



CELSIA

Manual Norma de

Red semiaislada

TABLA DE CONTENIDO

1. INFORMACION DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	1
1.1 REGLAS DE ORO.....	1
1.2 AVISOS DE ADVERTENCIA.....	1
2. MANUAL DE RED SEMIAISLADA.....	2
2.1 INTRODUCCIÓN	2
2.2 CAMPO DE APLICACIÓN.....	2
3. GLOSARIO DE TÉRMINOS.	3
4. RED SEMIAISLADA	6
4.1 REFORMA DE RED EXISTENTE	6
4.2 RED SEMIAISLADA COMPACTA.....	6
4.2.1 GENERALIDADES	6
4.2.2 CONDICIONES DE SERVICIO	9
4.2.3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA RED COMPACTA.....	9
5. CABLE SEMIAISLADO.....	10
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	10
6. ESPACIADORES Y BRAZOS ANTIBALANCEO	13
6.1 ESPACIADORES.....	14
6.2 BRAZOS ANTIBALANCEO	15
7. AISLADORES.....	17
8. RETENCIONES PREFORMADAS.....	20
9. CONECTORES	22
9.1 DISTANCIAS ENTRE CONECTORES Y AISLAMIENTO	22
10. EMPALMES	23
10.1 DISTANCIAS Y AISLAMIENTO DE EMPALMES	23
11. CABLE MENSAJERO	27
12. SECUENCIA DE FASES.....	30
13. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	31
14. DELIMITACION DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LINEAS.....	35
14.1 ZONAS POR ALTITUD Y TEMPERATURA AMBIENTAL	35
15. POSTES Y CIMENTACIONES.....	36

15.1 Postes	36
15.2 Cimentaciones.....	37
16. CONJUNTOS.....	40
17. RETENIDAS	45
17.1 Consideraciones respecto a la instalación de la retenida	55
18. PUESTA A TIERRA	56
18.1 Conductor a tierra.....	57
18.2 Electrodo de Puesta a Tierra	57
19. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA	58
20. CÁLCULO ELECTRICO.....	58
21. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT)	58
22. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES.....	58
23. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES.....	60
24. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS	60
25. CÁLCULO DE CIMENTACIONES.....	60
26. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.....	60
26.1 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA ESCOGENCIA DE LA ZONA DE CONTAMINACIÓN Y DE VIENTO.	60
26.2 CRITERIOS RELACIONADOS CON EL TRAZADO DE LA LÍNEA.	60
26.3 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.....	61
26.4 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.....	61
26.5 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE POSTES.	61
26.6 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA ESCOGENCIA DEL TIPO DE CIMENTACIÓN.	62
26.7 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA UBICACIÓN Y EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	62
27. NORMAS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Conjunto con soporte tangencial	7
Figura 4.2: Conjunto con herraje en E	7
Figura 4.3: Conjunto con herraje en C	8
Figura 4.4: Conjunto terminal con herraje en C.....	8
Figura 5.1: Cable AAAC semiaislado de tres capas.....	11
Figura 6.1: Espaciadores tipo cremallera para 34.5 kV y 13.2 kV	14
Figura 6.2: Distancias en sectores aledaños a subestaciones con espaciadores dobles	15
Figura 6.3: Distancias en redes normales con espaciador sencillo.....	15
Figura 6.4: Brazos antibalanceo	16
Figura 6.5: Conjunto tangencial con brazo antibalanceo	16
Figura 7.1: Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-4 para 15 kV	17
Figura 7.2: Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-6 para 35 kV	17
Figura 7.3: Aislador de suspensión compuesto para 15 kV.....	18
Figura 7.4: Aislador de suspensión compuesto para 35 kV.....	18
Figura 8.1: Retención preformada Ω	20
Figura 8.2: Retención preformada Z	21
Figura 8.3: Retención preformada Fin de Línea	21
Figura 9.1: Distancias entre conectores de derivaciones	22
Figura 10.1: Distribución de los empalmes de conductor.....	23
Figura 10.2: Empalme mecánico de tornillos prisioneros	24
Figura 10.3: Empalme de compresión	24
Figura 10.4: Empalme automático. No permitido para red compacta.	24
Figura 10.5: Pasos preliminares de la recuperación del aislamiento	26
Figura 10.6: Pasos finales para la restitución de aislamiento en los empalmes	27
Figura 11.1: Método Langrehr para apantallamiento.....	28
Figura 11.2: Método Langrehr aplicado a la red compacta semiaislada.....	28
Figura 11.3: Cable Alumo Weld 7x8.....	29
Figura 12.1: Metodología para definir la secuencia de fases.....	30
Figura 13.1: Distancias mínimas de seguridad a zonas construcciones. RETIE	32
Figura 13.2: Cruce de vías, Figura 13.4 del RETIE.....	34
Figura 15.1: Cimentación con solado base	38

Figura 16.1: Conjuntos de red abierta semiaislada (1)	41
Figura 16.2: Conjuntos red compacta semiaislada (2)	42
Figura 17.1: Retenida a Poste Auxiliar	45
Figura 17.2: Retenida Directa a Tierra	46
Figura 17.3: Retenida en pie amigo	46
Figura 17.4: Retenida a perfil estructural en “I”	47
Figura 17.5: Retenida directa a tierra.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Condiciones ambientales de servicio	9
Tabla 5.1: Calibres de cables semiaislados para uso en CELSIA.	11
Tabla 5.2: Dimensiones del aislamiento de cable semiaislado.....	12
Tabla 5.3: Características Generales de los Conductores Semiaislados, 15 kV.....	12
Tabla 5.4: Características Generales de los Conductores Semiaislados, 35 kV.....	13
Tabla 7.1: Aislamiento según Niveles de contaminación para 13.2 kV y 34.5 kV.....	18
Tabla 7.2: Características Generales de los Aisladores de Polietileno Tipo Pin.....	19
Tabla 7.3: Características Generales de los Aisladores Compuestos de Suspensión.....	20
Tabla 11.1: Características del cable Alumo Weld.....	29
Tabla 11.2: Propiedades eléctricas de los cables Alumoweld. Catálogo de AFL.....	29
Tabla 13.1: Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones.	32
Tabla 13.2: Resumen de Tabla 13.2 del RETIE Distancias mínimas de seguridad.....	33
Tabla 13.3: Distancias verticales entre circuitos. RETIE Tabla 13.3.....	34
Tabla 13.4: Distancias verticales entre circuitos en vanos. RETIE Tabla 13.3	35
Tabla 14.1: Altitudes y temperaturas ambientales por zona.....	36
Tabla 14.2: Característica eléctricas de los sistemas de Valle y Tolima.....	36
Tabla 15.1: Características Generales de los Postes de Hormigón.....	37
Tabla 16.1: Codificación de los conjuntos.....	41
Tabla 16.2: Sectores para aplicación de los conjuntos.....	44
Tabla 17.1: Nomenclatura de las retenidas.....	45
Tabla 17.2: Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado.....	47
Tabla 17.3: Características Generales de las Varillas de Anclaje	48
Tabla 17.4: Características Generales de los Aisladores Tensores	48
Tabla 18.1- Características Generales de los conductores a tierra.....	57
Tabla 18.2- Características Generales de los electrodos de PAT.....	57
Tabla 22.1- Fuerza unitaria de viento por conductor	59
Tabla 22.2- Peso unitario aparente por conductor	59

OBJETO

El objeto del presente Manual es establecer las características técnicas que debe cumplir la construcción de redes aéreas semiaisladas compactas y cambio de conductor desnudo por semiaislado de redes existentes para 13,2 kV y 34.5 kV en el sistema eléctrico operado por CELSIA en Colombia.

1. INFORMACION DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Las instrucciones en este manual no deben sustituir la capacitación apropiada o la experiencia adecuada en el manejo seguro del sistema de redes descrito, por lo tanto, debe ser instalado, manejado y reparado únicamente por personal técnico competente y familiarizado con él.

Quienes trabajen en las redes de CELSIA en general deberán capacitar y equipar a su personal para que siempre siga los procedimientos de seguridad, ya sea para trabajo con red energizada como para red desenergizada.

1.1 REGLAS DE ORO

Los trabajos con equipos o redes desenergizadas, deben cumplir las siguientes normas de seguridad, conocidas como “Reglas de Oro”:

- Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión.
- Condenación o bloqueo.
- Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases.
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo.
- Señalizar y delimitar la zona de trabajo.

1.2 AVISOS DE ADVERTENCIA

A continuación, se indican precauciones y advertencias generales aplicables a las redes de media y baja tensión y a los equipos instalados en ellas.


A través de este manual hay advertencias adicionales relacionadas con labores y procedimientos específicos que le permitirán trabajar con seguridad para el personal de instalación y mantenimiento y para los equipos.


Un técnico competente debe contar con las habilidades y calificaciones siguientes:


- Estar completamente familiarizado con estas instrucciones cuando vaya a hacer una instalación.

- Haber aprendido todas las prácticas y procedimientos aceptados por la industria para el manejo seguro de alto y bajo voltaje.
- Estar entrenado y autorizado para activar, desactivar, despejar y conectar a tierra equipos de distribución de potencia.
- Haber aprendido el cuidado y uso del equipo protector tal como vestimenta ignífuga, anteojos de seguridad, caretas, cascos, guantes de goma, pértigas, equipos de puesta a tierra, protocolos de comunicaciones, etc.

En este manual encontrará cuatro tipos de avisos de advertencia clasificados en orden de gravedad de las consecuencias si no son tenidas en cuenta:

 **PELIGRO:** Indica una situación de peligro inminente que, si no se evita, resultará en lesiones graves o mortales.

 **ADVERTENCIA:** Indica una situación potencialmente peligrosa que, si no se evita, puede resultar en lesiones graves o mortales.

 **PRECAUCION:** Indica una situación potencialmente peligrosa que, si no se evita, podría resultar en lesiones moderadas o leves.

PRECAUCION: Indica una situación potencialmente peligrosa que, si no se evita, podría resultar en daños al equipo solamente.

2. MANUAL DE RED SEMIAISLADA

2.1 INTRODUCCIÓN

La regulación de vigente en Colombia exige a las empresas de energía el mejoramiento continuo en la calidad del servicio que suministran a sus clientes, y un elemento clave en este aspecto, lo representan las inversiones que conduzcan a la reducción de las interrupciones de servicio. Por esta razón CELSIA tiene previsto un plan de inversiones centrado la instalación de reconectores, la reforma de redes de media tensión existentes y la instalación de nuevos circuitos en el formato de red compacta. Este enfoque se basa en las estadísticas de servicio, porque aproximadamente el 85% de las interrupciones son de carácter temporal, principalmente causadas por la vegetación próxima a las líneas de media tensión y a la acción de animales silvestres.

2.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Este manual se aplica a proyectos de Líneas y Redes de Distribución nuevas, ampliaciones y/o modificaciones para mejora, ubicadas en áreas con características urbanas y/o rurales, densamente arborizadas, con problemas de calidad de servicio y/o de impacto ambiental, para redes de 13200 V y de 34.500 V, en los sistemas de distribución de propiedad y operados por CELSIA.

La red semiaislada presenta las siguientes ventajas:

- Costos operativos más bajos, debido al menor costo de atención de daños y poda de árboles.
- Incremento en la confiabilidad del servicio, que conduce a la reducción de pagos por compensación de las interrupciones.
- Impacto ambiental menor por la disminución de las áreas afectadas en la vegetación por la poda de árboles y reducción de accidentes de animales.
- Mayor aprovechamiento de los postes, porque se pueden montar más circuitos, lo que conduce a mayor potencia transmitida.
- Cumplimiento de las distancias de seguridad definidas en el RETIE, lo que evita accidentes fatales a las personas.

Por lo anterior:

En todas las situaciones donde sea factible, las expansiones de redes de media tensión se deben diseñar y construir aplicando estas configuraciones, de redes semiaisladas, las cuales garantizan una menor afectación al medio ambiente en tanto que no se requiere el mantenimiento constante de podas de vegetación en las inmediaciones de las redes eléctricas y además evita en gran medida el riesgo de electrocución para la avifauna.

3. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

ANCLAJE: Poste cuya función es contener o evitar la propagación de una falla como consecuencia de la rotura de un conductor.

ASCE: American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles).

CABLE SEMIAISLADO: También llamado CABLE PROTEGIDO, CABLE FORRADO o CABLE ECOLÓGICO, es un conductor para uso en media tensión con aislamiento, cubierto con una capa semiconductora de polietileno reticulado XLPE y una o dos capas de polietileno reticulado XLPE, siendo la capa exterior con características antitracking TK y resistente a la radiación solar, sin las características correspondientes a un cable completamente aislado, es decir, no presenta condiciones de aislación plena ni confinamiento del campo eléctrico en el dieléctrico del aislante.

CANTON: Conjunto de vanos comprendidos entre dos postes con cadenas de amarre, donde se tiende y se regula el conductor.

CIGRE: Conseil International des Grands Réseaux Electriques (Consejo Internacional de Grandes Investigaciones Eléctricas).

CIMENTACIÓN: Obra civil cuya función es transmitir las cargas de los postes al suelo, distribuyéndolas de manera que no superen su presión admisible.

CONJUNTO: Grupo de materiales cuya función es sostener los conductores en el poste, definiendo la ubicación espacial de los mismos.

CURVAS DE PLANTILLADO: Curvas que muestran la geometría del conductor tendido. Se utilizan durante la etapa de distribución de postes a lo largo del perfil longitudinal de la línea, para comprobar los requerimientos de distancias eléctricas de seguridad e identificar los postes sometidos a tracción ascendente.

EOLOVANO: Distancia para determinar la carga transversal debido a la acción del viento sobre los conductores.

GRAVIVANO: Distancia para determinar la carga vertical debido al peso propio del conductor.

HIPOTESIS DE CÁLCULO MECANICO: Conjunto de los casos climáticos más representativos a los que estaría expuesto el conductor de la línea. Corresponden a combinaciones de temperaturas y sobrecargas durante las cuales se espera que el conductor trabaje dentro de unos límites de tensión mecánica específicos.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEC/CEI: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

NIVELES DE CONTAMINACION: Equivale al grado de contaminación ambiental al que se encuentran expuestas las líneas de distribución. Los niveles se definen de acuerdo con el grado de exposición de las líneas a la salinidad marina, contaminación industrial, polución, etc.

PROYECTO ESPECIFICO: Es un documento que hace parte del proyecto tipo. Establece un modelo para el diseño de una línea que regula: presentación de los cálculos eléctricos y mecánicos, presentación de planos, informe de cruzamientos y paso por zonas, presupuesto de obra, etc.

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

RED COMPACTA: Sistema de red aérea con conductores con cable semiaislado y elementos separadores de fases para espaciar uniformemente los conductores, conformando una distribución que minimiza el espacio requerido por la red.

RED SEMIAISLADA: Red aérea de media tensión construida con cable cubierto con aislamiento para 15 kV o 35 kV, herrajes y aisladores con nivel de aislamiento para una red abierta.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – Colombia. Fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

SISTEMA ELECTRICO: Conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

TABLA DE CÁLCULO MECANICO: Tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en cada una de las hipótesis de cálculo mecánico.

TABLA DE REGULACION: Tabla que indica las tensiones con las que se deberá tender el conductor en un cantón determinado, bajo las condiciones climáticas señaladas en la Tabla de Tendido. Además, indica el valor de la flecha que se espera en cada vano que conforma el cantón.

TABLA DE TENDIDO: Tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en aquellas condiciones climáticas establecidas (temperaturas sin sobrecarga) para el tendido en un cantón de la línea.

TENSE NORMAL: Surge de aplicar las condiciones iniciales en la tensión del conductor, según la directriz de la CIGRE.

TENSE REDUCIDO: Se calcula a partir de considerar una única condición inicial de tensión (CHS 8%) más restrictiva que la de tense normal. Su aplicación es para cantones cuyo vano regulador es menor o igual a 50 metros en áreas urbanas.

TENSION DE SERVICIO: Valor de tensión, bajo condiciones normales, en un instante dado y en un nodo del sistema. Puede ser estimado, esperado o medido.

VANO: Distancia horizontal entre postes contiguos en una línea de distribución.

VANO REGULADOR: Vano a considerar para obtener la tensión mecánica que se debe dar al conductor en un cantón, de manera que se puedan obtener las tensiones y flechas en todos los vanos individuales, para cualquier condición climática que se presente en la línea.

VIENTO DE RAFAGA: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 3 segundos. Se expresa en km/h.

VIENTO MÁXIMO: Viento máximo de ráfaga, con período de retorno de 36 años, a considerar para calcular la sobrecarga transversal máxima esperada en los elementos de la línea (conductores, aisladores, postes, etc.).

VIENTO REDUCIDO: Viento ráfaga calculado con un período de retorno de 3 años. Se obtiene a partir del viento máximo según el Estándar IEC 60826/2003. Se utiliza en las hipótesis de rotura de conductores, siguiendo la tercera medida de seguridad recomendada por IEC 60826/2003.

VIENTO SOSTENIDO: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 10 minutos. Se expresa en m/s.

4. RED SEMIAISLADA

Las inversiones en red semiaislada deben considerarse en dos grupos:

1. Reformas y mejoras en redes existentes tipo abierto, con conductores desnudos y estructuras de soporte que demandan grandes espacios, en este escenario se reemplaza el conductor y el aislamiento.
2. Inversiones nuevas donde se requiere el ahorro de espacio, se prevén futuras construcciones o se plantean trazados de líneas en zonas arborizadas o en vías estrechas, que requieren de una red compacta que permita el cumplimiento de las distancias de seguridad definidas en el RETIE y mejor aprovechamiento de los postes en los corredores de salida de las subestaciones.

4.1 REFORMA DE RED EXISTENTE

Para el cambio de conductor en redes abiertas por semiaislado previo análisis, se debe definir la reutilización de postes y estructuras existentes y los posibles refuerzos que sean necesarios para la segura operación del sistema.

PRECAUCIÓN: No se permite el uso de los aisladores de porcelana o de vidrio con cable semiaislado porque deteriora su aislamiento como consecuencia de esto se requiere el cambio de los aisladores existentes por aisladores de suspensión de tipo compuesto y de pin de polietileno.

4.2 RED SEMIAISLADA COMPACTA

4.2.1 GENERALIDADES

La red compacta semiaislada, está compuesta por el cable semiaislado, el cable mensajero, los espaciadores, los brazos antibalaneo, los soportes tangenciales, los aisladores plásticos y los herrajes. Las **Figuras 4.1 a 4.4** representan conjuntos que tienen los elementos más representativos de la red compacta.

La red compacta, debido a que el conductor es semiaislado, difiere de la red desnuda por el peso del aislamiento, la necesidad de DPS y un mayor número de

puestas a tierra. Aunque se presentan estas diferencias con relación a la red abierta, a ambas las rigen los mismos criterios de diseño.

