. SUSPENSIÓN SENCILLA

Soportará la red secundaria en vanos entre retenciones sin deflexión alguna.

El herraje se sujeta al poste empleando tornillos de máquina galvanizado en caliente de 5/8" x 7", doble arandela y guasa, aunque se podrá emplear si se desea la cinta band-it de 5/8".

Obviamente en poste de concreto que soporte la red primaria deberá emplearse ésta última, al igual que en estructuras metálicas cuando se requiere percha adicional y en poste de concreto de 8 m con más de una salida.

10.7.2. SUSPENSIÓN EN ÁNGULO, CON VIENTO

Se utilizará cuando existe un ángulo en la ruta de tendido no mayor de 30°.

La estructura anterior combinada con un templete en la bisectriz del ángulo de la deflexión que forman las líneas coincidentes.

10.7.3. TERMINAL

Es la estructura final de un ramal de baja tensión y requiere el templete correspondiente que absorba la tensión del vano recibido.

Una estructura doble terminal será adicionalmente aquella en la cual confluyen dos finales de dos circuitos secundarios adyacentes.

En razón de los posibles diferentes calibres confluyentes se emplearán templetes para absorber las diferentes tensiones o cuando hay ángulo entre las líneas coincidentes de igual calibre.

10.7.4. RETENCIÓN

Como se ha mencionado, cuando existe una deflexión en la ruta de tendido superior a los 30°, la estructura llevará herrajes terminales, cada una orientada en uno de los sentidos del tendido, con un templete opuesto al mismo.

Se sujeta al apoyo empleando cinta band-it de 5/8".

En éste caso la estructura no se admitirá el empleo de un único templete en la bisectriz del ángulo de la deflexión.

10.8. TEMPLETES

En la construcción de redes de distribución secundaria se emplearán los mismos tipos de templetes enumerados en la parte pertinente para las redes primarias, con los cambios que a continuación se mencionan:

- a) El cable de acero galvanizado a utilizar será mínimo de 1/4" con resistencia a la ruptura no inferior a 6.500 lbf.
- b) Se emplearán en todos los casos aisladores tensores de 3 ½".
- c) La varilla de anclaje será de ½ " x 1.5 metros galvanizada en caliente. En casos especiales, cuando los vanos de tendido son excesivamente largos, principalmente en zonas rurales, se emplearán varillas de anclaje de 5/8 " x 1.8 metros.
- d) El guardacabo a emplear será siempre de 1/2" galvanizado en caliente.
- e) Como anclaje se usará vigueta de concreto de 0.30 m o retal de ángulo de 3" x ¼ x 0.30 m.

10.9. EMPALMES Y DERIVACIONES

Aunque los conectores de los bornes de baja tensión de los transformadores son bimetálicos, se derivará de ellos (bajante) en conductor de cobre, el cual será conectado al conductor de aluminio del mismo calibre de la red o superior empleando conectores apropiados que garanticen excelente contacto y estanco a la introducción de aire, contaminantes, humedad.

El conductor de cobre será de longitud suficiente para un adecuado empalme y para conectarse al borne siempre por la parte superior del conector del transformador.

El conductor de cobre se empalma en la mitad del tramo de aluminio a usar. El calibre del conductor de cobre y el número de bajantes así construidas estarán de acuerdo con la

capacidad instalada en la subestación, con cubrimiento adicional de sobrecarga hasta del 50%.

Toda conexión de cables de aluminio a bornes de transformador requiere del empleo del terminal bimetálico adecuado, de acuerdo con la norma respectiva.

El conductor de acometida en cobre se conectará a la red secundaria en aluminio mediante conectores bimetálicos que garanticen una excelente conexión o mediante caja portabornera.

Se deberán utilizar conectores apropiados recomendados por los fabricantes en el caso de redes tríplex o cuádruplex, tales como tipo cuña, compresión o perforación de aislamiento.

Los empalmes en las estructuras en retención se harán siempre con conductores del mismo calibre de aquella y en la forma antes indicada para las bajantes a la red, aunque se permite el empleo de conectores bimetálicos ya sea de compresión o tipo cuña apropiados.

No se utilizarán los conectores de tornillo partido.

11. REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA SUBTERRÁNEAS

11.1. GENERALIDADES

Las redes de distribución secundaria subterránea son construidas en aquellas zonas en las cuales las autoridades administrativas de los municipios servidos por la CHEC, el propio CHEC o el urbanizador decidan que son preferibles a las aéreas para preservar de contaminación visual el medio ambiente.

Es muy importante tener presente que generalmente se apela a éste recurso para preservar parques, plazas principales y determinadas zonas que se verían comprometidas estéticamente con el empleo de postería y, aunque no haya una reglamentación escrita en la mayoría de municipios, la autoridad vigente tiene las facultades para exigir su cumplimiento cuando lo considere conveniente.

11.2. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE TIPO CIVIL

11.2.1. CANALIZACIÓN PARA LA RED SECUNDARIA

Será empleada tubería PVC uso eléctrico tipo DB (Norma NTC 1630) o TDP (Norma NTC 3363) con un diámetro no inferior a 3".

La pendiente no será inferior al 1 % entre cámaras consecutivas.

Se tenderán como mínimo tres ductos del mismo diámetro en la totalidad de la red.

La distancia entre la rasante del terreno y la parte superior del ducto o banco de ductos no será inferior a 0.5 m por andenes o zonas verdes y a 0.7 m en el cruce de vías vehiculares.

Se tendrá siempre en cuenta disponer del 60% del área útil del ducto libre para ventilación.

Se evitará al máximo la construcción de canalizaciones sobre vías.

Se evitará al máximo la construcción de canalizaciones secundarias sobre las primarias. Preferiblemente, deberán ocupar corredores independientes.

La canalización se efectuará en el eje del andén cuando no haya zonas verdes y por ellas cuando existan.

La distancia mínima de la canalización con respecto al paramento de las edificaciones es 80 cm.

Se tendrán en cuenta la totalidad de instrucciones incluidas en el capítulo que hace referencia a la construcción de redes de distribución primaria subterránea en lo que respecta a la separación entre ductos, ancho y profundidad de canalización, arena de compactación, banda plástica de aviso de peligro, material de base compactado y acabado.

Los ductos terminarán en las cámaras en la campana de fabricación de los mismos o en adaptadores tipo campana o hacer un emboquillado de aproximadamente 5 centímetros de profundidad y 45 grados de inclinación a la llegada del ducto o banco de ductos.

11.2.2. CÁMARAS

Se construirán cámaras cada 25 m como máximo y en todo cambio de pendiente o de dirección, además de exigirse en cada derivación de acometidas o para la instalación de equipos de cualquier índole.

Las cámaras para conexión de acometidas en red subterránea tendrán una dimensión interior libre no inferior a 0.80 m x 0.80 m de lado por 1.0 m de profundidad para las cámaras construidas en andenes y de 1.3 m de profundidad para las construidas en vías vehiculares. Las dimensiones son libres e internas.

Las paredes de las cámaras se construirán con bloque estructural de 14*20*40 cm³. Como alternativa se podrán construir en concreto (vacías).

La losa superior y el piso se construirán en concreto de 3000 psi para cámaras situadas en zonas verdes o andenes y de 4000 psi para las cámaras situadas en vías vehiculares.

En cuanto a las cámaras con paredes en concreto, para, las paredes de las ubicadas en zonas verdes o andenes se construirán en concreto simple 1:2:3, de 10 cm de espesor como mínimo.

Las cámaras situadas en vías vehiculares requerirán en su pared un refuerzo en varilla de hierro de 3/8" formando malla con ventana de 0.2 m de lado.

Para las cámaras ubicadas en los andenes las tapas podrán ser de concreto o metálicas; para las cámaras ubicadas en las vías las tapas serán metálicas.

Las tapas de las cámaras deben llevar el nombre "CHEC" y el año de fabricación. Se marcarán con el código del sistema georeferenciado de administración de redes en bajo relieve.

Las tapas metálicas deberán poseer dispositivo de seguridad que impida el hurto de las mismas, según especificaciones incluidas en el capítulo de materiales. Si es posible la marcación durante la fabricación se apelará a éste recurso.

En caso de no lograrse esto último se empleará pintura de esmalte para tráfico, acorde con las especificaciones siguientes:

Se pintará un rectángulo de 10 cm de ancho por 40 cm de altura en esmalte amarillo o naranja, con un tiempo de secado no menor de 1 día. Sobre el mismo se imprimirá el código (8 dígitos para red secundaria) empleando esmalte de color azul oscuro en aerosol.

Los dígitos tendrán 4 cm de ancho para las letras y 3 cm para los números. La altura de ambos es de 4 cm como máximo.

La tapa será de 0.90 m x 0.90 m de lado y de 6.35 cm de espesor mínimo.

La tapa en su borde tendrá un marco en ángulo metálico de 2 1/2" * 2 1/2" * 1/4" que actuará como soporte de la misma y construida en concreto de 210 kg/cm², reforzado con parrilla de 7 varillas de hierro de 1/2".

La tapa descansará igualmente sobre un marco similar (marco recibidor) de 5 mm adicionales a cada lado, con los amarres respectivos; dos por lado.

Para sujetar la tapa se tendrán dos (2) agarraderas en varilla de hierro de 1/2" debidamente formadas y fijadas entre dos tramos de tubería galvanizada de 1".

Para terrenos de alto nivel freático la cámara poseerá conexión con el alcantarillado para evacuación de las aguas lluvias, con un sifón en PVC. En terreno normal llevará un filtro en la base de 30*30*30 cm como mínimo.

La ubicación de cámaras se hará en zonas que no ofrezcan obstáculos posteriores que puedan bloquear las tapas de acceso.

Aparte de los requerimientos de cámaras para la conexión de acometidas (una por cada cuatro acometidas), se implementarán cámaras cada 30 metros longitudinales en la canalización, en los cambios de dirección y en los extremos de los cruces de vías.

Debe tenerse presente que la tubería no debe sobresalir de la pared de la cámara y en la embocadura irá siempre una campana (de fabricación como parte del tubo o como implemento de remate del ducto, adaptador tipo campana) o hacer un emboquillado de aproximadamente 5 centímetros de profundidad y 45 grados de inclinación a la llegada del ducto o banco de ductos.