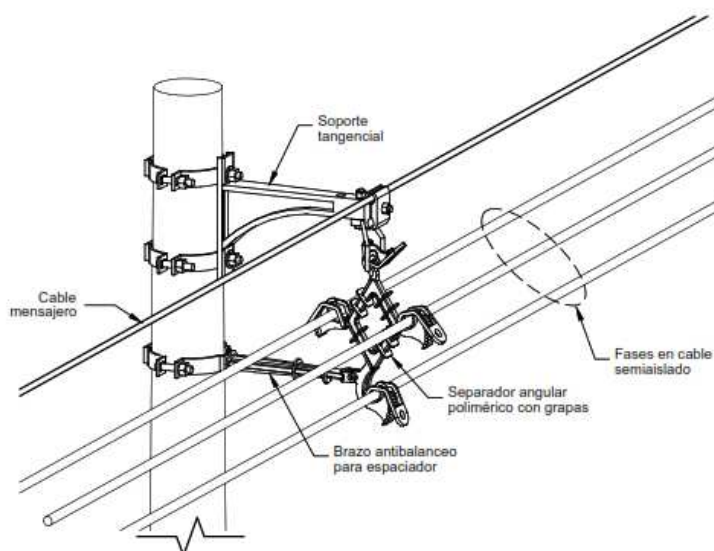


Figura 4.1: Conjunto con soporte tangencial

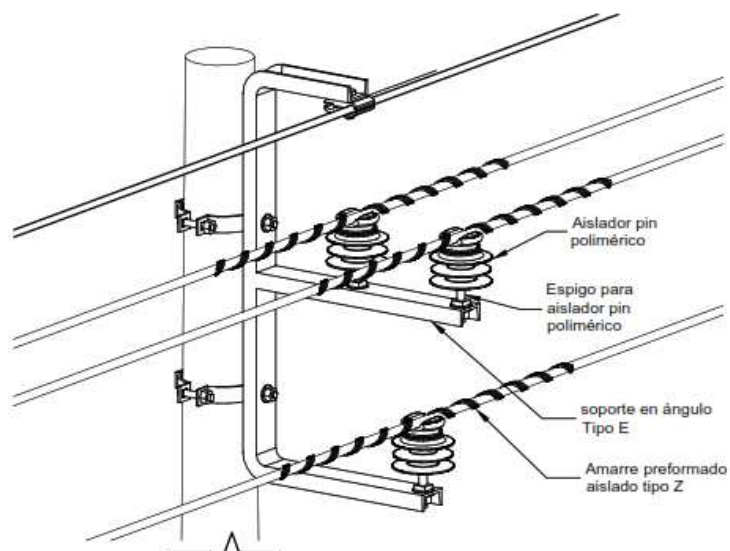


Figura 4.2: Conjunto con herraje en E

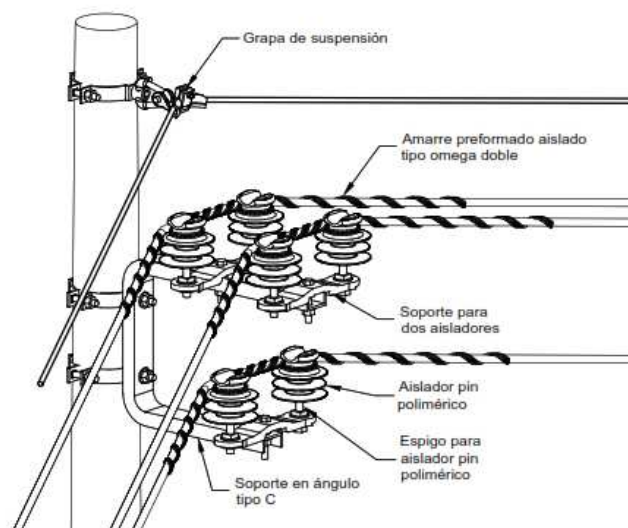


Figura 4.3: Conjunto con herraje en C

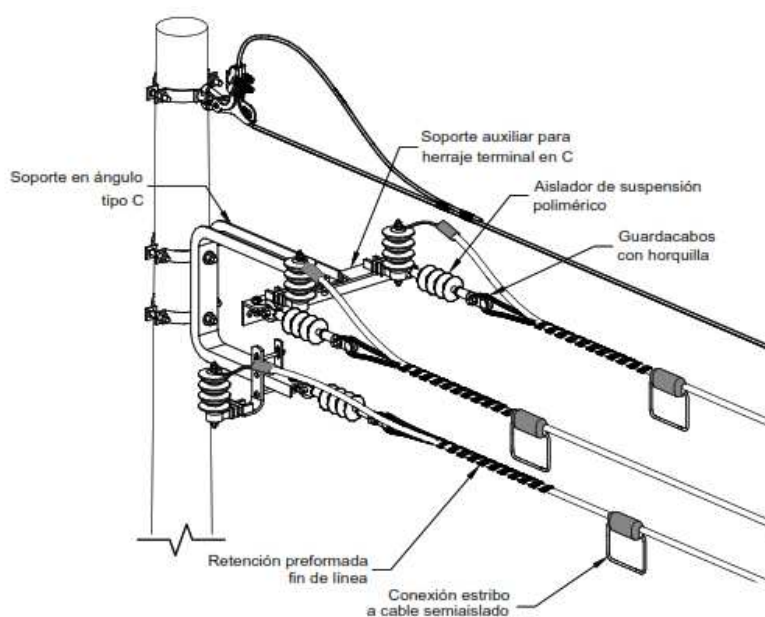


Figura 4.4: Conjunto terminal con herraje en C

4.2.2 CONDICIONES DE SERVICIO

Las condiciones de servicio representan un promedio de las características ambientales de los departamentos del Tolima y Valle del Cauca, en los que se encuentran los sistemas de distribución de CELSIA. Debido a su similitud geográfica se pueden considerar que tienen en común las condiciones como altura sobre el nivel del mar, temperatura y velocidad del viento, que se resumen en la **Tabla 4.1**.

En el sistema del Valle del Cauca, el caso excepcional es el sistema de distribución del puerto de Buenaventura, con un ambiente húmedo, de alta salinidad y un urbanismo con limitaciones de espacio público que requiere soluciones especiales.

El sistema de distribución en media tensión es de 13.2 kV a cuatro hilos, conexión **Y** puesta a tierra con neutro corrido.

Condiciones Ambientales	
Altura sobre el nivel del mar (msnm)	0 – 3 000
Ambiente tropical	Contaminación Normal
Humedad relativa Máxima / Promedio (%)	96 / 90
Temperaturas: Mín. / Prom. / Máx. (°C) de 0 – 1 000 msnm	15 / 26 / 40
Temperaturas: Mín. / Prom. / Máx. (°C) de 1 000 – 2 000 msnm	10 / 20 / 35
Temperaturas: Mín. / Prom. / Máx. (°C) de 2 000 – 3 000 msnm	5 / 15 / 30
Velocidad máxima del viento (km/h)	100
Velocidad máxima promedio de viento (km/h)	60

Tabla 4.1: Condiciones ambientales de servicio

4.2.3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA RED COMPACTA

La red semiaislada compacta está conformada por los elementos que a continuación se relacionan:

- 1- Cable semiaislado
- 2- Espaciadores
- 3- Brazos antibalaneo
- 4- Cable mensajero
- 5- Herrajes

6- Postes

7- Señalización

5. CABLE SEMIAISLADO

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El conductor semiaislado, seleccionado para uso en el sistema de distribución de CELSIA, es de tres capas, compuesto por conductor AAAC, una capa semiconductora de polietileno reticulado de alta densidad XLPE, un aislamiento interno de polietileno reticulado de alta densidad XLPE y una capa de aislamiento externo de polietileno de alta densidad resistente a la intemperie y al tracking XLPE TK. La configuración del conductor de tres capas se aprecia en la **Figura 5.1**.

En la **Tabla 5.1** se relacionan los conductores a emplear en la red semiaislada en las **Tablas 5.2, 5.3 y 5.4**, se encuentran las características de aislamiento, eléctricas y mecánicas de estos conductores.

El cable cubierto o semiaislado en la norma ANSI/NFPA 70, NEC; tiene la siguiente definición: "Cable cubierto: es un conductor metálico cubierto o con chaqueta, de un espesor no reconocido por este código como aislamiento eléctrico. Los conductores cubiertos deben ser considerados como conductores desnudos para todos los requisitos de distancias de seguridad*, excepto que las distancias entre cables del mismo o diferente circuito, incluyendo los conductores puestos a tierra, puedan ser reducidas para sistemas abiertos. Esto siempre y cuando la compañía dueña, lo opere y le haga mantenimiento. Espaciadores intermedios pueden ser colocados para mantener los requisitos de distancias entre conductores".

El mínimo radio de curvatura será 8 veces el diámetro exterior del cable semiaislado.

⚠ PELIGRO: Voltajes peligrosos. El cable semiaislado debe considerarse como cable desnudo. El contacto directo con él es peligroso y causará lesiones personales graves o la muerte. Siga todos los procedimientos de seguridad aprobados al trabajar cerca de líneas y de equipo de alto o bajo voltaje.

En las redes semiaisladas se deben colocar avisos de advertencia con la siguiente leyenda "**CABLE SEMIAISLADO, NO TOCAR**".

PRECAUCION: El cable semiaislado se debe instalar únicamente con aisladores tipo espigo de polietileno; y de suspensión compuestos. NO SE PERMITEN AISLADORES DE PORCELANA.

Para proteger el aislamiento del cable, en los conjuntos terminales y doble terminales se deben instalar DPS's. Estos conjuntos normalmente se presentan en las transiciones de red abierta a red compacta, en afloramientos y en postes terminales.

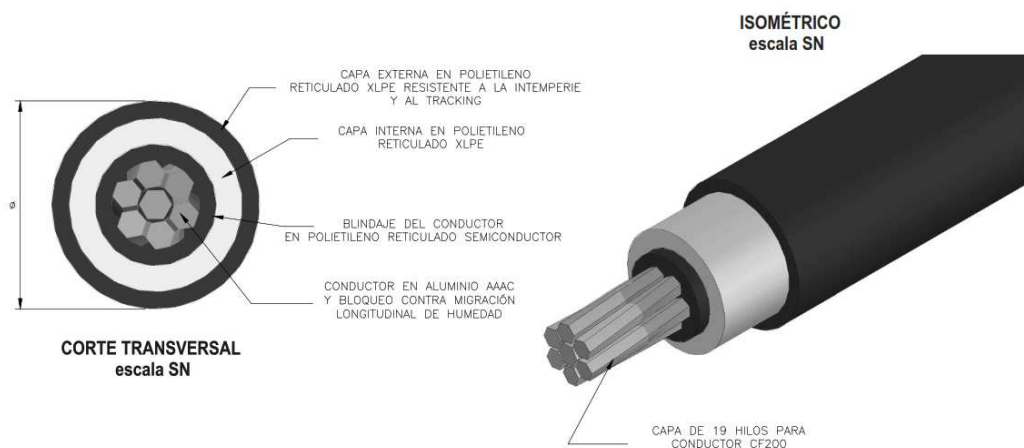


Figura 5.1: Cable AAAC semiaislado de tres capas.

CONDUCTORES Y CÓDIGOS	
Código	Descripción
UASM200B	Conductor Semiaislado AAAC 394,5 kcmil -13,2kV
UASM159B	Conductor Semiaislado AAAC 312,8 kcmil -13,2kV
UASM125B	Conductor Semiaislado AAAC 246,9 kcmil -13,2kV
UASM63B	Conductor Semiaislado AAAC 123,3 kcmil -13,2kV
UASM34B	Conductor Semiaislado AAAC 67 kcmil -13,2kV
UASM200C	Conductor Semiaislado AAAC 394,5 kcmil -34,5kV
UASM159C	Conductor Semiaislado AAAC 312,8 kcmil -34,5kV
UASM125C	Conductor Semiaislado AAAC 246,9 kcmil -34,5kV
UASM63C	Conductor Semiaislado AAAC 123,3 kcmil -34,5kV
UASM34C	Conductor Semiaislado AAAC 67 kcmil -34,5kV

Tabla 5.1: Calibres de cables semiaislados para uso en CELSIA.

Características Dimensionales del Aislamiento		
Tensión (kV)	15	35
Espesor mínimo en cualquier punto capa semiconductora (mm)	0,41	0,41
Espesor promedio capa semiconductora (mm)	0,51	0,51
Espesor mínimo capa intermedia (mm)	2,3	3,6
Espesor mínimo capa externa (cubierta) (mm)	1,9	1,9

Tabla 5.2: Dimensiones del aislamiento de cable semiaislado

Denominación		UASMB200 394,5 kcmil	UASMB159 312,8 kcmil	UASMB125 246,9 kcmil	UASMB63 123,3 kcmil
Sección Transversal del conductor	Total (mm ²)	199,91	158,58	125,08	62,43
Composición	Nº Alambres	19	19	7	7
	Diámetro (mm)	3,66	3,26	4,77	3,37
Diámetro Nominal del Conductor (mm)		18,30	16,30	14,31	10,11
Diámetro Nominal del Cable (mm)		26,70	24,69	22,68	18,49
Peso (daN/m)		0,864	0,719	0,611	0,372
Carga de Rotura (daN)		≥5860	≥4650	≥3780	≥1890
Módulo de Elasticidad (daN/mm ²)		≤6 000	≤6 000	≤6 300	≤6 300
Coeficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)		≤23 x 10 ⁻⁶			
Resistencia Eléctrica en CA a 75°C (Ω/km)		0,1975	0,2491	0,3155	0,6316
Resistencia Eléctrica en CC a 20°C (Ω/km)		0,1643	0,2072	0,2625	0,5255
Densidad máxima de corriente (A/mm ²)		2,51	2,74	2,98	3,87
Intensidad Max. Admisible (A)(*)		502,48	434,38	373,31	241,58

Tabla 5.3: Características Generales de los Conductores Semiaislados, 15 kV

(*) NOTA: Los valores de intensidad máxima han sido calculados según la IEEE 738 del 2006 y bajo las siguientes condiciones: Temperatura ambiente: 30°C; Temperatura de conductor: 75°C; Velocidad del viento: 0,61 m/s.

Denominación		UASMC 200 394,5 kcmil	UASMC 159 312,8 kcmil	UASMC 125 246,9 kcmil	UASMC 63 123,3 kcmil
Sección Transversal del conductor	Total (mm ²)	199.91	158.58	125.08	62.43
	Nº Alambres	19	19	7	7
Composición	Diámetro (mm)	3.66	3.26	4.77	3.37
	Diámetro Nominal del Conductor (mm)	18.30	16.30	14.31	10.11
Diámetro Nominal del Cable (mm)		34.4	32.5	31	26.5
Peso (daN/m)		1.219	1.054	0.932	0.639
Carga de Rotura (daN)		≥5860	≥4650	≥3780	≥1890
Módulo de Elasticidad (daN/mm ²)		≤6 000	≤6 000	≤6 300	≤6 300
Coeficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)		≤23 x 10 ⁻⁶			
Resistencia Eléctrica en CA a 75°C (Ω/km)		0,1975	0,2491	0,3155	0,6316
Resistencia Eléctrica en CC a 20°C (Ω/km)		0,1643	0,2072	0,2625	0,5255
Densidad máxima de corriente (A/mm ²)		2,51	2,74	2,98	3,87
Intensidad Max. Admisible (A)(*)		502,48	434,38	373,31	241,58

Tabla 5.4: Características Generales de los Conductores Semiaislados, 35 kV

(*) NOTA: Los valores de intensidad máxima han sido calculados según la IEEE 738 del 2006 y bajo las siguientes condiciones: Temperatura ambiente: 30°C; Temperatura de conductor: 75°C; Velocidad del viento: 0,61 m/s.

6. ESPACIADORES Y BRAZOS ANTIBALANCEO

Los espaciadores son los elementos de la red compacta que van enganchados en el cable mensajero, sostienen los conductores y los mantienen a la misma distancia. Están hechos de polietileno de alta densidad (HDPE por su sigla en inglés) y suministran aislamiento adicional a la red. El cable mensajero y los conductores van asegurados mediante un sistema de grapas pivotantes tipo cremallera. Para evitar que los espaciadores, con el tiempo se desplacen longitudinalmente en el cable, se deben instalar brazos antibalanceo en cada estructura tangencial.

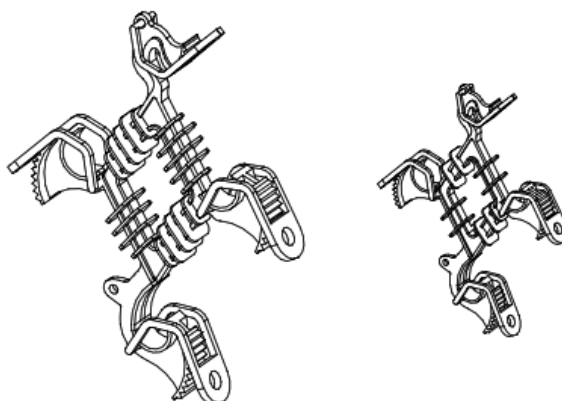


Figura 6.1: Espaciadores tipo cremallera para 34.5 kV y 13.2 kV

6.1 ESPACIADORES

Los espaciadores se deben instalar de acuerdo con las siguientes normas:

La distancia a los conjuntos terminales debe ser de 12 metros. **Figuras 6.2 y 6.3**

En los vanos la distancia debe ser entre 10 metros y 7 metros. Siendo preferible una distribución uniforme de 10 metros. **Figura 6.3**

En los circuitos de salida de las subestaciones, en los primeros 200 metros, se deben instalar parejas de espaciadores separados entre sí 1 metro; y entre parejas de 7 a 10 metros. **Figura 6.2.**

En cada apoyo tangencial se debe instalar un brazo antibalaneo. **Figura 6 y Figura 7.**

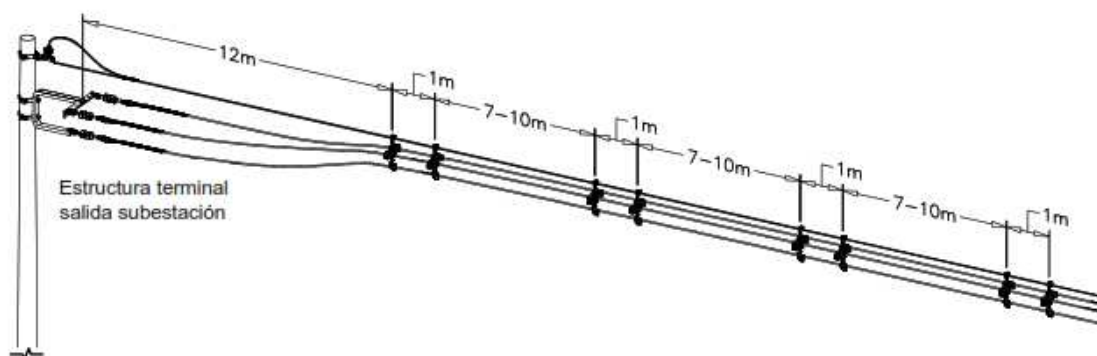


Figura 6.2: Distancias en sectores aledaños a subestaciones con espaciadores dobles

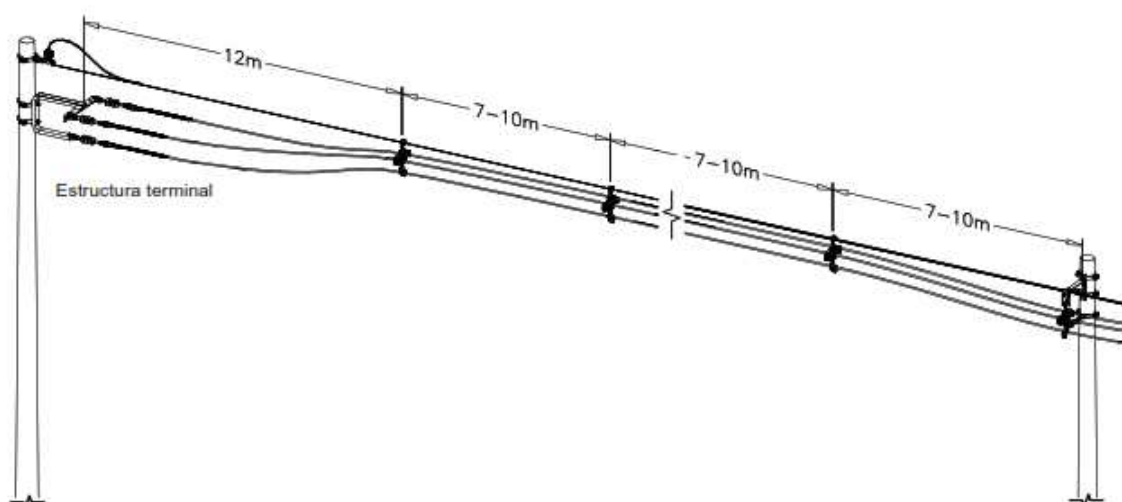


Figura 6.3: Distancias en redes normales con espaciador sencillo

6.2 BRAZOS ANTIBALANCEO

Es un elemento estructural aislado, fabricado en Polietileno de Alta Densidad, que limita las vibraciones de los cables en los vanos cuando se presentan vientos. Esto estabiliza los espaciadores instalados para que no se desplacen longitudinalmente de su punto de instalación.