Las cámaras serán ubicadas fuera de áreas de circulación vehicular. Preferiblemente en andenes o zonas verdes.

Para mayor información consultar los esquemas de norma correspondientes a las cámaras.

11.2.3. CANALIZACIÓN PARA ACOMETIDAS

Toda acometida en red subterránea se canalizará en tubería conduit para uso eléctrico (plástica o metálica galvanizada) de la dimensión adecuada de acuerdo con los calibres, número de conductores y tipo de cable empleado (convencional o neutro concéntrico), teniendo en cuenta un área libre no inferior al 60%.

La tubería no deberá tener más de dos (2) curvas en todo su trayecto y su longitud total no excederá los 15 m reglamentarios hasta el tablero del contador.

De cada cámara podrán tomarse máximo cuatro (4) ó (5) acometidas que alimentarán igual número de viviendas o inmuebles, todas ubicadas adyacentes a la cámara. Para un número de acometidas mayor se requerirá de cámaras de mayores dimensiones. Las viviendas ubicadas al frente de éstas y separadas por una vía de cualquier especificación, exigirán construcción de canalización transversal y cámara propia de las mismas especificaciones a las iniciales.

Se tenderá tubería independiente para cada contador salvo en caso de edificaciones multifamiliares o multicomerciales con varios contadores localizados en un mismo sitio, en cuyo caso se continuará la red secundaria a un barraje de alimentación.

La profundidad mínima de la tubería será de 20 a 30 cm respecto a la rasante del terreno, en andenes. En cruce de vías vehiculares la citada distancia será mínimo de 70 cm.

En su ruta se respetará los corredores de servicios públicos.

11.3. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE TIPO ELÉCTRICO

11.3.1. TENSIÓN NOMINAL

Las redes de distribución secundarias subterráneas pueden ser trifásicas o monofásicas, dependiendo del tipo de transformador que las alimenta.

En redes monofásicas la tensión de servicio nominal será **240/120 V** y en redes trifásicas la tensión de servicio nominal será **208/120 V** (Norma NTC 1340).

No se permitirá la utilización de redes de distribución servidas por transformadores con tensión secundario nominal 220/127 V en zonas residenciales y/o comerciales. En los casos de zonas industriales se podrá analizar su conveniencia.

11.3.2. CONFIGURACIÓN DE LA RED

En todo diseño las redes de distribución secundaria tendrán configuración radial.

No obstante y con orientación de CHEC se podrán emplear anillos.

11.3.3. CONDUCTORES

Solo se admitirán conductores de cobre aislados tipo XLPE o THHN/THWN y el calibre mínimo a emplear será 2 AWG.

Las redes subterráneas deben tener marcación de fases así: A, B, C, N o por colores Amarillo, Azul, Rojo en reemplazo de A, B, C respectivamente.

Las redes de distribución secundaria subterránea serán construidas en aquellas zonas en las cuales las autoridades administrativas de los municipios servidos por la CHEC, el propio CHEC o el urbanizador decidan que son preferibles a las aéreas para preservar de contaminación visual del medio ambiente.

Es muy importante tener presente que generalmente se apela a éste recurso para preservar parques, plazas principales y determinadas zonas que se verían comprometidas estéticamente con el empleo de postería y, aunque no haya una reglamentación escrita en la mayoría de municipios, la autoridad vigente tiene las facultades para exigir su cumplimiento cuando lo considere conveniente.

Parte de los aspectos descritos anteriormente para las redes secundarias aéreas son aplicables a las subterráneas.

En la selección del calibre del conductor se tendrán en cuenta criterios económicos.

Podrán emplearse también cables tríplex o cuádruplex, con restricciones en cuanto a cargabilidad y métodos constructivos y estos serán tipo subterráneo UL (Underground Line). Los aislamientos de dichos cables serán exclusivamente de Polietileno Reticulado (XLPE).

Los cables deberán estar marcados apropiadamente como lo menciona el aparte correspondiente para red aérea.

En todos los casos el calibre del conductor neutro será como mínimo igual al empleado en las fases.

No se admitirán cambios de calibre de conductor a lo largo de la canalización (Telescopia).

Para empalmes y derivaciones se emplearán barrajes, conectores de compresión o conectores tubulares apropiados para las redes subterráneas.

Se debe diseñar con las capacidades nominales de los conductores canalizados por ductos, en los cuales el incremento de la temperatura y la poca posibilidad de aireación reducen sensiblemente la capacidad de conducción.

Para ductos subterráneos o banco de ductos a todos los conductores del mismo calibre se les aplicará la tabla siguiente, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

Temperatura ambiente:	30 ° C
Temperatura conductor:	75 ° C
Resistividad Térmica:	90 ° C x Cm x W
Factor de carga:	100%

CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE COBRE EN DUCTOS Y BANCO DE DUCTOS (A)			
CALIBRE AWG ó MCM	3 CABLES EN BANCO DE DUCTOS	6 CABLES EN BANCO DE DUCTOS	9 CABLES EN BANCO DE DUCTOS
2	131	115	108
4	101	89	83
6	77	69	65
8	59	53	50
1/0	172	149	139
2/0	196	169	158
3/0	223	193	179
4/0	256	220	204
250	281	241	223
300	312	266	246
500	418	353	325

11.3.4. EMPALMES Y DERIVACIONES

Podrán emplearse conectores de uso subterráneo o barrajes (regletas) de conexión para la realización de empalmes de los cables o para derivaciones de la red secundaria.

La aceptación de otros tipos de conectores o sistemas de conexión estará sujeta a la aprobación de CHEC.

Se tomarán en consideración los avances tecnológicos pero se deberá garantizar hermeticidad en la conexión y funcionamiento normal ante situaciones adversas como inundaciones temporales en las cámaras.

La derivación de las redes de distribución subterráneas se hará preferiblemente empleando barrajes. Los barrajes serán del tipo subterráneo y aptos para ser instalados en cámaras, con las siguientes características:

- 1- Parte metálica construida en cobre.
- 2- Aislamiento resistente al agua, la rotura, abrasión y al envejecimiento. Rango de temperaturas entre 0 y 90 Grados Centígrados.
- 3- De 3, 4, 5 ó 6 Vías.
- 4- Tensión nominal de 600 Voltios.
- 5- Corriente nominal de 175 A y 500 A, entre otros.

- 6- Rango de conductores como mínimo desde 8 AWG hasta 1/0 para los barrajes de 175 A y desde 8 AWG hasta 4/0 para los barrajes de 500 A.

Se dispondrán en las cámaras de barrajes de varias vías (uno para cada fase y para el neutro) sujetos a las paredes de aquellas mediante herrajes adecuados. Los herrajes podrán ser asegurados a las paredes de las cámaras mediante pernos de expansión de $1/2 \times 2 \frac{1}{4}$ "; dos por cada herraje. Los herrajes sujetarán los barrajes de forma firme y permitirán la conexión de los cables en forma estética, limpia y organizada.

Los fabricantes de barrajes incluyen en ellos las referencias de los aditamentos que deben ser incluidos en determinados usos, con las indicaciones precisas para su correcto empleo, las que deben ser seguidas estrictamente.

Los conductores de la red secundaria en los barrajes serán posteriormente recubiertos con capas de cinta aislante para uso a la intemperie y resistente a la humedad, conformando un sello que garantice hermeticidad a la humedad, ya que los barrajes son del tipo subterráneo.

Los cables de distribución se conectarán a los barrajes mediante conectores de compresión adecuados.

Todo empalme se debe realizar en las cámaras; no se podrán realizar empalmes que queden en los ductos.

11.3.5. AFLORAMIENTOS

Todo afloramiento secundario se hará a través de tubo conduit metálico galvanizado de sección adecuada para disponer del 60% del área del mismo libre para ventilación, con longitud de 6 m, sujeto a las fachadas de las edificaciones mediante abrazaderas adecuadas o a los postes mediante tres amarres de cinta band-it de $5/8"$, uno de los cuales irá a 0.50 m de la superficie del terreno y otro a 0.50 m del extremo superior del tubo.

11.3.6. PROTECCIÓN

El neutro del circuito secundario será continuo en las cámaras donde no haya derivación de acometidas y se conectará a tierra en el transformador de distribución, en las cámaras donde haya derivaciones de red o de acometidas, y en las cámaras terminales del circuito.

El neutro del circuito secundario estará conectado al neutro del transformador y a la carcasa de éste, la cual a su vez estará rígidamente puesta a tierra.

La varilla de puesta a tierra existente en el neutro del contador proporcionará protección contra rupturas accidentales del neutro de la red y la posibilidad consecuente de alteración de las tensiones con el perjuicio adicional a personas y bienes.

12. ACOMETIDAS

12.1. GENERALIDADES

La regulación máxima permitida en la acometida de la red al usuario será del 1.5%.

La longitud máxima de cada acometida será de 15 m desde los barrajes ubicados en las cámaras hasta la bornera del contador.

El número máximo de acometidas por barraje en red subterránea será de cinco (5) acometidas. En red aérea el máximo será de ocho (8) por cada caja portabornera.

Podrán instalarse varias cajas portaborneras en cada poste según la necesidad.

El neutro de toda acometida deberá estar puesto a tierra mediante varilla de cobre de 5/8" y 2.4 metros de longitud. El conductor de la bajante será acorde con la tabla 250-94 de la norma NTC 2050.

Los tubos de acometida deberán ir sobrepuestos en las fachadas y fijados con abrazaderas o incrustados en las fachadas. En cualquiera de los casos, será el propietario del inmueble y de la acometida el que determine el tipo de fijación y el encargado de su construcción.

Se deben respetar los radios mínimos de curvatura con un mínimo de ocho (8) veces el diámetro exterior.

No se debe entorchar el neutro concéntrico con alicates o herramientas similares. Se debe hacer a mano para evitar rompimiento de sus hilos.

Al conectar el neutro concéntrico al medidor preferiblemente utilizar un torquímetro para evitar talladuras excesivas de sus hilos.

Se instalará un breaker paralelamente con el medidor para acometidas con neutro concéntrico en redes subterráneas.

12.2. CABLES PARA ACOMETIDA

Serán empleados conductores de cobre suave comprimido aislados en polietileno reticulado XLPE (90°C) con configuración redonda o plana, neutro en hilos de cobre suave aplicados concéntricamente alrededor de las fases con tecnología SZ, cinta de poliéster sobre el conductor concéntrico y chaqueta en cloruro de polivinilo PVC retardante a la llama y resistente a la humedad.