Para evitar que los espaciadores se desplacen longitudinalmente en el conductor, debido a la acción del viento y a las vibraciones de los cables, se deben instalar los brazos antibalanceo en cada apoyo tangencial. **Figura 6.1 a 6.5.**

Se deben instalar brazos antibalanceo de la característica apropiada para cada nivel de tensión.



Figura 6.4: Brazos antibalanceo

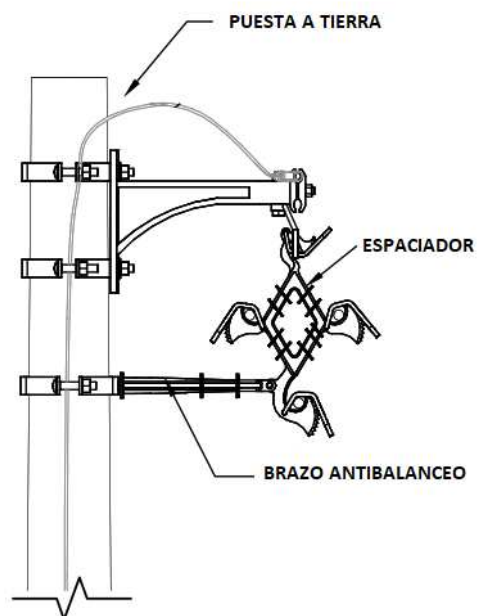


Figura 6.5: Conjunto tangencial con brazo antibalanceo

7. AISLADORES

En las redes compactas nuevas y en las reformas de redes existentes solamente se utilizarán aisladores de suspensión de materiales compuestos, para los conjuntos terminales; y para los conjuntos de apoyo se usarán aisladores tipo pin de polietileno. En la **Tabla 7.1** se relacionan los aisladores a utilizar en los sistemas de distribución operados por CELSIA:

PRECAUCION: No está permitido el uso de aisladores de porcelana con cable semiaislado porque deteriora su aislamiento.

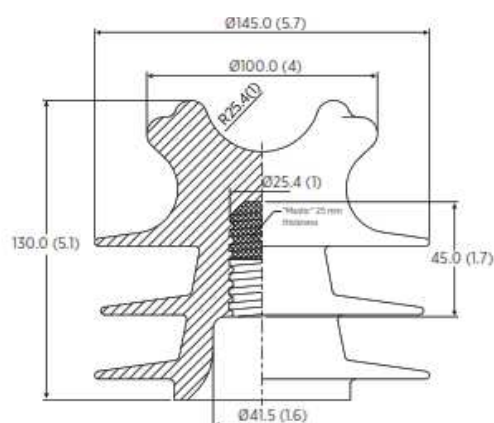


Figura 7.1: Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-4 para 15 kV

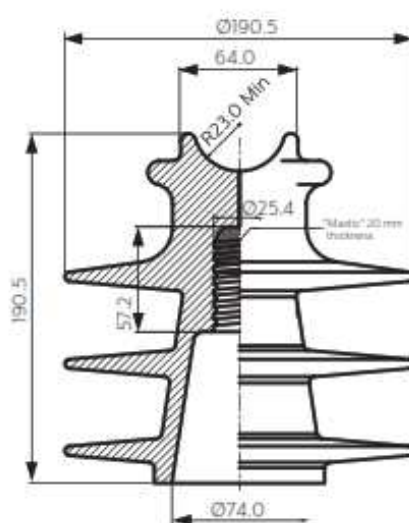


Figura 7.2: Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-6 para 35 kV

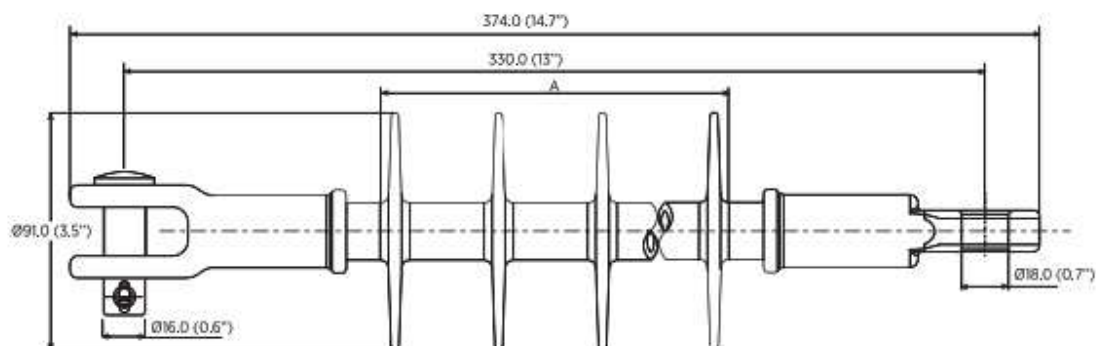


Figura 7.3: Aislador de suspensión compuesto para 15 kV

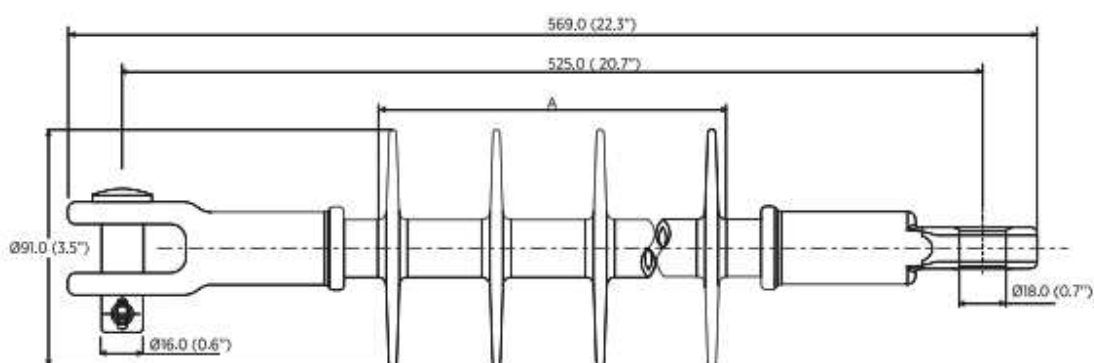


Figura 7.4: Aislador de suspensión compuesto para 35 kV

Tipo	Tensión [kV]	Descripción	Denominación	Nivel de Contaminación
Tipo PIN	15	Aislador de polietileno Tipo Pin para 15 kV	ANSI 55-4	Contaminación Normal (1)
	35	Aislador de polietileno Tipo Pin para 34.5 kV	ANSI 55-6	Contaminación Normal (1)
Tipo cadena	15	Aislador Compuesto Tipo Suspensión para 15 kV	ANSI DS15	Contaminación Normal (1)
	35	Aislador Compuesto Tipo Suspensión para 34.5 kV	ANSI DS35	Contaminación Normal (1)

Tabla 7.1: Aislamiento según Niveles de contaminación para 13.2 kV y 34.5 kV

(1) El nivel de contaminación normal corresponde al nivel II de acuerdo con la norma IEC 60815, con una distancia de fuga de 20 mm/kV.

En Las **Tablas 7.2 y 7.3**, se indican las características normalizadas dimensionales, mecánicas, radioeléctricas y eléctricas para los Aisladores Tipo pin y los Aisladores Tipo cadena.

Denominación		ANSI 55-4	ANSI 55-6
Características Dimensionales	Longitud (mm)	130	190.5
	Distancia de Fuga (mm)	340	538
	Distancia de Arco Seco (mm)	165	252
Características Mecánicas	Carga de Falla a Flexión (Cantilever Strength) (daN)	13.3	13.3
Características Radio Eléctricas	Tensión R.I.V. a tierra (kV)	10	10
	Máximo RIV a 1 MHz (μV)	< 10	<10
Características Eléctricas	Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	90	119
	Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50	76
	Tensión crítica de contorno a impulso (+) (kV) pico	149	177

Tabla 7.2: Características Generales de los Aisladores de Polietileno Tipo Pin

Denominación		Contaminación Normal	Contaminación Normal
		DS - 15	DS-35
Características Dimensionales	Longitud (mm)	330±15	390
	Distancia de Fuga (mm)	≥355	915
Características Mecánicas	Carga de falla a tracción (daN)	≥7000	≥7000
	Carga de torsión (daN m)	≥4,8	≥4,8
Características Radio Eléctricas	Tensión de ensayo R.I.V. a tierra (kV)	15	30
	Máximo RIV a 1 MHz (μV)	<10	<10
Características Eléctricas	Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	≥90	≥160

	Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	≥65	≥150
	Tensión crítica de contorno a impulso (+) (kV) pico	≥140	≥265

Tabla 7.3: Características Generales de los Aisladores Compuestos de Suspensión

8. RETENCIONES PREFORMADAS

Las retenciones preformadas OMEGA (Ω) y ZETA (\mathbf{Z}) tienen la función de asegurar el conductor al aislador de pin y en el caso de la retención preformada FIN DE LÍNEA para retener la línea asegurando el conductor al aislador de suspensión.

No se permite el uso de amarres de cable semiaislado al aislador, hechos con hilos de cables.

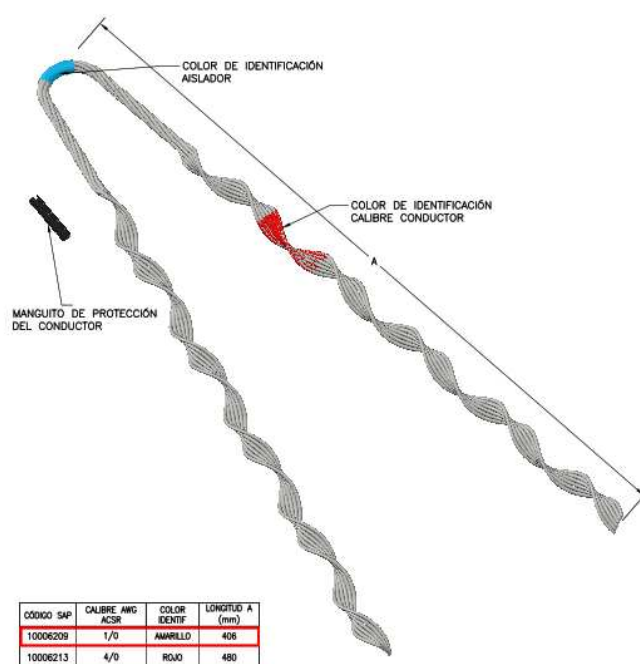


Figura 8.1: Retención preformada Ω

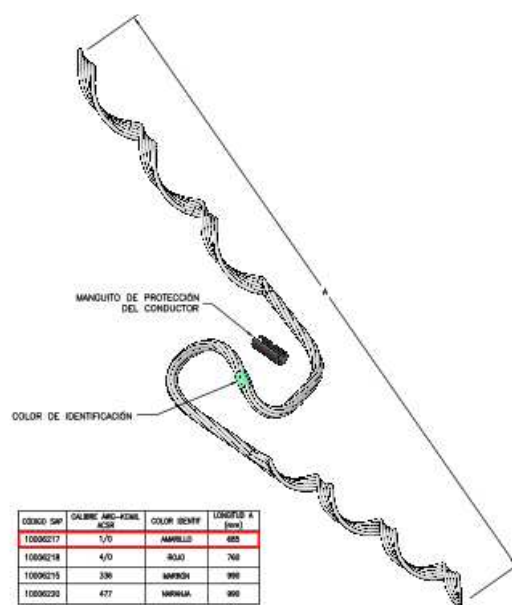


Figura 8.2: Retención preformada Z

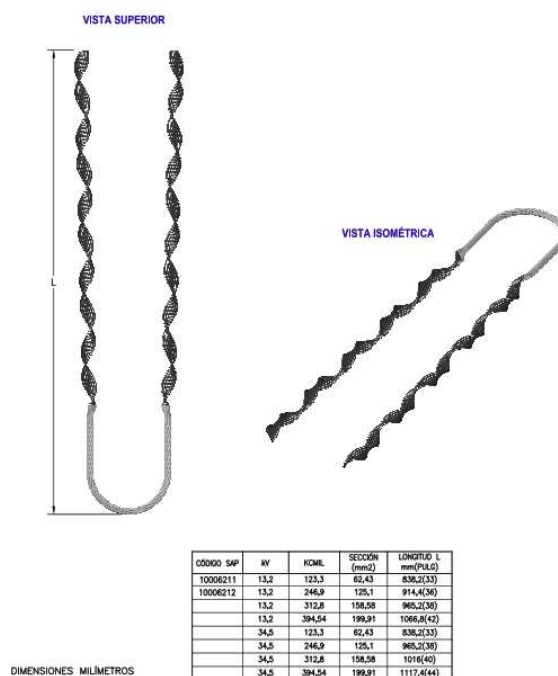


Figura 8.3: Retención preformada Fin de Línea

9. CONECTORES

Las conexiones en derivación de la red semiaislada se harán con conectores de compresión o tipo cuña apropiados para los calibres del cable principal y del cable derivado.

9.1 DISTANCIAS ENTRE CONECTORES Y AISLAMIENTO

La distancia mínima entre conectores será de 45 cm

La distancia mínima entre un conector y el poste será de 30 cm.

No podrán instalarse conectores sobre los espaciadores.

En todos los puntos donde se hagan conexiones, se deben sellar, rellenando el espacio entre el conector y el aislamiento del cable con cinta autofundente y con cinta de vinilo en la superficie, para evitar la entrada de agua al conductor. **Figura 9.1**

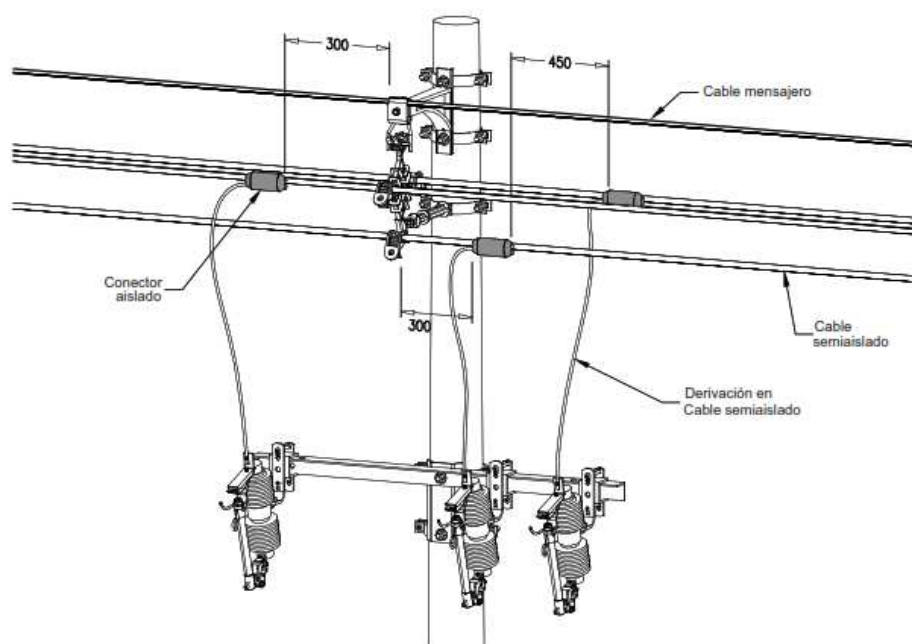


Figura 9.1: Distancias entre conectores de derivaciones

10. EMPALMES

Los empalmes de línea deben tener la capacidad de soportar toda la tensión mecánica de los conductores en caso de que el cable mensajero se rompa. Se deben instalar escalonados **Figura 10.1**. Pueden ser de acción mecánica tipo tornillo con fusible mecánico **Figura 10.2**, o de compresión **Figura 10.3**.

10.1 DISTANCIAS Y AISLAMIENTO DE EMPALMES

Los empalmes se instalarán de forma escalonada entre fases, separados mínimo 60 cm entre sí. **Figura 10.1**.

La distancia mínima entre un empalme y el poste más cercano será de 60 cm.

No se permiten empalmes sobre los espaciadores.

PRECAUCIÓN: No se permiten empalmes de tipo automático con acción de resorte porque el conductor en red compacta no se encuentra sometido a la tensión mecánica suficiente para que sus quijadas internas se cierren adecuadamente y se tenga la conductividad completa del conector. **Figura 10.4**.