El calibre a emplear en las acometidas deberá ser calculado de acuerdo a la Norma NTC 2050 y como mínimo será No 8 AWG en cobre.

Los cables para acometida domiciliaria del tipo concéntrico tendrán las siguientes características principales:

Se debe tener cuidado al retirar el aislamiento del cable pues los hilos que conforman el neutro son frágiles, por lo que se debe hacer uso del hilo de rasgado que tiene dicho cable.

El número máximo de acometidas por caja portabornera será de ocho (8). En aquellos casos en que el número de acometidas es demasiado elevado (debido posiblemente a frentes de viviendas muy angostos y a numerosos servicios en un mismo edificio), se podrán recibir las acometidas de la acera opuesta en un poste adicional ubicado en ella o por canalización subterránea de un tramo de la red secundaria que cruce la vía hasta el sitio de derivación.

Las acometidas se canalizarán en ductos conduit metálicos galvanizados de uso eléctrico que van entre las cámaras y los contadores.

Se emplearán cables que cumplen con la tecnología “SZ”, la que se conoce también como “CABLEADO OSCILATORIO O ALTERNADO”.

Esta tecnología cumple el requisito de ser CONCÉNTRICA y HELICOIDAL: Efectúa cinco o seis giros de 360 grados en una misma dirección y la misma cantidad de giros de 360° en dirección contraria.

12.2.1. CERTIFICACIÓN Y HOMOLOGACIÓN DEL CABLE ACOMETIDA CONCÉNTRICA TECNOLOGÍA SZ

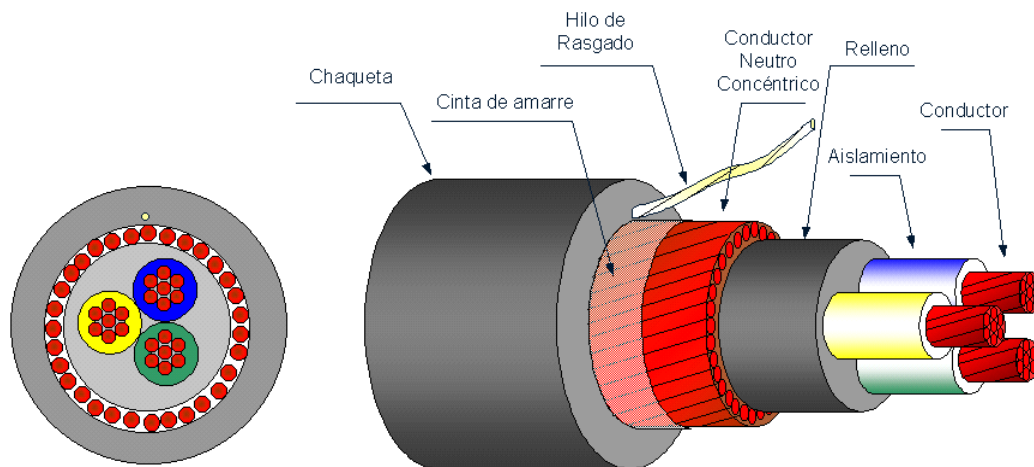
El conductor concéntrico de acometida deberá poseer certificación de conformidad de producto expedida por entidad acreditada para tal fin ante la Superintendencia de Industria y Comercio y con base en la norma ICONTEC NTC 4564 y la norma UL 854 Pruebas especiales.

Serán chequeados el aplastamiento con corriente, la sobrecarga con corriente, la resistencia a la llama, las pruebas de doblado y la resistencia a la luz solar.

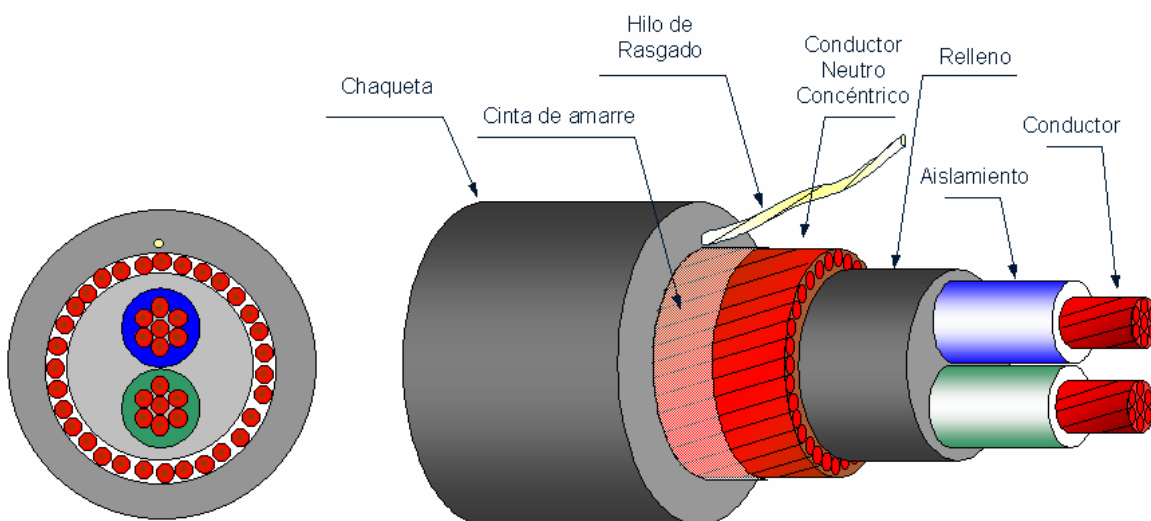
12.3. INSTALACIÓN DE LA ACOMETIDA

El cable concéntrico de acometida será llevado sobre el TRIPLEX o CUÁDRUPLEX de la red secundaria sujeto con amarras plásticas cada 50 cm y derivará hacia la vivienda frente a la caja de instalación del medidor. Se debe dejar un bucle adecuado a la salida de la caja portabornera que impida forzar el conductor concéntrico sobre el caucho pasacable o prensa estopa.

ACOMETIDA REDONDA TRIFÁSICA



ACOMETIDA REDONDA BIFÁSICA TRIFILAR



Será sujetado a la fachada mediante grapas metálicas de 3/8" usando tornillos golosos de 1" para asegurar en madera o chazo plástico. Se deben instalar grapas metálicas una cada metro del cable neutro concéntrico.

Para la entrada del cable circular neutro concéntrico de 16.5 mm de diámetro, a la caja hermética se debe utilizar conos pasacables en PVC, resistentes a los rayos ultravioleta, y para las líneas de carga se debe utilizar adaptadores terminales para tubería de 3/4".

Puede también ser llevado al medidor a través de un tubo metálico con capacete, sujetando la acometida entre el poste y el sitio de entrada del servicio al inmueble con tensores para acometidas.

La construcción de los tensores debe estar libre de materiales alterables por la humedad, radiación solar y otras condiciones ambientales desfavorables.

La conexión entre el tubo metálico y la caja hermética debe ser por medio de terminales roscados de $\frac{3}{4}$ " (terminal tuerca y contratuerca), y para las líneas de carga se debe utilizar adaptadores terminales para tubería de $\frac{3}{4}$ ".

12.4. CONEXIÓN DE ACOMETIDAS A LA RED

12.4.1. CAJA DE CONEXIÓN EN RED AÉREA

Serán empleadas cajas portaborneras para conexión de acometidas, las cuales serán instaladas sobre el poste y sujetas con dos amarras de cinta de acero inoxidable de 5/8".

Las cajas de conexión dispondrán de conectores apropiados para el diámetro de los conductores de acometida de tipo coaxial. Su capacidad de derivación será de 140 amperios a 600 V por barraje y a temperatura de 90 °C.

Las especificaciones técnicas de la caja portabornera se podrán estudiar en el capítulo 15.17 de materiales normalizados.

El cable que se utilizará entre la red secundaria y la caja portabornera será **CABLE TRIPLEX ENCHAQUETADO**, calibre 2X4+4 referencia GEBIA, cobre, AWG-XLPE, 600 Voltios, para redes trifilares y de 3x4+4 para redes trifásicas. La chaqueta que cubre el cable tríplex debe ser en polietileno (PE) DURO, reticulado, 90 grados centígrados a 600 Voltios.

Se deben utilizar conectores de compresión tipo derivación adecuados para la conexión del cable de la red secundaria y el cable tríplex que va a la bornera. Estos conectores deben llevar un encintado con dos vueltas con cinta auto fundente, traslapados a un 50%, y dos vueltas de cinta de caucho número 33 traslapadas en un 50%.

12.4.2. RED SUBTERRÁNEA

Para la red subterránea se emplearán conectores de uso subterráneo y barrajes (regletas) de conexión para la derivación de acometidas en la red.

La aceptación de otros tipos de conectores o sistemas de conexión estará sujeta a la aprobación del CHEC.

Se tomarán en consideración los avances tecnológicos pero se deberá garantizar hermeticidad en la conexión y funcionamiento normal ante situaciones adversas como inundaciones temporales en las cámaras.

Los barrajes serán de tipo subterráneo y apropiados para ser instalados en cámaras, contruidos en cobre, tensión nominal 600 V, con un rango de conductores desde 8 AWG hasta 1/0 para los barrajes de 175 A y desde 8 AWG hasta 4/0 para los barrajes de 500 A

Empleará aislamiento resistente al agua, la rotura, abrasión y al envejecimiento. Rango de temperaturas entre 0 y 90 °C.

Tendrá seis (6) vías y apto para cuatro (4) acometidas en distribución en anillo ó cinco (5) en distribución radial.

Los herrajes serán asegurados a las paredes de las cámaras mediante pernos de expansión de $1/2 \times 2 \frac{1}{4}$ "; dos por cada herraje. Los herrajes sujetarán los barrajes de forma firme y permitirán la conexión de las acometidas en forma estética, limpia y organizada.

Los fabricantes de barrajes incluyen en ellos las referencias de los aditamentos que deben ser incluídos en determinados usos, con las indicaciones precisas para su correcto empleo, las que deben ser seguidas estrictamente.

Los conductores de acometidas en los barrajes serán posteriormente recubiertos con capas de cinta aislante para uso a la intemperie y resistente a la humedad, conformando un sello que garantice hermeticidad a la humedad, ya que los barrajes son del tipo subterráneo.