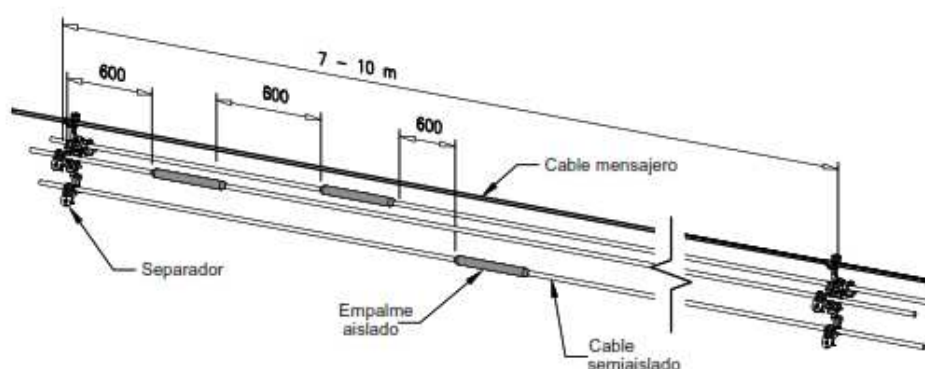


Figura 10.1: Distribución de los empalmes de conductor



Figura 10.2: Empalme mecánico de tornillos prisioneros



Figura 10.3: Empalme de compresión



Figura 10.4: Empalme automático. No permitido para red compacta.

⚠ ADVERTENCIA: Se debe recuperar completamente el aislamiento hasta lograr el Nivel Básico de Aislamiento (BIL) del cable semiaislado.

Recuperación del aislamiento: Las **Figuras 10.5 y 10.6**, ilustran los pasos que se describen a continuación.

- Limpie la superficie de aislamiento del cable 45 cm de cada extremo del cable.
- Retire el aislamiento del conductor, una distancia igual a la mitad de la longitud del empalme en ambos extremos y deslice la cubierta contráctil sobre uno de los conductores a empalmar.
- Use un marcador o cinta para señalar una distancia de 280 mm desde cada extremo de los conductores.
- Limpie los conductores con cepillo de alambre. Instale el empalme y limpie los excedentes de inhibidor de óxido.
- Rellene con cinta **autofundente** entre cada extremo del empalme y la cubierta del conductor.
- A 15 mm sobre la cubierta de uno de los conductores, aplique una capa de cinta **semiconductora**, con traslape de medio ancho de la cinta, hasta lograr una capa 15 mm de espesor sobre la cinta de relleno y el empalme, hasta cubrir 15 mm de la cubierta del otro cable.
- Aplique suficiente tensión para que el ancho de la cinta se reduzca hasta el 75% del ancho original.
- Comenzando a 15 mm de la marca inicial del cable, aplique cinta de vinilo, con traslape de medio ancho, hasta llegar a 15 mm de la marca inicial en el otro extremo. Una capa semitraslapada es suficiente para 15 kV y tres para 35 kV.
- Ubique la cubierta contráctil sobre el empalme ya aislado y aplique calor si es termocontráctil o retire la cinta interna si es contráctil en frío.

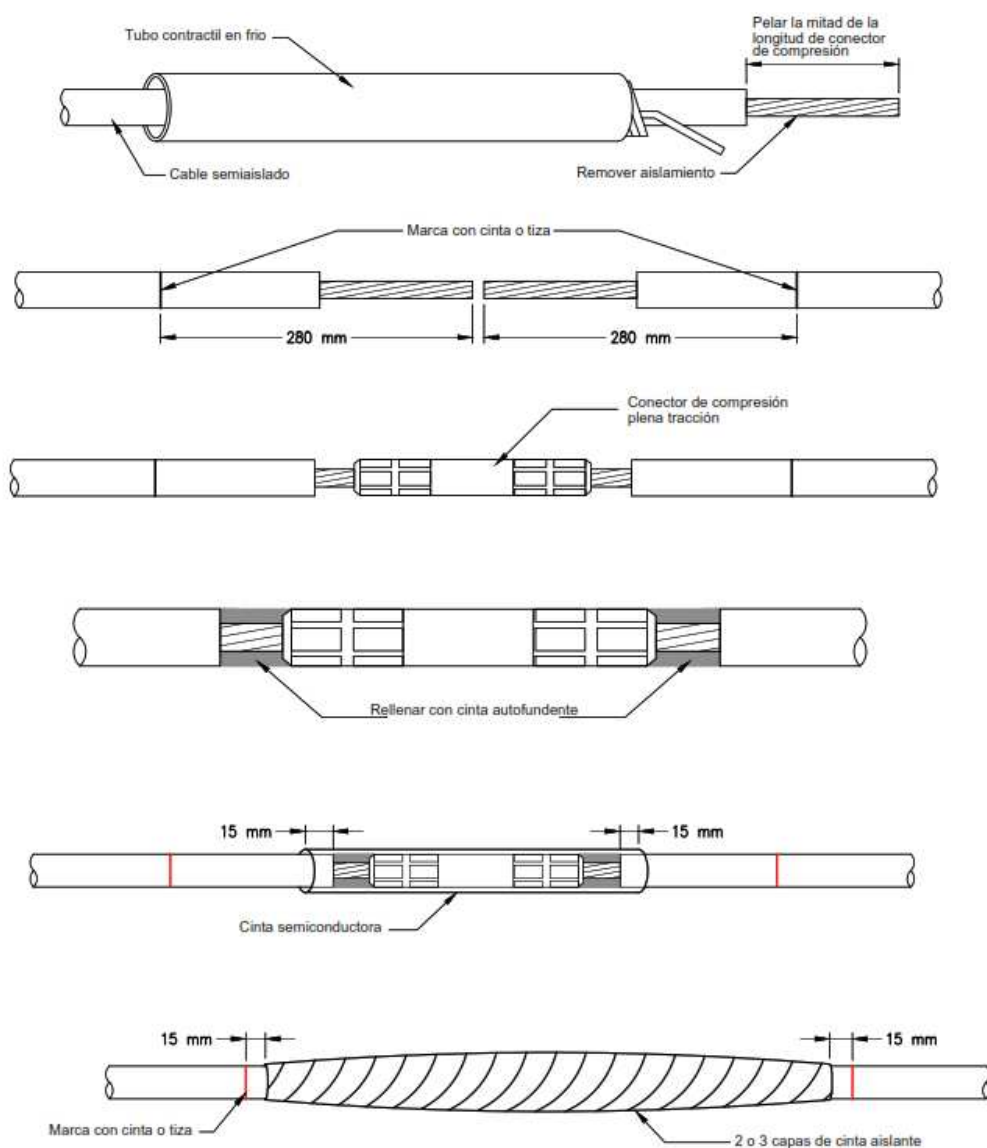


Figura 10.5: Pasos preliminares de la recuperación del aislamiento

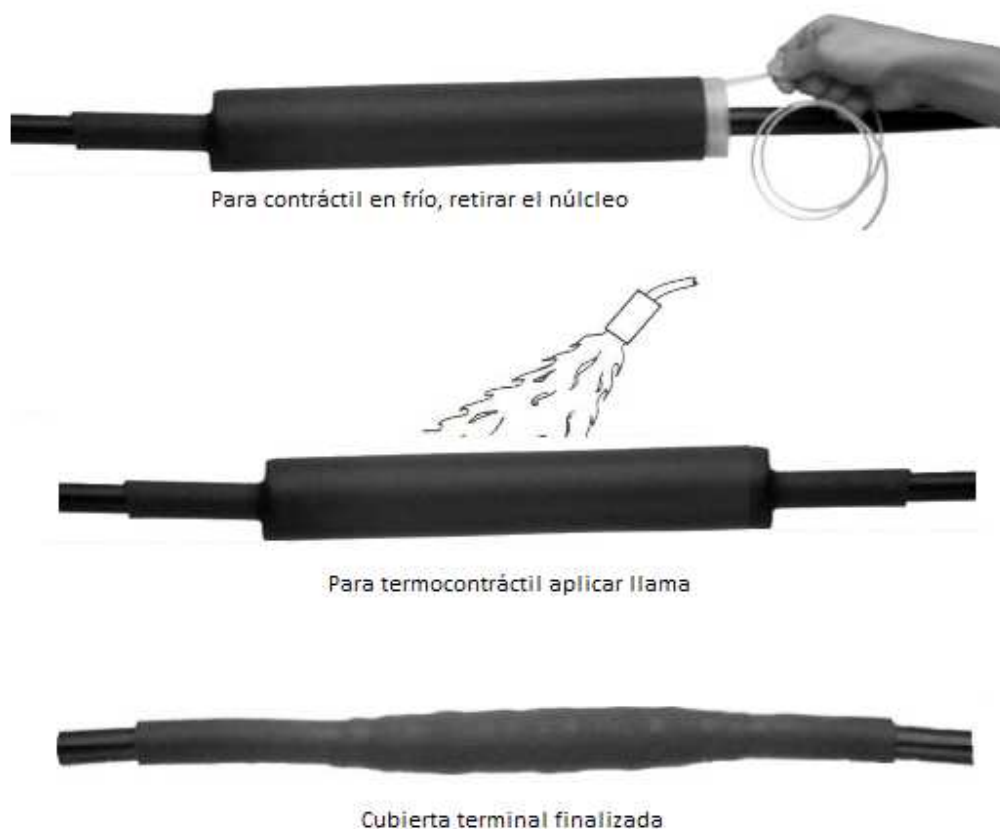


Figura 10.6: Pasos finales para la restitución de aislamiento en los empalmes

11. CABLE MENSAJERO

El mensajero es el cable que sostiene a todo el sistema de red compacta, espaciadores, el cable semiaislado y las ramas que caen de los árboles, también actúa como apantallamiento y como neutro del sistema.

El método gráfico de Langrehr, **Figura 11.1**, determina gráficamente la zona de protección que brinda el cable de apantallamiento situado en la parte superior del poste a una altura h sobre el terreno.

En el caso de la red compacta el cable mensajero al estar puesto a tierra cada máximo cada 150 metros, configura un sistema de apantallamiento que protege los conductores de fase.

La altura h es la altura del cable apantallamiento sobre el terreno, **Figura 11.2**, a partir de este se traza una recta hacia arriba de longitud h , luego una recta horizontal a ambos lados de la recta vertical de $\sqrt{3}h$, a continuación, se traza un arco circunferencia con

radio $R = 2h$ que pase por el cable de apantallamiento y que sea tangente al suelo; de esta forma queda definida la zona de protección.

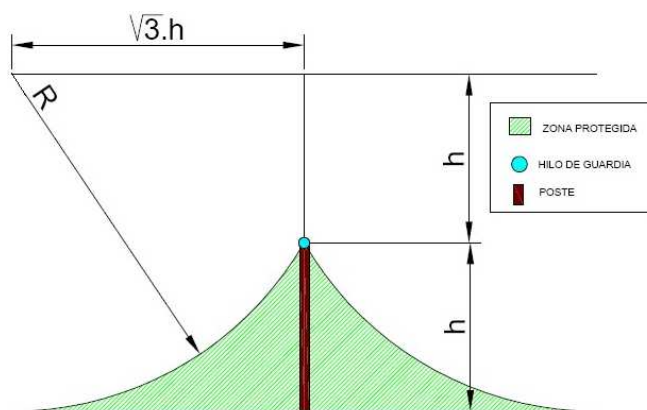


Figura 11.1: Método Langrehr para apantallamiento.

Fuente: ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com

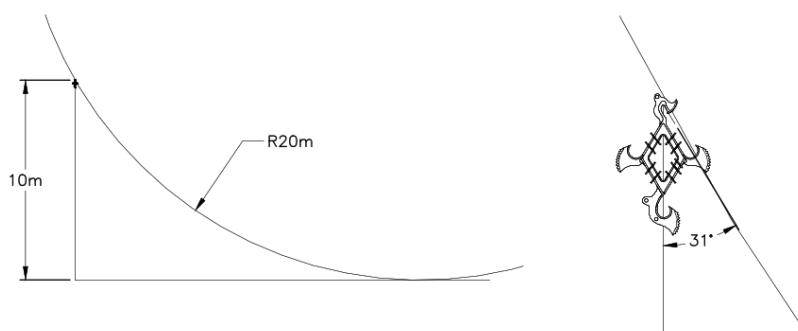


Figura 11.2: Método Langrehr aplicado a la red compacta semiaislada

El cable mensajero seleccionado es el cable de Aluminum Clad Steel (Alumo Weld) 7 N°8. **Figura 11.3**, sin embargo también se puede utilizar al cable ACSR-AWAC 1/0 o 2/0 AWG, teniendo cuidado de garantizar las capacidades mecánicas según los vanos utilizados.

El cable mensajero debe conectarse a tierra cada 150 metros.



Figura 11.3: Cable Alumo Weld 7x8

Denominación		Aluminium Clad Steel
Sección Transversal	Total (mm ²)	58.56
Composición	Nº Alambres	7
	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,264
Diámetro Nominal del Cable (mm)		9,78
Peso (daN/m)		0,382
Carga de Rotura (daN)		≥ 7 086
Modulo de Elasticidad (daN/mm ²)		15 886
Coeficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)		13*10 ⁻⁶

Tabla 11.1: Características del cable Alumo Weld

Alumoweld® Overhead Ground Wire Electrical Properties

DESIGNATION	RESISTANCE - OHMS PER CONDUCTOR PER MILE		REACTANCE PER CONDUCTOR PER MILE ONE FOOT SPACING		GMR Geometric Mean Radius at 60 Hz (Feet)	40°C to 125°C Approx. Ampacity at 60 Hz** (Amps)	25°C to 125°C Approx. Ampacity at 60 Hz*** (Amps)
	R _a at 25°C (77°F) Small Currents 60 Hz	R _a at 75°C (167°F) Current Approx. 75% of Ampacity* 60 Hz	X _a Inductive Ohms 60 Hz	X _p Capacitive Megohms 60 Hz			
19 No. 8 Awg	0.9038	1.28	0.667	0.1074	0.003478	315	342
19 No. 9 Awg	1.1400	1.554	0.701	0.1109	0.003096	280	304
19 No. 10 Awg	1.4370	1.896	0.715	0.1143	0.002756	248	269
7 No. 5 Awg	1.2400	1.669	0.707	0.1122	0.002958	268	290
7 No. 6 Awg	1.5360	2.01	0.721	0.1157	0.002633	238	258
7 No. 7 Awg	1.9370	2.47	0.735	0.1191	0.002345	210	227
7 No. 8 Awg	2.4400	3.06	0.749	0.1226	0.002085	183	199
7 No. 9 Awg	3.0800	3.8	0.763	0.126	0.001858	160	174
7 No. 10 Awg	3.8800	4.73	0.777	0.1294	0.001658	140	151
3 No. 5 Awg	2.7800	3.56	0.707	0.1221	0.00294	170	184
3 No. 6 Awg	3.5100	4.41	0.721	0.1255	0.002618	148	161

* Resistance at 75°C total temperature, based on an ambient of 25°C plus 50°C rise due to heating effect of current. The approximate magnitude of current necessary to produce the 50°C rise is 75% of the "Approximate Ampacity at 60 Hz."

** Based on a strand temperature of 125°C and an ambient of 40°C; windspeed = 0.60 m/s per IEEE 738 - June 2003 method of calculation.

*** Based on a strand temperature of 125°C and an ambient of 25°C; windspeed = 0.60 m/s per IEEE 738 - June 2003 method of calculation.

Tabla 11.2: Propiedades eléctricas de los cables Alumoweld. Catálogo de AFL

12. SECUENCIA DE FASES

Se debe conservar la secuencia de fases de acuerdo con la siguiente norma: Parándose de espaldas a la fuente la fase R debe quedar a la izquierda de la persona, la fase S en el centro y la fase T a la derecha. De acuerdo con esto, en el espaciador la fase R quedará en el lado izquierdo, la fase S en el inferior y la fase T en el lado derecho. La **Figura 12.1** ilustra esta norma.

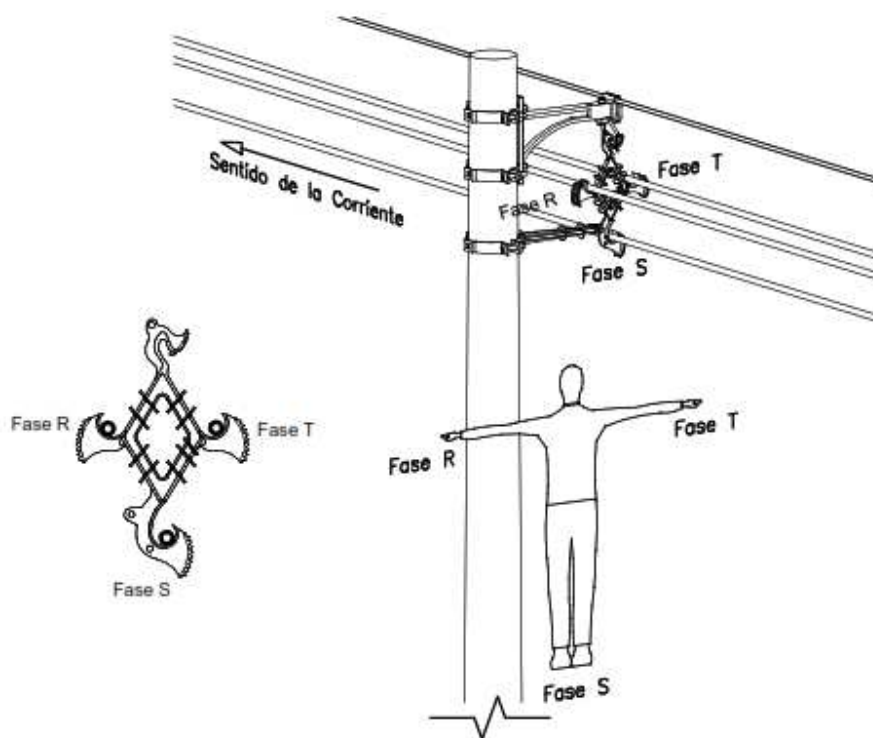


Figura 12.1: Metodología para definir la secuencia de fases

13. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Las distancias mínimas de seguridad cumplen una doble función:

- Limitar la posibilidad de contacto entre personas y circuitos o equipos.
- Impedir que las instalaciones de un Operador de Red entren en contacto con las instalaciones de otro o con la propiedad pública o privada.

Las distancias de seguridad deben estar de acuerdo con el Artículo 13º: *DISTANCIAS DE SEGURIDAD*. La Nota 3 del RETIE establece las distancias mínimas entre los conductores de un mismo circuito de una red compacta con cables cubiertos o semiaislados, los cuales no deben tener una separación menor a 18 cm para tensiones menores de 15 kV, ni menor a 27 cm para tensiones entre 15 kV y 34,5 kV.

La norma ANSI/NFPA 70 NEC considera al cable semiaislado desde el punto de vista de la seguridad, como un conductor desnudo.