Los cables de distribución y los de acometidas se conectarán a los barrajes mediante conectores de compresión adecuados.

12.5. INSTALACIÓN DE MEDIDORES

12.5.1. INSTALACIÓN DE CAJA PARA DOS O TRES CONTADORES Y UNA SOLA ACOMETIDA:

Se debe utilizar una caja totalmente metálica con fondo de madera, con el suficiente espacio para la manipulación de los contadores, provista del sistema de cierre.

No se deben utilizar cajas herméticas individuales compartiendo las líneas de carga, porque estas no deben poseer más de dos perforaciones, una para la acometida externa y la otra para la carga, lo anterior con el fin de poder realizar suspensiones individuales desde la red.

12.5.2. IDENTIFICACIÓN

Para la identificación de cada medidor, se debe colocar en la puerta del gabinete, encima o debajo del vidrio y exactamente frente al medidor correspondiente, una placa donde figure la nomenclatura del inmueble, al cual pertenece el servicio, la cual debe corresponder con la colocada en los interruptores automáticos, las placas deben ser metálicas grabadas o acrílicas con la identificación en bajorrelieve de colores, que hagan contraste entre sí y con dos perforaciones en sus extremos para fijarlas mediante remaches o tornillos.

Cuando se van a instalar medidores en inmuebles o urbanizaciones, se debe tener instaladas dichas placas en el inmueble, para la exacta identificación de éste, y así evitar errores con la instalación de los contadores y asignación de cuentas.

12.5.3. CAJAS DE INSTALACIÓN

En la instalación de cajas para dos ó tres contadores y acometidas independientes se debe utilizar cajas herméticas, empleando para la conexión entre el tubo metálico y la caja hermética, un terminal bucón metálico roscado de $\frac{3}{4}$ ", (terminal tuerca y contratuerca) y para las líneas de carga, se debe utilizar adaptadores terminales en PVC para tubería de $\frac{3}{4}$ ", y el tensor para acometidas.

Los medidores a instalar deben ser monofásicos trifilares (Trifilar Neutro Directo) o Bifásicos (Trifilar Neutro Incorporado), trifásicos, bifilares, según sea el caso.

Para alojar los medidores se debe instalar una caja hermética tipo intemperie, con sistema de cerramiento con un tubo para instalar tornillo y sello de seguridad suministrados e instalados por la Empresa.

Cuando la distancia entre la caja del medidor de energía y la caja del interruptor general del usuario sea mayor de tres metros, se deberá usar una caja hermética tipo intemperie doble, la cual esta provista de un compartimiento para un sistema de protección general, (uno, dos o tres cortacircuitos de 2X50 amperios de acuerdo a las fases de alimentación). En caso contrario se podrá usar una caja hermética tipo intemperie sencilla.

La caja para alojar el medidor se podrá instalar empotrada, embebida en cemento o expuesta en la pared de la vivienda del usuario, sujeta por medio de chazos.

La tapa de la caja es de sistema deslizable, por lo cual al empotrarla en la fachada es necesario dejar un centímetro fuera del revoque final y dejar el espacio superior suficiente para engancharla.

El conductor de puesta a tierra de la acometida, será de cobre con calibre igual al del neutro de la acometida y protegido con tubería conduit y conectado a un electrodo de puesta a tierra de $\frac{5}{8}$ " x 2.4 m. No será de calibre inferior a 8 AWG en cobre. (Tabla 250-94 NTC 2050).

12.6. DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA

En la tabla que se introduce a continuación se incluyen las demandas máximas diversificadas para los diferentes grupos de usuarios en los tres estratos de consumo tradicionales.

La tabla muestra la demanda máxima diversificada de acuerdo con el nivel de consumo el cual es determinado tomando en consideración la capacidad ó nivel económico del usuario y el índice de mejoramiento en el nivel de vida.

DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA									
USUARIOS	BAJA			MEDIA			ALTA		
	HOY	8 AÑOS	15 AÑOS	HOY	8 AÑOS	15 AÑOS	HOY	8 AÑOS	15 AÑOS
1	0,7900	0,9625	1,1442	0,9000	1,0966	1,3035	1,970	2,309	2,652
2	0,7100	0,8651	1,0283	0,8600	1,0478	1,2455	1,816	2,128	2,444
3	0,6600	0,8041	0,9559	0,8400	1,0235	1,2166	1,667	1,954	2,244
4	0,6300	0,7676	0,9124	0,8200	0,9991	1,1876	1,533	1,796	2,063
5	0,6100	0,7432	0,8835	0,8100	0,9869	1,1731	1,418	1,662	1,909
6	0,5900	0,7189	0,8545	0,8000	0,9747	1,1586	1,325	1,552	1,783
7	0,5800	0,7067	0,8400	0,7900	0,9625	1,1442	1,254	1,470	1,688
8	0,5700	0,6945	0,8255	0,7800	0,9504	1,1297	1,206	1,413	1,623
9	0,5500	0,6701	0,7966	0,7800	0,9504	1,1297	1,176	1,378	1,583
10	0,5500	0,6701	0,7966	0,7700	0,9382	1,1152	1,165	1,365	1,568
11	0,5400	0,6579	0,7821	0,7700	0,9382	1,1152	1,164	1,363	1,566
12	0,5300	0,6458	0,7676	0,7600	0,9260	1,1007	1,164	1,363	1,566
13	0,5200	0,6336	0,7531	0,7600	0,9260	1,1007	1,164	1,363	1,566
14	0,5200	0,6336	0,7531	0,7500	0,9138	1,0862	1,164	1,363	1,566
15	0,5100	0,6214	0,7386	0,7500	0,9138	1,0862	1,164	1,363	1,566
16	0,5100	0,6214	0,7386	0,7500	0,9138	1,0862	1,164	1,363	1,566
17	0,5000	0,6092	0,7241	0,7400	0,9016	1,0717	1,164	1,363	1,566
18	0,5000	0,6092	0,7241	0,7400	0,9016	1,0717	1,164	1,363	1,566
19	0,4900	0,5970	0,7097	0,7400	0,9016	1,0717	1,164	1,363	1,566
20	0,4900	0,5970	0,7097	0,7300	0,8894	1,0573	1,164	1,363	1,566
21	0,4800	0,5848	0,6952	0,7300	0,8894	1,0573	1,164	1,363	1,566
22	0,4800	0,5848	0,6952	0,7300	0,8894	1,0573	1,164	1,363	1,566
23	0,4800	0,5848	0,6952	0,7300	0,8894	1,0573	1,164	1,363	1,566
24	0,4700	0,5726	0,6807	0,7200	0,8773	1,0428	1,164	1,363	1,566
25	0,4700	0,5726	0,6807	0,7200	0,8773	1,0428	1,164	1,363	1,566
26	0,4700	0,5726	0,6807	0,7200	0,8773	1,0428	1,164	1,363	1,566
27	0,4600	0,5605	0,6662	0,7200	0,8773	1,0428	1,164	1,363	1,566
28	0,4600	0,5605	0,6662	0,7200	0,8773	1,0428	1,164	1,363	1,566
29	0,4600	0,5605	0,6662	0,7100	0,8651	1,0283	1,164	1,363	1,566
30	0,4600	0,5605	0,6662	0,7100	0,8651	1,0283	1,164	1,363	1,566
31	0,4500	0,5483	0,6517	0,7100	0,8651	1,0283	1,164	1,363	1,566
32	0,4500	0,5483	0,6517	0,7100	0,8651	1,0283	1,164	1,363	1,566
33	0,4500	0,5483	0,6517	0,7100	0,8651	1,0283	1,164	1,363	1,566
34	0,4500	0,5483	0,6517	0,7100	0,8651	1,0283	1,164	1,363	1,566

DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA									
USUARIOS	BAJA			MEDIA			ALTA		
	HOY	8 AÑOS	15 AÑOS	HOY	8 AÑOS	15 AÑOS	HOY	8 AÑOS	15 AÑOS
35	0,4500	0,5483	0,6517	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
36	0,4400	0,5361	0,6373	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
37	0,4400	0,5361	0,6373	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
38	0,4400	0,5361	0,6373	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
39	0,4400	0,5361	0,6373	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
40	0,4400	0,5361	0,6373	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
41	0,4300	0,5239	0,6228	0,7000	0,8529	1,0138	1.164	1.363	1.566
42	0,4300	0,5239	0,6228	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
43	0,4300	0,5239	0,6228	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
44	0,4300	0,5239	0,6228	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
45	0,4300	0,5239	0,6228	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
46	0,4300	0,5239	0,6228	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
47	0,4200	0,5117	0,6083	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
48	0,4200	0,5117	0,6083	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
49	0,4200	0,5117	0,6083	0,6900	0,8407	0,9993	1.164	1.363	1.566
50	0,4200	0,5117	0,6083	0,6800	0,8285	0,9848	1.164	1.363	1.566
51	0,4200	0,5117	0,6083	0,6800	0,8285	0,9848	1.164	1.363	1.566
52	0,4200	0,5117	0,6083	0,6800	0,8285	0,9848	1.164	1.363	1.566
53	0,4200	0,5117	0,6083	0,6800	0,8285	0,9848	1.164	1.363	1.566
54	0,4200	0,5117	0,6083	0,6800	0,8285	0,9848	1.164	1.363	1.566
55	0,4100	0,4995	0,5938	0,6800	0,8285	0,9848	1.164	1.363	1.566

12.7. PROTECCIÓN

El neutro del circuito secundario será continuo y se conectará a tierra en el transformador de distribución y en los terminales del circuito.

El neutro del circuito secundario estará conectado al neutro del transformador y a la carcasa de éste, la cual a su vez estará rígidamente puesta a tierra.

En algunos casos se dispone de redes con transformadores autoprotegidos, los cuales poseen interruptores termomagnéticos sumergidos en el aceite de la cuba que permiten la desconexión de la carga mediante el accionamiento de una palanca empleando pértiga.

La varilla de puesta a tierra existente en el neutro del contador proporcionará protección contra rupturas accidentales del neutro de la red y la posibilidad consecuente de alteración de las tensiones con el perjuicio adicional a personas y bienes.

La empresa no responderá por daños generados por sobretensiones si no se tiene conectado de manera técnica el sistema de puesta a tierra.