“Cable cubierto: es un conductor metálico cubierto o con chaqueta, de un espesor no reconocido por este código como aislamiento eléctrico. Los conductores cubiertos deben ser considerados como conductores desnudos para todos los requisitos de distancias de seguridad*, excepto que las distancias entre cables del mismo o diferente circuito, incluyendo los conductores puestos a tierra, puedan ser reducidas para sistemas abiertos. Esto siempre y cuando la compañía dueña, lo opere y le haga mantenimiento. Espaciadores intermedios pueden ser colocados para mantener los requisitos de distancias entre conductores”.

Transcribimos la nota del RETIE, que permite reducir las distancias en lugares donde no haya suficiente espacio: **“Nota 10:** Donde el espacio disponible no permita cumplir las distancias horizontales de la Tabla 13.1 para redes de media tensión, tales como edificaciones con fachadas o terrazas cercanas, la separación se puede reducir hasta en un 30%, siempre y cuando, los conductores, empalmes y herrajes tengan una cubierta que proporcione suficiente rigidez dieléctrica para limitar la probabilidad de falla a tierra, tal como la de los cables cubiertos con tres capas para red compacta. Adicionalmente, deben tener espaciadores y una señalización que indique que es cable no aislado. En zonas arborizadas urbanas se recomienda usar esta tecnología para disminuir las podas”.

Con base en estas premisas se deben respetar las distancias de seguridad de las tablas 13.1 a 13.8 del Artículo 13º del RETIE, resumidas para las tensiones de 13.2 kV y 34.5 kV.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases [kV]	Distancia [m]
Distancia vertical “a” sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1)	44/34.5/33	3.8
	13.8/13.2/11.4/7.6	3.8

Distancia horizontal “b” a muros, balcones, salientes, ventanas, y diferentes independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas (Figura 13.1)	44/34.5/33	2.3
	13.8/13.2/11.4/7.6	2.3
Distancia vertical “c” 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. (Figura 13.1)	44/34.5/33	4.1
	13.8/13.2/11.4/7.6	4.1
Distancia vertical “d” a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2.45 m de altura	44/34.5/33	5.6
	13.8/13.2/11.4/7.6	5.6

Tabla 13.1: Distancias horizontales mínimas de seguridad en zonas con construcciones.

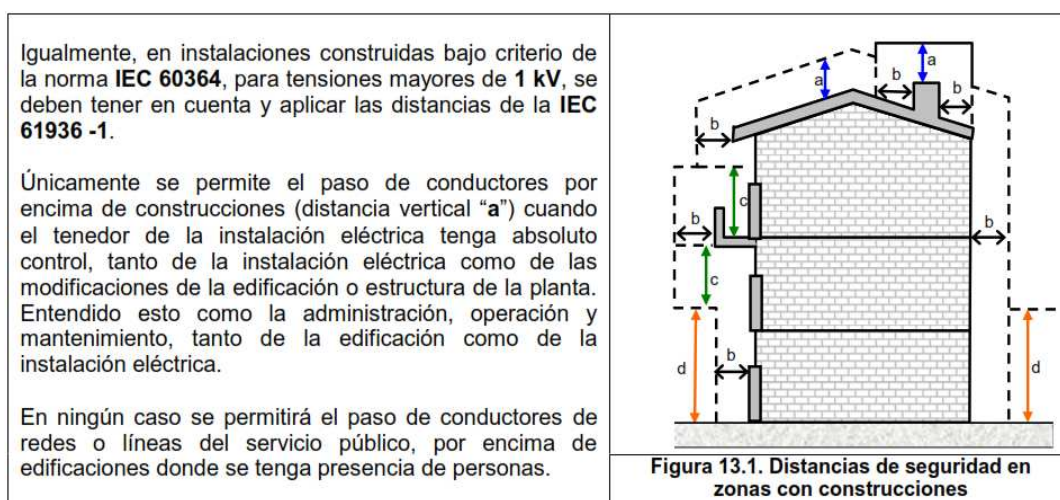


Figura 13.1: Distancias mínimas de seguridad a zonas construcciones. RETIE

La Tabla 13.2 resumen las distancias mínimas de seguridad para diferentes situaciones del RETIE, resumida con las celdas para las tensiones de 13.2 kV y 34.5 kV, aplicables para el objeto de este manual.

Descripción	Tensión nominal entre fases [kV]	Distancia [m]
Distancia mínima al suelo “d” en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular (Figura 13.2)	44/34.5/33	5.6
	13,8/13.2/11.4/7.6	5.6
Distancia mínima al suelo “d1” desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles (Figura 13.2).	44/34.5/33	5.6
	13,8/13.2/11.4/7.6	5.6
	44/34.5/33	5.6

Descripción	Tensión nominal entre fases [kV]	Distancia [m]
Distancia mínima al suelo “d” en zonas de bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc. Siempre que se tenga el control de la altura máxima que pueden alcanzar las copas de los arbustos o huertos localizados en la zonas de servidumbre (Figura 13.2).	13,8/13.2/11.4/7.6	5.6
En áreas de bosques y huertos donde se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar, se debe aplicar como distancia “e” estos valores (Figura 13.3) ⁶	44/34.5/33	8.1
	13,8/13.2/11.4/7.6	8.1
Distancia mínima vertical en el cruce “f” a los conductores alimentadores de ferrocarriles electrificados, teleféricos, tranvías y trole-buses (Figura 13.4)	44/34.5/33	1.8
	13,8/13.2/11.4/7.6	1.8
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel del agua “g” en cruce con ríos, canales navegables o flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m (Figura 13.4)	44/34.5/33	10.2
	13,8/13.2/11.4/7.6	10.2
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel del agua “g” en cruce con ríos, canales navegables o flotantes, no adecuadas para embarcaciones con altura mayor a 2 m. (Figura 13.4)	44/34.5/33	5.2
	13,8/13.2/11.4/7.6	5.2
Distancia mínima vertical al piso en cruce por espacios usados como campos deportivos abiertos, sin infraestructura en la zona de servidumbre, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificaciones ubicadas debajo de los conductores.	44/34.5/33	12
	13,8/13.2/11.4/7.6	12
Distancia mínima horizontal en cruce cercano a campos deportivos que incluyan infraestructura, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificación asociada al campo deportivo.	44/34.5/33	7.0
	13,8/13.2/11.4/7.6	7.0

Tabla 13.2: Resumen de Tabla 13.2 del RETIE Distancias mínimas de seguridad

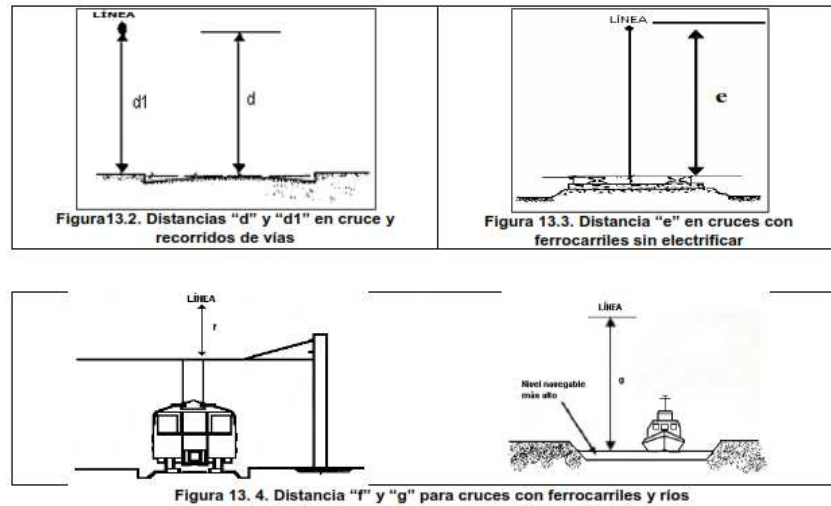


Figura 13.2: Cruce de vías, Figura 13.4 del RETIE.

DISTANCIAS EN METROS										
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	500	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1
	230/220	3,0	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6	
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2		
	66	2,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5			
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4				
	44/34,5/33	1,8	1,2	1,2	1,3					
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	0,6						
	<1	1,2	0,6							
	Comunicaciones	0,6								
Comunicación		<1	13,8/ 13,2/ 11,4/ 7,6	44/ 34,5/ 33	57,5	66	115/ 110	230/ 220	500	
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior										

Tabla 13.3: Distancias verticales en vanos entre circuitos. RETIE tabla 13.3

		CONDUCTORES A MAYOR ALTURA	
		CONDUCTORES DE SUMINISTRO A LA INTEMPERIE (TENSIÓN EN kV)	
		HASTA 1 kV	ENTRE 7,6 Y 66 kV
CONDUCTORES A MENOR ALTURA	Conductores y cables de comunicación, localizados en el apoyo de empresa de energía, o de empresas comunicaciones.	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV.
	Conductores de suministro eléctrico a la intemperie	Hasta 1 kV	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 1 kV y 7,6 kV	No permitido
		Entre 11,4 kV y 34,5 kV	No permitido
		Entre 44 kV y 66 kV	No permitido

Nota 1: Estas distancias son para circuitos de una misma empresa operadora. Para circuitos de diferentes empresas la distancia se debe aumentar en 0,6 m.

Nota 2: Para las tensiones que excedan los 66 kV, la distancia de seguridad vertical entre conductores debe ser incrementada por el factor de corrección por altura.

Nota 3: Los conductores del mismo circuito de una red compacta con cables cubiertos o semiaislados, no deben tener una separación menor a 18 cm para tensiones menores de 15 kV, ni menor a 27 cm para tensiones entre 15 kV y 34,5 kV.

Parágrafo. Se podrá usar tecnología de líneas compactas para una línea o varias líneas en la misma estructura, siempre que se cumplan las distancias de seguridad definidas en normas internacionales, de reconocimiento internacional como IEEE o recomendaciones del CIGRE para este tipo de configuraciones.

Tabla 13.4: Distancias verticales entre conductores en la misma estructura. RETIE Tabla 13.5

14. DELIMITACION DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LINEAS

Para todos los Proyectos Específicos diseñados en las áreas de operación de CELSIA en el VALLE DEL CAUCA y TOLIMA, se debe definir la zona territorial donde se encontrarán emplazadas las líneas objeto de cada proyecto, determinadas por las temperaturas ambientales y la altura sobre el nivel del mar.

La geografía en los dos departamentos mencionados tiene en común, alturas sobre el nivel del mar con ello temperaturas similares, zonas planas, zonas montañosas y en el caso del Valle del Cauca la zona de la costa pacífica.

14.1 ZONAS POR ALTITUD Y TEMPERATURA AMBIENTAL

Se establecieron tres zonas geográficas determinadas por la altitud sobre el nivel del mar y la temperatura ambiental de cada una de ellas. La velocidad máxima del viento es de 100 km/h para las tres zonas.

En la **Tabla 14.1** se definen las zonas, altitud y temperaturas establecidas para el diseño de líneas aéreas MT.

Zona	Altitud (m.s.n.m.)	Temperaturas (°C)			
		Mínima	Máxima	Mínima (mes más frío)	Promedio
A	0 – 1000	15	40	18	26
B	1000 – 2000	10	35	14	20
C	2000 – 3000	5	30	10	15

Tabla 14.1: Altitudes y temperaturas ambientales por zona

Las principales condiciones eléctricas del sistema de CELSIA en los departamentos del VALLE DEL CAUCA y del TOLIMA, se resumen en la **Tabla 14.2**.

Caso excepcional es el de Buenaventura porque su sistema de distribución en media tensión es de 13.2 kV a cuatro hilos.

Características Eléctricas del Sistema	
Sistema Primario de Distribución	
Tensiones nominales de línea (V)	13 200 - 34 500
Número de fases	2 - 3
Conexión en la Subestación Eléctrica	Y puesta a tierra en subestación
Frecuencia (Hz)	60

Tabla 14.2: Característica eléctricas de los sistemas de Valle y Tolima

15. POSTES Y CIMENTACIONES

15.1 Postes

Los postes serán de hormigón pretensado o metálicos, de resistencia adecuada al esfuerzo que han de soportar.

En la **Tabla 15.1** se indican las principales características de los postes de hormigón

Denominación	Altura (m)	Carga de Rotura (daN) (1)	Diámetro cima (cm)	Diámetro base (cm)
PH-11/500 daN	11	500	14	30,5
PH-11/735 daN	11	735	14	30,5
PH-11/1030 daN	11	1 030	19	35,5
PH-11/1324 daN	11	1 324	20	36,5
PH-12/500 daN	12	500	14	32
PH-12/735 daN	12	735	14	32
PH-12/1030 daN	12	1 030	19	37
PH-12/1324 daN	12	1 324	20	38
PH-14/735 daN	14	735	16	37
PH-14/1030 daN	14	1 030	19	40
PH-14/1324 daN	14	1 324	20	41

Tabla 15.1: Características Generales de los Postes de Hormigón

Nota: (1) Especificado a 0,2 m por debajo de la cima

La nomenclatura a emplear para designar los postes es la siguiente:

P A C / D

A = H si Hormigón, C si es metálico.

C = Altura (m)

D = Esfuerzo de rotura (daN)

Ejemplo: PH 12 / 735

15.2 Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán enterrando el poste directamente en el suelo o mediante aporte de hormigón. Las cimentaciones con aporte de hormigón serán del tipo cilíndrica o prismática recta de sección cuadrada.

La elección de un tipo de cimentación u otro dependerá del tipo de terreno y de la maquinaria disponible.

Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 21Mpa (3000 psi). Los agregados cumplirán las condiciones adecuadas relativas al tamaño, las condiciones fisicoquímicas, las condiciones físicomecánicas, la granulometría y el coeficiente de forma. Se prohíbe el empleo de agregados que contengan sulfuros oxidables. El cemento usado para el concreto será Portland Tipo I.

A la peana (parte de la cimentación que sobresale por encima del nivel del suelo) se le dará una ligera pendiente, con un mínimo del 10%, como vierteaguas.

Para las cimentaciones con aporte de hormigón, cilíndricas o prismáticas se fabricará un solado base en el fondo de la cimentación, de una altura de 0,10 m. Su función es eliminar las presiones diferenciales producidas sobre la base del poste, evitando su hundimiento. Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 17,5 Mpa (2500 psi). **Figura 15.1.**

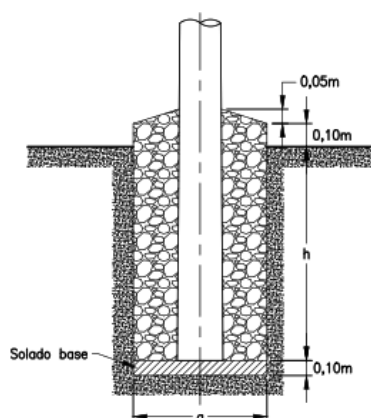


Figura 15.1: Cimentación con solado base

Para las cimentaciones directamente enterradas no se permite el uso de tierra vegetal como relleno y deberá ser reemplazada por una mezcla de grava y tierra.

La nomenclatura a emplear para designar las cimentaciones es la siguiente:

CXXX – Y

XXX = Tipo de Cimentación

051 Monobloque cilíndrico

052 Monobloque cuadrada

053 Directamente enterrado

YY = Factor de Compresibilidad del Terreno

8 Terreno Flojo

12 Terreno Normal

16 Terreno Duro
20 Terreno Muy Duro

Ejemplo: C052 – 12 = Cimentación Monobloque cuadrada en terreno normal.

CIMENTACIÓN PARA OBRAS EN CELSIA. Por ser la de construcción más sencilla por la facilidad de la formaleta, la cimentación de monobloque cuadrada es la cimentación seleccionada para la ejecución de obras en los sistemas de distribución de CELSIA.

16. CONJUNTOS

Un conjunto es un grupo de herrajes, accesorios (crucetas, soportes, flejes, etc.) y aislamiento con sus accesorios (aisladores, grapas, retenciones, etc.), cuya función es transferir los esfuerzos de los conductores a los postes.

El sistema de red compacta es un sistema de red aérea con cable semiaislado y espaciadores montados en un cable mensajero de manera que se conserven la distancia entre ellos, con distancias reducidas en comparación con las redes no aisladas, con el fin de soportar por períodos cortos el peso y el contacto con ramas de tamaño moderado, así mismo tiene capacidad para soportar el contacto entre fases y fase y tierra durante un corto tiempo; de este modo ofrece una mejor confiabilidad de servicio.

Los planos de los conjuntos y sus listados de materiales de la red semiaislada compacta, se presentan en el archivo PLANOS DE MONTAJE RED SEMIAISLADA COMPACTA.

El sistema de codificación de los conjuntos se resume en la **Tabla 16.1**. Las condiciones o circunstancias donde mejor se pueden aplicar los conjuntos de la red semiaislada compacta se resumen en la **Tabla 16.2**.

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Tensión de trabajo	S B C	S: Red secundaria B: 13.2 kV C: 34.5 kV
2	Segundo circuito	1.	Indica que es un circuito debajo de uno existente
3	Tipo de estructura	H HH 1 2 5 6 7	H sencilla Doble H Centrado, monofásico, Bandera, monofásico Centrado, trifásico Bandera, trifásico Red semiaislada MT
4	Ángulo de la línea	1 2 3 4 5 6 7	Ángulo de 0°-6° Ángulo de 6°-30° Abanico, monofásico, 30°-60° Abanico, ángulo, 60°-90° Abanico, monofásico, terminal Terminal Doble terminal
Sufijos de las estructuras para red compacta			

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Por tipo de herraje	C E T	Herraje en C Herraje en E Cruceta en T
2	Para doble aislador Para doble circuito	D 2	Doble aislador Doble circuito en ambos lados del poste

Tabla 16.1: Codificación de los conjuntos

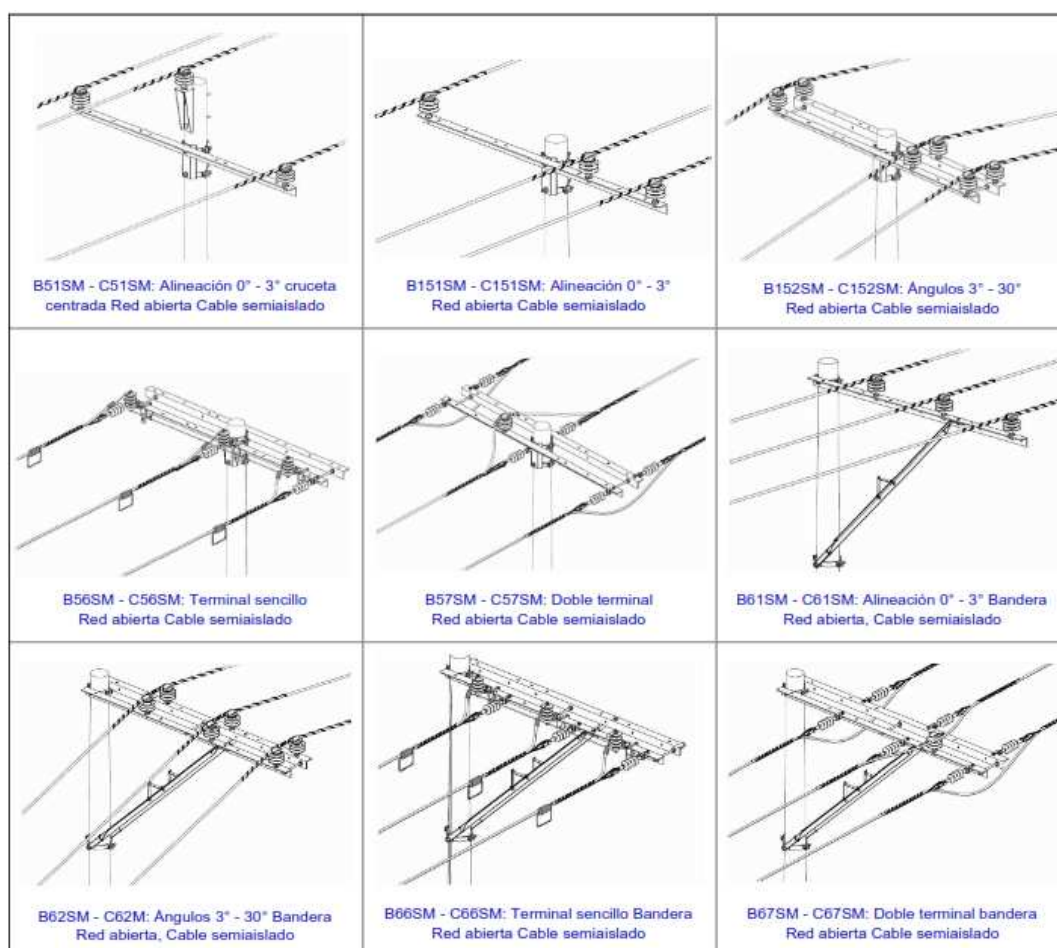


Figura 16.1: Conjuntos de red abierta semiaislada (1)

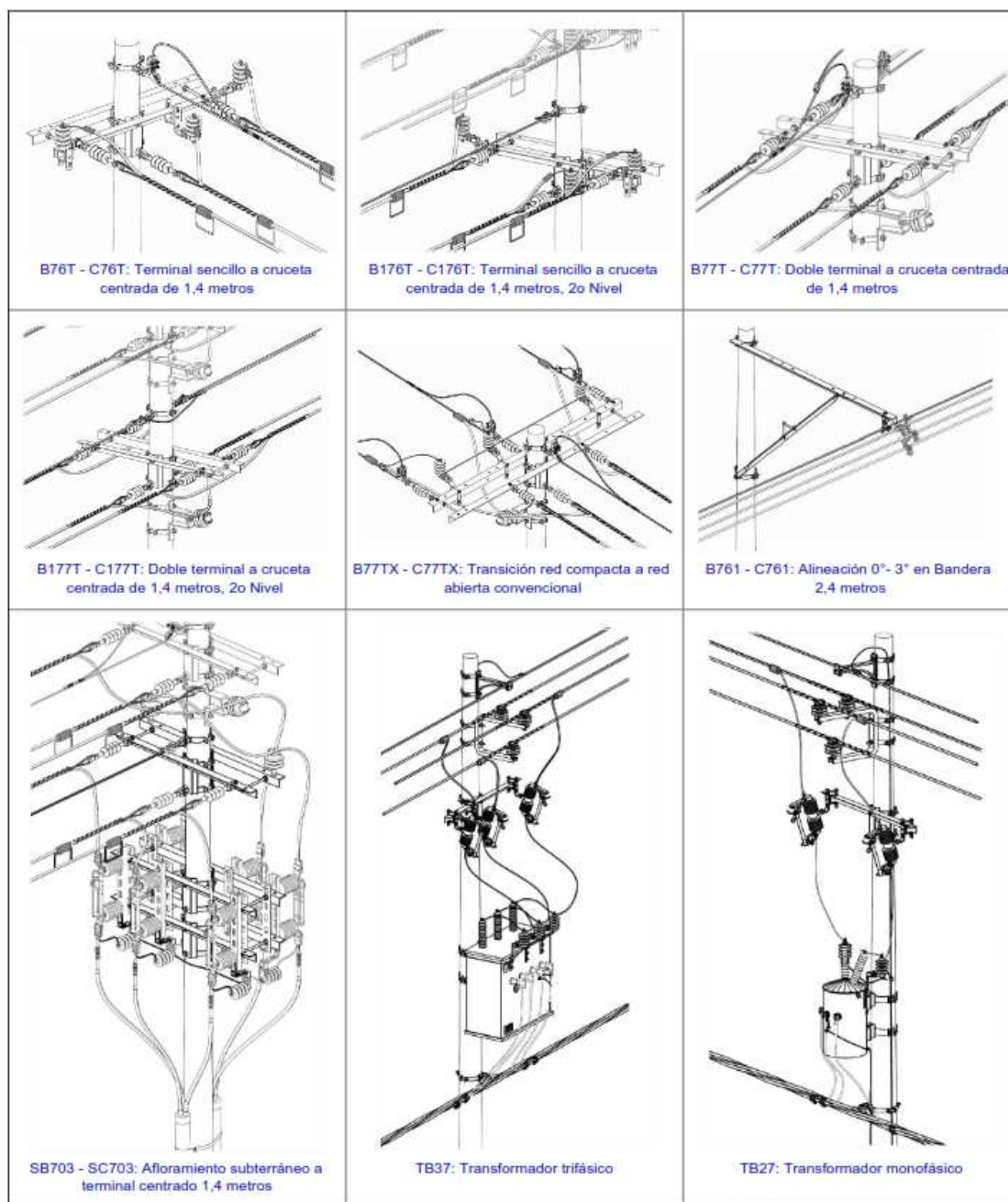


Figura 16.2: Conjuntos red compacta semiaislada (2)

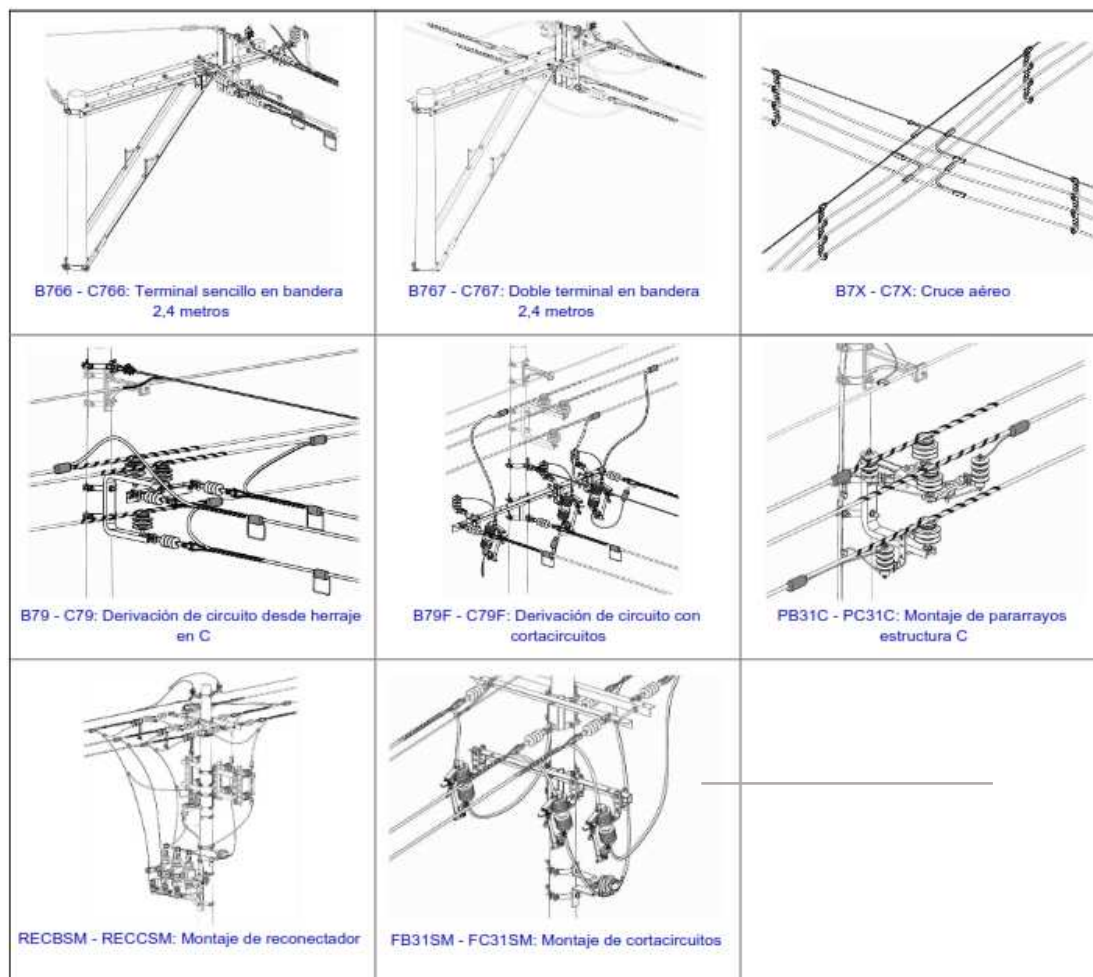


Figura 16.2: Conjuntos red compacta semiaislada (3)

CONJUNTOS DE RED COMPACTA Y SU ZONA DE APLICACIÓN			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN CONJUNTO	SITUACIÓN	ZONA DE APLICACIÓN
B71-C71	COMPACTA ALINEACIÓN 0°6°	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B72C-C72C	COMPACTA 0°30° HERRAJE C	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B72E-C72E	COMPACTA 0°30° HERRAJE E	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B72CD-C72CD	COMPACTA 30°90° HERRAJE C DOBLE AISLADOR	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B72ED-C72ED	COMPACTA 30°90° HERRAJE E DOBLE AISLADOR	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B76C-C76C	COMPACTA TERMINAL SENCILLO CENTRADO HERRAJE C	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B77C-C77C	COMPACTA TERMINAL DOBLE CENTRADO HERRAJE C	Continuación de línea y en líneas largas estructura para detener efecto dominó	Zona rural o urbana arborizada
B71D-C71D	COMPACTA ALINEACIÓN 0°6° DOBLE CIRCUITO	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B72C2-C72C2	COMPACTA 6°30° HERRAJE C DOBLE CIRCUITO	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B72E2-C72E2	COMPACTA 6°30° HERRAJE E DOBLE CIRCUITO	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B72CD2-C72CD2	COMPACTA 30°90° HERRAJE C DOBLE AISLADOR DOBLE CIRCUITO	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B172CD2-C172CD2	ÁNGULO 30°90° HERRAJE C DOBLE AISLADOR DOBLE CIRCUITO SEGUNDO	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B76C2-C76C2	COMPACTA DOBLE CIRCUITO TERMINAL SENCILLO HERRAJE C LATERAL	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B176C2-C176C2	COMPACTA SEGUNDO NIVEL TERMINAL SENCILLO HERRAJE C LATERAL	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B77C2-C77C2	COMPACTA TERMINAL DOBLE DOBLE CIRCUITO HERRAJE EN C LATERAL	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B177C2-C177C2	COMPACTA SEGUNDO NIVEL DOBLE TERMINAL DOBLE CIRCUITO HERRAJE C LATERAL	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B76T-C76T	TERMINAL SENCILLA CRUCETA T 1,4 M	Alta densidad de circuitos	Zonas aledañas a subestaciones
B176T-C176T	COMPACTA SEGUNDO NIVEL TERMINAL SENCILLA CRUCETA T 1,4 M	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B77T-C77T	COMPACTA DOBLE TERMINAL CRUCETA CENTRADA AUTOSOPORTADA DE 1,4 METROS	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B177T-C177T	COMPACTA SEGUNDO NIVEL DOBLE TERMINAL CRUCETA 1,4 M	Área sin restricciones de espacio	Zona rural o urbana arborizada
B76TX-C76TX B77TX-C77TX	COMPACTA TRANSICIÓN RED COMPACTA A RED ABIERTA CRUCETA CENTRADA	Reforma de red	Urbana o rural
B617-C617 B761-C761	COMPACTA 0°6° BANDERA CRUCETA DE 2,4 M	Área con edificios cercanos a la red	Zona urbana principalmente
B667-C667 B766-C766	COMPACTA BANDERA TERMINAL SENCILLO CRUCETA 2,4 M	Área con edificios cercanos a la red	Zona urbana principalmente
B677-C677 B767-C767	COMPACTA BANDERA DOBLE TERMINAL CRUCETA 2,4 M	Área con edificios cercanos a la red	Zona urbana principalmente
SB703-SC703 TB37	AFLORAMIENTO SUBTERRÁNEO A CONJUNTO TERMINAL CENTRADO EN CRUCETA DE 1,4 M ESTRUCTURA TRANSFORMADOR		

Tabla 16.2: Sectores para aplicación de los conjuntos

17. RETENIDAS

Es el conjunto de elementos estructurales que tienen por objeto absorber el exceso de esfuerzos que superan la capacidad mecánica del poste y transmitirlos directamente al suelo. Las retenidas están constituidas por cables de acero, zapatas de concreto, varillas de anclaje, aisladores tensores, grapas mordaza, postes y herrajes. **Figuras 17.1 a 17.4.**

Tipos de retenidas: En la Tabla 17.1 se resumen los principales tipos de retenidas con la nomenclatura definida para ellas. Ver ANEXO RETENCIÓN.

Denominación	Nomenclatura
Retenida directa a tierra	VO2A-V03A
Retenida en guitarra	V10-V14
Retenida a poste auxiliar	V42-V43
Retenida centrada a conjunto abanico	V62-v63
Retenida en pie amigo	VP
Retenida a perfil estructural en “I”	VR2-VR3
Zapata para retenida	CG

Tabla 17.1: Nomenclatura de las retenidas.

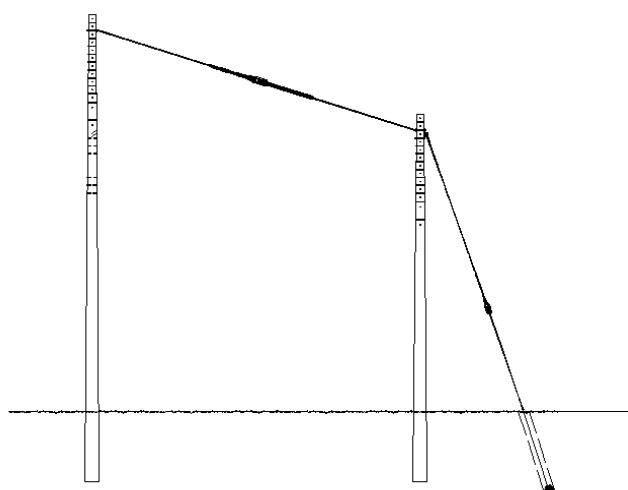


Figura 17.1: Retenida a Poste Auxiliar

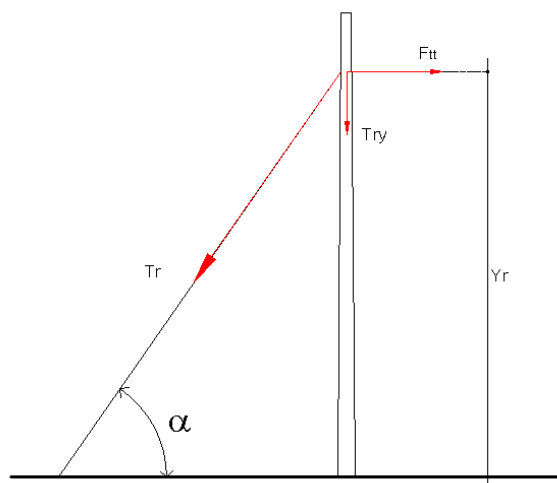


Figura 17.2: Retenida Directa a Tierra

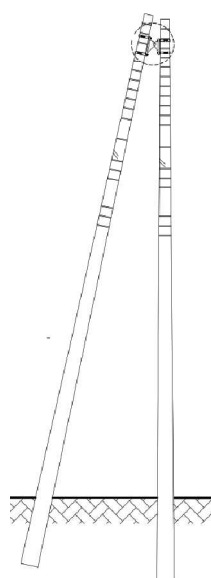


Figura 17.3: Retenida en pie amigo



Figura 17.4: Retenida a perfil estructural en “I”

En las **tablas 17.2, 17.3 y 17.4** se presentan las características de los cables de acero galvanizado, varillas de anclaje, aislador tensor y platina de fijación para retenida.

Denominación		9,52 mm (3/8")	12,70 (1/2")
Sección Transversal	Total (mm ²)	51,1	96,5
	Nº Alambres	7	7
Composición	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,05	4,19
	Diámetro Nominal del Cable (mm)	9,52	12,7
Peso (daN/m)		0,399	0,755
Carga de Rotura (daN)		≥ 6 840	≥ 11960
Módulo de Elasticidad (daN/mm ²)		18 130	
Coeficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)		11,5*10-6	

Tabla 17.2: Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado

Denominación	19,05 mm (3 / 4")
Diámetro (mm)	19,05
Longitud (mm)	2 440
Carga de rotura mínima (daN)	10 000

Tabla 17.3: Características Generales de las Varillas de Anclaje

Denominación	Clase 54-3
Longitud (mm)	140
Carga de rotura mínima (daN)	≥ 8900

Tabla 17.4: Características Generales de los Aisladores Tensores

Los cables, varillas, guardacabos y platinas empleadas en las retenidas deben ser galvanizados.

La nomenclatura empleada para designar las retenidas es la definida en la **Tabla 17.1**.

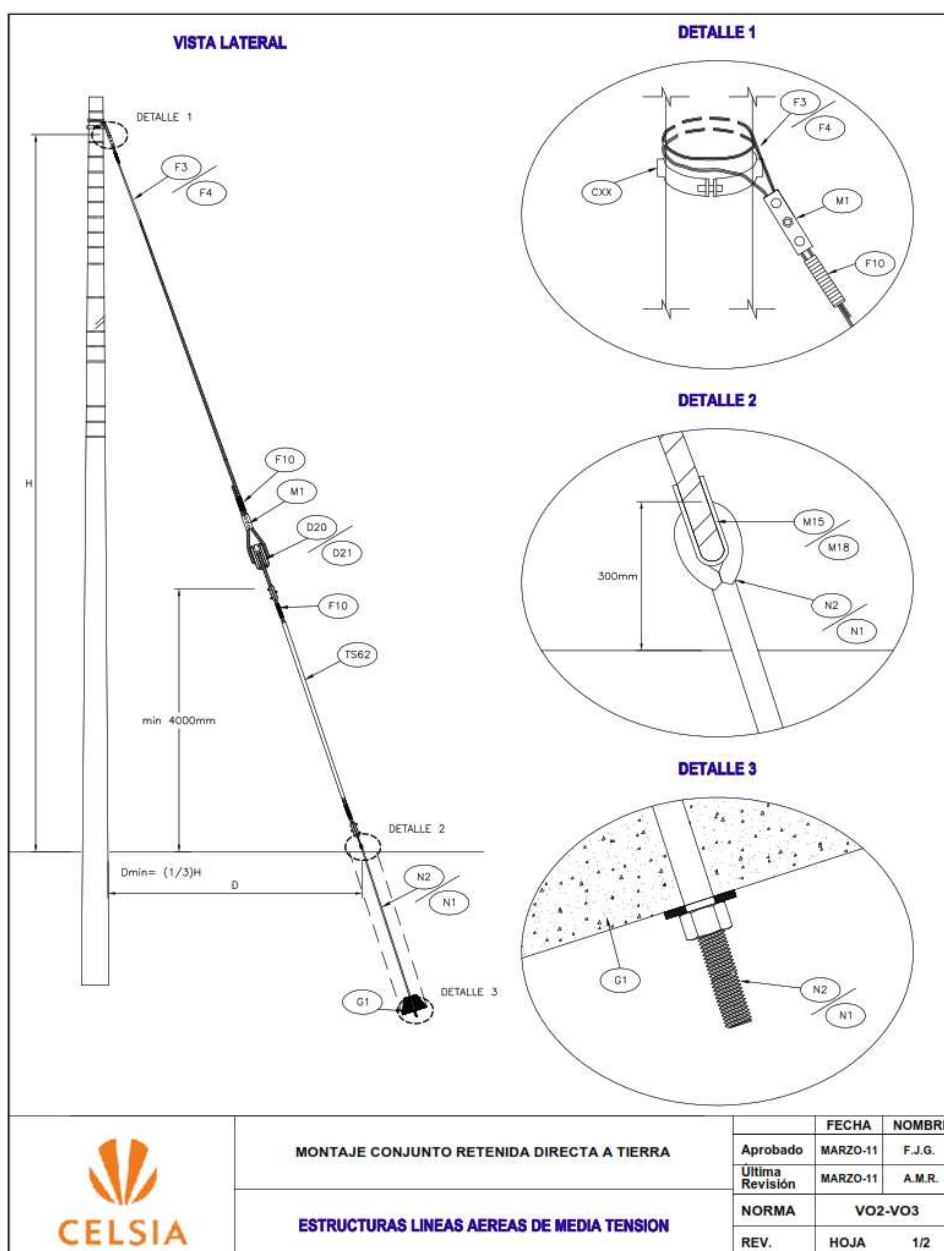
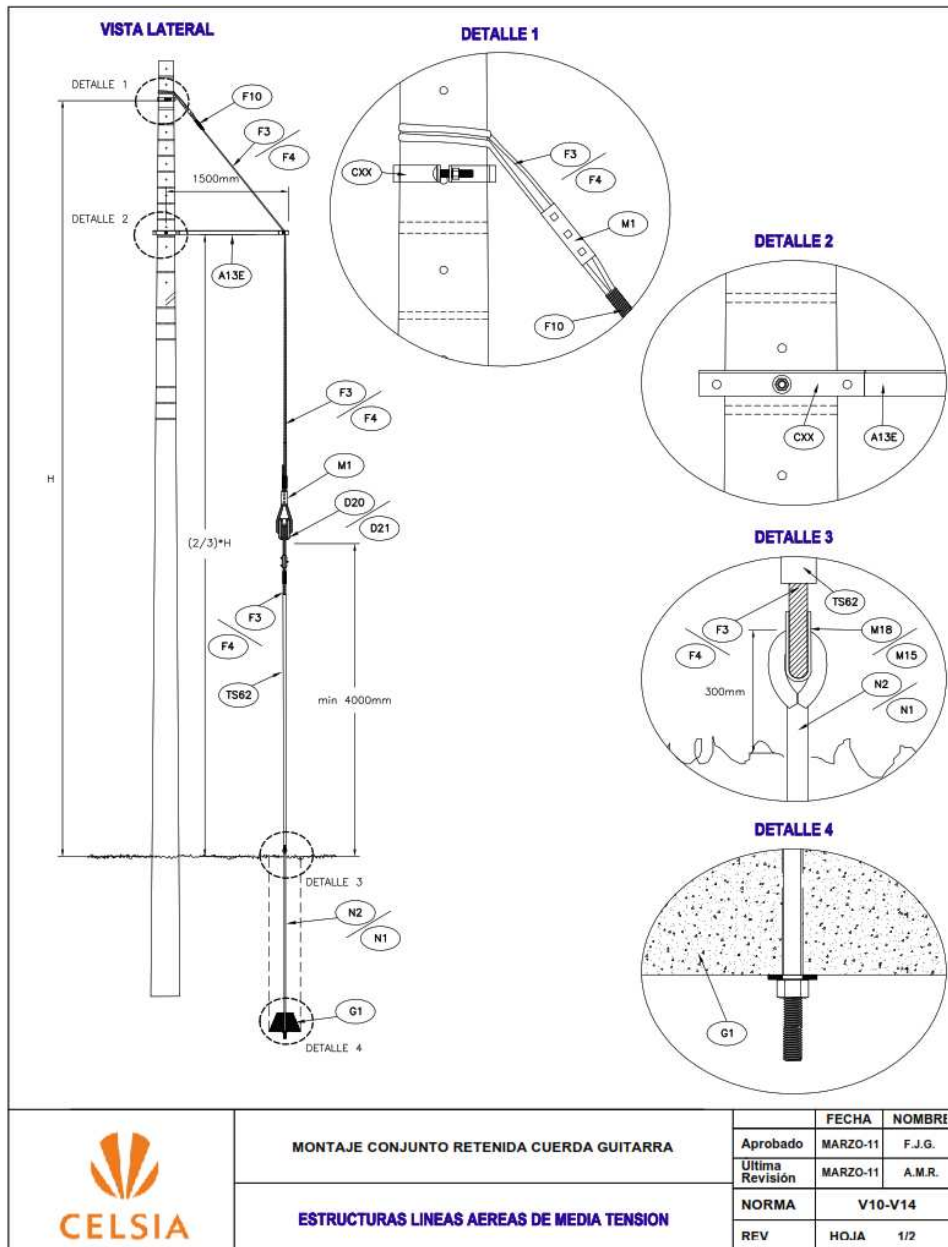
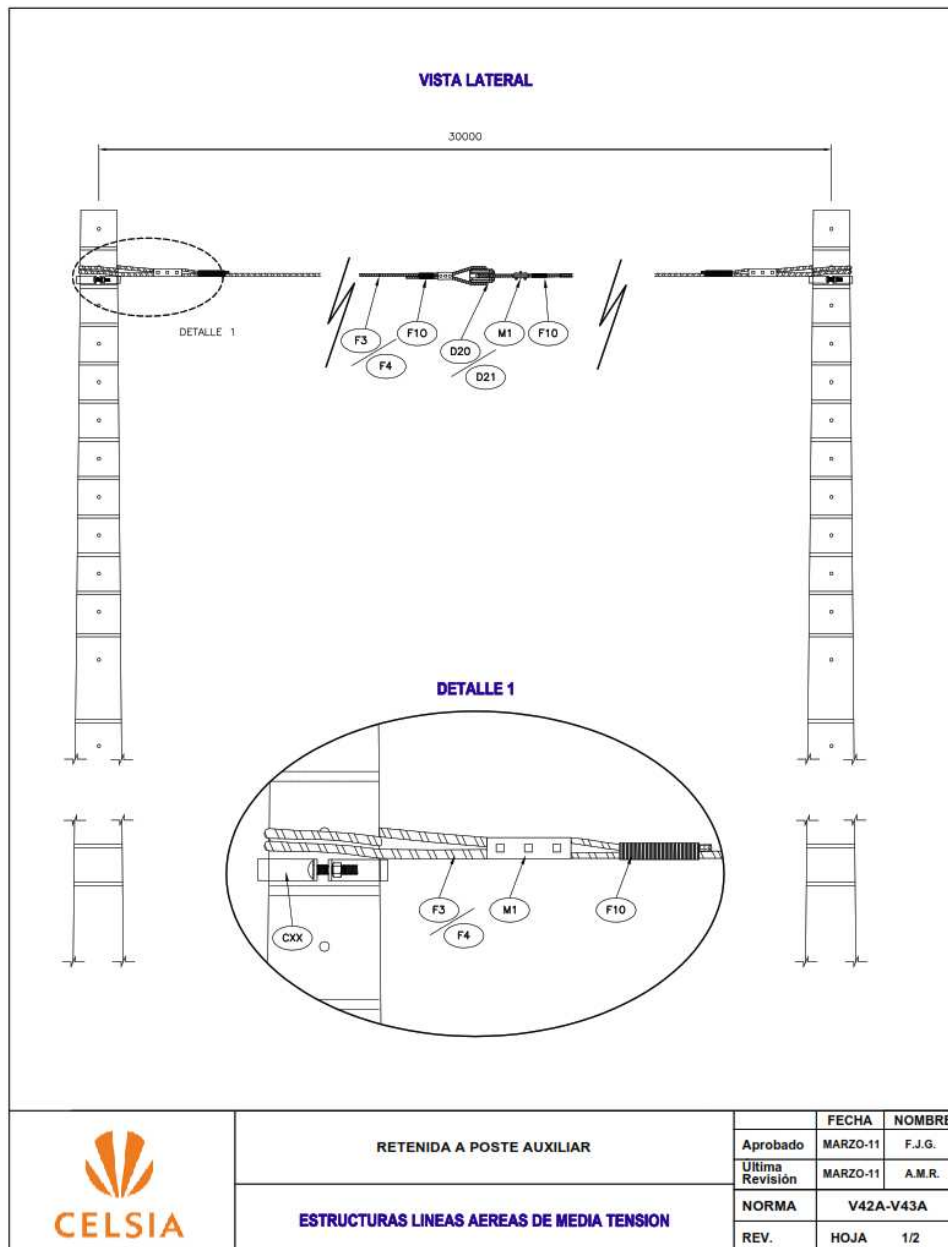
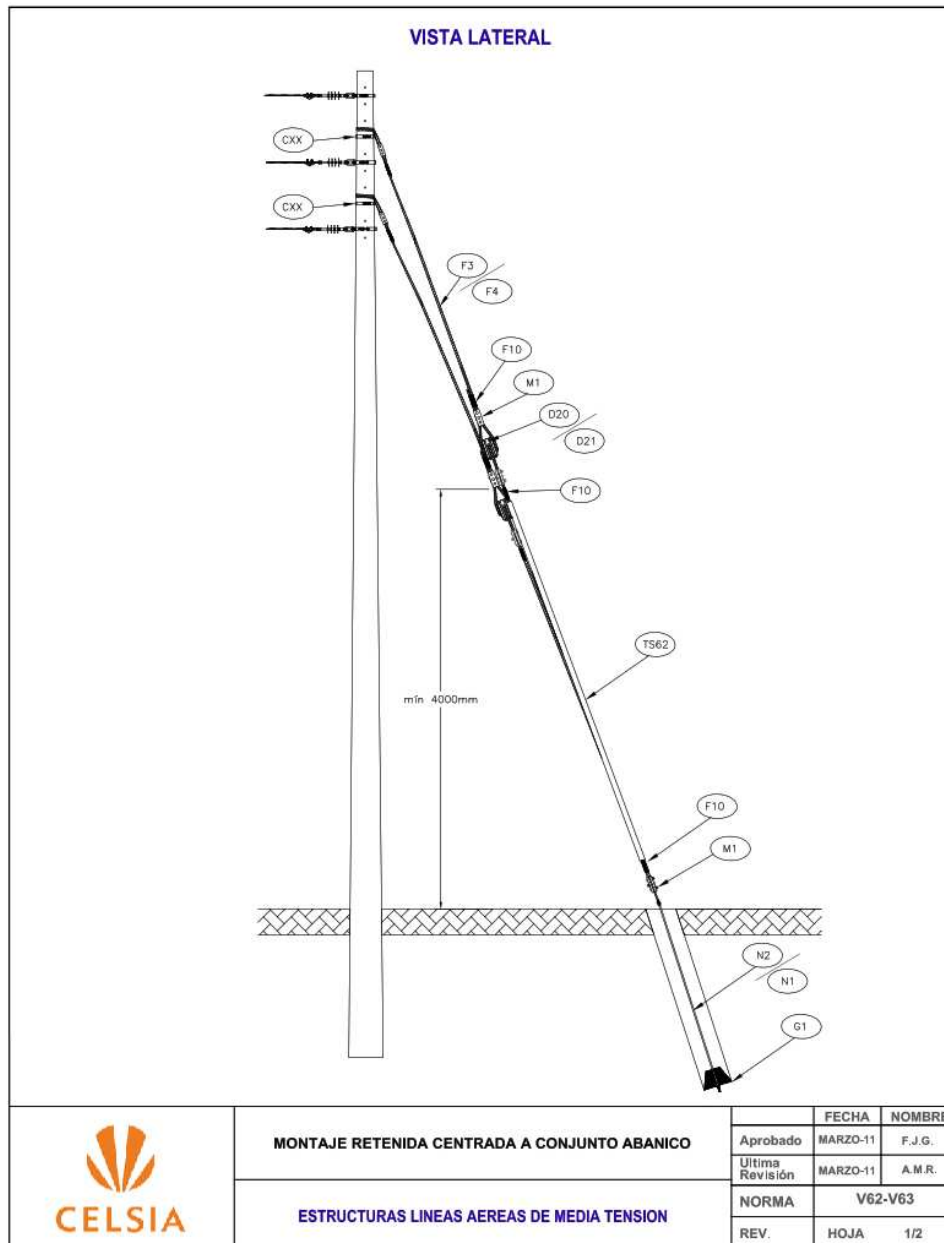
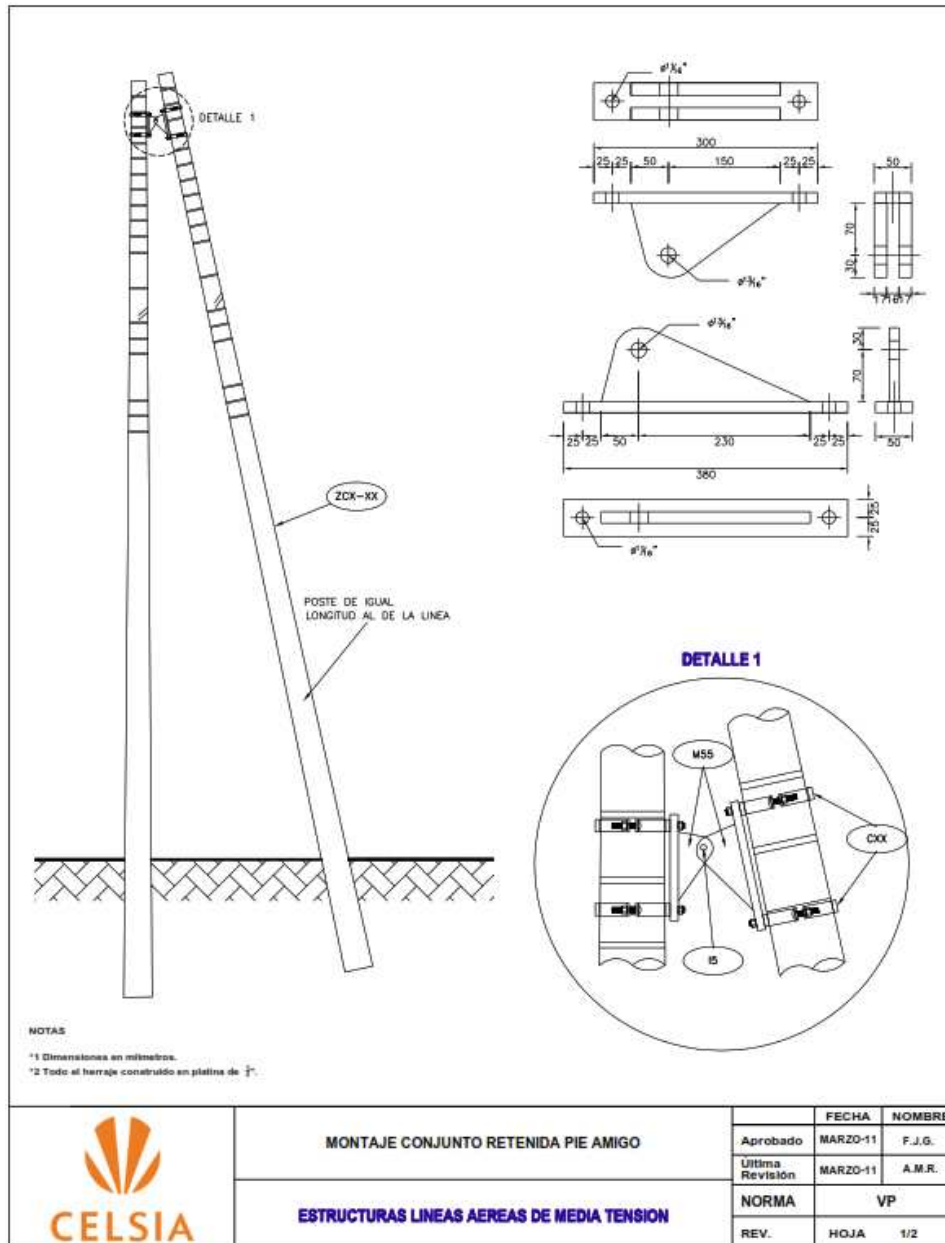


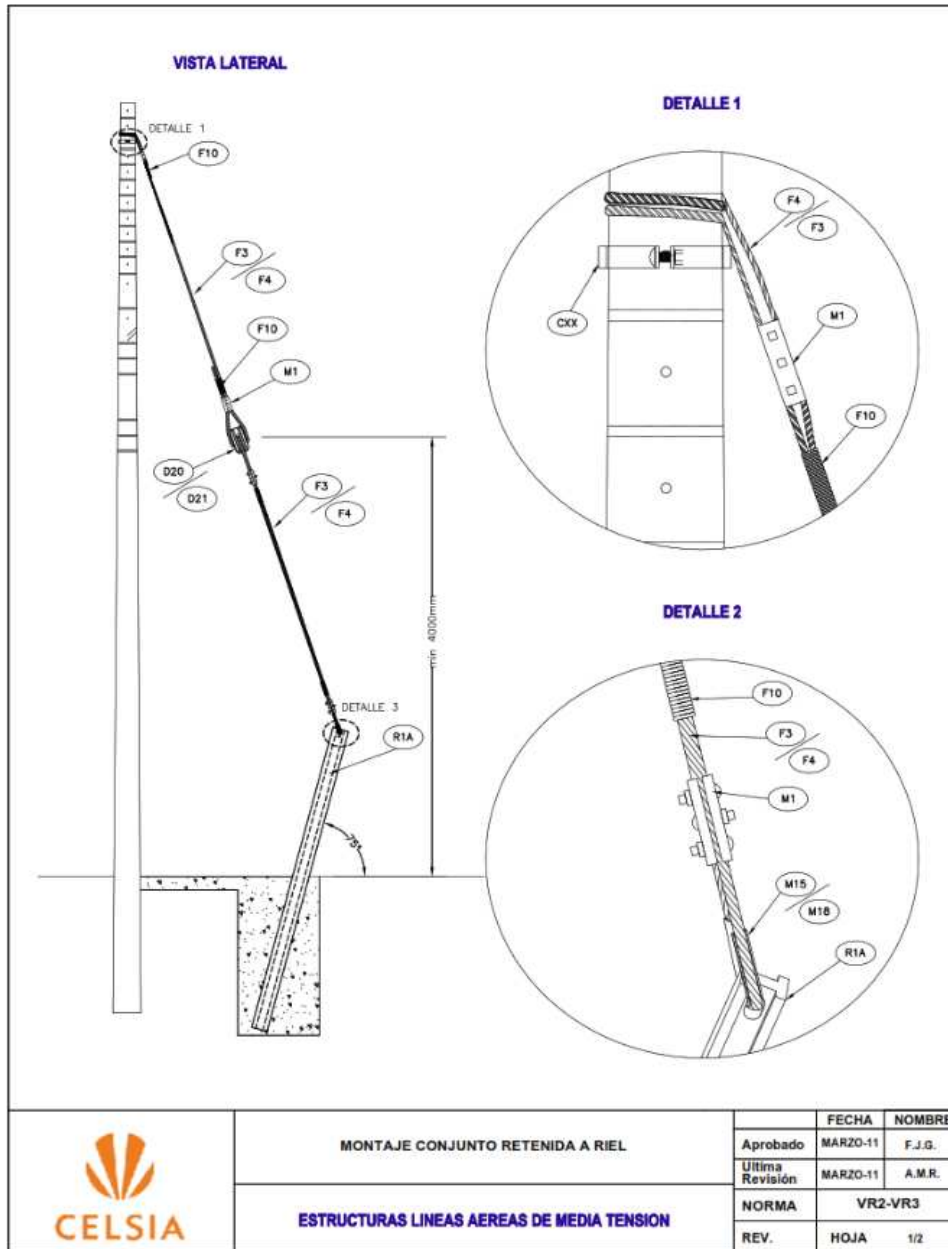
Figura 17.5: Retenida directa a tierra

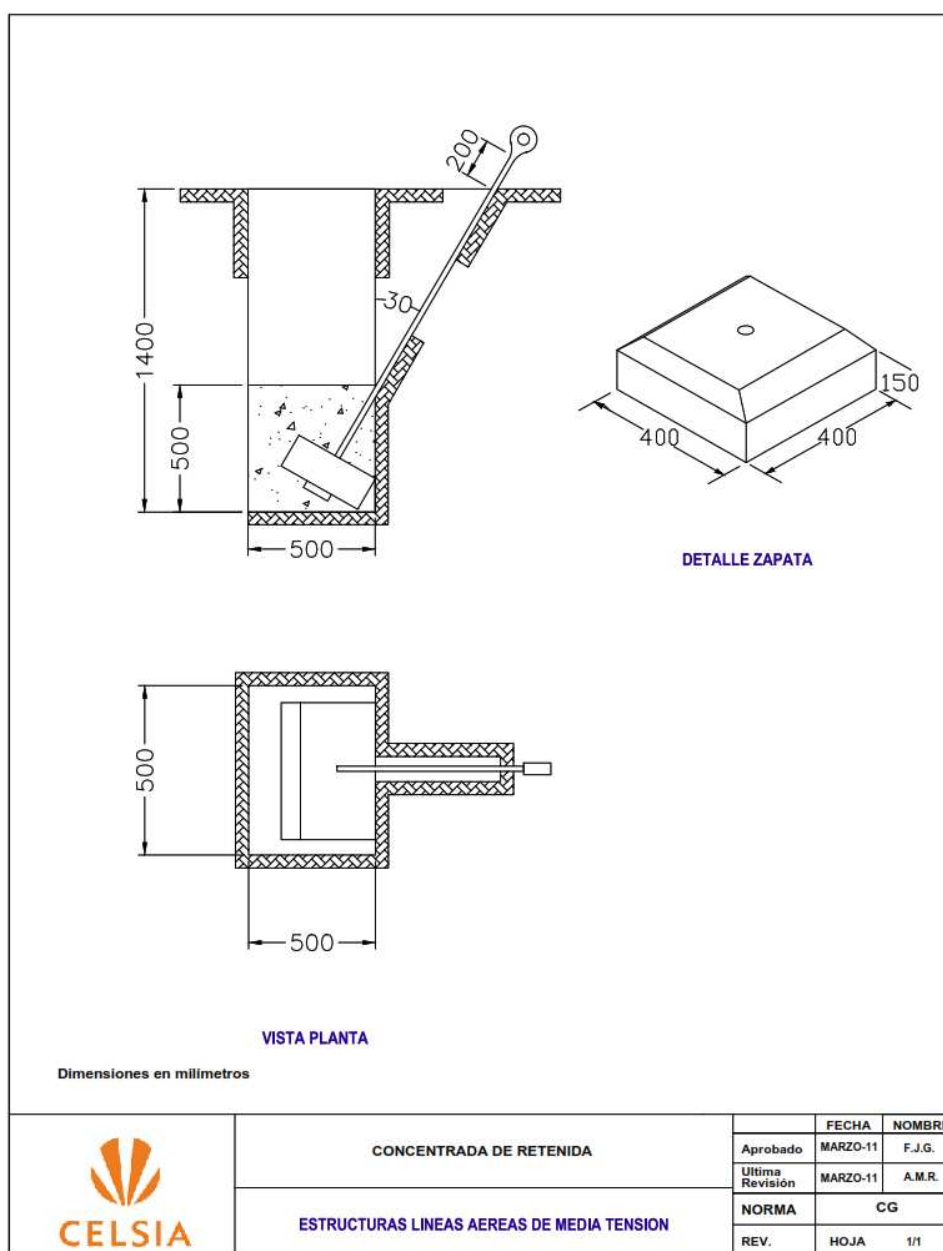












17.1 Consideraciones respecto a la instalación de la retenida

Las características de las retenidas (número de anclas y cables, sección del cable, dimensiones del ancla, etc.) variarán en función del conductor, poste y tipo de terreno.

Los cables se instalarán formando un ángulo de 30° con el eje vertical del poste. Cuando un ancla soporte más de una retenida, el ángulo de 30° lo formará el cable que se sujete a mayor altura y el eje vertical del poste.

La distancia mínima horizontal de separación entre anclas es 1 metro. Cuando, debido a la configuración empleada no se pueda conseguir esta separación, el ancla que sujete al cable fijado al poste a una altura mayor, se instalará con el ángulo necesario (siempre mayor que 30°) para obtener dicha separación.

La varilla del ancla se entierra en línea con el cable de retenida. En aquellos casos en los que una misma ancla sujete más de un cable, se debe enterrar en línea con el cable colocado a mayor altura en el poste.

Cuando otras empresas instalen otros conductores para diversos usos (telefonía, baja tensión, etc.) en los postes de CELSIA, añadirán, en el caso de ser necesario, las correspondientes retenidas para soportar los nuevos esfuerzos a los que se verán sometidos los postes. Estas retenidas se sujetarán a la altura más cercana posible del punto de aplicación de la carga.

Se debe aplicar la tensión inicial (pretensionado) a los cables de retenida antes del montaje de la línea para evitar sobrepasar los esfuerzos de rotura en el poste y la capacidad de la cimentación.

18. PUESTA A TIERRA

Se conectarán a tierra las instalaciones de MT donde existan transformadores de distribución, equipos de seccionamiento, maniobra y protección y el cable mensajero, con objeto de limitar las tensiones de falla a tierra que se pueden originar en la propia instalación.

Los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra son el conductor a tierra, el electrodo de Puesta a Tierra y los conectores.

En la configuración autosoportada se aterrizará el mensajero cada 150 m.

Se instalarán estribos conectados a la línea que servirán como puntos de conexión de las puestas a tierra temporales para labores de mantenimiento. Estos puntos de conexión se dejarán cada 150 m en área urbana y en áreas rurales cada 500 m como máximo. Preferiblemente los estribos se colocarán en puntos donde el aislamiento haya sido abierto para otro tipo de conexión.

18.1 Conductor a tierra

Es el conductor que conecta el equipo al electrodo de puesta a tierra. Los diferentes tipos de conexión a tierra son: Acero Austenítico, Cable Copper-clad Steel de 9.525 mm (3/8") y sus características se indican en la **Tabla 18.1**.

Denominación	Copper-clad Steel 3/8"	Cable de acero galvanizado 3/8"	Fleje Acero Austenítico 22,22x1,2mm
Sección Transversal Total (mm ²)	58, 56	51.1	26,66
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8	Ø = 9,52	1,2 x 22,22
Conductividad (%)*	30	8,5	2,4
Temperatura de Fusión (°C)*	1 084	419	1 400
Constante K _F *	14,64	28,96	30,05
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20,38	8.99	4,52

Tabla 18.1- Características Generales de los conductores a tierra

Fuente: RETIE

18.2 Electrodo de Puesta a Tierra

Dependiendo de la resistividad del terreno, se utilizará una de las siguientes configuraciones del electrodo de puesta a tierra: electrodos de difusión vertical, anillo cerrado alrededor del poste de cable Copper-clad Steel o combinación de ambas (cuadrada con varios electrodos de difusión vertical). Cuando se utilice electrodo de acero austenítico el conductor a tierra debe ser del mismo material.

En la **Tabla 18.2** se indican las principales características de la varilla utilizada como electrodo de difusión vertical.

Denominación	Varilla Tipo Copper-clad	Varilla de Acero Austenítico
Diámetro (mm)	16,0	16,0
Longitud (mm)	2 400	2 400

Tabla 18.2- Características Generales de los electrodos de PAT

La puesta a tierra debe instalarse a una distancia mínima de 1 m del borde del poste o de la cimentación si está hormigonado. La profundidad mínima será de 0,5 m del nivel del suelo.

19. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

Los siguientes elementos se consideran para protección y maniobra de las redes de distribución.

- Interruptor
- Reconectador
- Seccionalizador
- Seccionador
- Cortacircuitos
- Dispositivos de Protección Contra Sobretensiones (DPS's)
- Detector Paso de Falla

Las versiones actualizadas de los equipos relacionados tienen además de las funciones protección y maniobra, la posibilidad de ser integrados a los centros de control y al SCADA, lo que permite configurar una Smart Grid.

20. CÁLCULO ELECTRICO

Los cálculos eléctricos para las líneas aéreas semiaisladas se realizarán siguiendo los procedimientos indicados en el capítulo 6 del Documento Memoria y el Anexo B1 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. Sin Neutro.

21. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT)

Los cálculos para el diseño del sistema de puesta a tierra en líneas aéreas semiaisladas se realizarán siguiendo los procedimientos indicados en el capítulo 7 del Documento Memoria y el Anexo B4 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. Sin Neutro.

22. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

Los procedimientos para desarrollar los cálculos mecánicos de conductores se describen en el capítulo 8 del Documento Memoria y el Anexo B2 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. Sin Neutro.

En el caso de la configuración compacta (autosoportada) los cálculos mecánicos se realizarán con base a la resistencia mecánica del cable mensajero y teniendo en cuenta el peso y la presión de viento sobre dicho cable y sobre los conductores de fase suspendidos del mismo.

Los valores de sobrecarga por viento en conductores semiaislados se muestran en las tablas siguientes:

Conductor	p_c (daN/m)	p_v (daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
CF-200 13.2 kV	0.864	1.124	0.675	0.998	0.599	0.872	0.523
CF-159 13.2 kV	0.719	1.040	0.624	0.923	0.554	0.806	0.484
CF-125 13.2 kV	0.611	0.955	0.573	0.848	0.509	0.741	0.445
CF-63 13.2 kV	0.372	0.863	0.597	0.691	0.415	0.604	0.362

Tabla 22.1- Fuerza unitaria de viento por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	p_a (daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
CF-200 13.2 kV	0.864	1.418	1.096	1.320	1.051	1.228	1.010
CF-159 13.2 kV	0.719	1.265	0.952	1.170	0.908	1.080	0.867
CF-125 13.2 kV	0.611	1.134	0.838	1.045	0.796	0.961	0.756
CF-63 13.2 kV	0.372	0.779	0.467	0.785	0.557	0.709	0.519

Tabla 22.2- Peso unitario aparente por conductor

23. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES

Las prestaciones de los postes para soportar las líneas aéreas semiaisladas se calcularán siguiendo las pautas indicadas en el capítulo 9 del Documento Memoria y el Anexo B5 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. Sin Neutro.

24. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS

Se calcularán las retenidas con base en los procedimientos descritos en el capítulo 10 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. Sin Neutro.

25. CÁLCULO DE CIMENTACIONES

El diseño y cálculo de las cimentaciones para líneas aéreas semiaisladas se hará de la forma descrita en el capítulo 11 del Documento Memoria y el Anexo B6 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. Sin Neutro.

26. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

26.1 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA ESCOGENCIA DE LA ZONA DE CONTAMINACIÓN Y DE VIENTO.

En aquellos casos en los cuales el trazado de la línea involucre más de una zona se establece el siguiente criterio para seleccionar la zona de diseño:

Si el tramo más corto que involucra una zona específica representa menos del 10% de la longitud total de la línea, se seleccionará como zona de diseño la que involucra el tramo más largo. En los otros casos se deberá diseñar cada tramo con la zona específica en la que este cobijada. Para los casos de diferentes zonas de viento, se instalará un anclaje lo más cercano posible al límite entre las dos zonas.

Ante dudas e incertidumbres respecto a la selección de zona de contaminación y viento se seleccionará la zona de mayor exigencia.

26.2 CRITERIOS RELACIONADOS CON EL TRAZADO DE LA LÍNEA.

El trazado de línea se hará lo más recto posible.

La línea debe ser fácilmente accesible para efectos de mantenimiento, evitando zonas protegidas, de cultivos altos, de alto riesgo y rondas de ríos y ciénagas y mar.

En el trazado de la línea se debe evaluar la facilidad de la construcción de la línea, la facilidad en la negociación y obtención de los trámites y permisos.

Se debe contemplar al menos dos alternativas para la selección óptima de la ruta.

Se debe cumplir con la reglamentación vigente en el Ministerio de Obras Públicas y Transporte en la ubicación de la línea respecto a los tipos de vías, tanto en su ubicación en paralelo como en los cruces obligados.

El trazado de las líneas de media tensión deberá ser hecho con topografía o con tecnología que garantice la calidad y precisión requerida.

26.3 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.

En la selección del conductor se debe considerar una pérdida de potencia máxima del 2.8 % en 13.2 kV. El conductor será único para troncales y será de un solo calibre en derivadas o ramales de uso general seleccionado de los conductores normalizados. Si se trata de alimentación de clientes por fuera de troncales y ramales, el calibre será de acuerdo con la demanda. Los conductores de troncales serán seleccionados por el área de Planificación de EPSA del material y los calibres normalizados

26.4 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.

La configuración prioritaria es la compacta para la zona urbana y la compacta vano largo para la zona rural.

La configuración bandera solo se utilizará para proyectos especiales y en situaciones de riesgo de incumplimiento de distancias de seguridad.

26.5 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE POSTES.

Será prioritario el uso de postes de hormigón, permitiéndose la utilización de postes metálicos cuando las características de la línea y acceso así lo requieran. De igual manera, se adoptará la solución autosoportado; minimizando la utilización de retenidas, siempre y cuando la solución mecánica sea obtenida con los postes normalizados.

La altura del poste se debe seleccionar para cumplir las distancias de seguridad y la aparición de posibles nuevos circuitos (primeros tramos de troncales), evitando sobredimensionar esta característica por otras circunstancias. Se priorizará el uso de postes de 12 m para derivadas y subderivadas. En zonas rurales se seleccionará la combinación óptima de altura de postes y configuración de estructuras para minimizar los costes.

El poste metálico será una solución directa ante condiciones que no permitan la ubicación de las retenidas y su diámetro estará limitado al mayor diámetro del poste de concreto normalizado.

26.6 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA ESCOGENCIA DEL TIPO DE CIMENTACIÓN.

El diseñador debe realizar estudios de suelo en los puntos críticos (Ángulos fuertes mayores de 30°, postes con función fin de línea y anclaje) para establecer el tipo de terreno. En los alineamientos se deberá registrar el tipo de terreno según la experiencia del ingeniero diseñador y con base en los resultados del estudio de suelos.

Se dará preferencia a las cimentaciones del tipo monobloque cilíndrica; sin embargo, en terrenos muy duros es recomendable que los postes se entierren directamente en el suelo. Si se tratase de terrenos flojos, entonces las cimentaciones serán hormigonadas y del tipo monobloque prismática.

26.7 CRITERIOS RELACIONADOS CON LA UBICACIÓN Y EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

El diseñador debe proponer la puesta a tierra con base en medidas de resistividad en al menos el 10% de los equipos a instalar y como mínimo una medida.

El uso de la puesta a tierra en acero austenítico se limitará a las condiciones de corriente de falla transitoria en el punto de instalación y que esté en capacidad de soportar. Aplicaciones por fuera de esta condición deberán ser aprobadas.

27. NORMAS

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MERP No. 91: Design of Guyed Electrical Transmission Structures – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / PRECAST-PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (PCI) – W1814-JR412: Guide for the Design of Prestressed Concrete Poles – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 111: Reliability-Based Design of Utility Pole Structures – 2006.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 74 3rd Ed.: Guidelines for Electrical Transmission Structural Loading – 2010.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA (AIS) – Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) – 2010.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) –

WG 22.06 Technical Brochure 178: Probabilistic Design of Overhead Transmission Lines – 2001.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – TF B2.11.04 Technical Brochure 273: Overhead Conductor Safe Design Tension with respect to Aeolian Vibrations – 2005.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) – Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion (The Orange Book) 2nd Ed. - 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC) - NTC 3524: Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica - Guía para la selección y localización de amortiguadores tipo Stockbridge – 1993.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – Technical Report IEC TR 61774 1st Ed.: Overhead Lines - Meteorological data for assessing climatic loads – 1997.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60826 3rd Ed.: Design Criteria of Overhead Transmission Lines – 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60815-1: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions– 1986.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA – REPUBLICA DE COLOMBIA (MINMINAS) Resolución No.18 1294: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) – 2008

THE CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA) – CSA International A14-00: Concrete poles – 2000.

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 142: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems – 1991

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 738: Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors – 2006